

A1

**DEMANDE  
DE BREVET D'INVENTION**

⑳

**N° 80 15144**

---

⑤④ Dispositif de formation d'image par ultrasons à commande numérique, notamment pour le diagnostic médical.

⑤① Classification internationale (Int. Cl.<sup>3</sup>). G 01 S 15/00; A 61 B 10/00; G 01 N 29/00;  
H 03 K 5/15, 21/36.

②② Date de dépôt ..... 8 juillet 1980.

③③ ③② ③① Priorité revendiquée : *EUA, 9 juillet 1979, n° 55,721.*

④① Date de la mise à la disposition du  
public de la demande ..... B.O.P.I. — « Listes » n° 5 du 30-1-1981.

---

⑦① Déposant : Société dite : VARIAN ASSOCIATES, INC., résidant aux EUA.

⑦② Invention de : Weston Arthur Anderson.

⑦③ Titulaire : *Idem* ⑦①

⑦④ Mandataire : Cabinet Lavoix,  
2, place d'Estienne-d'Orves, 75441 Paris Cedex 09.

La présente invention se rapporte d'une façon générale aux appareils et aux procédés de diagnostic médical, et concerne plus particulièrement un dispositif et un procédé mettant en oeuvre des techniques ultrasonores à cet effet.

5 Au cours des deux ou trois dernières décennies, la technologie des ultrasons a joué un rôle croissant dans le diagnostic médical. Ces techniques trouvent des applications au diagnostic de diverses maladies, lorsqu'il est utile d'examiner des organes internes avec l'objectif de localiser  
10 des caractéristiques ou des aspects de ces organes qui peuvent indiquer une maladie, une anomalie, etc...

Les dispositifs anciens de ce genre avaient des possibilités et remplissaient des fonctions de visualisation très limitées mais plus récemment, sont apparus des dispositifs  
15 extrêmement élaborés susceptibles de produire des images en temps réel ou des images enregistrées avec d'excellents détails et une bonne résolution des parties voulues des organes examinés. Dans un dispositif de ce genre, le transducteur utilisé consiste en un réseau d'éléments en phase  
20 constitués par plusieurs éléments transducteurs disposés en un réseau linéaire compact. Chaque élément transducteur est connecté à un émetteur et un récepteur approprié et les phases des impulsions émises sont telles que le faisceau sonore émis est orienté et focalisé dans la direction voulue.  
25 Des retards réglables prévus dans chaque canal récepteur améliorent la réception à la profondeur souhaitée et dans la même direction que le faisceau sonore émis. Grâce à une commande appropriée de synchronisation des tensions appliquées aux éléments transducteurs, et une commande des délais ré-  
30 glables des canaux récepteurs séparés, le faisceau peut être orienté sous tout angle voulu d'un secteur en éventail, et focalisé à toute profondeur souhaitée. Le fonctionnement du réseau orienté est tel que plusieurs lignes radiales définissant le secteur en éventail sont produites successive-  
35 ment en nombre relativement élevé, généralement de l'ordre de 128 pour former le secteur complet. Ce groupe de lignes est produit pendant une courte période, généralement de l'ordre d'un trentième de seconde, de sorte que la visualisation correspondante sur un tube à rayons cathodiques est

une image en temps réel de haute résolution de la partie de l'organe examinée. Dans la terminologie actuelle, cette visualisation est appelée une analyse en mode B c'est à dire que les variations de l'impédance acoustique des tissus sont  
5 traduites en variations de luminosité sur l'écran du tube à rayons cathodiques.

Des détails concernant les techniques antérieures de traitement des signaux appliquées dans un appareil de ce genre pour produire l'image par un secteur en éventail, sont  
10 donnés en différents points de la littérature. Il est possible de se reporter par exemple au brevet des Etats-Unis d'Amérique n° 4 005 382.

L'examen des dispositifs antérieurs mentionnés ci-dessus montre que le mécanisme de retard généralement utilisé pour  
15 effectuer l'orientation et la focalisation des signaux reçus repose sur l'utilisation de lignes à retard avec différents types de mécanismes de commutation permettant de commuter sélectivement ces lignes à retard. Cette solution, bien qu'elle soit raisonnablement efficace dans les cas considérés,  
20 présente néanmoins un certain nombre d'inconvénients importants. Ces inconvénients comprennent le prix élevé des lignes à retard, particulièrement en ce que le produit temps-largeur de bande pour lequel ces lignes sont conçues et dont dépend naturellement le prix, est un facteur relative-  
25 ment important dans les dispositifs de ce genre. En particulier, pour les dispositifs à large ouverture qui sont nécessaires pour obtenir une résolution extrêmement élevée, des lignes à retard avec de longs retards doivent être utilisées ce dont il résulte que le produit temps-largeur de bande est  
30 obligatoirement très élevé.

En outre, et parmi d'autres choses, il faut noter le fait que dans les dispositifs de grande ouverture, les données doivent nécessairement passer par un certain nombre de ces éléments de lignes à retard ce qui impose par conséquent un  
35 nombre considérable de ces éléments avec la complexité qui en résulte des circuits.

Compte-tenu de tout ceci, un objet de l'invention est donc de proposer un dispositif de formation d'image par ultrasons utilisant une commande numérique et une mémoire

pour l'orientation et la focalisation des parties d'émetteur et de récepteur, éliminant ainsi l'utilisation des lignes à retard et des problèmes liés à leur utilisation.

5 Un autre objet de l'invention est de proposer un dispositif de formation d'image par ultrasons du type ci-dessus, dans lequel le même dispositif de retard à commande numérique est utilisé pour produire les signaux de synchronisation d'émetteur et de récepteur, ce qui permet d'aboutir à un dispositif plus simple et moins coûteux.

10 Un autre objet encore de l'invention est de proposer un dispositif de formation d'image aux ultrasons du type précité qui, grâce à ses caractéristiques de commande numérique, peut être réalisé avec des composants standards disponibles dans le commerce et avec une grande souplesse  
15 de ces éléments, par exemple les mémoires qui y sont incorporées.

L'invention concerne donc un dispositif de formation d'image par ultrasons qui comporte un réseau de transducteurs destiné à propager de l'énergie ultrasonore dans un  
20 corps à examiner et à recevoir l'énergie sonore réfléchie de différents points à l'intérieur du corps. Le réseau coopère avec plusieurs canaux de signaux comprenant des branches d'émission et des branches de réception. Les branches d'émission excitent les transducteurs pour émettre de l'énergie  
25 sonore; les branches de réception reçoivent des signaux électriques des transducteurs, correspondant à l'énergie réfléchie. Des mémoires sont prévues dans chacune des branches de réception afin de recevoir et de mémoriser des données indiquant le niveau du signal de l'énergie réfléchie  
30 reçue par la branche de réception correspondante.

Un dispositif de visualisation reçoit les données provenant des mémoires de chacun des canaux précités, et combine et traite les données pour produire une visualisation de la partie du corps examinée.

35 Dans chaque canal, un générateur de synchronisation est connecté à la branche d'émetteur et à la mémoire associée avec ce canal pour exciter les transducteurs à des instants prédéterminés et les mettre en phase de manière

à aiguiller et focaliser le réseau ; et également pour aiguiller les données vers la mémoire à des instants qui sont retardés par rapport à l'excitation des transducteurs d'intervalles prédéterminés afin de fixer les points du corps dont l'énergie sonore réfléchie est reçue, ainsi qu'à 5 aiguiller les données hors de la mémoire à des instants qui sont retardés par rapport à leur entrée afin de permettre l'orientation et la focalisation du réseau transducteurs pendant la réception. Des circuits logiques de commande sont connectés aux générateurs de synchronisation pour 10 autoriser les signaux vers la mémoire et vers les branches d'émission dans chacun des canaux.

Dans un mode de réalisation de l'invention, la mémoire peut consister en une mémoire analogique en série. Dans ce 15 type de dispositif hybride, le signal analogique d'entrée se propageant dans la branche de réception d'un canal donné est échantillonné dans le temps et plusieurs échantillons (par exemple 64) peuvent être mémorisés sur la base du premier entré, premier sorti. Le générateur de synchronisation, qui peut consister en une mémoire permanente en association avec un compteur à prépositionnement, excite l'émetteur et produit des signaux de synchronisation en relation 20 appropriée vers la mémoire analogique en série afin d'y permettre l'entrée de données avec un retard approprié par rapport à l'excitation du transducteur, et la lecture 25 à un instant ultérieur afin d'apporter le retard voulu au signal reçu.

Dans un autre mode de réalisation de l'invention, la mémoire peut consister en une mémoire à composants à couplage de charge. Le générateur de synchronisation produit 30 des signaux d'horloge contrôlés pour cette mémoire de manière que le signal analogique qui se propage dans la branche de réception d'un canal donné soit également échantillonné dans le temps, plusieurs de ces échantillons étant 35 mémorisés dans la mémoire à couplage de charge pendant une période choisie et prédéterminée. La période de retard ainsi introduite par la mémoire à couplage de charge peut être contrôlée en commandant par horloge la mémoire à deux fréquences différentes, de manière qu'après le nombre d'im-

pulsions d'horloge nécessaire pour transférer un signal dans la mémoire, toute la séquence d'impulsions soit répétée. Ainsi, chaque bit introduit dans la mémoire à couplage de charge présente le même retard total que tous les autres  
5 ce retard étant fonction du nombre relatif des impulsions d'horloge aux deux fréquences respectives.

Selon un autre mode encore de réalisation, la mémoire peut consister en une mémoire au premier entré, premier sorti, les signaux analogiques provenant du canal étant appli-  
10 qués à cette mémoire par l'intermédiaire d'un convertisseur analogique-numérique. Une mémoire permanente associée avec un compteur et un circuit de portes peut également être utilisée dans ce mode de réalisation pour exciter les trans-  
ducteurs de chaque canal et synchroniser l'entrée et la sor-  
15 tie dans la mémoire au premier entré, premier sorti.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront au cours de la description qui va suivre.

Aux dessins annexés, donnés uniquement à titre d'exemples nullement limitatifs :

20 la figure 1 est un schéma simplifié d'un dispositif de formation d'image par ultrasons selon l'invention,

la figure 2 est un schéma électrique des principaux éléments de l'un des canaux de la figure 1, selon un premier mode de réalisation,

25 la figure 3 est un schéma électrique des éléments principaux selon un second mode de réalisation,

la figure 4 est un schéma simplifié illustrant un autre dispositif selon l'invention, et

30 la figure 5 est un schéma illustrant des détails de l'un des canaux du mode de réalisation de la figure 4.

La figure 1 est donc un schéma simplifié destiné à illustrer le fonctionnement d'un dispositif 10 de formation d'image par ultrasons, selon l'invention.

Le dispositif 10 fonctionne sur le principe des ultrasons  
35 et il est destiné particulièrement au diagnostic du corps et des organes, c'est à dire dans des buts médicaux, bien qu'il soit évident que ce dispositif pourrait servir dans d'autres applications, par exemple l'examen non destructif

de pièces mécaniques et de matières.

Deux canaux transducteurs 12 et 14 sont représentés sur la figure 1. Chaque canal comporte une branche d'émission 18 et une branche de réception 20 qui sont connectées à un seul transducteur 16 d'émission/réception, comme représenté pour le canal 12, ou en variante à un transducteur d'émission 16a et un transducteur de réception 16b comme représenté pour le canal 14. Les deux canaux 12 et 14 font partie d'un grand nombre de ces canaux, car dans un dispositif courant, 22 canaux ou plus peuvent réellement être présents. Tous les canaux sont normalement identiques et le dispositif ne comporte qu'une seule des dispositions possibles illustrée par les canaux 12 et 14.

Différentes configurations des transducteurs sont connues, convenant à la production d'images bidimensionnelles et pouvant être utilisées selon l'invention, mais les transducteurs 16 font partie de préférence d'un réseau d'éléments en phase comprenant par exemple plusieurs de ces éléments 16, par exemple au nombre de 32 disposés en un réseau linéaire compact.

En ce qui concerne le canal 12, un émetteur 22 est commandé périodiquement par une ligne de commandé 24, par l'intermédiaire du générateur de synchronisation 26. Ce dernier est commandé à son tour par un moniteur pilote 28 comportant des circuits logiques et de commande d'ensemble du dispositif, par l'intermédiaire d'un dispositif 30 de commande d'orientation et de focalisation. Bien entendu, les éléments 28 et 30 sont connectés de la même manière aux éléments correspondants de chacun des canaux. Les émetteurs comme l'émetteur 22 sont donc commandés pour émettre des impulsions à la fréquence ultrasonore voulue. La commande et l'émission qui en résultent de ces impulsions est donc mise en phase par la séquence de synchronisation des tensions appliquées aux transducteurs individuels 16 afin d'orienter le faisceau sonore émis dans la direction souhaitée.

De l'énergie sonore est ensuite réfléchié par différentes parties du corps ou des organes qu'il y a lieu d'examiner. Ces impulsions réfléchies sont détectées par

le transducteur 16 et le signal analogique qui en résulte passe dans la branche de réception 20 dans laquelle il est amplifié par un préamplificateur 32 pour passer ensuite à une mémoire 34. La mémoire 34 remplit la fonction d'un  
5 tampon ou d'un élément de mémorisation dans lequel les signaux qui se propagent dans la branche de réception 20 peuvent, par introduction et sortie appropriées de la mémoire, être retardés de la période voulue par rapport à l'impul-  
10 sion émise, dont les échos doivent être considérés. Il apparaît ainsi que le générateur de synchronisation 26 fournit également des signaux de synchronisation par la ligne 36 à la mémoire 34. Ces signaux de synchronisation commandent l'entrée et la sortie des informations dans la mémoire 34  
15 de la branche de réception 20. Par un réglage approprié de ces signaux de synchronisation, des retards réglables sont introduits dans les différents canaux de réception, de sorte que les phases du réseau de transducteur sont telles qu'il est possible d'orienter et de focaliser le faisceau sur la région du corps à examiner, pendant l'opération de  
20 visualisation.

Les signaux de sortie des mémoires 34 des canaux 12, 14 etc.. sont transmis à un circuit de sommation 37 dont la sortie attaque un amplificateur d'image 38, un détecteur d'image 40, vers le dispositif de visualisation 42. Le  
25 moniteur pilote 28 précité fournit des signaux à un générateur de balayage 44 afin de synchroniser la formation de l'image avec le signal de modulation provenant du circuit de sommation 37. Dans une image courante, plusieurs lignes  
30 radiales formant un secteur en éventail sont produites successivement sur l'écran, en nombre relativement élevé, généralement de l'ordre de 64 à 256 pour former le secteur complet.

D'autres détails concernant les techniques de traitement appliquées conjointement avec le réseau de transducteurs  
35 pour produire le secteur en éventail se trouvent dans le brevet des Etats-Unis d'Amérique n° 4 005 382 précité.

La figure 2 représente plus en détails un premier mode de réalisation de l'invention, cette figure représentant l'un des canaux, par exemple le canal 12 du dispositif de la

figure 1.

Selon l'invention, et à la commande du moniteur pilote 28, un mot d'orientation et de focalisation est fourni par le circuit 30 de commande d'orientation et de focalisation à la mémoire permanente 46 par la ligne 47 qui peut consister en un câble multiconducteur. Par exemple, le mot d'orientation et de focalisation peut aller jusqu'à 10 bits, dont 7 représentent une direction d'orientation du réseau transducteur et dont 3 représentent la profondeur de focalisation.

10 La mémoire permanente convertit ce profil binaire en un autre qui peut être plus directement interprété par les circuits de commande d'émetteur et de récepteur. En particulier, les lignes de sortie 48 de la mémoire permanente 46 aboutissent aux bornes d'entrée de données de positionnement 49 d'un compteur à prépositionnement 50. Ce dernier peut être par exemple un compteur à 6 bits qui doit donc recevoir 6 bits de prépositionnement par la ligne 48.

Une horloge pilote 52 fournit des impulsions d'horloge à toutes les parties de l'ensemble qui en ont besoin, y compris le compteur 50 par la ligne 54. Le compteur 50 compte ses impulsions; il est commandé par un moniteur local 56 qui délivre des commandes par des lignes 58 et 60 pour les commandes d'autorisation et de chargement du compteur 50.

25 Sous l'effet d'une commande provenant du moniteur pilote 28, fournie par la ligne 62 au moniteur local 56, le profil binaire de la mémoire permanente 46 est chargé aux entrées de positionnement 49 du compteur 50. Plus particulièrement, cela se fait par une commande sur la ligne 60. Immédiatement après, le moniteur local 56 marque la ligne 58 autorisant le compteur 50 à démarrer son comptage à partir de la valeur initiale établie par la valeur de prépositionnement. Quand le compteur 50 atteint son comptage maximal, une impulsion C0 apparaît sur la ligne 74 de sortie de retenue qui est connectée au moniteur local 56 et à deux portes ET 76 et 78. La première impulsion C0 est utilisée pour commander l'émetteur 22, à savoir par le signal de sortie de la porte ET 76 sur la ligne 80. La seconde impulsion et les suivantes sont bloquées à l'émetteur 22 par la porte ET

76, mais sont transmises au dispositif de retard de récepteur par la porte ET 78.

Comme cela a été indiqué, le dispositif de retard selon l'invention consiste en une mémoire qui, dans le présent mode de réalisation se présente sous la forme d'une mémoire analogique en série 82.

La mémoire analogique en série précitée fait partie d'une catégorie de dispositifs à semi-conducteurs qui échantillonnent dans le temps un signal analogique d'entrée, et qui assurent la mémorisation au premier entré, premier sorti d'un nombre particulier d'échantillons, 64 dans le cas présent. La mémoire 82 peut être par exemple la mémoire SAM 64 produite par Reticon Corporation, Sunnyvale, Californie.

Le retard au récepteur qui peut être obtenu selon cette technique est égal à la différence de temps entre l'impulsion de démarrage d'entrée fournie par la porte ET 78 et la ligne 84 à la mémoire 82, et l'impulsion de démarrage de sortie qui est fournie à la mémoire 82 par la ligne 70. Cette différence de temps est ainsi déterminée par le temps nécessaire au compteur 68 pour effectuer un comptage complet jusqu'à 64, après le signal d'autorisation sur la ligne 59 provenant du moniteur pilote 28 et le temps nécessaire pour effectuer un comptage complet dans le compteur 50. Cette différence de temps est ainsi déterminée en fonction des valeurs établies aux entrées de données 48, provenant de la mémoire permanente 46 qui, à leur tour est fonction de l'angle voulu d'orientation et de la profondeur voulue de focalisation déterminée par le circuit 30 de commande d'orientation et de focalisation. Il apparaît ainsi clairement que ce même mécanisme est utilisé pour commander le retard de l'émetteur 22 afin d'obtenir le même angle d'orientation et la même profondeur de focalisation. La sortie retardée de la mémoire 82 est ainsi autorisée sur la ligne de sortie 86 vers le circuit de sommation 37, comme cela a déjà été expliqué.

La figure 3 est un schéma simplifié d'un autre mode de réalisation de l'invention. Dans ce mode de réalisation, les signaux du récepteur sont mémorisés dans une mémoire à

couplage de charge.

La figure 3 montre donc un canal de signaux 100, avec une branche d'émission 102, une branche de réception 104 et un générateur de synchronisation 106. Le transducteur 108  
5 est connecté à l'émetteur 110 et au préamplificateur 112 de la même manière que celle décrite en regard des figures 1 et 2. La sortie du préamplificateur 112 est connectée à la mémoire 114 qui, dans le présent mode de réalisation, est  
10 un registre à décalage analogique du type CCD 321 fabriqué par Fairchild Camera and Instrument Corporation, Mountain View, Californie. Le générateur de synchronisation 106 est utilisé pour commander le retard des signaux dans la mémoire  
15 riantation et la focalisation du canal 100, en accord avec le moniteur pilote 28 et le circuit 30 de commande d'orientation et de focalisation. Le générateur de synchronisation 106 fournit des signaux temporisés de façon appropriée sur la ligne 116 pour commander l'émetteur 110, et il fournit  
20 un train d'impulsions d'horloge à la mémoire 114 par la ligne 118. L'horloge pilote 134, le moniteur pilote 28 et le circuit 30 de commande d'orientation et de focalisation fournissent des signaux identiques d'horloge et de commande à tous les canaux, y compris le canal 100. Par exemple, un  
25 dispositif de formation d'image aux ultrasons à réseau d'éléments en phase peut comporter 16 ou 32 canaux comme cela a été expliqué en regard de la figure 1.

A la commande du moniteur pilote 28, un mot d'orientation et de focalisation est produit par le circuit 30 de commande  
30 de d'orientation et de focalisation vers la mémoire permanente 120, par la ligne 48. Le moniteur local 122 est initialisé par le moniteur pilote 28 et la ligne 124. Comme première phase d'une série d'opérations, le moniteur local 122 initialise les compteurs 126, 128, 130 et le circuit bista-  
35 ble 132 (connexions non représentées). Dans cette phase initiale, la sortie  $\bar{Q}$  du circuit bistable 132 est au niveau haut et la sortie Q est au niveau bas. Les signaux provenant de l'horloge pilote 134 sont appliqués à l'entrée d'horloge du compteur 126. Ce compteur divise la fréquence d'entrée

d'horloge par une valeur  $M$  ou  $M'$  en fonction de l'état du circuit bistable 132. Des sorties  $Q$  et  $\bar{Q}$  du circuit bistable 132 sont connectées sur les lignes d'entrée appropriées 136 du compteur 126. D'autres lignes d'entrée de prépositionnement peuvent être connectées à une tension positive ou à la masse, en fonction des diviseurs voulus  $M$  et  $M'$ . Dans un exemple, l'horloge pilote 134 peut produire une fréquence de 60 MHz et le compteur 126 peut être positionné initialement par le circuit bistable 132 et les lignes d'entrée 136 pour permettre au compteur 126 de diviser par  $M=3$ , produisant ainsi une fréquence de sortie de 20 MHz sur la ligne 138. Cette fréquence de sortie est appliquée aux entrées d'horloge des compteurs 128 et 130 et elle peut également être appliquée à l'entrée d'horloge de la mémoire à couplage de charge 114 par la porte ET 140.

Le compteur 130 commence à compter à partir d'une valeur déterminée par la valeur d'entrée fournie par la mémoire permanente 120, sur la ligne 142. Quand le compteur 130 atteint sa valeur maximale, un signal  $CO$  apparaît sur la ligne de retenue 144, plaçant à "1" le circuit bistable 132 dont la sortie  $Q$  passe au niveau haut, en produisant ainsi une tension positive sur la ligne de sortie  $Q$  146. Le changement de niveau logique  $Q$  et  $\bar{Q}$  produit par les entrées 136 du compteur 126 change le diviseur du compteur 126 en une nouvelle valeur  $M'$ , qui peut être par exemple  $M'=4$ , faisant ainsi passer la fréquence de sortie sur la ligne 138 à 15 MHz. Cette nouvelle fréquence sur la ligne 138 est appliquée aux compteurs 126, 128 et 130. D'autres signaux de sortie provenant du compteur 130 par la ligne 144 n'ont aucun effet car le circuit bistable 132 est déjà à l'état "1".

Quand le compteur 128 atteint son comptage maximal, un signal de retenue apparaît sur la ligne 148 qui, simultanément, ramène à "0" le circuit bistable 132 dont la sortie  $\bar{Q}$  passe à nouveau au niveau haut, et le signal sur la ligne 148 charge également le compteur 130 avec une nouvelle valeur de prépositionnement provenant de la mémoire permanente 120. La première fois que le signal apparaît sur la ligne 148 après l'initialisation par le moniteur local 122, le signal est appliqué à l'émetteur 102 par la porte ET 150.

Cette porte est commandée par un signal sur la ligne 152 provenant du moniteur local 122. Dans tous les cycles suivants, le signal n'est pas présent sur la ligne 152 mais un  
 5 signal est présent sur la ligne 154. Le signal sur la ligne 154 permet à la porte ET 140 d'appliquer la fréquence de sortie sur la ligne 138 vers la mémoire à couplage de charge 114.

10 La commande temporisée de l'émetteur 102 est ainsi déterminée par les deux fréquences d'horloge qui apparaissent sur la ligne 138 à la sortie du compteur 126, et la valeur de l'entrée de prépositionnement du compteur 130 (ainsi que par le comptage maximal des compteurs 128 et 130). Si les  
 15 deux fréquences d'horloge sur la ligne 138 sont  $f$  et  $f'$ ,  $n$  est le nombre des impulsions nécessaires pour remplir le compteur 130 à partir de la valeur de prépositionnement introduit par la mémoire permanente 120 et  $N$  est le nombre des impulsions qui remplissent le compteur 128, le retard total  
 20 entre l'initialisation par le moniteur local 122 et l'impulsion de sortie sur la ligne 148 est donné par :

$$= \frac{n}{f} + \frac{N-n}{f'}$$

En fonctionnement, le compteur 128 est réalisé de manière que son comptage total  $N$  soit égal au nombre d'étages de  
 25 retard dans la mémoire à couplage de charge 114, c'est à dire que  $N$  impulsions d'horloge doivent être appliquées à la ligne d'entrée d'horloge 118 pour faire passer un signal de la borne d'entrée 156 à la borne de sortie 158 de la mémoire 114. Comme cela a été indiqué ci-dessus, étant donné  
 30 que  $n$  est déterminé par la valeur à la sortie de la mémoire permanente 120, il est possible de modifier l'instant relatif de déclenchement des émetteurs et les retards totaux des signaux qui passent par les canaux à couplage de charge d'accroissements de  $1/f - 1/f'$ . Comme cela a été indiqué  
 35 ci-dessus, des valeurs normales de  $f$  et  $f'$  sont 15 et 20MHz, permettant des accroissements de retard de  $16-2/3$  nanosecondes dans l'exemple présent. La mémoire 114 à couplage de charge peut être par exemple un registre à décalage analogique de Fairchild type 321. Cette mémoire à couplage de charge a une fréquence d'horloge maximale de 20MHz et consiste

en deux registres à décalage analogiques de 455 bits. Ainsi, le retard élémentaire maximal qui peut être obtenu dans cet exemple est égal à  $455 \times 16^{-2/3}$  nanosecondes, soit 7,583 microsecondes. Si de plus grands retards sont souhaités, deux ou plusieurs sections peuvent être connectées ensemble afin d'obtenir ces plus grands retards.

Bien que la mémoire à couplage de charge soit commandée séquentiellement à deux fréquences différentes pendant qu'un bit d'un signal analogique l'a franchie, pour une valeur fixe de  $n$ , chaque bit correspond au même nombre d'impulsions à chaque fréquence et présente donc le même retard total.

La figure 4 est un schéma simplifié d'un autre mode de réalisation de l'invention. Dans ce mode de réalisation, les signaux du récepteur mémorisés dans la mémoire sont délivrés en forme numérique par un convertisseur analogique-numérique, puis fournis à une mémoire au premier entré, premier sorti.

La figure 4 représente à nouveau un canal de signaux 160, associé avec un transducteur 162 comme décrit en regard des figures 1, 2 et 3. Dans le cas présent, seule la branche de réception 164 du canal est représentée en détails. Il faut noter en outre que plusieurs canaux tels que le canal 160 sont réellement présents, chaque canal étant associé avec un transducteur. Mais afin de simplifier la description qui va suivre, seules les opérations se déroulant dans le canal 160 seront décrites car, dans chaque cas, les différents canaux fonctionnent d'une manière identique.

Si l'on suppose donc que l'émetteur 166 a été initialement commandé par un signal 168 pour exciter le transducteur 162 et produire ainsi une impulsion ultrasonore, le transducteur détecte l'énergie sonore en retour provenant du corps examiné, et le signal électrique analogique qui en résulte se propage par la branche de réception 164, par le préamplificateur 169.

A ce moment, le signal provenant du préamplificateur 169 est converti en forme numérique par le convertisseur 170, dont la fréquence d'échantillonnage est commandée par un moniteur analogique-numérique 172 au premier entré, pre-

mier sorti.

Le signal de sortie du convertisseur 170 est alors introduit dans un circuit à retard numérique qui, dans le présent mode de réalisation, consiste en une mémoire numérique 5 174 au premier entré, premier sorti. L'entrée et la sortie dans la mémoire 174 sont commandées par le moniteur 172.

Le signal convenablement retardé, lu dans la mémoire 174 est ensuite appliqué à un circuit de sommation 176 dans lequel il est combiné avec les signaux provenant des branches 10 de réception des différents autres canaux (qui sont de la même manière commandés par le moniteur 172) et le signal de sortie d'image combiné résultant est utilisé pour la visualisation de la manière décrite en regard des figures 1 et 2.

La figure 5 est un schéma montrant en détails la manière 15 nière dont le signal dans la branche de réception 164 du canal 160 est introduit et sorti de la mémoire 174.

Avant l'excitation du transducteur 162, le moniteur 178 délivre une impulsion de mise au repos sur la ligne 180, ramenant au repos les compteurs 182 et 184 ainsi que la 20 mémoire 174 et les deux circuits bistables 186 et 188. Ensuite, le moniteur 178 délivre une impulsion de démarrage par la ligne 190 qui passe par la ligne 192 et autorise les compteurs 182 et 184. Cette impulsion de démarrage peut aussi être utilisée pour déclencher l'émetteur 162 ou produire 25 l'impulsion de déclenchement de l'émetteur qui peut être commandé par l'impulsion de démarrage.

Auparavant, l'impulsion de mise au repos de la ligne 180 a également été délivrée par la ligne 194 au compteur 184 qui, par conséquent, a été chargé avec les données appro- 30 priées d'orientation et de focalisation provenant de la mémoire permanente 196. Ces données sont fournies aux entrées de prépositionnement du compteur 184 qui est un compteur à prépositionnement. Des impulsions d'horloge sont fournies par une horloge 195 à chacun des compteurs 182 et 184. 35 Quand le comptage du compteur 184 atteint sa valeur maximale, une impulsion CO apparaît à sa sortie 198 et elle est appliquée au circuit bistable 188. La sortie Q du circuit bistable 188 passe au niveau haut par l'impulsion provenant du compteur 184 et ouvre la porte ET 199. Cette dernière qui

reçoit également les impulsions de l'horloge 195 par la ligne 201, au moment de l'excitation, transmet ces impulsions par la ligne 200 vers l'entrée de démarrage de la mémoire 174. Ces impulsions permettent l'entrée des données numériques provenant du convertisseur 170 dans la mémoire 174 au premier entré, premier sorti.

Lorsque l'autre compteur 182 atteint son comptage maximal, il délivre une impulsion CO à la sortie 202, produisant un signal de sortie sur la ligne 204 du circuit basculeur 186. Cela ouvre la porte ET 206 qui reçoit les impulsions de l'horloge 195 par la ligne 208. La sortie d'horloge résultante de la porte ET 206 autorise la mémoire 174 à démarrer l'émission d'impulsions. La sortie numérique qui en résulte est donc retardée de façon appropriée, en fonction de la différence de temps entre les signaux de démarrage d'entrée et de démarrage de sortie de la mémoire.

L'invention a été décrite particulièrement en regard de plusieurs modes de réalisation, mais il est bien entendu que différentes modifications peuvent y être apportées sans sortir de son cadre ni de son esprit.

Ainsi par exemple, les mémoires qui ont été décrites ne sont que des exemples d'un certain nombre de mémoires qui peuvent convenir. Par exemple, au lieu d'utiliser la mémoire analogique en série ou la mémoire au premier entré, premier sorti de la manière décrite ci-dessus, la propagation des données dans le canal de réception peut être retardée par mémorisation dans une mémoire à accès direct. Dans ce cas, les adresses d'entrée et de sortie des données mémorisées sont commandées par des compteurs d'adresse d'entrée et de sortie de manière que le temps qui s'écoule entre l'entrée et la sortie des données corresponde au retard voulu. Le compteur d'adresse d'entrée peut donc, comme dans les autres modes de réalisation, être présent avec des données d'orientation et de focalisation provenant d'une mémoire permanente, de manière que l'instant d'entrée soit en corrélation avec ces données, les adresses de sortie de tous les canaux étant commandées simultanément. Le temps qui s'écoule entre

le moment où une adresse spécifique est chargée et le moment où la même adresse est lue correspond au retard voulu des données des signaux.

REVENDEICATIONS

1 - Dispositif de formation d'image par ultrasons en temps réel, caractérisé en ce qu'il comporte un réseau de transducteurs (16) destiné à propager de l'énergie ultrasono-  
5 re dans un corps à examiner aux ultrasons, et à recevoir de l'énergie acoustique réfléchie par des points à l'intérieur dudit corps, plusieurs canaux de signaux (12,14) comprenant respectivement des branches d'émission (18) et des branches de réception (20), lesdites branches d'émission  
10 excitant lesdits transducteurs pour propager ladite énergie acoustique et lesdites branches de réception recevant des signaux électriques desdits transducteurs correspondant à ladite énergie réfléchie, une mémoire (34) associée avec  
15 chacune desdites branches de réception, afin de recevoir et de mémoriser des données indiquant le niveau du signal de ladite énergie réfléchie reçue par ladite branche de réception, un dispositif de visualisation (42) qui reçoit les données de la mémoire de chacun desdits canaux et qui combine  
20 et traite lesdites données pour visualiser la partie du corps examinée, un générateur de synchronisation (26) dans chaque canal de signaux connecté à la branche d'émission et à ladite mémoire associée avec ledit canal, pour exciter lesdits transducteurs à des instants prédéterminés avec une phase qui permet l'orientation et la focalisation dudit ré-  
25 seau et pour aiguiller lesdites données de ladite mémoire à des instants qui sont retardés par rapport à l'excitation des transducteurs par des intervalles prédéterminés de manière à déterminer ainsi les points du corps dont ladite énergie acoustique réfléchie est reçue en fonction dudit  
30 retard, et permettant ainsi l'orientation et la focalisation dudit réseau de transducteur, et un circuit logique de commande (30) connecté auxdits générateurs de synchronisation pour autoriser le passage desdits signaux vers ladite  
35 mémoire et lesdites branches d'émission dans chacun desdits canaux afin que la visualisation de ladite partie du corps puisse être examinée en temps réel.

2 - Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que ladite mémoire (34) consiste en une mémoire analogique en série (82) connectée pour recevoir le signal

analogique dans ladite branche de réception, ledit générateur de synchronisation (26) comprenant un dispositif qui produit des impulsions de démarrage d'entrée et de démarrage de sortie pour ladite mémoire analogique en série, avec un  
5 retard prédéterminé entre elles, afin de permettre l'entrée et la sortie du signal du récepteur avec ledit retard prédéterminé.

3 - Appareil selon la revendication 2, caractérisé en ce que ledit générateur de synchronisation (26) comporte  
10 une mémoire permanente (46) et un compteur à prépositionnement (50), un dispositif pour charger ledit compteur avec des données provenant de ladite mémoire permanente en fonction de l'instant d'excitation voulu dudit émetteur, et dudit retard prédéterminé entre lesdites impulsions de démarrage d'entrée et de démarrage de sortie, ainsi qu'un dis-  
15 positif qui active l'un au moins desdits signaux de démarrage d'entrée ou de démarrage de sortie quand le comptage dudit compteur atteint sa valeur prédéterminée.

4 - Dispositif selon la revendication 1, caractérisé  
20 en ce que ladite branche de réception comporte un convertisseur analogique-numérique (172) qui convertit en forme numérique le signal analogique dans ladite branche, ladite mémoire (34) consistant en une mémoire numérique (174) au premier entré, premier sorti, pour recevoir les données nu-  
25 mériques provenant dudit convertisseur, ledit générateur de synchronisation (26) comportant un dispositif (172) qui produit des signaux de commande de démarrage d'entrée et de démarrage de sortie pour ladite mémoire afin d'introduire ledit retard prédéterminé entre l'entrée et la sortie dudit  
30 signal reçu converti en forme numérique.

5 - Appareil selon la revendication 4, caractérisé en ce que ledit générateur de synchronisation (26) comporte une mémoire permanente (120) et un compteur à prépositionnement (130), un dispositif qui charge ledit compteur avec  
35 des données provenant de ladite mémoire permanente en fonction de l'instant d'excitation voulu dudit émetteur et dudit retard prédéterminé entre lesdites impulsions de démarrage d'entrée et de démarrage de sortie, et un dispositif d'ac-

tivation de l'un au moins desdits signaux de démarrage d'entrée ou de démarrage de sortie quand le comptage dudit compteur atteint sa valeur prédéterminée.

6 - Appareil selon la revendication 1, caractérisé en ce que ladite mémoire (34) consiste en une mémoire à accès direct.

7 - Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que ladite mémoire consiste en une mémoire à couplage de charge (114).

8 - Dispositif selon la revendication 7, caractérisé en ce que ledit générateur de synchronisation (26) dans chaque canal produit des signaux d'horloge commandés pour ladite mémoire à couplage de charge (114) de manière que des signaux analogiques soient mémorisés dans ladite mémoire pendant une période prédéterminée et sélectionnée.

9 - Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que chacun desdits canaux est connecté à un transducteur (16) respectif dudit réseau, la branche d'émission et la branche de réception dudit canal se partageant ledit transducteur.

10 - Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que ledit réseau comporte plusieurs transducteurs d'émission (16A) et un même nombre de transducteurs de réception (16B), chacune desdites branches d'émission étant connectée à l'un respectif des transducteurs d'émission et chacune des branches de réception étant connectée à l'un respectif desdits transducteurs de réception.



FIG. 2

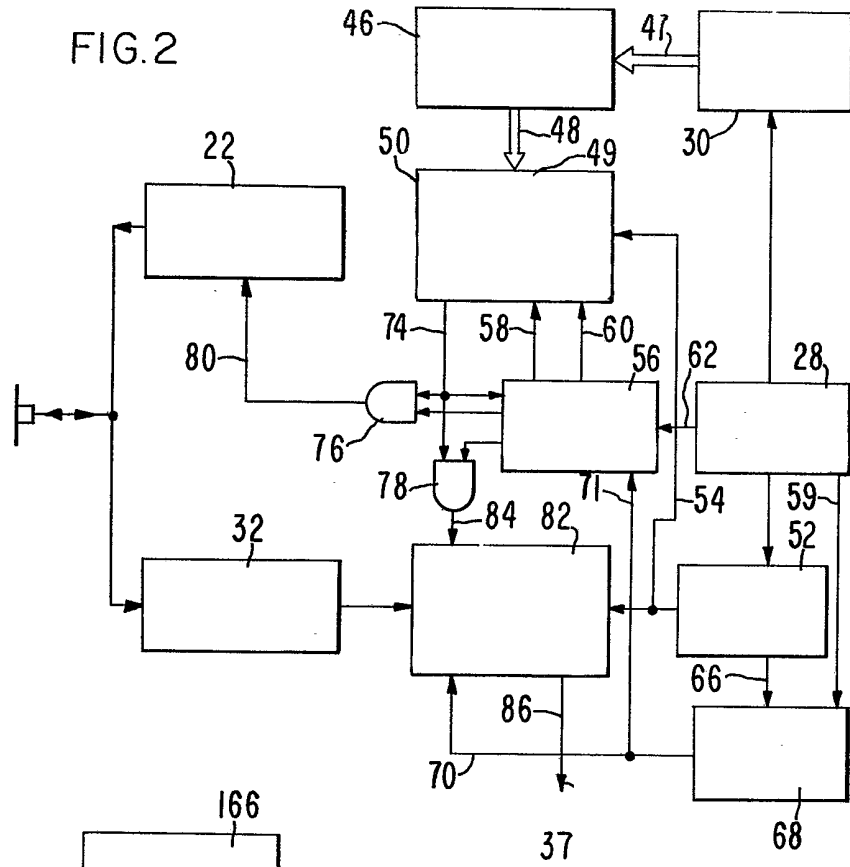


FIG 4

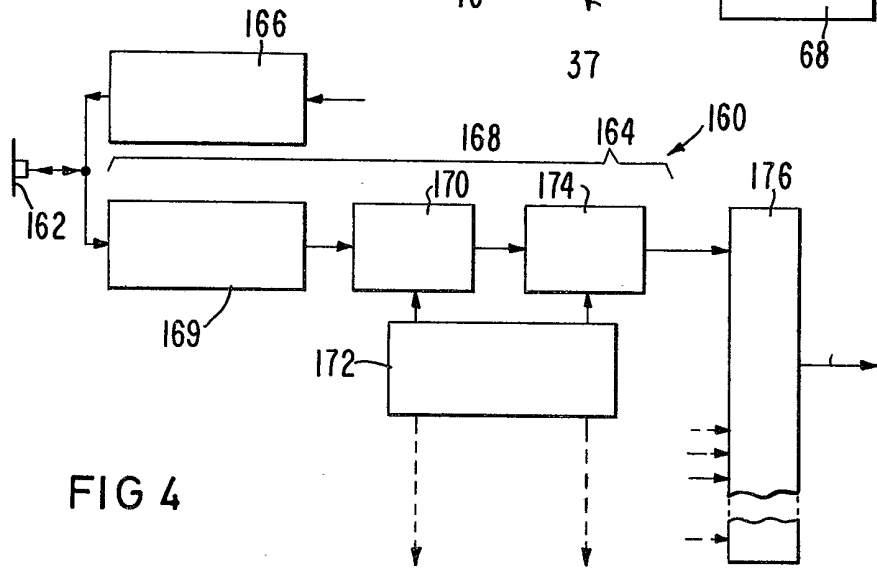


FIG. 3

