

 DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

 Numéro de dépôt: 82401291.8

 Int. Cl.³: **G 10 K 11/34**

 Date de dépôt: 08.07.82

 Priorité: 08.07.81 FR 8113445

 Date de publication de la demande:
 12.01.83 Bulletin 83/2

 Etats contractants désignés:
 DE GB NL

 Demandeur: **CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE**
15, Quai Anatole France
F-75007 Paris(FR)

 Inventeur: **Richard, Bruno**
10, rue Corot
F-91800 Brunoy(FR)

 Mandataire: **Fort, Jacques et al,**
CABINET PLASSERAUD 84, rue d'Amsterdam
F-75009 Paris(FR)

 **Sonde d'échographie ultrasonore et dispositif d'échographie à balayage sectoriel.**

 Le dispositif, utilisable notamment pour l'exploration en échographie B d'un organe ou d'une structure anatomique interne, comprend un réseau linéaire de N transducteurs élémentaires ($12_1, \dots, 12_N$) identiques répartis à intervalles égaux et fonctionnant à une fréquence déterminée f , des moyens (37) pour stocker au moins une répartition de retards sur n transducteurs successifs (n étant inférieur à N) correspondant à une focalisation à distance déterminée de la ligne pour la fréquence f , des moyens commutateurs (34, 35) permettant de relier temporairement un groupe de n transducteurs à des moyens d'émission (38, 39, 15, 81) ou de réception (82, 62) de signaux avec des retards correspondant à ladite répartition et de décaler le groupe de n transducteurs de façon à réaliser un balayage. Les transducteurs sont disposés suivant une ligne circulaire à convexité tournée vers ledit milieu de façon à provoquer un balayage sectoriel autour de l'axe de la ligne circulaire lors du fonctionnement des moyens commutateurs et les retards sont prévus pour assurer une focalisation le long du rayon correspondant au transducteur médian du groupe.

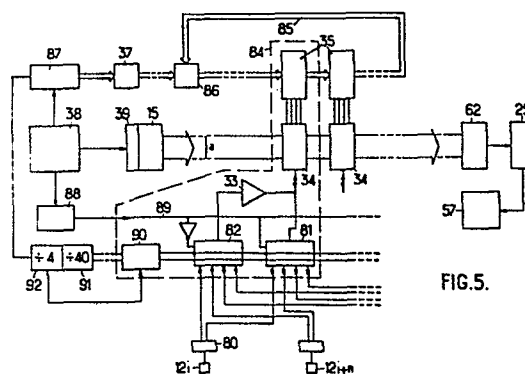


FIG. 5.

Sonde d'échographie ultrasonore et dispositif d'échographie
à balayage sectoriel

La présente invention a pour objet une sonde
d'échographie impulsionnelle ultrasonore et un dispositif
5 utilisant une telle sonde et elle trouve une application
particulièrement importante dans le domaine médical.

On connaît déjà de très nombreux dispositifs
d'échographie ultrasonore permettant d'explorer un organe
ou une structure anatomique interne. Parmi ces dispositifs,
10 beaucoup assurent une focalisation à une profondeur déter-
minée, correspondant à une zone à examiner, à l'émission
et/ou à la réception. Cette focalisation est assurée par
voie électronique ou optique. Dans le premier cas, on
utilise généralement des lignes à retard ou des éléments
15 de déphasage (certificat d'addition FR 2 335 288). On
arrive ainsi, en n'utilisant que quelques éléments four-
nissant des déphasages ou des retards discrets, à approcher
une répartition qui correspondrait à une focalisation rigou-
reuse.

20 L'exploration en profondeur d'un organe ou d'une
structure anatomique (échographie B) implique fréquemment
un balayage. On a déjà réalisé des dispositifs d'échographie
ultrasonore qui assurent à la fois une focalisation et un
balayage linéaire ou sectoriel. Dans le cas d'applications
25 médicales, le balayage sectoriel a le gros avantage d'auto-
riser l'exploration de structures anatomiques internes à
partir d'une très faible surface de contact avec la peau. Il
permet en particulier de visualiser le fonctionnement du
muscle cardiaque à l'aide d'une sonde placée de façon que le
30 faisceau ultrasonore passe entre deux côtes successives.

Le balayage peut être effectué par voie électronique
ou par voie mécanique. En particulier, on connaît des
dispositifs pleinement satisfaisants à balayage linéaire,
utilisant une barrette comportant un nombre N de transduc-
35 teurs élémentaires (certificat d'addition déjà mentionné).
le balayage s'effectue en déplaçant à chaque tir le
groupe n de transducteurs utilisés simultanément avec une
répartition de retards ou de phases assurant la focalisation à la lis-

tance requise. Par contre, le balayage angulaire par modification de la répartition des phases appliqué à un groupe de transducteurs utilisés pour toutes les directions (brevet US 4 070 905) conduit à une technologie électronique très compliquée et de coût élevé. Quant aux dispositifs à balayage sectoriel mécanique, utilisant une tête d'exploration rotative, ils ont l'inconvénient d'être en général beaucoup moins fiables sur le plan mécanique que les dispositifs purement électroniques à tête d'exploration fixe.

10 On a tenté de réaliser des dispositifs assurant tout à la fois une focalisation et un balayage sectoriel à l'aide d'une sonde comprenant une rangée de N transducteurs élémentaires adjacents disposés à intervalles réguliers sur une surface cylindrique dont la concavité est dirigée vers l'organe à explorer. On décale, d'un tir au suivant, le groupe de n transducteurs utilisés simultanément, pour provoquer le balayage autour d'un axe qui correspond sensiblement au point de contact avec la peau dans le cas d'un appareil médical.

20 Cette solution présente divers inconvénients. Elle conduit à une sonde volumineuse et complexe et se prête mal à une focalisation par voie électronique.

La présente invention vise à fournir une sonde et un dispositif d'échographie ultrasonore répondant mieux que ceux antérieurement connus aux exigences de la pratique, notamment en ce qu'elle permet de réaliser un balayage sectoriel de façon simple et naturelle, associé à une focalisation qui peut aisément être réalisée à distance variable, c'est-à-dire du type couramment dénommé "poursuite".

30 Dans ce but, l'invention propose notamment une sonde présentant une surface d'appui destinée à être mise en contact avec l'organe à explorer, portant un réseau linéaire de N transducteurs élémentaires identiques répartis à intervalles égaux prévus pour être reliés électriquement à des moyens de liaison temporaire d'un groupe de n transducteurs à la fois à des moyens d'émission ou de réception de signaux avec des retards correspondant à une répartition fournissant une focalisation à distance déterminée et de décaler le groupe de n transducteurs d'un tir au suivant, de façon à réaliser

un balayage, caractérisée en ce que les transducteurs sont disposés suivant une ligne circulaire à convexité tournée vers la surface d'appui, de façon à provoquer automatiquement un balayage sectoriel autour de l'axe.

5 Il s'agit là d'une disposition qui s'oppose totalement à celle où les transducteurs sont disposés suivant une ligne dont la concavité est tournée vers l'organe à explorer. On pourrait croire que, dans ce dernier cas, la disposition des transducteurs conduit à une focalisation quasi automatique. En fait, il y a bien au contraire une divergence
10 obligatoire, du fait que le faisceau ultrasonore ne pénètre dans l'organe à explorer qu'au-delà de sa zone de focalisation, que la géométrie même de la sonde impose de ne pas faire varier. (FR-A- 2334117)

15 L'invention vise également à fournir un dispositif d'échographie permettant d'utiliser une sonde du type ci-dessus et, au prix d'adjonctions très limitées, des sondes d'autres types telles que celles utilisant une barrette plane de transducteurs. Dans ce but, l'invention propose
20 un dispositif d'échographie ultrasonore d'exploration d'un milieu et notamment d'un organe ou d'une structure anatomique interne, comprenant un réseau linéaire de N transducteurs élémentaires identiques répartis à intervalles égaux, des moyens pour stocker au moins une répartition de retards sur
25 n transducteurs successifs (n étant inférieur à N) correspondant à une focalisation à distance déterminée de la ligne, des moyens commutateurs permettant de relier temporairement un groupe de n transducteurs à des moyens d'émission ou de réception de signaux avec des retards correspondant à ladite
30 répartition et de décaler le groupe de n transducteurs de façon à réaliser un balayage, caractérisé en ce que les transducteurs sont disposés suivant une ligne circulaire à convexité tournée vers ledit milieu de façon à provoquer un balayage sectoriel autour de l'axe de la ligne circulaire
35 lors du fonctionnement des moyens commutateurs et en ce que les retards sont prévus pour assurer une focalisation le long du rayon correspondant au point médian du groupe, à distance déterminée et éventuellement variable.

Les retards peuvent être assurés par des lignes

à retard ou simulés par des éléments de déphasage. La première solution sera généralement préférable, surtout dans la mesure où les moyens de retard permettent de faire varier ce retard de façon continue.

5 La sonde et le dispositif définis ci-dessus présentent de nombreux avantages : ils ont une grande souplesse de fonctionnement, puisqu'ils se prêtent parfaitement à une focalisation dynamique ; du fait que les transducteurs sont à proximité immédiate du milieu à explorer, la densité des
10 lignes d'exploration présentera une moindre variation entre zones superficielles et zones profondes que dans le cas des sondes planes ou à concavité tournée vers le milieu. La focalisation par des moyens géométriques ou électroniques reste possible dans le sens perpendiculaire au plan de la ligne
15 sur laquelle sont répartis les transducteurs. Les moyens électroniques de mise en oeuvre restent très simples, du fait que le balayage angulaire s'effectue automatiquement suivant un secteur ayant pour centre l'axe de répartition des transducteurs élémentaires. L'électronique du dispositif
20 permet de travailler successivement avec des sondes très différentes, notamment en ce qui concerne le rayon du cercle sur lequel sont répartis les transducteurs et l'écartement des transducteurs.

On peut remarquer au passage que l'on connaît des systèmes
25 d'écoute sous-marine comportant des hydrophones répartis suivant une courbe, et permettant une exploration angulaire. Mais il s'agit là d'une technologie extrêmement différente de celle envisagée ici, où les hydrophones sont entourés par le milieu à explorer et travaillent dans des conditions totalement différentes. (DE-A-2064588 et FR-A-1569897)

30 Il apparaît en fait que la solution proposée par l'invention a jusqu'ici été écartée par l'homme de l'art du fait qu'en apparence elle va à l'encontre de la focalisation qui est recherchée pour assurer une bonne définition latérale, la répartition suivant une surface convexe tendant à fournir ou à recueillir l'énergie dans un faisceau d'autant
35 plus divergent que les transducteurs élémentaires sont répartis suivant un cercle de faible rayon. L'inventeur a dû, pour arriver à la solution proposée, prendre le contrepied d'une telle attitude en étendant à une telle répartition de transducteurs élémentaires les techniques de focalisation utilisées notamment dans le cas de barrettes planes de

transducteurs.

Cette similitude des techniques de focalisation fait que la même électronique peut, au prix de modifications simples de composants ou de logiciel, être indifféremment
5 utilisée avec une sonde classique à balayage linéaire ou avec une sonde à balayage sectoriel du genre défini plus haut, ce qui constitue un avantage décisif sur les dispositifs classiques. En effet, pour un coût presque inchangé, on double pratiquement les possibilités d'application d'un dispositif.

10 L'invention vise également à fournir un dispositif d'échographie ultrasonore présentant un meilleur rapport signal/bruit que les dispositifs antérieurs, et réalisant une focalisation précise grâce à l'emploi d'un échantillonnage fin des retards, sans pour autant augmenter de façon
15 rédhibitoire le coût.

Dans ce but, l'invention propose notamment un dispositif d'échographie ultrasonore d'exploration d'un milieu, et notamment d'un organe ou d'une structure anatomique interne, caractérisé en ce qu'il comprend une sonde ayant un
20 réseau linéaire de N transducteurs élémentaires identiques répartis à intervalles égaux, à excitation par impulsion, et une électronique comportant des moyens pour stocker au moins une répartition de retards sur n transducteurs successifs (n étant inférieur à N) correspondant à une focalisation à distance déterminée de la ligne, des moyens commutateurs permettant de relier temporairement un groupe de n
25 transducteurs à des moyens d'émission ou de réception de signaux avec des retards correspondant à ladite répartition et de décaler le groupe de n transducteurs de façon à réaliser un balayage, les retards étant prévus pour assurer une focalisation à distance déterminée et éventuellement variable et les moyens commutateurs comprenant :

- des moyens de retard fournissant, sur a voies différentes, à partir d'une même impulsion provenant des
35 moyens d'émission, a impulsions ayant des retards différents,

- n premiers multiplexeurs permettant chacun de relier temporairement une des a voies à un accès d'entrée-sortie du multiplexeur,

- et n seconds multiplexeurs dont chacun est

interposé entre l'accès d'un premier multiplexeur correspondant et plusieurs des N transducteurs qui sont décalés de n , chaque second multiplexeur permettant de relier un des transducteurs aux premiers multiplexeurs pendant
5 le temps nécessaire à une émission et à la réception correspondante.

Cette disposition permet de limiter le nombre des premiers multiplexeurs à n , quel que soit le nombre N de transducteurs de la sonde, ce qui réduit notablement
10 le coût et permet d'adopter des multiplexeurs présentant un nombre a élevé de voies sans pour autant aboutir à un coût excessif. On peut ainsi adopter facilement un nombre a de voies et de retards au moins égal à 16, ce nombre permettant de remplir les critères de qualité
15 requis pour les applications médicales. Quant aux nombres N et n , ils peuvent respectivement être de 160 et de 40 (chiffres qui sont rarement dépassés pour constituer une lentille).

Chacun des deuxièmes multiplexeurs comporte avantageusement un élément d'émission, assurant la liaison
20 directe entre ledit accès et un transducteur, et un élément de réception, assurant la liaison par l'intermédiaire d'un préamplificateur entre le transducteur et l'accès du premier multiplexeur et en ce que lesdits
25 éléments sont commandés par des moyens synchronisés avec les moyens d'émission de façon à bloquer l'élément d'émission pendant la période de réception et réciproquement.

Grâce à cette disposition, on utilise des trajets différents à l'émission et à la réception, de sorte
30 que l'on peut donner au préamplificateur un gain élevé sans risquer de réagir sur l'émission. Les signaux reçus à faible niveau sont ainsi portés à un niveau suffisant très tôt dans des préamplificateurs qui peuvent être de qualité et à très faible bruit sans
35 incidence excessive sur le coût, puisque leur nombre est réduit par rapport à celui des transducteurs.

On peut prévoir dans le dispositif plusieurs jeux de seconds multiplexeurs et d'éléments d'émission et de

réception adaptés à des types différents de sondes, ainsi que des moyens de commutation. Ces derniers permettent de mettre en oeuvre l'un ou l'autre des jeux suivant la sonde utilisée. Les moyens commutateurs peuvent
5 se limiter à un générateur d'adresse provoquant la mise en oeuvre d'un jeu particulier. Les moyens commutateurs peuvent également être prévus pour mettre en oeuvre à volonté l'une quelconque de plusieurs mémoires de stockage de répartitions différentes de retard.

10 L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui suit de modes particuliers de réalisation donnés à titre d'exemples non limitatifs. La description se réfère aux dessins qui l'accompagnent, dans lesquels :

- la figure 1 montre la disposition de principe de
15 n transducteurs élémentaires dans une sonde de mise en oeuvre de l'invention,

- la figure 2 est un diagramme montrant la répartition des retards constants à réaliser sur les transducteurs répartis à intervalles angulaires égaux pour assurer
20 la focalisation à une distance déterminée ;

- la figure 3 est une vue en perspective montrant une constitution possible de tête permettant de réaliser une double focalisation avec balayage sectoriel,

- la figure 4 est une vue schématique en coupe de
25 la tête montrant une seconde disposition permettant de réaliser une focalisation dans un plan perpendiculaire au plan de balayage,

- la figure 5 est un schéma de principe d'un circuit permettant de mettre en oeuvre l'invention, en
30 association avec une sonde du genre montré en figure 3.

Comme l'indique déjà la demande de certificat d'addition publiée sous le n° 2 335 288, déjà mentionnée, et la demande de brevet n° EN 80 22880, auxquelles on pourra se reporter, on peut réaliser une focalisation à
35 l'émission ou à la réception au droit d'un groupe de n transducteurs répartis suivant une direction $x'-x$ à une distance f_0 d'un segment de droite sur lequel sont répartis les n transducteurs élémentaires, en utilisant une répartition de retards entre les transducteurs en fonction de

l'abscisse $\underline{x}$ à partir du centre 0 du groupe de transducteurs.

L'invention exige de réaliser une focalisation similaire à l'aide d'une sonde du genre montré en figure 1, comportant N transducteurs élémentaires $12_1, \dots, 12_i, \dots, 12_N$ dont on supposera que $\underline{n}$ sont utilisés à chaque tir ($\underline{n}$ étant égal à 7 dans le cas illustré). La focalisation à distance f_0 de l'énergie ultrasonore rayonnée par les transducteurs répartis sur un cercle de rayon R peut être assurée en attaquant les $\underline{n}$ transducteurs, à partir d'une source d'impulsion commune, par l'intermédiaire d'organes de retard appropriés. Les retards à utiliser sont sensiblement les mêmes que ceux nécessaires pour focaliser l'énergie de transducteurs répartis suivant une barrette linéaire à distance F, F étant reliée à R et à f_0 par la formule :

$$1/F = 1/R + 1/f_0.$$

Sur la figure 1, on a représenté schématiquement, en aval d'un amplificateur d'impulsion 10 constituant la source d'énergie à l'émission, un jeu de trois lignes à retard $11_1, 11_2$ et 11_3 fournissant des retards croissants et convenables. L'impulsion d'excitation est appliquée directement aux deux transducteurs situés le plus à l'extérieur; par l'intermédiaire de la ligne 11_1 aux deux transducteurs adjacents; par l'intermédiaire de la ligne 11_2 aux transducteurs encadrant le transducteur central; et, par l'intermédiaire de la ligne 11_3 , au transducteur central.

La même combinaison de retard permet une focalisation à la réception, après quoi des moyens de commutation (non représentés) font intervenir un groupe de $\underline{n}$ transducteurs décalés du premier groupe pour réaliser le balayage.

La distance F une fois déterminée, la répartition des retards à adopter peut être établie par application de formules classiques.

Par exemple, le retard Δt à imposer à l'excitation d'un transducteur situé à distance $\underline{x}$ à partir du centre du groupe de transducteurs élémentaires pour une focalisation à distance F doit être, dans l'approximation de Fresnel :

$$\Delta t = x^2 / 2 F \cdot c$$

où $\underline{c}$ est la vitesse des ultrasons dans le milieu de propa-

gation.

Cette variation peut être simulée de façon approchée avec un petit nombre de retards.

De façon similaire, on peut réaliser une focali-
5 sation à l'émission ou à la réception en affectant aux trans-
ducteurs élémentaires 12₁ des retards échelonnés suivant une
loi qui se rapprochera de la loi théorique correspondant à
une répartition cylindrique. La figure 2 montre, en tirets,
la répartition théorique de retards qui serait à réaliser
10 entre les transducteurs en fonction de leur distance x à
partir du centre du groupe pour une loi parabolique. La
courbe en trait plein montre la simulation de la loi de
variation avec un échantillonnage à plusieurs niveaux de
retards séparés chacun d'un intervalle constant τ . Dans
15 le mode de réalisation illustré en figure 2, on voit que le
transducteur central et les transducteurs d'ordre 2, 3 et
4 de chaque côté devront recevoir le signal avec un retard
maximum, les transducteurs d'ordre 5 et 6 devront le
recevoir avec un retard diminué de τ , et ainsi de suite.

20 Avant de passer à la description d'un circuit par-
ticulier permettant de mettre en oeuvre l'invention, il faut
souligner que la disposition convexe des transducteurs
élémentaires montrée en figure 1 laisse toute liberté en ce
qui concerne la focalisation dans un plan perpendiculaire
25 au plan de balayage. Dans le mode de réalisation de la tête
montrée en figure 3, cette focalisation est assurée en un
point N (qui peut être différent du point M de focalisation
dans l'autre plan) en donnant à la génératrice de la céra-
mique piézoélectrique 14 commune à tous les transducteurs
30 une forme concave. En particulier, chaque bande métallisée
appartenant à un transducteur élémentaire peut avoir une
forme circulaire dont le rayon correspond à la distance
entre la céramique et le point N.

Une autre solution consiste à placer, devant
35 les transducteurs élémentaires, une lentille, comme illustré
sur la figure 4. Dans ce cas, la céramique commune peut
avoir la forme d'une portion de cylindre. La lentille sera
convexe si la vitesse du son dans son matériau constitutif
(par exemple élastomère de synthèse dur) est inférieure à

la vitesse du son dans les tissus.

On décrira maintenant, en faisant référence à la figure 5, un circuit permettant de réaliser une focalisation électronique à distance F , à l'aide d'un échelonnement de retard à l'émission et à la réception du genre montré en figure 2, ainsi qu'un balayage. Ce circuit est prévu pour être associé à un système de N transducteurs $12_1, \dots, 12_i, \dots, 12_N$, excitables par impulsion. Il provoque à chaque exploration l'excitation de $\underline{n}$ transducteurs 12_i , avec une répartition de retards déterminée : il applique par exemple le signal d'excitation avec un retard maximum aux transducteurs d'ordre 1, 2, 3 et 4. Il provoque un retard de τ sur le signal avant application aux transducteurs d'ordre 5 et 6, et ainsi de suite.

L'électronique qui sera maintenant décrite permet d'utiliser un nombre de multiplexeurs d'émission et de réception égal à $\underline{n}$, donc pouvant être très largement inférieur au nombre total N de transducteurs : on peut ainsi, à coût donné, utiliser des multiplexeurs à nombre de voies supérieur, suffisant pour avoir un échantillonnage fin, donc une précision de focalisation élevée, et des lobes latéraux peu importants.

L'électronique montrée en figure 5 est destinée à être associée à une sonde comportant N transducteurs élémentaires tels que 12_i associés chacun à un circuit d'aiguillage 80.

L'électronique comporte un premier réseau de multiplexeurs 34 en nombre $\underline{n}$ égal, non pas au nombre total N des transducteurs de la barrette, mais au nombre des $\underline{n}$ transducteurs intervenant lors d'un tir, c'est-à-dire constituant une lentille électronique. Dans la pratique, on ne dépassera jamais $n = 40$ pour une barrette de $N = 160$ éléments, soit le quart du réseau total. Chacun des premiers multiplexeurs 34 est utilisé en association avec plusieurs transducteurs décalés de $\underline{n}$. Par exemple, un même multiplexeur 34 sera associé aux transducteurs $12_i, 12_{i+n}, 12_{i+2n}, 12_{i+3n}$ dans le mode de réalisation envisagé. Ce premier réseau de multiplexeurs, qui permet de sélectionner l'une des $\underline{a}$ voies de retard alimentées

par les moyens d'émission, qui comprennent une horloge pilote 38, un générateur 39 et un registre 15, est relié aux transducteurs correspondants par un second réseau de multiplexeurs, destinés à effectuer l'adressage des trans-
5 ducteurs. Chacun de ces seconds multiplexeurs comprend un élément d'émission 81 permettant d'établir une liaison directe entre l'accès d'entrée-sortie du premier multiplexeur correspondant 34 et le circuit 80 d'un transducteur. Il comporte également un élément de réception 82 permettant
10 au signal de réception de transiter dans l'autre sens, vers l'accès du multiplexeur 34 associé, à travers un préamplificateur 33. Ce dernier peut être particulièrement soigné, étant donné que son coût influera peu sur celui de l'ensemble du dispositif, car il suffira de n préamplificateurs
15 pour N transducteurs.

Quant aux circuits directement associés aux transducteurs, ils peuvent être de constitution simple. Ils peuvent notamment comporter un seul composant actif à l'émission, constitué par exemple par un transistor V MOS
20 qui présente l'avantage de commuter très rapidement une puissance élevée, fournie par une source à tension -V, sous l'action d'un signal de commande de faible intensité provenant du second multiplexeur.

La sélection de la voie reliée par le premier
25 réseau de multiplexeurs aux transducteurs s'effectue à partir d'une information véhiculée par des registres à décalage 35 qui, dans le cas de l'utilisation de seize voies, pourront être des registres à quatre fois quatre éléments binaires. Chacun des registres 35 est affecté
30 à un premier multiplexeur à a = seize voies 34; un second registre est affecté à chaque multiplexeur, de sorte que l'ensemble des commutations est réalisé par un nombre de circuits élémentaires 84 (cadre en traits mixtes sur la figure 5) égal à $n = 40$ seulement. Il faut remarquer
35 que le passage d'un groupe de $n = 40$ transducteurs au groupe suivant s'effectue progressivement par recirculation de l'information dans les registres 35, comme indiqué par la ligne à plusieurs voies 85, et un recirculateur 86, constitué par un sélecteur sur la figure 5.

En prévoyant, pour chaque registre, quatre jeux de quatre éléments binaires, on peut effectuer le balayage suivant un nombre de lignes d'émission et de réception double du nombre de transducteurs, en prévoyant les quatre configurations successives suivantes :

1 : Configuration de lentille d'émission à nombre pair de transducteurs (40 par exemple).

2 : Lentille de réception correspondant à la lentille d'émission à 40 transducteurs.

3 : Configuration de lentille d'émission décalée d'un demi-transducteur par rapport à la précédente, utilisant un nombre impair de transducteurs (par exemple 39).

4 : Configuration de lentille de réception correspondant à la configuration d'émission à nombre impair de transducteurs.

L'horloge 87 commandant les registres 35 donnera un coup d'horloge avant chaque émission et un coup après chaque émission. Un système d'initialisation est prévu pour que l'horloge 87 émette un nombre de coups suffisant pour positionner l'information, prélevée dans un moyen de mémorisation 37, dans les n premiers registres 35. Dans ce cas particulier, le premier tir sera centré sur le vingtième transducteur de la barrette. On peut toutefois commencer l'exploration sans attendre d'avoir chargé dans les registres la totalité de la "lentille".

Le second réseau de multiplexeurs est associé à un générateur 88 de commande commune qui, pour chaque tir, émet une commande commune 89 qui débloque l'élément 81 pendant un court laps de temps encadrant étroitement le groupe de signaux logiques de commande d'émission et l'élément 82 pendant le temps complémentaire. La sélection des transducteurs alimentés par le second réseau de multiplexeurs est assurée par une information à deux éléments binaires véhiculée par des registres à décalage 90 en cascade. Cette information à deux éléments binaires est fabriquée pour chaque trame par un compteur 91 qui divise le nombre de coups d'horloge par 40. L'avance est assurée par une horloge (non représentée) qui fournit un coup pour quatre coups d'horloge 87. Les autres circuits élémentaires

de l'électronique dont le synoptique est montré en figure 5 peuvent être relativement classiques et comporter un circuit de réception à correction des retards 62 (constitué par exemple par une ligne à retard à prises multiples) et un circuit de traitement du signal 25 attaquant un système de visualisation ou de mémorisation 57.

On voit que le dispositif suivant l'invention est directement transposable à partir de n'importe quel système existant à focalisation et balayage électronique, au prix d'une simple modification de la loi de variation du retard ou du déphasage ; il utilise un nombre réduit de retards ou de déphasages différents ; le balayage sectoriel est obtenu de façon parfaitement naturelle grâce à la forme de la sonde. La différence de densité des lignes de balayage entre la zone superficielle et la zone profonde de l'organe à explorer est réduite, du fait qu'il n'y a pas convergence d'un faisceau au niveau du point d'entrée dans l'organe. Contrairement à ce qui se passe dans les dispositifs à balayage sectoriel électronique à l'aide d'une barrette de transducteurs plane existant antérieurement, le champ acoustique produit par le dispositif suivant l'invention ne dépend pas de l'angle d'observation par rapport au plan médian. Enfin, l'expérience montre que la forme convexe de la sonde ne constitue aucunement un handicap pour un bon contact avec la peau.

Revendications

1. Sonde d'échographie impulsionnelle ultrasonore présentant une surface d'appui destinée à être mise en contact avec l'organe à explorer, portant un réseau linéaire de N transducteurs élémentaires identiques ($12_1, \dots, 12_N$) répartis à intervalles égaux, prévus pour être reliés électriquement à des moyens de liaison temporaire d'un groupe de $\underline{n}$ transducteurs à la fois à des moyens d'émission ou de réception de signaux avec des retards correspondant à une répartition fournissant une focalisation à distance déterminée et de décaler le groupe de $\underline{n}$ transducteurs d'un tir au suivant, de façon à réaliser un balayage, caractérisé en ce que les transducteurs sont disposés suivant une ligne circulaire à convexité tournée vers la surface d'appui, de façon à provoquer automatiquement un balayage sectoriel autour de l'axe de la ligne circulaire.

2. Dispositif d'échographie ultrasonore d'exploration d'un organe ou d'une structure anatomique interne, comprenant un réseau linéaire de N transducteurs élémentaires identiques ($12_1, \dots, 12_N$) répartis à intervalles égaux, des moyens (37) pour stocker au moins une répartition de retards sur $\underline{n}$ transducteurs successifs ($\underline{n}$ étant inférieur à N) correspondant à une focalisation à distance déterminée de la ligne, des moyens commutateurs (34, 35) permettant de relier temporairement un groupe de $\underline{n}$ transducteurs à des moyens d'émission (15) ou de réception (62) de signaux avec des retards correspondant à ladite répartition et de décaler le groupe de $\underline{n}$ transducteurs de façon à réaliser un balayage, caractérisé en ce que les transducteurs sont disposés suivant une ligne circulaire lors du fonctionnement des moyens commutateurs et en ce que les retards sont prévus pour assurer une focalisation le long du rayon correspondant au point médian du groupe, à distance déterminée à l'extérieur du cercle.

3. Dispositif suivant la revendication 2, caractérisé en ce que les retards sont déterminés par des lignes à retard.

4. Dispositif suivant la revendication 2 ou 3, caractérisé en ce qu'il comprend un générateur (30)

associé aux transducteurs élémentaires par des moyens de retard (15), des moyens (37, 35) pour mémoriser la répartition sur n transducteurs élémentaires successifs des retards correspondant à une focalisation à une distance déterminée de la ligne, ainsi que des moyens (34) destinés à relier un groupe de n transducteurs aux moyens de retard et au générateur suivant ladite répartition.

5. Dispositif suivant la revendication 4, caractérisé en ce que les moyens de retard (15) sont constitués par des organes permettant de fournir, sur des voies différentes, à partir d'une même impulsion du générateur (30), des impulsions retardées de temps τ et multiples de τ , et les moyens destinés à relier les transducteurs commandent des amplificateurs (13) associés chacun à un transducteur (12_i), à partir de l'impulsion apparue sur la voie appropriée, sélectionnée par les moyens de mémorisation.

6. Dispositif d'échographie ultrasonore d'exploration d'un milieu, et notamment d'un organe ou d'une structure anatomique interne, caractérisé en ce qu'il comprend une sonde ayant un réseau linéaire de N transducteurs élémentaires identiques répartis à intervalles égaux, a excitation par impulsion, et une électronique comportant des moyens pour stocker au moins une répartition de retards sur n transducteurs successifs (n étant inférieur à N) correspondant à une focalisation à distance déterminée de la ligne, des moyens commutateurs permettant de relier temporairement un groupe de n transducteurs à des moyens d'émission ou de réception de signaux avec des retards correspondant à ladite répartition et de décaler le groupe de n transducteurs de façon à réaliser un balayage, les retards étant prévus pour assurer une focalisation à distance déterminée et éventuellement variable et les moyens commutateurs comprenant :

- des moyens de retard fournissant, sur a voies différentes, à partir d'une même impulsion provenant des moyens d'émission, a impulsions ayant des retards différents,
- n premiers multiplexeurs permettant chacun de relier temporairement une des a voies à un accès d'entrée-sortie du multiplexeur,

- et n seconds multiplexeurs dont chacun est inter-
posé entre l'accès d'un premier multiplexeur correspondant
et plusieurs des N transducteurs qui sont décalés de n ,
chaque second multiplexeur permettant de relier un des
5 transducteurs aux premiers multiplexeurs pendant le temps
nécessaire à une émission et à la réception correspondante,
chacun des deuxièmes multiplexeurs comportant un
élément d'émission, assurant la liaison directe entre
ledit accès et un transducteur, et un élément de réception,
assurant la liaison par l'intermédiaire d'un préamplifica-
teur entre le transducteur et l'accès du premier multi-
plexeur et en ce que lesdits éléments sont commandés par
des moyens synchronisés avec les moyens d'émission de
façon à bloquer l'élément d'émission pendant la période de
réception et réciproquement.

7. Dispositif suivant la revendication 6, comportant
plusieurs jeux de seconds multiplexeurs et d'éléments
d'émission réception chacun adapté à un type de sonde par-
ticulier et des moyens de commutation, avantageusement
électroniques, permettant de mettre en oeuvre l'un ou
l'autre desdits jeux suivant la sonde utilisée, lesdits
moyens commutateurs pouvant également être prévus pour
charger une mémoire de stockage de répartition de retards.

$\frac{1}{2}$

FIG.1.

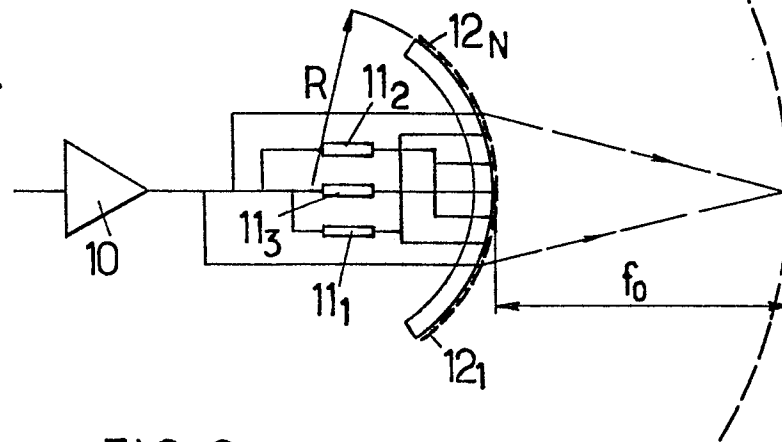


FIG.2.

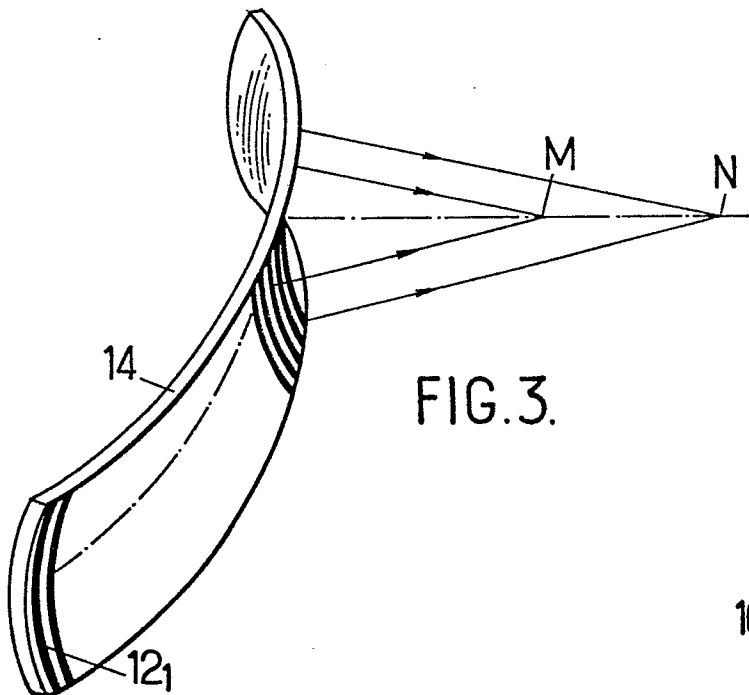
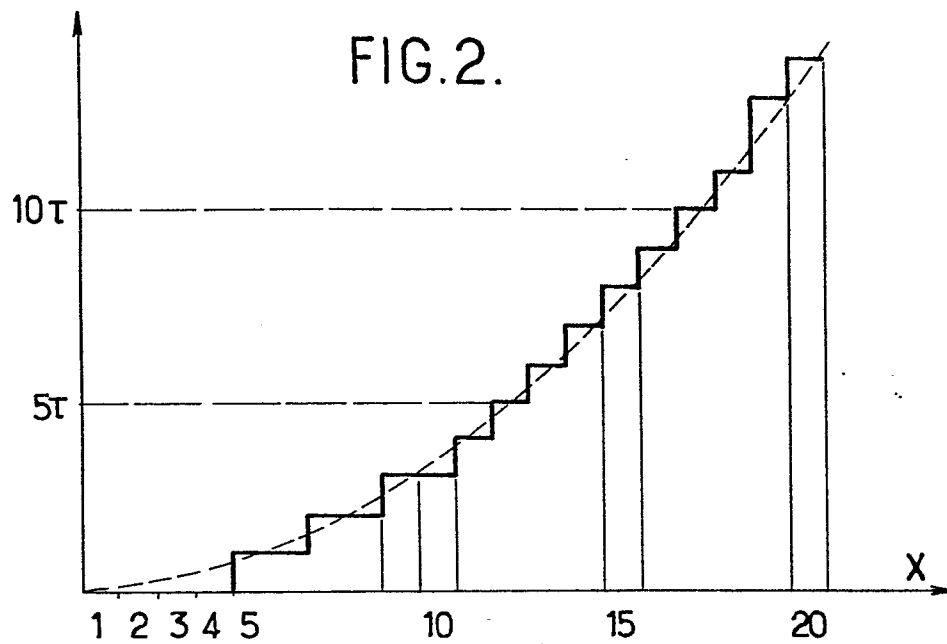
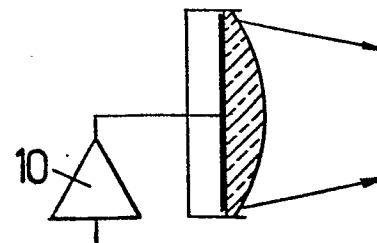
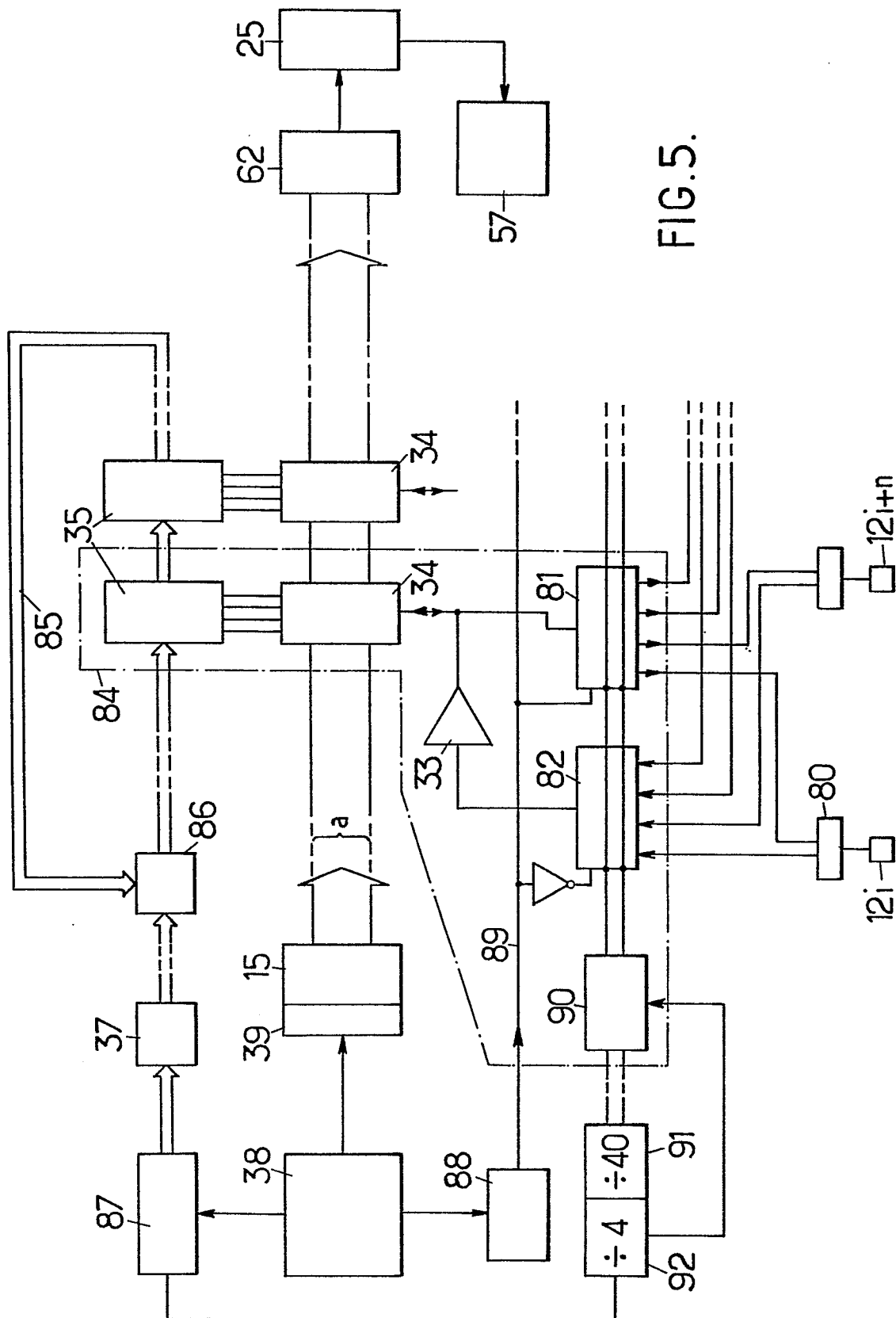


FIG.3.

FIG.4.



$$\frac{2}{2}$$




Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

0069677

Numéro de la demande

EP 82 40 1291

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. 3)				
Y	FR-A-2 292 978 (AGENCE NATIONALE DE VALORISATION DE LA RECHERCHE (ANVAR)) * page 1, ligne 29 à page 2, ligne 7; page 3, ligne 11 à page 6, ligne 33; figures 1-5 *	1-6	G 10 K 11/34				
Y	FR-A-2 472 753 (AGENCE NATIONALE DE VALORISATION DE LA RECHERCHE (ANVAR)) * page 6, ligne 21 à page 12, ligne 21; figures 1-3 *	1-6					
Y,D	DE-A-2 064 588 (FRIED. KRUPP GmbH) * page 9, ligne 5 à page 11, ligne 8; figures 1,2 *	1-6					
A	EP-A-0 005 593 (INTERNATIONAL SUBMARINE SERVICES S.A.) * page 4, ligne 1 à page 12, ligne 8; figures 1,2,4 *	2-7	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl. 3) G 10 K G 01 S				
A	US-A-4 233 678 (BRADY III) * colonne 1, ligne 1 à colonne 3, ligne 61; figure 1 *	1,2,6					
Le présent rapport de recherche a été établi pour toutes les revendications							
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 22-09-1982	Examineur STUBNER E.B				
<table><tr><td>CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES</td><td>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</td></tr><tr><td>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</td><td></td></tr></table>				CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES	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	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	
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES	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						
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							