(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

PARIS

(11) N° de publication : **2 600 521**
(à n'utiliser que pour les commandes de reproduction)

(21) N° d'enregistrement national : **87 09085**

(51) Int Cl⁴ : A 61 B 17/22.

(12) DEMANDE DE BREVET D'INVENTION A1

(22) **Date de dépôt :** 26 juin 1987.

(30) **Priorité :** JP, 27 juin 1986, n° 149 562/86 et 22 juillet 1986, n° 170 834/86.

(43) **Date de la mise à disposition du public de la demande :** BOPI « Brevets » n° 53 du 31 décembre 1987.

(60) **Références à d'autres documents nationaux apparentés :**

(71) **Demandeur(s) :** *Société dite : KABUSHIKI KAISHA TOSHIBA.* — JP.

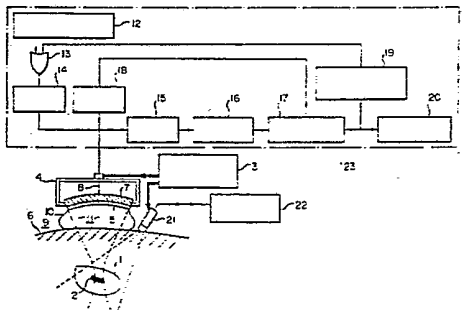
(72) **Inventeur(s) :** Akinori Ishida et Ayao Itoh.

(73) **Titulaire(s) :**

(74) **Mandataire(s) :** Cabinet Beau de Loménie.

(54) Appareil de lithotritie ultrasonore.

(57) Le transducteur de lithotritie ultrasonore 5 selon l'invention émet une onde ultrasonore faible avant chaque émission d'une onde ultrasonore intense ou d'un nombre prédéterminé d'ondes ultrasonores intenses, la position d'une pierre dans un corps vivant pouvant être déterminée à partir de la réflexion de l'onde ultra-sonore faible. En fonction des résultats de la détermination de la pierre, des circuits électroniques 15, 16, 17, 19, 14, 18 indiquent si l'onde ultrasonore faible ou l'onde ultrasonore intense doit être émise par le transducteur de lithotritie ultrasonore.



FR 2 600 521 - A1

Vente des fascicules à l'IMPRIMERIE NATIONALE, 27, rue de la Convention — 75732 PARIS CEDEX 15

La présente invention concerne un appareil de lithotritie ultrasonore qui peut concentrer une onde ultrasonore de manière à briser une pierre qui s'est formée dans un corps vivant.

Un appareil qui brise un calcul rénal ou un calcul biliaire formés dans un corps vivant, par application extérieure de l'énergie d'une onde de choc produite par une décharge ou explosion d'une poudre, est déjà connu, et est décrit dans le brevet des Etats Unis d'Amérique n° 3 942 3531.

Toutefois, selon une possibilité autre que celle mise en oeuvre dans l'appareil utilisant l'énergie d'une onde de choc, un appareil permettant de briser une pierre au moyen de l'énergie ultrasonore a récemment été mis en pratique. Cet appareil a une petite taille, peut être fabriqué à un coût bas, et peut facilement déterminer la présence ou l'absence d'une pierre.

Par exemple, comme cela est décrit dans le brevet des Etats Unis d'Amérique n° 4 617 931, un appareil bien connu de lithotritie ultrasonore est constitué par un transducteur de lithotritie et un transducteur d'image. Le transducteur de lithotritie est concave, forme le foyer d'une onde ultrasonore en son centre géométrique et brise une pierre en concentrant en ce lieu l'énergie ultrasonore émise. Le transducteur d'image est utilisé pour produire une donnée d'image tomographique d'un patient ; ainsi, l'image d'une pierre, faisant partie de l'image tomographique obtenue à l'aide du transducteur d'image, est positionnée de façon à coïncider avec le foyer géométrique du transducteur de lithotritie. Après détection de cette coïncidence, on fait émettre une onde d'énergie ultrasonore intense par le transducteur de lithotritie et on la concentre sur la pierre, ce qui la brise.

Toutefois, lorsque l'on utilise cet appareil de lithotritie ultrasonore classique, une réfraction de l'onde ultrasonore se produit sur une partie de la surface du corps du patient, ou même dans le corps lui-même. Ainsi, le foyer se trouvant à l'intérieur du patient, où est concentrée l'onde ultrasonore émise par le transducteur de lithotritie, ne coïncide pas toujours avec la position réelle de la pierre, telle qu'elle est déterminée par le transducteur d'image. Par conséquent, l'onde ultrasonore se concentre parfois de manière

non souhaitable en une position autre que la position réelle de la pierre, ce qui pose un problème en ce qui concerne la sécurité du patient. En outre, une pierre est rarement brisée par une seule émission d'énergie ultrasonore ; ainsi, l'énergie ultrasonore est émise, normalement, un certain nombre de fois. Pendant une série d'émission d'énergie ultrasonore, le patient peut parfois se déplacer, ce qui entraîne que le foyer de l'onde ultrasonore peut s'écarter de la position réelle de la pierre. Ceci, comme dans le cas ci-dessus, amène une concentration non souhaitable de l'onde ultrasonore en des positions autres que celle de la pierre, ce qui peut avoir des effets négatifs sur la santé du patient.

C'est donc un but de l'invention de proposer un appareil de lithotritie ultrasonore qui présente de hautes garanties de sécurité dans son utilisation, qui permet d'éliminer les inconvénients ci-dessus mentionnés, et qui peut détecter la position d'une pierre formée dans un patient, détecter le foyer d'une onde ultrasonore, et les aligner entre eux avec un degré élevé de précision, sans risques pour les tissus vivants.

Pour atteindre le but ci-dessus indiqué de l'invention, il est proposé un appareil de lithotritie ultrasonore, comprenant : un transducteur de lithotritie ultrasonore servant à émettre une onde ultrasonore, qui forme un foyer ; un transducteur ultrasonore d'image servant à former une image d'une pierre se trouvant dans un corps vivant ; un moyen de maintien servant à maintenir le transducteur de lithotritie et le transducteur ultrasonore d'image de façon que leurs positions de montage puissent être ajustées ; un moyen de commande servant à commander le transducteur de lithotritie ultrasonore de façon qu'il émette une faible onde ultrasonore permettant de déterminer la présence ou l'absence d'une pierre ; un moyen de détermination servant à recevoir une onde réfléchie de l'onde ultrasonore en provenance du corps vivant et de déterminer, en fonction de l'onde reçue, si le foyer de l'onde ultrasonore faible coïncide ou non avec la position de la pierre ; et un moyen de commande, connecté au moyen de détermination, lequel moyen de commande, lorsque le moyen de détermination indique que le foyer de l'onde ultrasonore faible coïncide avec la position de la pierre,

peut recevoir de celui-ci un signal de détermination et commander au transducteur de lithotritie ultrasonore d'émettre l'onde ultrasonore intense permettant de briser la pierre.

Selon l'appareil de lithotritie ultrasonore de l'invention conçu suivant l'agencement ci-dessus, une onde ultrasonore permettant de briser une pierre est émise pendant la détermination de la présence ou de l'absence de la pierre, si bien que la pierre peut être brisée en toute sécurité sans faire courir aucun risque aux tissus vivants.

En outre, puisque tout écart entre la position de la pierre et le foyer de l'onde ultrasonore est détecté automatiquement, il est possible d'exécuter de manière fiable et sûre une opération continue de cassage de pierre.

En outre, puisque la position de la pierre peut être détectée par un changement de la position du transducteur ultrasonore, on peut briser la pierre se trouvant à l'intérieur d'un corps vivant avec précision et facilité.

La description suivante, conçue à titre d'illustration de l'invention, vise à donner une meilleure compréhension de ses caractéristiques et avantages : elle s'appuie sur les dessins annexés, parmi lesquels :

- la figure 1 est un schéma de principe montrant le montage d'un appareil de lithotritie ultrasonore selon l'invention ;
- la figure 2 est un schéma de principe montrant le montage d'un dispositif déterminateur de pierre représenté sur la figure 1 ;
- les figures 3A à 3C sont des vues de formes d'onde servant à expliquer le fonctionnement du circuit représenté sur la figure 2 ;
- la figure 4 est un schéma de principe montrant le montage d'un autre mode de réalisation de l'invention ; et
- la figure 5 est une vue simplifiée permettant d'expliquer le déplacement et l'étendue du champ sonore du transducteur ultrasonore représenté sur la figure 4.

On présente ci-dessous, en relation avec les dessins, un mode de réalisation de l'invention. Comme représenté sur la figure 1, une description va être faite en relation avec le cas où un calcul rénal 2 qui s'est produit dans le rein 1 d'un corps vivant doit être brisé.

L'appareil de lithotritie ultrasonore selon l'invention comporte un applicateur 4 comprenant un moyen de couplage acoustique 9 qui est contact avec la surface 6 du corps vivant, par exemple le dos, un transducteur concave 5 qui fait fonction de transducteur ultrasonore et possède une fréquence de résonance de 500 kHz et un diamètre de courbure de 10 cm, et un élément d'appui 7 qui est collé à la surface postérieure du transducteur 5. Un câble 8 est raccordé à une paire d'électrodes (non représentées) prévue sur le transducteur 5, et le transducteur 5 est raccordé à un circuit externe via le câble 8. Le moyen de couplage 9 est constitué d'un sac 10 formé d'une mince pellicule qui possède une impédance acoustique sensiblement égale à celle de l'eau, et d'eau 11 remplissant le sac 10. Le moyen de couplage 9 peut efficacement émettre et, ou bien, recevoir une onde ultrasonore du transducteur 5 au corps vivant, et respectivement. L'applicateur 4 est positionné au moyen d'une unité 3 de fixation d'applicateur. On effectue ce positionnement de façon que la position du calcul rénal 2 dans l'image tomographique obtenue par un transducteur ultrasonore 21 coïncide avec le foyer de l'onde ultrasonore venant du transducteur 5. On note que le transducteur ultrasonore d'image 21 est conçu de façon à présenter une certaine relation de position par rapport à l'applicateur 4. Le transducteur 21 est positionné par l'unité 3 et est commandé par une unité 22 assurant un mode B d'image.

Le circuit externe 23 servant à commander le transducteur 5 est raccordé à la paire d'électrodes via le câble 8. En actionnant un commutateur 12 générateur d'impulsion, le circuit 23 délivre un signal de commande à un premier moyen formateur d'impulsion 14, via une porte OU 13. Le moyen 14 formateur d'impulsion produit un signal d'impulsion d'une petite amplitude et le délivre au transducteur 5. En résultat, une onde ultrasonore faible d'environ 240 mW/cm^2 (SPTA (Spatial Peak-Temporal Average Intensity, c'est-à-dire intensité moyenne dans le temps de la crête spatiale)) est transmise par le transducteur 5 à une partie malade du corps vivant, via le moyen de couplage 9. L'onde ultrasonore est réfléchie par le tissu du corps vivant, est reçue par le transducteur 5, et est transformée en un écho. Le récepteur 15 reçoit l'écho via le câble 8 et le délivre

au processeur 16. Le processeur 16 ne détecte qu'un écho réfléchi par une position voisine du foyer de l'onde ultrasonore transmise dans le corps vivant, et délivre un signal de détection au dispositif 17 déterminateur de pierre. Le dispositif déterminateur 17 détermine la présence ou l'absence du calcul rénal 2, en fonction de l'écho reçu.

La figure 2 montre un exemple d'une configuration de circuit pour le dispositif déterminateur 17. Sur la figure 2, le dispositif déterminateur 17 comporte un circuit 24 de maintien de crête servant à recevoir un écho a. Le signal de sortie b du circuit 24 est comparé, dans un comparateur 25, avec une valeur de référence c venant d'un circuit 26 de fixation de seuil.

La figure 3A montre le signal a, la valeur b du niveau de crête venant du circuit 24, et le valeur de niveau c du signal de référence venant du circuit 25, respectivement.

Lorsque le signal de sortie d du comparateur se trouve à un niveau haut, comme représenté sur la figure 3B, la valeur b est plus grande que la valeur c ($b > c$), c'est-à-dire qu'un écho de grande amplitude est appliqué du fait de la présence d'un calcul rénal. Ceci est dû au fait que l'impédance acoustique du calcul rénal est plus grande que celle du tissu vivant.

Lorsqu'un calcul rénal n'est pas présent, il est obtenu une valeur de niveau bas (figure 3B) comme signal de sortie d ($b < c$).

Le signal de sortie d du comparateur 25, ainsi que le signal de porte temporelle e, est délivré à la porte ET 27. Le signal de sortie d est également délivré, en même temps que le signal e, à la porte ET 29, via l'inverseur 28.

Lorsque le signal de sortie d se trouve à un niveau bas, il est obtenu un signal de sortie de la porte ET 27, qui est délivré comme signal de commande à un moyen 18 de formation d'impulsion, représenté sur la figure 1. Ainsi, lorsque le dispositif déterminateur 17 détermine qu'une pierre est présente, un signal de commande délivré au moyen de formation d'impulsion 18, et ce dernier délivre un signal d'impulsion de grande amplitude au transducteur 5 via le câble 8. En résultat, le transducteur 5 émet une onde ultrasonore intense, servant à briser la pierre, qui possède une puissance de

crête de 100 kW, ou plus, par exemple, arrivant sur le calcul rénal 2 qui se trouve dans le corps vivant, ce qui a pour effet de briser le calcul renal 2 disposé au foyer de l'onde.

D'autre part, lorsque le dispositif déterminateur 12 détermine qu'une pierre n'est pas présente, aucun signal de commande n'est délivré au moyen formateur d'impulsion 18, et l'onde ultrasonore n'est pas émise. Des signaux de détermination indiquant qu'aucune pierre n'est présente sont délivrés, sous la forme de signaux de niveau bas, par la porte 29, représentée sur la figure 2, à destination du générateur 19 d'impulsion de détermination et du circuit 20 d'affichage d'écart. Le générateur 19 produit une impulsion de détermination et la fournit de nouveau, comme signal de commande, au moyen de formation d'impulsion 14, via la porte OU 13. Le transducteur 5 émet l'onde ultrasonore sur le calcul rénal 2 et répète cette opération un certain nombre de fois. Lorsque le circuit 20 reçoit trois signaux de détermination consécutifs indiquant qu'une pierre n'est pas présente, il existe un important écart entre les positions de la pierre et du foyer de l'onde ultrasonore. Ainsi, un opérateur actionne une unité 3 pour amener l'applicateur 4 jusqu'à une nouvelle position. Ainsi, l'onde ultrasonore intense permettant de briser la pierre peut être émise après que la présence du calcul rénal a été déterminée, si bien que seule la pierre sera brisée, et qu'aucun dommage ne sera causé aux tissus vivants. Une onde ultrasonore faible est émise par le transducteur 5, ce qui permet de déterminer la présence ou l'absence du calcul rénal, en fonction du signal de commande venant du moyen 14 de formation d'impulsion. Cette onde ultrasonore faible peut être émise immédiatement avant l'émission de tout signal ou de tout nombre prédéterminé d'ondes ultrasonores intenses.

On va maintenant décrire un autre mode de réalisation de l'invention en relation avec les figures 4 et 5. Dans ce mode de réalisation, on détermine la position d'une pierre en déplaçant un transducteur ultrasonore. Après que l'opération de positionnement a été réalisée avec précision, une onde ultrasonore intense est émise, par laquelle la pierre est brisée, sans endommagement des tissus vivants.

Par exemple, pour briser le calcul rénal 2 se trouvant dans le rein 1, un transducteur concave 5, qui fait fonction de transducteur ultrasonore et possède une fréquence de résonance valant 500 kHz par exemple, est positionné à la surface 6 du corps vivant par l'intermédiaire du moyen de couplage acoustique 9. Le transducteur 5 est monté sur un arbre 40 et est couplé à un mécanisme d'entraînement 41. Le mécanisme 41 comporte un élément 42 de balayage de secteur et un élément d'entraînement vertical 43. L'élément de balayage 42 est monté pivotant sur un arbre 44 de manière à faire effectuer un balayage sectoriel au transducteur 5 dans la direction de la gauche vers la droite. L'élément d'entraînement vertical 43 maintient le transducteur 5 et l'élément de balayage 42 par l'intermédiaire d'un arbre 45, de manière à pouvoir les déplacer verticalement. L'élément de balayage 42 et l'élément d'entraînement vertical 43 sont commandés à partir d'un signal de commande venant d'un dispositif de commande 37 d'un circuit électronique 46. Le circuit 46 comporte un microcalculateur 31. Un commutateur 33 reçoit d'abord un signal d'instruction en provenance du microcalculateur 31, via un tampon 32 d'entrée-sortie, et ses contacts a et b se connectent entre eux. Une impulsion de petite amplitude est délivrée par un moyen 34 de formation d'impulsion au transducteur 5, via un commutateur 33, et une impulsion ultrasonore faible est émise par le transducteur 5 à destination d'une pierre qui s'est formée dans le corps vivant, et elle est réfléchie par celle-ci. L'écho ultrasonore réfléchi est reçu par le transducteur 5 et est amplifié par un récepteur 35 via le commutateur 33. Ensuite, l'enveloppe de l'écho est produite par un dispositif 36 de traitement de signaux. A ce moment, le microcalculateur 31 délivre une impulsion de commande à l'élément de balayage 42, via le dispositif de commande 37. En résultat, un mouvement de pivotement de l'arbre 44 est transmis au transducteur 5, lequel émet alors l'onde ultrasonore suivant des angles différant selon les positions, dans l'ordre des positions (a)→(b)→(a)→(c)→(a), comme représenté sur la figure 5. A chaque fois que le transducteur 5 change d'angle, l'onde ultrasonore subit des opérations répétées d'émission-réception vis-à-vis de la pierre, et des enveloppes des échos ultrasonores sont formées

par le microcalculateur 31, via le commutateur 33, le récepteur 35, le dispositif de traitement de signaux 36, et un convertisseur analogique-numérique 38. L'angle d'inclinaison, c'est-à-dire la position du transducteur, qui est obtenu lorsque l'écho ultrasonore est maximal est emmagasiné dans le microcalculateur 31, ainsi que l'amplitude de cet écho. La détection de l'écho maximal signifie que la présence de la pierre dans le corps vivant a été déterminée. Ensuite, le microcalculateur 31 donne ordre au dispositif de commande 37 de déplacer l'élément d'entraînement vertical 43, de façon à déplacer verticalement la position du transducteur 5, dans l'ordre des positions (a)→(d)→(e)→(d)→(a), comme représenté sur la figure 5, au moyen de l'arbre 45 et de l'élément de balayage 42. Comme décrit ci-dessus, l'onde ultrasonore est émise et reçue à chaque fois que le transducteur 5 se déplace, et le microcalculateur 31 emmagasine l'écho maximal ainsi que la position du transducteur à cet instant.

Ainsi, il est possible de déterminer avec une précision élevée la position d'une pierre dans le corps vivant. Ainsi, le microcalculateur 31 commande le commutateur 33, via le dispositif d'entrée-sortie 32, de manière à connecter ensemble les contacts a et c. En résultat, le signal de sortie du moyen 34 de formation d'impulsion est amplifié par l'amplificateur de puissance 39 et est délivré au transducteur 5. Le transducteur 5 émet l'onde ultrasonore intense à destination de la pierre formée dans le corps vivant, et la pierre se brise.

Comme décrit ci-dessus, la position de la pierre est déterminée avec une précision élevée, après quoi l'onde ultrasonore permettant de briser est émise. Ainsi, la pierre peut être brisée en toute sécurité, sans risques d'endommagement pour le tissu vivant.

Bien entendu, l'homme de l'art sera en mesure d'imaginer, à partir de l'appareil dont la description vient d'être donnée à titre simplement illustratif et nullement limitatif, diverses variantes et modifications ne sortant pas du cadre de l'invention.

REVENDICATIONS

1. Appareil de lithotritie ultrasonore, caractérisé en ce qu'il comprend :

un transducteur ultrasonore de lithotritie (5) servant à émettre une onde ultrasonore, qui forme un foyer ;

un transducteur ultrasonore d'image (21) servant à former une image d'une pierre se trouvant dans un corps vivant ;

un moyen de maintien (3, 4) servant à maintenir ledit transducteur ultrasonore de lithotritie et ledit transducteur ultrasonore d'image de façon que leurs positions de montage respectives puissent être ajustées ;

un moyen de commande (14) servant à amener ledit transducteur ultrasonore de lithotritie à émettre une onde ultrasonore faible permettant de déterminer la présence ou l'absence d'une pierre ;

un moyen de détermination (15, 16, 17) servant à recevoir une onde réfléchie de l'onde ultrasonore en provenance du corps vivant, et à déterminer, en fonction de l'onde reçue, si le foyer de l'onde ultrasonore faible coïncide avec la position d'une pierre ; et

un moyen de commande (18), connecté audit moyen de détermination et permettant, lorsque ledit moyen de détermination détermine que le foyer de l'onde ultrasonore faible coïncide avec la position d'une pierre, de recevoir de celui-ci un signal de détermination et d'amener ledit transducteur de lithotritie ultrasonore à émettre l'onde ultrasonore intense qui permet de briser la pierre.

2. Appareil selon la revendication 1, caractérisé en ce que ledit moyen de commande servant à amener ledit transducteur ultrasonore de lithotritie à émettre l'onde ultrasonore faible est excité immédiatement avant chaque émission unique de l'onde ultrasonore intense ou avant celles d'un nombre prédéterminé d'ondes ultrasonores intenses.

3. Appareil selon la revendication 1, caractérisé en ce que ledit moyen de maintien fixe ledit transducteur de lithotritie ultrasonore en une position où le foyer de l'onde ultrasonore faible coïncide avec la position de la pierre.

4. Appareil de lithotritie ultrasonore, caractérisé en ce qu'il comprend :

un transducteur de lithotritie ultrasonore (5) servant à former un foyer d'une onde ultrasonore émise ;

un moyen de commande (34, 33) servant à amener ledit transducteur de lithotritie ultrasonore à émettre une onde ultrasonore faible, qui sert à déterminer la présence ou l'absence d'une pierre, dans un corps vivant ;

un moyen de détermination (33, 35, 36) servant à recevoir une onde réfléchie de l'onde ultrasonore en provenance du corps vivant et à déterminer, en fonction de l'onde reçue, si le foyer de l'onde ultrasonore faible coïncide ou non avec la position d'une pierre ;

un mécanisme d'entraînement (42, 43) servant à maintenir ledit transducteur de lithotritie ultrasonore et permettant, lorsque l'onde ultrasonore doit être émise et, ou bien, reçue, d'entraîner ledit transducteur de lithotritie ultrasonore de façon que sa position relative par rapport à la pierre varie ; et

un moyen de commande (34, 39, 33) connecté audit moyen de détermination et permettant, lorsque ledit moyen de détermination détermine que le foyer de l'onde ultrasonore faible coïncide avec la position d'une pierre, de recevoir de celui-ci un signal de détermination et d'amener ledit transducteur de lithotritie ultrasonore à émettre l'onde ultrasonore intense permettant de briser la pierre.

5. Appareil selon la revendication 4, caractérisé en ce que ledit mécanisme d'entraînement amène ledit transducteur de lithotritie ultrasonore à effectuer un balayage de secteur relativement à la pierre et une opération d'éloignement et de rapprochement par rapport à la pierre.

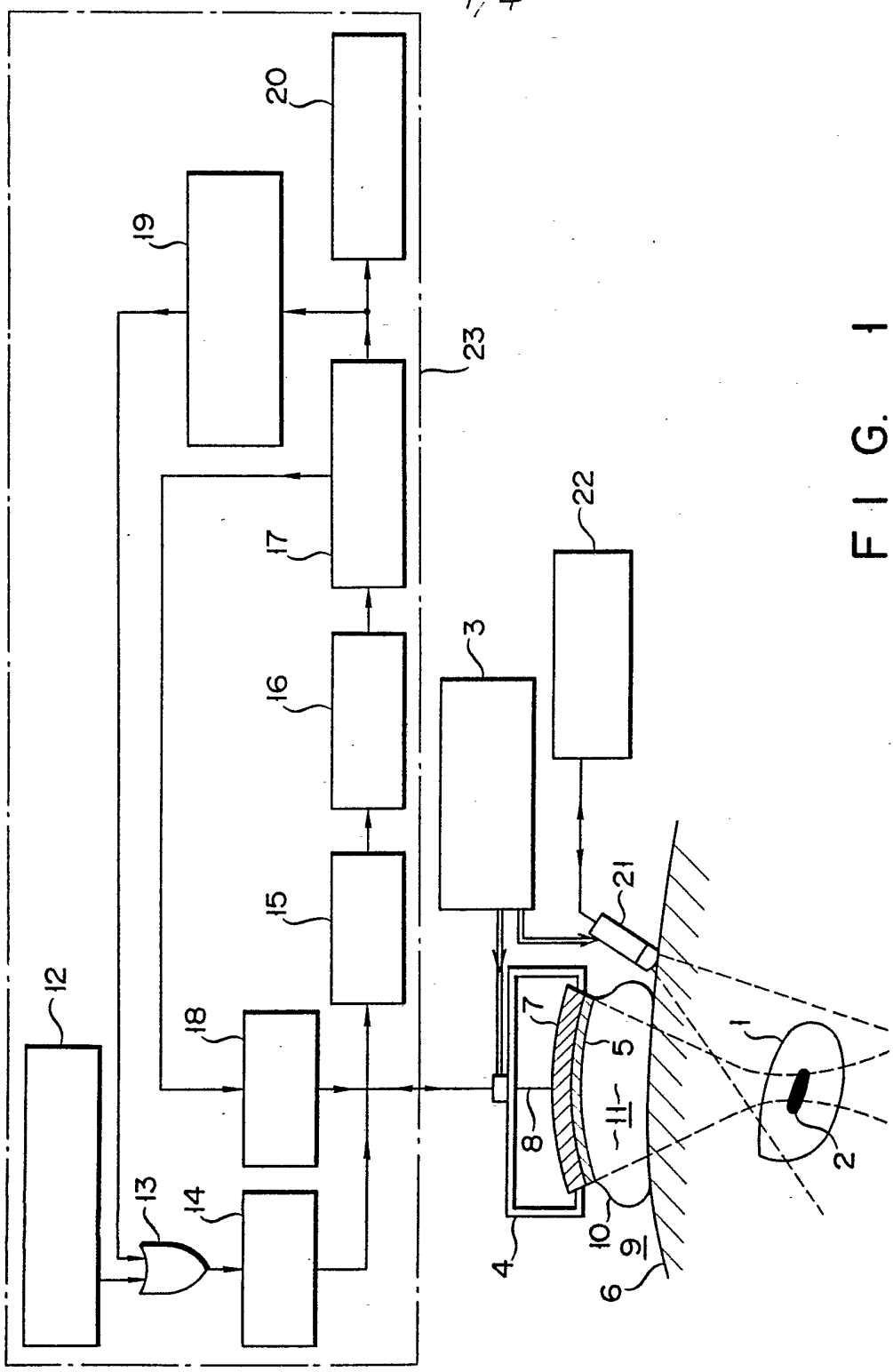


FIG. 1

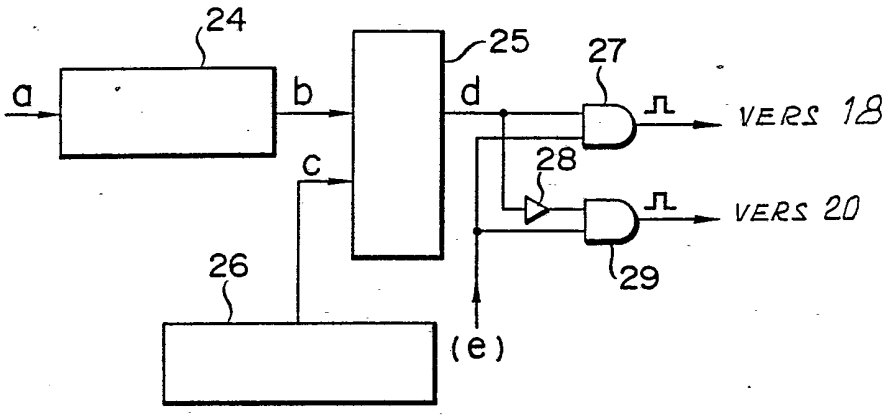

24
25
27
a
b
d
VERS 18
c
28
VERS 20
26
29
(e)

FIG. 2

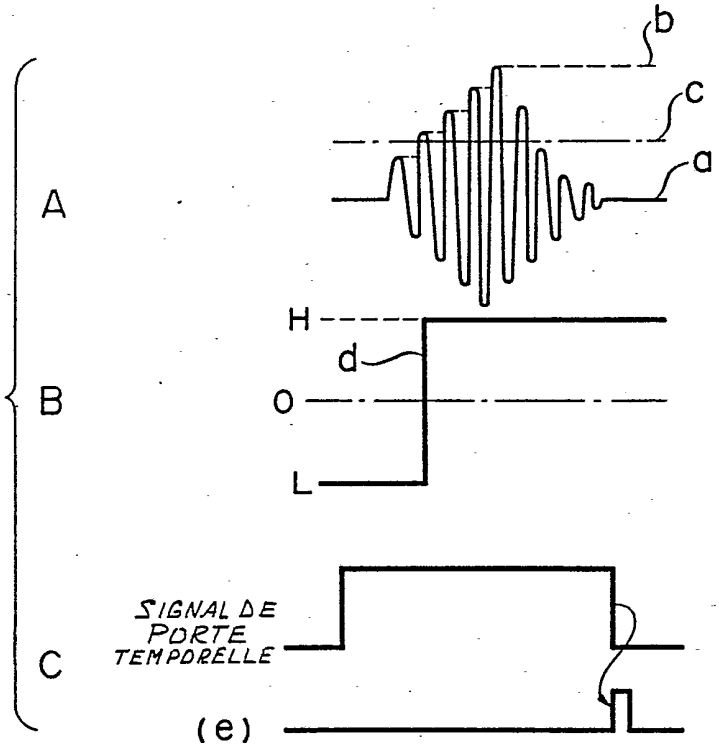

b
c
a
A
H
d
B
0
L
SIGNAL DE PORTE TEMPORELLE
C
(e)

FIG. 3

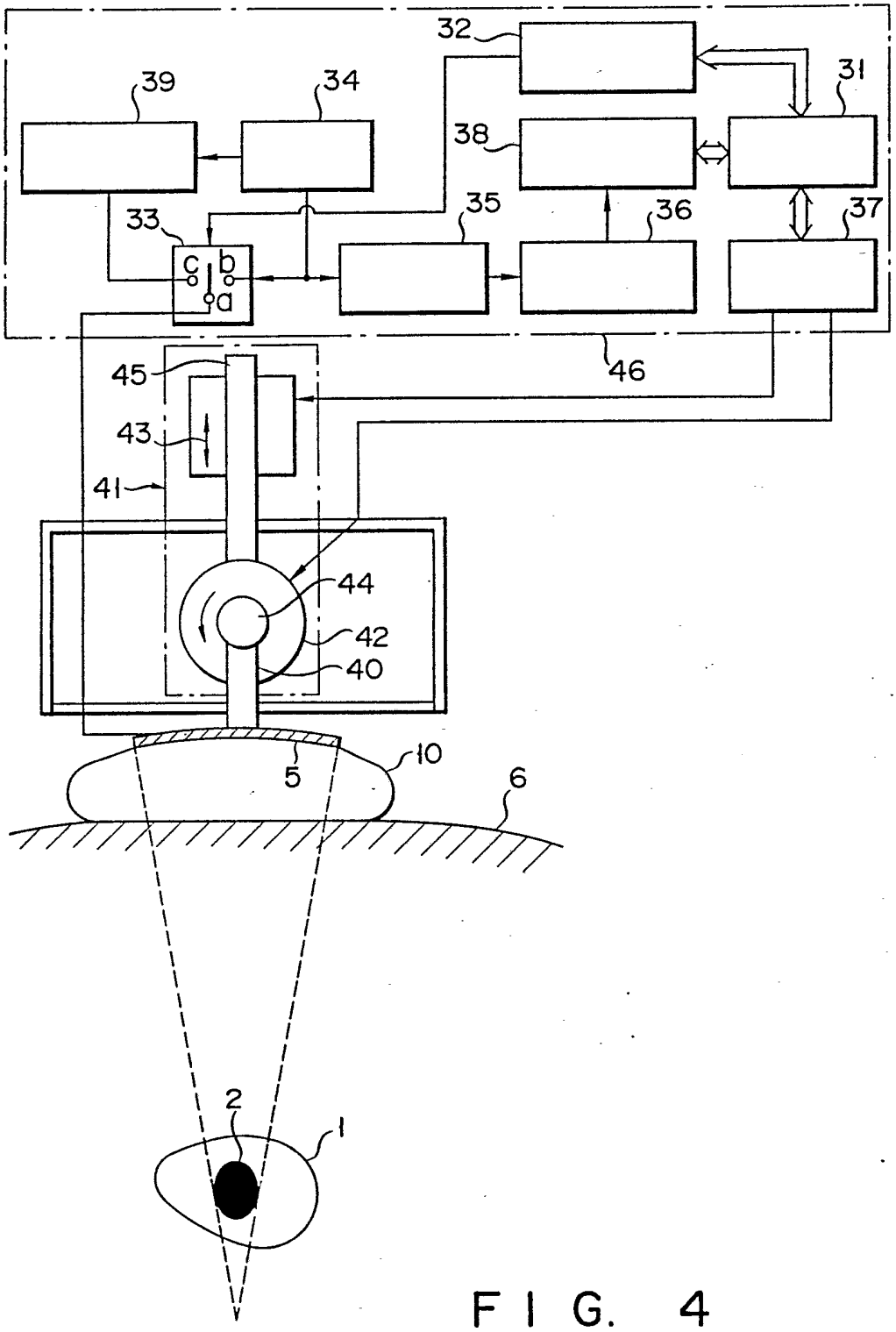


FIG. 4

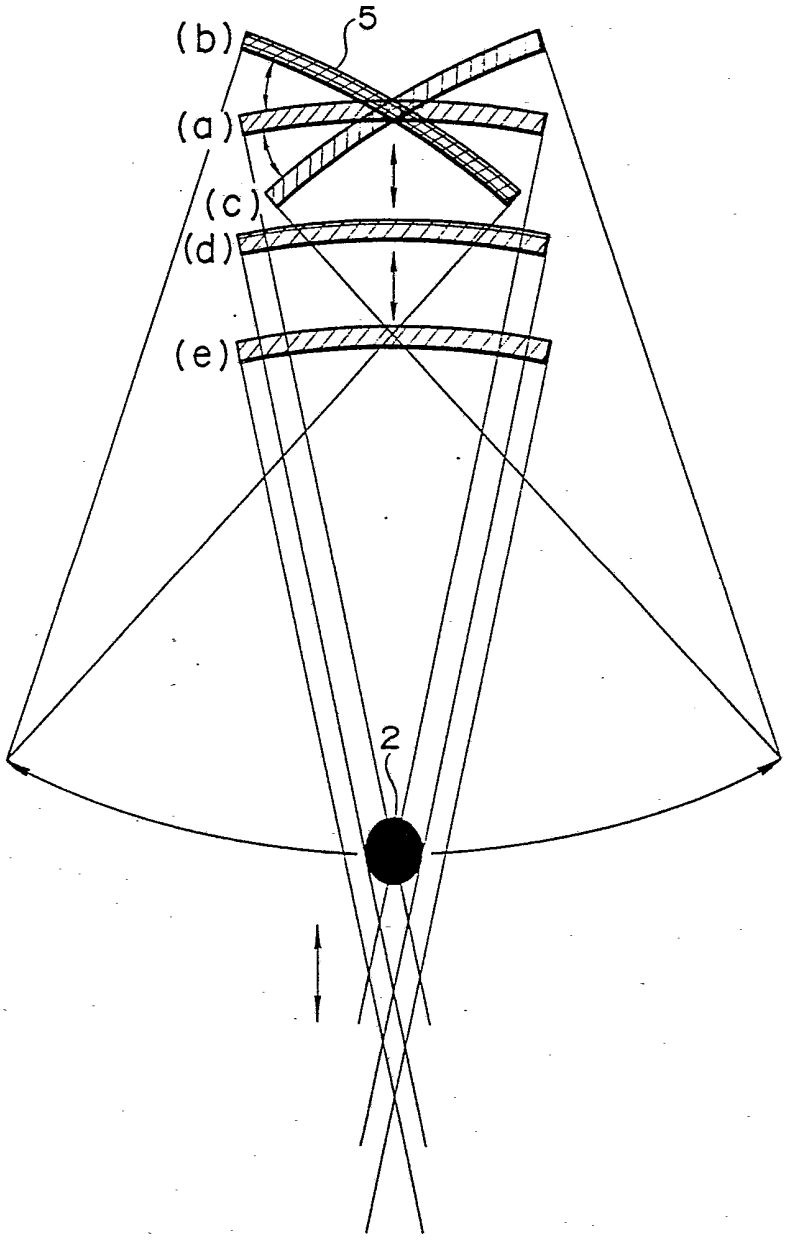


FIG. 5