

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
—
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
—
PARIS
—

①1 N° de publication : **2 573 473**
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

②1 N° d'enregistrement national : **85 17186**

⑤1 Int Cl⁴ : E 21 B 49/08.

①2 **DEMANDE DE BREVET D'INVENTION** A1

②2 Date de dépôt : 20 novembre 1985.

③0 Priorité : FI, 20 novembre 1984, n° 844 558.

④3 Date de la mise à disposition du public de la demande : BOPi « Brevets » n° 21 du 23 mai 1986.

⑥0 Références à d'autres documents nationaux apparentés :

⑦1 Demandeur(s) : *VELI REIJONEN OY.* — FI.

⑦2 Inventeur(s) : Veli Reijonen et Risto Reijonen.

⑦3 Titulaire(s) :

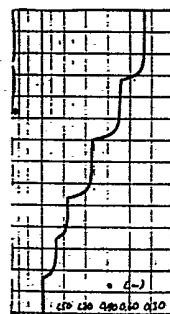
⑦4 Mandataire(s) : S.C. Ernest Gutmann et Yves Plasse-
raud.

⑤4 Procédé de détermination de la capacité de puits d'eaux souterraines.

⑤7 L'invention concerne la détermination de la capacité des puits d'eaux souterraines.

Elle se rapporte à un procédé selon lequel un pompage est réalisé par paliers dans un tube d'observation, de manière que des courants ayant des vitesses différentes soient créés dans le sol. La pression hydrostatique est mesurée pour chaque débit. Chaque palier de pompage a une faible durée, comprise entre 15 secondes et 20 minutes. La capacité du puits est déterminée par multiplication de la valeur obtenue pour le tube d'observation par un facteur empirique. Lorsque l'eau souterraine est à grande profondeur, le pompage est réalisé vers le gisement.

Application à l'exploitation des eaux souterraines.



FR 2 573 473 - A1

La présente invention concerne la détermination de capacité d'un puits d'eau souterraine, le procédé selon l'invention donnant un résultat plus précis que les procédés actuellement utilisés.

5 Le but de la conception d'un puits d'eau souterraine est d'assurer une utilisation efficace du gisement disponible d'eau souterraine (gisement aquifère).

10 La réalisation d'un puits d'eau souterraine repose sur une exploration au cours de laquelle les conditions du sol et des eaux souterraines de l'emplacement choisi sont étudiées. Les informations fondamentales fiables sont importantes si l'on doit éviter des projets non convenables.

Les études doivent donner des résultats dans les domaines suivants, lors de la planification des puits :

15 - le sol dans la zone d'alimentation en eau (sondages, échantillons de sol),

- relation rendement-capacité lors du pompage (rendements à des profondeurs différentes, observations pendant des essais de pompage)

20 - pompage expérimental (réduction du rendement dans la zone d'alimentation en eau),

- mesures de la qualité des eaux souterraines dans la zone d'alimentation,

25 - examen de laboratoire des échantillons d'eau,

- relevés topographiques (hauteurs des points étudiés dans la zone d'alimentation en eau), et

- diverses mesures (niveau des eaux souterraines dans la zone d'alimentation, emplacements des points étudiés).

30 En outre, des informations relatives au rendement prévu de la zone d'alimentation, au rendement moyen exprimé en m^3/j et au rendement maximal temporaire exprimé en dm^3/s sont nécessaires.

35 Les résultats obtenus d'une exploration à l'emplacement d'un puits constituent le point de départ pour la détermination de capacité, qui concerne d'abord la détermination de l'étendue et de l'emplacement de la section d'écoulement du puits. La section d'écoulement est la partie d'un puits

par laquelle l'eau souterraine s'écoule vers le puits, c'est-à-dire la section de la circonférence externe d'une partie formant un filtre du puits ou de la partie inférieure du tube. L'emplacement est considéré comme étant celui de la section d'écoulement en direction verticale par rapport à la couche du sol, et correspond à la hauteur ou profondeur.

La conductivité de l'eau de la couche du sol se trouvant en dehors la section précitée d'écoulement a un effet décisif sur la détermination de capacité du puits. Il est important que le débit permis ne soit pas dépassé, ce débit étant déterminé d'après la dimension granulaire efficace (d_{10}) du sol. Bien que le procédé qui vient d'être schématisé puisse souvent ne pas être précis, il convient de l'utiliser aux emplacements d'alimentation en eau souterraine. Des problèmes sont posés d'abord par le fait que les échantillons de sol ne sont pas vraiment représentatifs de l'état naturel et en conséquence la dimension granulaire efficace déterminée au laboratoire peut être différente de la valeur véritable.

Jusqu'à présent, la détermination de capacité d'un puits a été réalisée en coopération avec l'exploration d'un emplacement. En pratique, on a exécuté des sondages et prélevé des échantillons du sol afin de déterminer la conductivité de l'eau du sol. En outre, on a tenté de s'assurer du rendement en volume à l'aide d'essais de pompage.

En général, on estime, d'après les échantillons du sol, la quantité d'eau qui peut être tirée du puits, d'après l'abaque de German. Dans cette opération, l'analyse granulométrique des échantillons de sol est effectuée si bien que les échantillons dits de granulation (ou la courbe granulométrique) sont obtenus. A partir d'un échantillon de granulation, la dimension granulaire efficace (d_{10}) est déterminée. Ensuite, on applique habituellement la formule suivante (1)

$$Q = \frac{D_p \pi h \times d_{10}}{280} \quad (1)$$

dans laquelle Q désigne la quantité d'eau qui peut être obtenue du puits, D_p est le diamètre du sondage, h est la longueur du tube de filtrage, et d_{10} est la dimension granulaire efficace.

5 On essaie d'adapter le tube de filtrage de manière qu'il convienne autant que possible à la granulation du sol, à l'abaissement du niveau des eaux souterraines (variations saisonnières et baisses dues à l'extraction) et aux aspects qualitatifs.

10 En outre, la baisse de niveau dans le tube du puits a été estimée à l'aide de la formule (2) :

$$S_{rt} = \frac{2,3 Q}{4\pi T} \frac{\log 2,25 Tt}{r^2 S} \quad (2)$$

15 dans laquelle s_{rt} est la baisse de niveau dans le puits, Q est la quantité d'eau qui peut être obtenue du puits, T est la conductivité de l'eau du gisement d'eau souterraine et est égale à $0,01157 \times d_{10}^2 \times b$, b étant l'épaisseur de la couche qui conduit l'eau, t est le temps de pompage, r est le rayon du puits et S est un coefficient de stockage.

20 La conductivité T de l'eau du gisement d'eau souterraine peut aussi être déterminée d'après des essais de pompage qui sont exécutés.

25 Ce procédé présente des inconvénients. Lorsque la détermination de la capacité a été effectuée à l'aide des procédés connus, les résultats ne sont pas précis. Ces imprécisions sont dues à plusieurs causes, notamment aux causes suivantes :

30 - les échantillons d'essai n'ont pas été représentatifs, c'est-à-dire qu'un autre paramètre concernant le sous-sol n'est pas indiqué par les échantillons du sol. En fait, il est arrivé que, lors d'un sondage formé dans une roche, on obtienne un résultat qui semblait indiquer une couche perméable à l'eau à la place de roches. L'erreur est due à la réalisation d'un tel sondage à l'aide d'un appareillage
35 à air comprimé qui broie la roche et les pierres en une matière plus finement divisée.

- en outre, la composition granulaire du sol n'est

pas le seul facteur qui a une influence sur la conductivité de l'eau. Elle est aussi affectée par la compacité et la configuration des grains du sol (par exemple, le schiste ne conduit pas très bien l'eau). Bien que les échantillons
5 doivent être représentatifs du sol au point d'observation, le sol peut parfois être tout à fait différent à une distance de 3 mètres par exemple, ce phénomène ayant une grande influence sur l'exploration.

L'invention supprime les inconvénients des procédés connus et concerne un procédé de détermination de capacité
10 d'un puits d'eau souterraine selon lequel, lors de la phase d'exploration, le résultat obtenu est bien plus précis que ceux qui sont donnés par les procédés connus.

Grâce à l'invention, la longueur et l'emplacement
15 du tube de filtrage peuvent être déterminés préalablement d'une manière plus précise que précédemment. En conséquence, dans la plupart des cas, un tube de filtrage plus court est nécessaire, et la profondeur du puits peut être réduite. Ceci réduit les coûts de construction du puits.

Plus précisément, selon l'invention, un pompage est
20 réalisé par paliers, des courants à des vitesses différentes étant créées dans le sol, la pression hydrostatique obtenue étant mesurée. De préférence, ce pompage est exécuté pendant de courtes périodes et la pression hydrostatique est mesurée
25 pour différents débits ou rendements, et le rendement en volume du puits est déterminé par multiplication d'un rendement obtenu avec un tube d'observation, par un facteur empirique.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention
30 ressortiront mieux de la description qui va suivre, faite en référence aux dessins annexés sur lesquels :

les figures 1a et 1b sont des graphiques représentant les caractéristiques du pompage, observées à l'aide d'un tube d'observation, la figure 1a indiquant la variation du
35 niveau et la figure 1b la variation du débit, au cours du temps ;

les figures 2, 3 et 4 sont des graphiques représentant

les valeurs obtenues à trois hauteurs différentes pour le rendement en eau en fonction de la baisse de niveau ;

la figure 5 est un graphique représentant la variation du rendement en eau sur toute la hauteur d'eau souterraine, ce graphique étant obtenu d'après les résultats des figures 2,3 et 4 ; et

la figure 6 est un graphique représentant le pompage vers l'eau souterraine, utilisé lors de l'exploration d'une région d'eau souterraine placée à grande profondeur.

La zone préliminaire d'alimentation en eau est déterminée par des études normales des eaux souterraines. Ensuite, les explorations à l'emplacement du puits sont effectuées, et comprennent la disposition dans le sol d'un tube d'observation ayant un diamètre d'environ 20 à 100 mm et le plus souvent d'environ 32 à 50 mm. Selon l'emplacement, la longueur du tube d'observation est comprise entre 2 et 60 m.

Un dispositif de mesure est placé dans le tube d'observation afin qu'il permette l'examen du niveau de l'eau. L'eau est pompée hors du tube d'observation avec divers débits, par le procédé de pompage par paliers. Contrairement au pompage habituel par paliers, les périodes de pompage utilisées sont plus courtes que les périodes normales, et sont d'environ 15 secondes à 20 minutes, suivant l'emplacement et les conditions. Evidemment, des périodes dépassant 20 minutes peuvent être utilisées, mais l'intervalle de temps indiqué s'est révélé commode.

Simultanément, la pression hydrostatique de l'eau dans le tube d'observation, pour différents rendements, et la quantité d'eau qui est pompée sont déterminées avec le dispositif de mesure. Selon la technique antérieure, la pression hydrostatique n'est pas mesurée de la manière indiquée selon l'invention, lors des essais de pompage destinés à déterminer la capacité en volume du puits.

Les figures 1a et 1b représentent un exemple de mesure pendant un pompage par paliers, sous forme d'une bande d'un enregistreur. Le style de la figure 1b indique le débit Q_n obtenu à partir du tube d'observation et le style de la

figure la indique la baisse de niveau s pour les débits indiqués.

5 D'après les quantités mesurées, la pression hydrostatique et la quantité d'eau pompée, il est possible de déterminer les caractéristiques hydrauliques de l'environnement du tube d'observation et il est donc possible, à l'aide d'un facteur de corrélation qui est fonction de la baisse de niveau, de déterminer avec une précision importante le rendement véritable qui peut être obtenu du puits.

10 Le pompage fondamental est réalisé de manière que la pompe ait un débit régulé, c'est-à-dire comporte une soupape laissant passer un débit de 15 l/mn. Lorsque le niveau de l'eau, c'est-à-dire la pression, s'est stabilisée (par exemple après 30 secondes), la pompe a un débit réduit de manière qu'elle aspire 12,5 l/s. La pression peut
15 alors se stabiliser, une mesure est effectuée et l'opération est réalisée de cette manière jusqu'à l'obtention d'un résultat convenable.

20 D'après les valeurs déterminées pendant l'essai de pompage par paliers, le rendement en eau est porté en fonction de la baisse de niveau. On obtient ainsi une courbe qui est une droite jusqu'à une certaine limite

$$\frac{Q}{S} = k \frac{Q_h}{s}$$

25 Q désignant la quantité d'eau qui peut être obtenue du puits (en litres), Q_h la quantité d'eau qui peut être obtenue à partir du tube d'observation (en litres), s la baisse de niveau (en mètres) et k un facteur de corrélation.

30 Le facteur de corrélation est affecté par divers phénomènes.

Lorsque le tube de filtrage a par exemple une longueur d'un mètre et lorsque la hauteur de la région contenant les eaux souterraines est de plusieurs mètres, un pompage par paliers doit être réalisé de manière que la partie de filtrage du tube se trouve par exemple d'abord au point le plus haut, des essais de pompage étant alors exécutés. Le tube
35 de filtrage est alors repoussé un mètre plus bas et des essais

de pompage sont réalisés à nouveau. L'opération se poursuit de cette manière jusqu'à ce que des résultats aient été obtenus sur toute la hauteur de la région contenant les eaux souterraines. Les résultats ainsi obtenus sont combinés et le rendement en volume du puits est alors la somme des rendements des différentes sections.

Lorsque le diamètre du tube d'observation est de 50 mm et celui du tube du puits est de 400 mm, le rapport des surfaces de filtrage de même longueur est égal au rapport des diamètres. Ainsi, la surface de filtrage du tube du puits est huit fois supérieure à la surface de filtrage du tube d'observation, si bien que la résistance de filtrage du puits est réduite d'un facteur 1/8.

L'équation (2) peut être résolue pour la détermination des rapports rendement-baisse de niveau du tube du puits et du tube d'observation (Q/s (k) et Q/x (hp), respectivement), une fois connus les diamètres

$$\frac{Q/s \text{ (k)}}{Q/s \text{ (hp)}} = \frac{\log \frac{2,25 Tt}{r_k^2 s}}{\log \frac{2,25 Tt}{r_{hp}^2 s}}$$

Pour les rayons du puits $r = 0,2$ m et du tube d'observation $r = 0,025$ m, on obtient

$$\frac{Q/s(k)}{Q/s(hp)} = 1,42$$

Les formules qui précèdent ne tiennent pas compte de la résistance de filtrage.

Ce phénomène est élucidé en référence au schéma des figures 2,3 et 4 qui représentent un exemple d'exploration d'une couche d'eau souterraine de 3 m de hauteur, par mise en oeuvre de l'invention.

Le rendement en volume du gisement a été défini dans la description qui précède. Le résultat recherché est la connaissance de l'emplacement du puits et de la capacité en volume du puits, avec la plus grande précision possible.

Pendant ce travail, des tubes d'essai sont installés à des emplacements favorables choisis d'après les études

antérieures. Il est aussi possible d'utiliser des tubes d'observation placés préalablement, dans la région particulière.

5 Les essais de pompage sont réalisés par pompage par paliers afin que le rendement spécifique du tube soit déterminé.

10 Le gisement peut être étudié par couches individuelles avec un tube de filtrage ayant une longueur de 1 m par exemple, comme cela a été réalisé dans les exemples des figures 2,3 et 4.

15 Les essais peuvent aussi être réalisés avec un long tube de filtrage, sa longueur étant égale à la longueur totale de la couche conduisant l'eau, si bien qu'une image globale des propriétés du gisement est obtenue. Dans ce cas, les caractéristiques des couches individuelles ne sont pas révélées.

Le gisement dans l'exemple présenté est un gisement d'eau souterraine de 3 mètres de hauteur placé à une profondeur de 7 à 10 m.

20 Entre 7 et 8 m de profondeur, le pompage par paliers donne une droite qui représente, sur la figure 2, le rendement Q_h (exprimé en l/mn) en fonction de la baisse de niveau s . Ainsi, sur la figure 3, le tube se trouve entre 8 et 9 m et, sur la figure 4, il se trouve entre 9 et 10 m.

25 Les résultats partiels précédents donnent par addition le rendement en fonction de la baisse de niveau pour l'ensemble de la région contenant les eaux souterraines. Pour une baisse de niveau de 1 m, les rendements sont de 50, 67 et 100 l/min soit 217 l/min au total. La figure 5 indique ce résultat.

30 Lorsque le diamètre du tube de filtrage placé dans le puits est de 400 mm, le rapport du tube de filtrage du puits et du tube de filtrage du tube d'observation est égal à $400/50 = 8$.

$$Q(\text{puits}) = 217 \times 8 = \text{environ } 1700 \text{ l/min.m.}$$

35 Lorsque les tubes de filtrage du tube d'observation et du puits sont différents, l'erreur ainsi introduite doit être prise en considération. Elle est corrigée par applica-

tion d'un coefficient empirique. Dans l'exemple considéré, les tubes de filtrage sont supposés analogues si bien que le rendement du puits est de 1700 l/mn lorsque la baisse de niveau est de 1 m.

5 D'après la formule précédente, on a $Q/s/Q_h/s = k'$.

Lorsque la baisse de niveau s est la même dans le tube d'observation et dans le puits, $Q = k'Q_h$. Dans l'exemple considéré, $Q/Q_h = 1,42$. La formule tient compte de la résistance opposée à l'écoulement dans le sol. L'expérience a
10 montré que la valeur convenable k est comprise entre k et k' , c'est-à-dire que, dans l'exemple considéré, elle est comprise entre 1,42 et 8, suivant la résistance opposée à l'écoulement. On a constaté que, lors de la mise en oeuvre de l'invention, on obtenait des valeurs bien plus conformes à la
15 réalité qu'avec les procédés utilisés jusqu'à présent, bien que la valeur de k doive être corrigée empiriquement comme dans l'exemple indiqué.

Actuellement, les eaux souterraines proches de la surface sont déjà très utilisées. En conséquence, les tenta-
20 tives futures se concentreront probablement, dans le domaine de l'alimentation en eau, dans les parties centrales des eskars, car le niveau des eaux souterraines s'y trouve à une profondeur supérieure à 8 m.

La technique d'exploration en profondeur est très
25 encombrante et souvent pratiquement inutilisable, comme assistance pour la détermination de la capacité des puits produisant l'eau des couches centrales.

Le procédé selon l'invention peut être appliqué à l'utilisation des gisements d'eaux souterraines à grande pro-
30 fondeur, par "inversion". Dans ce cas, grâce à un tube d'observation dans lequel les instruments précités de mesure ont été introduits, de l'eau est pompée vers le sol, par le procédé de pompage par paliers décrit précédemment, avec les intervalles de temps précités, et avec différentes quantités d'eau.
35 Dans ce cas, aussi, la pression hydrostatique ou hauteur d'eau dans le tube d'observation et les quantités d'eau par unité de temps sont mesurées.

La figure 6 correspond au cas dans lequel de l'eau a été pompée dans le puits, par mise en oeuvre du procédé de pompage par paliers selon l'invention. Le schéma de la partie gauche de la figure 6 a été ainsi obtenu, $-Q_h$ désignant l'eau absorbée dans le sol et $-s$ la hausse du niveau, opposée à la baisse de niveau. Lorsque la droite de la figure est prolongée au-delà de l'origine, la droite correspond au rendement du tube d'observation, qui est le même que dans le cas où l'eau aurait été pompée vers l'extérieur à partir du tube d'observation.

Le principe de fonctionnement est le même dans les deux procédés d'exploration. Seul le sens de circulation de l'eau est inversé.

Il est essentiel selon l'invention que, pendant la détermination de capacité, le pompage par paliers soit appliqué dans le tube d'observation, les intervalles étant courts (compris entre 15 secondes et 20 minutes) pendant ce pompage, la hauteur de la colonne d'eau ou pression hydrostatique étant mesurée. De cette manière, la valeur $Q_h/s = k$ est obtenue pour le tube d'observation. La valeur correspondante Q/s du puits est déterminée à l'aide du facteur de corrélation k .

La mise en oeuvre du procédé selon l'invention donne des meilleurs résultats de détermination de la capacité des puits d'eau souterraine que les procédés connus jusqu'à présent.

REVENDEICATIONS

1. Procédé de détermination de la capacité d'un puits d'eau souterraine, par pompage dans un tube d'observation, caractérisé en ce que le pompage est effectué par paliers, des courants ayant des vitesses différentes étant créés dans le sol, et la pression hydrostatique créée est mesurée.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que le pompage par paliers est réalisé pendant de courtes périodes de pompage, avantageusement comprises entre 15 secondes et 20 minutes, et la pression hydrostatique de l'eau est mesurée pour différents débits si bien que le rendement du tube d'observation est déterminé en fonction de la baisse de niveau et la capacité en volume du puits est déterminée par multiplication du rendement du tube d'observation par un facteur empirique.

2. Procédé selon l'une des revendications 1 et 2, caractérisé en ce que, lorsque la partie de filtrage du tube d'observation est plus courte que la hauteur d'eau souterraine dans la zone considérée, les essais de pompage sont réalisés sur toute la plage de hauteur des eaux souterraines, avec déplacement de la partie de filtrage du tube d'observation de distances égales à sa longueur, si bien que les résultats de pompage sont obtenus sur toute la hauteur des eaux souterraines et le rendement total est la somme des rendements partiels déterminés pour une même baisse de niveau (même pression hydrostatique).

4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que des schémas représentant la variation du rendement volumique spécifique à déterminer par pompage par paliers sont déterminés par exécution des opérations de pompage vers les eaux souterraines, surtout lorsque les gisements d'eaux souterraines se trouvent à grande profondeur.

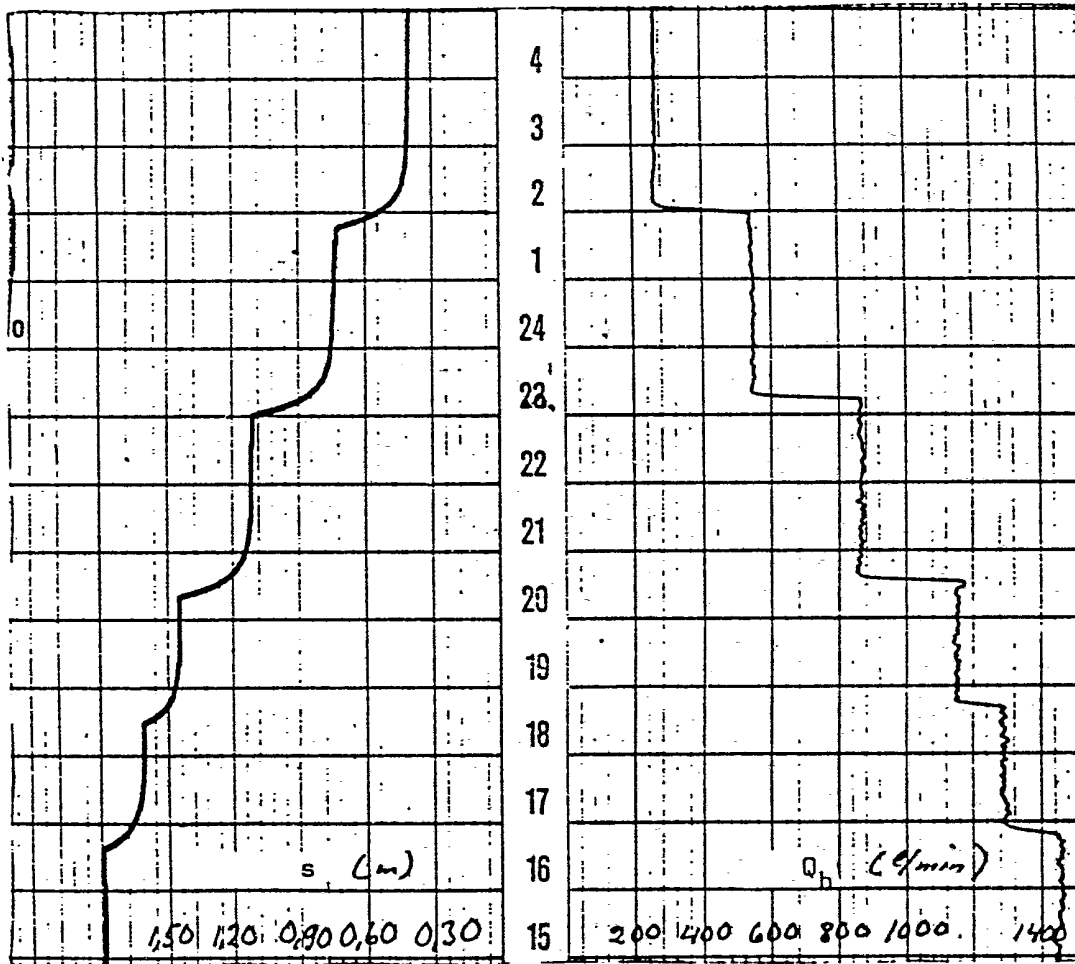


FIG. 1a

FIG. 1b

2/3

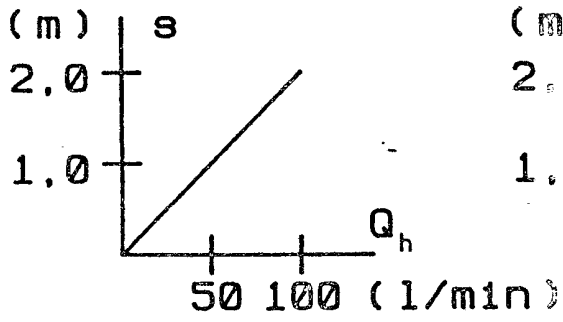


FIG. 2

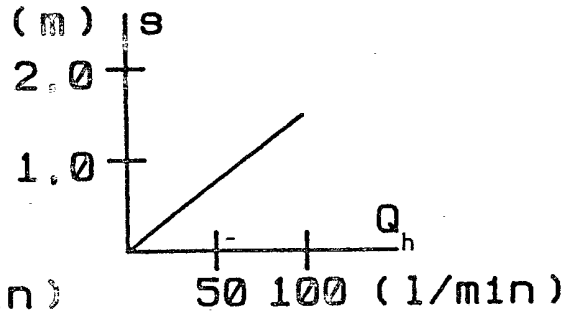


FIG. 3

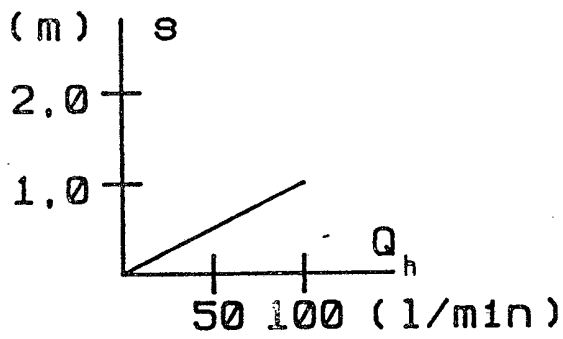


FIG. 4

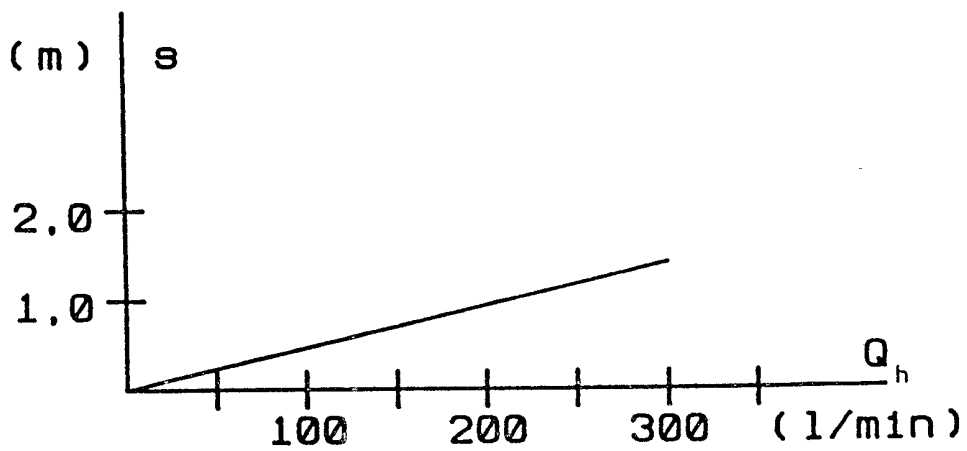


FIG. 5

3/3

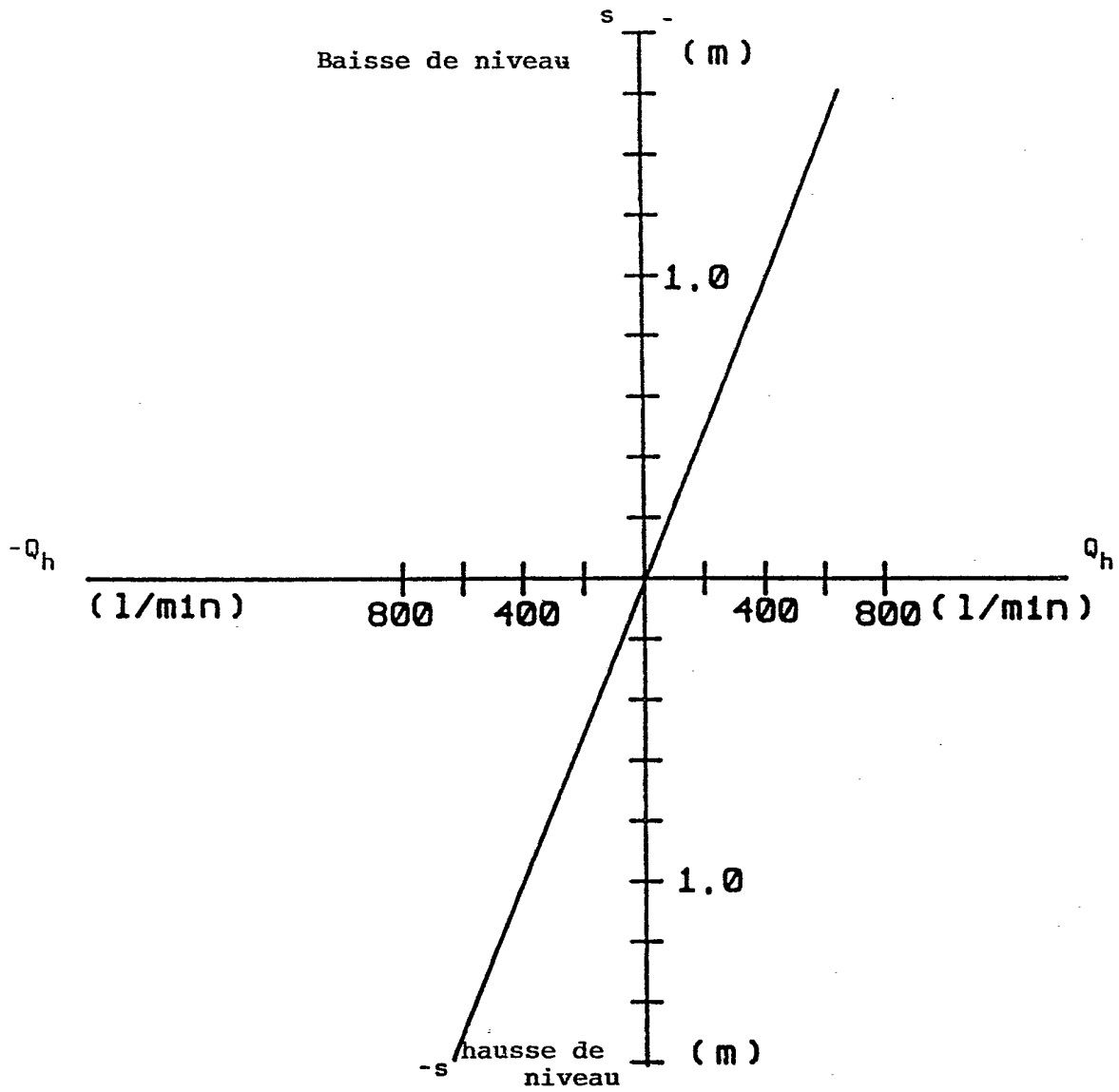


FIG. 6