RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

PARIS

(11) N° de publication : **2 507 078**
(A n'utiliser que pour les commandes de reproduction).

A1

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

(21) **N° 81 11301**

(54) **Procédé et dispositif d'échographie ultrasonore.**

(51) Classification internationale (Int. Cl. ³). **A 61 B 10/00.**

(22) Date de dépôt ..... 9 juin 1981.
(33) (32) (31) Priorité revendiquée :

(41) Date de la mise à la disposition du public de la demande ..... B.O.P.I. — « Listes » n° 49 du 10-12-1982.

(71) Déposant : Société dite : SRI INTERNATIONAL, résidant aux EUA.

(72) Invention de : Philip Shepard Green, Dilip Govind Saraf et James Fred Havlice.

(73) Titulaire : *Idem* (71)

(74) Mandataire : Rinuy, Santarelli,
14, av. de la Grande-Armée, 75017 Paris.

La présente invention concerne l'échographie ultrasonore.

L'utilisation d'un transducteur à réseau de phase comprenant plusieurs éléments de transducteur adjacents pour focaliser un faisceau est bien connue dans le domaine de l'échographie ultrasonore, comme il ressort par exemple du brevet U.S. 3 936 791. Le fonctionnement séquentiel d'éléments de transducteur individuels ou de groupes d'éléments pour faire accomplir un mouvement de balayage à un faisceau est également bien connu, comme il ressort par exemple du brevet U.S. 4 164 213. De plus, le brevet U.S. 4 116 229 montre des moyens de focalisation qui comprennent une ligne à retard à prises séparées pour chaque élément d'un réseau de transducteurs. Les prises sont commutées pour réaliser une focalisation dynamique de la distance minimale à la distance maximale le long du faisceau. La commutation des prises a lieu pendant la période de réception de signal et génère des transitoires de commutation qui sont potentiellement nuisibles. De plus, un grand nombre de lignes à retard à prises, relativement coûteuses, sont nécessaires pour les opérations de focalisation et de balayage de faisceau qui sont assurées par cette configuration de l'art antérieur.

Un but de l'invention est d'offrir un procédé et un dispositif d'échographie ultrasonore à impulsions de type perfectionné, utilisant des moyens de focalisation et de balayage du faisceau électronique et des moyens de traitement du signal reçu qui permettent d'obtenir une image en temps réel et à haute résolution d'une partie de l'intérieur d'un objet.

L'invention a également pour but d'offrir un dispositif d'échographie ultrasonore par impulsions du type mentionné ci-dessus dans lequel un nombre relativement faible d'éléments de retard fixes est nécessaire pour la focalisation du faisceau et le balayage de la partie dont on désire former l'image.

L'invention a également pour but d'offrir un procédé et un dispositif de balayage ultrasonore de type B,

en régime d'impulsions, au moyen desquels on peut obtenir une image en temps réel très nette de l'ensemble de la partie dont on désire former l'image, en utilisant des moyens électroniques de focalisation et de balayage simplifiés.

En résumé, les buts et les avantages de l'invention indiqués ci-dessus, ainsi que d'autres, sont atteints par l'émission récurrente d'impulsions d'énergie ultrasonore dans l'objet. Un réseau de transducteurs ultrasonores qui comprend plusieurs éléments de transducteur adjacents convertit les signaux d'écho reçus à partir de discontinuités à l'intérieur de l'objet en signaux électriques équivalents. Des moyens de traitement de signal comportant une fenêtre de sélection de distance réagissent aux signaux électriques provenant des éléments du réseau de transducteurs qui sont produits par les ondes ultrasonores réfléchies et reçues à partir d'une zone quelconque parmi un ensemble de zones de distance contiguës, dans la partie de l'objet dont on désire former l'image. Le dispositif de traitement du signal reçu comporte des moyens de focalisation et de balayage de faisceau destinés à focaliser les éléments du réseau de transducteurs dans la zone de distance qui correspond à la fenêtre de sélection de distance du dispositif de traitement, et à balayer les zones. Les signaux résultants de segment de ligne d'image sont appliqués à un tube cathodique pour représenter visuellement l'ensemble de la partie dont on forme l'image. On peut utiliser un convertisseur de balayage numérique pour enregistrer temporairement les signaux de segment de ligne, ce convertisseur pouvant fournir des signaux complets de ligne vidéo destinés à être présentés sur un récepteur de contrôle de télévision.

L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui va suivre de divers modes de réalisation et en se référant aux dessins annexés sur lesquels les éléments identiques sont toujours désignés par les mêmes numéros de référence et sur lesquels :

La figure 1 est un schéma synoptique d'un dispo-

sitif d'échographie ultrasonore correspondant à l'invention ;

La figure 2 est un schéma montrant la focalisation du faisceau du réseau de transducteurs dans différentes zones de distance et les moyens de retard qui sont associés à chaque zone ;

La figure 3 est un graphique montrant la distribution des retards qui est nécessaire pour la focalisation dans les différentes zones de distance ;

La figure 4 est un diagramme séquentiel montrant l'application d'une fenêtre de sélection de distance au dispositif de traitement de signal du récepteur, pour le faire fonctionner sur différentes zones de distance ;

Les figures 5A, 5B et 5C représentent schématiquement le format spatial de trois trames vidéo différentes obtenues en utilisant trois séquences différentes de balayage de zone ; et

La figure 6 est un schéma synoptique similaire à celui de la figure 1 mais montrant une partie d'une forme modifiée de l'invention qui utilise un convertisseur de balayage numérique.

On va maintenant se référer à la figure 1 qui représente un mode de réalisation du dispositif original d'échographie ultrasonore de l'invention comprenant un réseau linéaire de transducteurs 10 qui, à titre d'exemple, comprend 64 éléments de transducteur adjacents 10-1 à 10-64. Le réseau est équipé de préférence de moyens de focalisation à lentille cylindrique 11 (voir la figure 2) destinés à focaliser le faisceau dans un plan normal au plan de la partie 12 à l'intérieur de l'objet 14 dont on désire obtenir l'image. Dans la configuration qui est représentée, la partie 12 se trouve dans le plan longitudinal du réseau de transducteurs 10. L'utilisation d'une lentille cylindrique pour cette focalisation du faisceau est bien connue et ne demande pas de description supplémentaire.

Le réseau de transducteurs 10 fait partie d'un dispositif d'échographie ultrasonore par impulsions avec balayage de type B qui comprend également un émetteur com-

portant un générateur d'impulsions 16 qui reçoit des impulsions d'horloge récurrentes provenant d'une unité de commande et d'horloge 18, pour réaliser une commande par tout ou rien du générateur d'impulsions. Lorsque le générateur d'impulsions est à l'état actif, une impulsion d'énergie de haute fréquence est générée et est appliquée à une matrice de commutation 22 par l'intermédiaire d'une unité de commutation émission-réception. Des moyens de retard 24, comprenant ici sept éléments de retard de signal de valeur fixe, 24-1 à 24-7, sont intercalés dans la connexion entre sept des commutateurs d'émission-réception, portant respectivement les références 20-1 à 20-7, et la matrice de commutation 22. Un commutateur d'émission-réception 20-8 est directement connecté à la matrice de commutation, sans aucun élément de retard intercalé dans la connexion entre le commutateur et la matrice de commutation.

Les éléments de transducteur 10-1 à 10-64 du réseau de transducteurs sont connectés à la matrice de commutation 22 de façon à connecter au générateur d'impulsions 16 des ensembles d'éléments de transducteur comprenant différents nombres de ces éléments. Des signaux d'horloge et de commande qui proviennent de l'unité d'horloge et de commande 18 sont appliqués à la matrice de commutation 22 pour sélectionner un élément de transducteur ou un groupe d'éléments adjacents devant être placés à l'état actif pendant les opérations d'émission et de réception d'impulsions. Les moyens de retard de signal 24, qui communiquent un retard aux signaux d'émetteur qui sont appliqués au réseau de transducteurs ainsi qu'aux signaux reçus à partir du réseau, assurent la focalisation du faisceau à différentes profondeurs à l'intérieur de la partie 12 de l'objet 14, la profondeur à laquelle le réseau est focalisé dépendant des éléments de retard 24-1 à 24-7 qui sont employés dans la connexion entre les éléments de transducteur et l'émetteur/récepteur à impulsions, fonctionnant avec un balayage de type B. L'axe du faisceau est décalé le long du réseau de transducteurs 10 jusqu'à une position qui dépend de l'élément de transducteur, ou de l'ensemble

d'éléments adjacents, qui est employé pendant les opérations d'émission et de réception. Le fonctionnement des moyens de retard de valeur fixe, 24, pour focaliser le faisceau dans différentes zones de profondeur à l'intérieur de la partie 12 dont on doit former l'image est décrit ci-après de façon plus détaillée, dans la description de l'opération de réception. On notera pour l'instant que, lorsque l'émetteur d'impulsions 16 est mis en fonction, un élément de transducteur, ou un ensemble d'éléments de transducteur adjacents, est excité pour générer une impulsion d'ondes ultrasonores qui sont focalisées dans une zone parmi plusieurs zones de distance contiguës dans la partie 12 dont on doit former l'image. L'élément de transducteur, ou l'ensemble d'éléments, qui est excité est décalé le long du réseau, dans la direction de la flèche double 25, afin de balayer chacune des zones de distance.

Les ondes ultrasonores réfléchies à partir de discontinuités à l'intérieur de l'objet 14 attaqué par les impulsions ultrasonores sont reçues par le réseau de transducteurs 10 et sont converties en signaux électriques équivalents par les éléments de transducteur individuels du réseau. La sortie d'un ou de plusieurs des éléments de transducteur 10-1 à 10-64 est connectée par l'unité de commutation d'émission-réception 20 à un amplificateur de sommation 26. Les commutateurs d'émission-réception 20-1 à 20-8 ont simplement pour fonction d'isoler les impulsions de signal émises par rapport aux entrées de l'amplificateur de sommation. Bien entendu, des préamplificateurs, non représentés, peuvent être intercalés dans les connexions entre les commutateurs d'émission-réception et l'amplificateur de sommation 26, pour préamplifier les signaux à niveau relativement bas qui proviennent des éléments de transducteur.

Si on le désire, le dispositif peut fonctionner de telle manière qu'aucune commutation de la matrice de commutation 22 n'ait lieu entre l'émission d'une impulsion et l'opération associée de réception d'impulsion, auquel cas on voit que la focalisation et le positionnement du

faisceau ne varient pas pendant un seul cycle de fonctionnement d'émission-réception. Naturellement, on peut utiliser si on le désire des ensembles différents d'éléments de retard pendant l'opération d'émission et l'opération de réception associée. On peut, par exemple, améliorer l'atténuation des lobes latéraux en utilisant des diagrammes de focalisation légèrement différents en émission et en réception. Cependant, dans un but de simplicité, on décrit un fonctionnement utilisant le même diagramme de faisceau pendant un cycle de fonctionnement correspondant à une émission et une réception.

Dans le dispositif de l'invention, la sortie d'un élément de transducteur, ou de plusieurs, est connectée à l'entrée de l'amplificateur de sommation 26 pendant l'opération de réception. Le signal de sortie de l'amplificateur de sommation, qui est lié à une somme des signaux d'entrée, est appliqué à un amplificateur à gain variable 28 ayant une caractéristique de gain qui varie en fonction du temps pour compenser l'atténuation de l'amplitude du signal lorsqu'il traverse le tissu du sujet 14. Dans la configuration qui est représentée, le gain de l'amplificateur 28 varie en fonction du signal de sortie du générateur de fonction de gain et de fenêtre de distance 30. Le générateur de fonction de gain et de fenêtre de distance 30 peut consister simplement en un générateur de signal en dents de scie dont le signal de sortie augmente le gain de l'amplificateur 28 proportionnellement à la distance, afin de compenser l'atténuation du signal qui résulte de l'absorption acoustique à l'intérieur du sujet. Le démarrage et l'arrêt du générateur 30 sont commandés par un signal de sortie qui provient de l'unité d'horloge et de commande 18. Lorsque le générateur de fonction de gain et de fenêtre de distance est placé à l'état inactif, avant d'être déclenché pour passer à l'état actif, son signal de sortie bloque le fonctionnement de l'amplificateur 28, pour assurer la fonction de définition de fenêtre de distance pour le récepteur. Avec la configuration qui est représentée, on réalise une opération de définition de fenêtre de distance

pour le récepteur, dans quatre zones de distance contiguës à l'intérieur du sujet, de la manière décrite ci-dessous. Naturellement, la définition de fenêtre de distance pour le signal reçu peut être effectuée à d'autres emplacements dans le dispositif, l'invention n'étant aucunement limitée à des moyens particuliers de définition de fenêtre de distance comprenant le générateur combiné de fonction de gain et de fenêtre de distance, 30, qui est représenté.

Le signal qui provient de l'amplificateur à gain variable 28 et auquel une fenêtre de distance a été appliquée est amplifié par un amplificateur à gain variable 32 et le signal de sortie amplifié est détecté par un détecteur d'enveloppe 34 qui comprend, par exemple, un redresseur à double alternance suivi par un filtre passe-bas. Le signal de sortie du détecteur 34, qui est lié à l'enveloppe du signal de haute fréquence à large bande provenant de l'amplificateur 32, est appliqué dans la configuration représentée à un dispositif de présentation d'image ultrasonore, 36, consistant en un tube cathodique. De façon générale, un amplificateur à compression, non représenté, est intercalé dans la connexion qui applique le signal de sortie du détecteur au tube cathodique 36, afin d'adapter le signal détecté aux caractéristiques du tube cathodique de manière à représenter correctement la totalité de la plage de variation du signal. Le signal de sortie du détecteur est appliqué en tant que signal d'entrée à la grille de commande du tube cathodique, pour effectuer une commande d'intensité, correspondant à l'axe Z, du faisceau d'électrons de ce tube cathodique.

Pour le dispositif d'affichage à balayage de type B qui est représenté, la déflexion du faisceau du tube cathodique dans la direction X ou direction horizontale est proportionnelle à la position du faisceau ultrasonore sur la trajectoire de balayage du réseau. Un générateur relatif à l'axe X, 38, déclenché par des signaux de synchronisation et de commande qui proviennent de l'unité d'horloge et de commande 18, fournit un signal de sortie correspondant à une fonction en escalier qui est appliqué au dispositif de

déflexion horizontale du tube cathodique 36 afin de décaler la trace du tube cathodique conformément à la position de l'axe du faisceau ultrasonore du réseau de transducteurs 10.

La déflexion verticale, ou selon l'axe Y, du tube cathodique est assurée par un générateur de dents de scie 40 qui est déclenché par un signal de sortie provenant de l'unité d'horloge et de commande 18, à un instant sélectionné à la suite du fonctionnement de l'émetteur. Le signal de sortie du générateur de signal en dents de scie 40 est appliqué au dispositif de déflexion verticale du tube cathodique 36 pour assurer le balayage vertical de la trace. Comme il a été indiqué précédemment, on utilise plusieurs zones de distance contiguës, si bien que plusieurs segments de trace correspondant à des signaux individuels sont nécessaires pour produire une ligne complète de balayage vidéo. Dans la configuration qui est représentée, on utilise quatre de ces zones de distance. Comme il apparaîtra par la suite, une image ultrasonore complète à haute résolution, avec un balayage de type B, de la partie du corps qui se trouve à l'intérieur de la partie 12 est obtenue sur l'écran du tube cathodique 36 par l'affichage de plusieurs segments de ligne vidéo qui sont obtenus à partir de chacune des zones de distance dans la partie 12.

Sur la figure 2, qu'on considère maintenant, le réseau de transducteurs 10 et la lentille cylindrique associée 11 sont représentés en contact avec l'objet 14, correspondant par exemple à un tissu mou d'un corps. On voit que la partie 12 dont on désire représenter l'image est divisée en plusieurs zones de distance et, à titre d'exemple, quatre zones de distance dénommées zone 1 à zone 4 sont représentées. Les zones peuvent correspondre à des largeurs (c'est-à-dire des distances) égales ou inégales, le nombre de zones de distance qui est employé dépendant, entre autres, de la résolution désirée sur la totalité de la plage des distances de fonctionnement. Conformément à la description précédente, les moyens de retard de signal 24 comprennent un ensemble de sept éléments de retard 24-1 à 24-7 et, pendant le fonctionnement, on utilise

des ensembles d'éléments de retard individuels, dont le nombre va ici de zéro à sept, pour effectuer une focalisation dans les différentes zones de distance. Pour le fonctionnement dans la zone 1, la matrice de commutation 22 connecte simplement directement un élément sélectionné parmi les 64 éléments de transducteur à l'amplificateur de sommation 26, par l'intermédiaire du commutateur d'émission-réception 20-8, sans passage du signal par aucun des éléments de retard. Le schéma de la figure 2 indique sous la mention "RETARDS EMPLOYES" qu'aucun retard n'est employé pour le fonctionnement dans la zone 1. On voit sur la figure 2 une ligne qui va d'un seul élément de transducteur, qui est ici l'élément 10-18, jusqu'à la partie "zone 1" du schéma pour représenter le fait que les éléments de transducteur sont utilisés individuellement (par ensembles d'un seul élément) pour le fonctionnement dans la zone 1. On comprend en outre que pendant le fonctionnement dans la zone 1, le récepteur fonctionne avec une fenêtre de définition de distance telle qu'il ne traite les signaux reçus à partir de l'élément de transducteur actif que pendant la durée au cours de laquelle les signaux réfléchis sont reçus à partir de la zone.

Dans la zone de distance 1, immédiatement adjacente au réseau de transducteurs, on obtient la meilleure résolution en utilisant des éléments de transducteur uniques. Au cours d'un cycle de balayage complet, pendant lequel la totalité de la partie 12 est balayée, chaque élément de transducteur du réseau aura été actionné individuellement, de façon à obtenir un signal d'information de segment de ligne pour chaque élément de transducteur dans la zone 1. Dans la configuration de la figure 1, les signaux de segment de ligne sont appliqués au tube cathodique 36 au fur et à mesure qu'ils sont produits, pour présenter une image en temps réel sur le tube cathodique. Avec soixante-quatre éléments de transducteur dans le réseau, on obtient un total de soixante-quatre segments de ligne par zone en utilisant le dispositif représenté de la manière décrite ci-dessus. Sur la figure 2, le diagramme

de faisceau directionnel pour le fonctionnement dans la zone 1, obtenu en actionnant un seul élément de transducteur, est désigné par le numéro de référence 44, et le numéro de référence 46 désigne l'axe du faisceau pendant que cet élément de transducteur, qui est ici l'élément 10-18, est actionné.

Les éléments de retard de signal qui font partie des moyens de retard de signal 24 sont employés pour réaliser une focalisation électronique du faisceau dans les zones de distance 2, 3 et 4. Par exemple, pour le fonctionnement dans la zone 4 qui est la plus éloignée du réseau de transducteurs 10, on emploie des ensembles de quinze éléments de transducteur, ainsi que l'ensemble des sept éléments de retard 24-1 à 24-7. Les retards que procurent les éléments 24-1 à 24-7 augmentent en même temps que le suffixe de leur numéro de référence. L'élément de retard 24-1 donne un retard minimal et l'élément de retard 24-7 donne un retard maximal. La figure 3 représente graphiquement les retards employés pour les éléments de retard 24-1 à 24-7.

Pour la focalisation du faisceau dans la zone de distance 4, représentée sur la figure 2, les éléments de transducteur les plus extérieurs qui sont employés pour la focalisation le long de l'axe de faisceau 46, soit ici les éléments de transducteur 10-11 et 10-25, sont directement connectés par la matrice de commutation 22 au commutateur d'émission-réception 20-8, sans aucun retard. L'élément de transducteur 10-18 qui se trouve sur l'axe de faisceau 46 est connecté par la matrice de commutation à l'élément de retard 24-7 pour donner un retard maximal aux signaux émis et reçus. Comme il est bien connu, la focalisation du faisceau est obtenue par l'utilisation de retards qui croissent progressivement lorsqu'on se dirige des éléments de transducteur les plus extérieurs vers l'élément de transducteur central de l'ensemble employé. Sur la figure 2, sur laquelle on utilise l'ensemble d'éléments de transducteur 10-11 à 10-25 pour effectuer la focalisation dans la zone 4 le long de l'axe de faisceau 46, les éléments de

transducteur 10-17 et 10-19 sont connectés à l'amplificateur de sommation 26 par l'élément de retard 24-6. De façon similaire, les autres paires d'éléments de transducteur, comprenant les éléments 10-16 et 10-20, les éléments 10-15 et 10-21, les éléments 10-14 et 10-22, les éléments 10-13 et les éléments 10-23, et les éléments 10-12 et 10-24, sont connectées à l'entrée de l'amplificateur de sommation 26 par les éléments de retard respectifs 24-5, 24-4, 24-3, 24-2 et 24-1. Pendant le fonctionnement, différents ensembles de quinze éléments transducteurs sont connectés par la matrice de commutation 22 de façon à balayer la zone de distance 4, pendant que le faisceau est focalisé dans cette zone. Au voisinage des extrémités opposées du réseau de transducteurs, le faisceau est formé en utilisant un plus petit nombre d'éléments de transducteur, ce qui entraîne une dégradation correspondante de l'image obtenue pour cette région. Avec la configuration qui est représentée, on obtient soixante-quatre signaux de segment de ligne, traités par une fenêtre de distance, pour chaque zone de distance, y compris la zone de distance 4, et ces signaux sont traités par le récepteur pour être présentés sur le tube cathodique 36. Sur la figure 2, des faisceaux ultrasonores focalisés 48-2, 48-3 et 48-4, correspondant à une focalisation aux points 50-2, 50-3 et 50-4 dans les zones de distance respectives 2, 3 et 4, le long de l'axe de faisceau 46, sont représentés en compagnie des fronts d'onde associés 52-2, 52-3 et 52-4.

L'examen de la figure 2 montre qu'on utilise un plus petit nombre d'éléments de transducteur et d'éléments de retard associés pour le fonctionnement dans la zone de distance 3, en comparaison de la zone de distance 4. De façon similaire, l'ensemble d'éléments de transducteur pour la focalisation dans la zone de distance 2 comprend moins d'éléments de transducteur et d'éléments de retard associés que l'ensemble utilisé pour le fonctionnement dans la zone de distance 3. Dans la configuration qui est représentée, les fonctionnements dans les zones de distance 3 et 2 font respectivement intervenir l'utilisation de 11

et 7 éléments de transducteur et de 5 et 3 éléments de retard. On voit ainsi que certains au moins des éléments de retard 24-1 à 24-7 sont employés pour la focalisation dans plusieurs zones de distance différentes. Dans cette configuration particulière, on utilise l'élément de retard 24-1 pour la focalisation dans les zones 3 et 4, l'élément de retard 24-2 pour la focalisation dans les zones 2 et 4, l'élément de retard 24-3 pour la focalisation dans les zones 3 et 4, l'élément de retard 24-4 pour la focalisation dans les zones 2, 3 et 4, l'élément de retard 24-5 pour la focalisation dans les zones 2, 3 et 4 et l'élément de retard 24-6 pour la focalisation dans les zones 3 et 4.

Une fois que le nombre d'éléments de transducteur à inclure dans chaque ensemble de ces éléments pour le fonctionnement dans les différentes zones est déterminé, de la manière expliquée ci-après, on peut calculer les retards nécessaires pour la focalisation aux divers foyers 50-2, 50-3, 50-4 à l'intérieur des zones de distance respectives. La figure 3, à laquelle on se réfère à nouveau, montre une représentation graphique des temps de retard calculés pour la focalisation aux foyers 50-2, 50-3 et 50-4. Le graphique montre que les temps de retard sont groupés le long de l'axe des retards. Connaissant la précision désirée à la fréquence la plus élevée des échos attendus, on peut déterminer la précision exigée pour les retards. A titre d'exemple seulement, pour une précision de 0,1 longueur d'onde à une fréquence d'environ 15 MHz, la précision exigée sur les temps de retard est d'environ $\pm$6,7 ns. Par conséquent, l'utilisation d'un seul élément de retard est satisfaisante pour tout groupe de retards compris dans une plage de 13,4 ns. Naturellement, le groupement possible dépend des dimensions physiques du réseau, en plus de la fréquence de fonctionnement et de la précision désirées. Sur la figure 3, sept ensembles d'éléments de retard, comprenant un ensemble ne comportant qu'un seul élément, procurent les retards nécessaires pour la focalisation dans l'ensemble des quatre zones de distance.

Avec l'invention telle qu'elle est décrite, on

obtient un seul segment de ligne de balayage à partir de l'une des quatre zones de distance pour chaque cycle de fonctionnement émission-réception. Le diagramme séquentiel de la figure 4, à laquelle on se réfère maintenant, représente une séquence de fonctionnement de l'émetteur et du récepteur qu'on peut suivre pour balayer l'image. On voit sur cette figure des impulsions d'émetteur récurrentes T1, T2, T3, T4 et T5 suivies, dans le temps, par l'application de fenêtres de distance au récepteur, pour le faire fonctionner respectivement dans les zones de distance 1, 2, 3, 4 et 1. Lorsque le dispositif utilise quatre zones de distance et lorsqu'on obtient soixante-quatre segments de ligne de balayage pour chaque zone, on obtient un total de 256 segments de ligne de balayage qui sont affichés au cours d'un cycle de balayage complet.

Bien entendu, l'invention n'est pas limitée à une séquence de balayage particulière. On peut voir ceci en se référant aux figures 5A, 5B et 5C qui montrent trois ordres de balayage différents, parmi un nombre pratiquement infini de séquences possibles. Sur les dessins, les quatre segments de ligne formant une seule ligne sont représentés avec des espaces entre eux pour faciliter leur identification. En pratique, ces espaces n'existent pas et les segments qui forment une ligne sont contigus. L'ordre dans lequel les segments de ligne sont obtenus et affichés est identifié par les numéros soulignés 1 à 256, certains d'entre eux seulement étant représentés. Sur la figure 5A, on voit que l'ensemble des quatre segments de ligne formant une seule ligne sont obtenus et affichés de façon consécutive avant le passage de l'axe du faisceau à une position adjacente. On emploierait dans ce cas pour le récepteur des fenêtres de définition de distance du type qui est représenté sur la figure 4.

Dans la séquence de balayage de la figure 5B, une zone de distance complète est balayée par le faisceau, avant l'application d'une fenêtre de distance correspondant au passage à une zone de distance adjacente. Dans le diagramme représenté, les zones de distance 1, 2, 3 et 4

sont balayées séquentiellement.

Si on le désire, on peut employer un ordre de balayage pratiquement aléatoire, comme le montre la figure 5C. Une fois que la totalité des 256 segments de ligne ont été obtenus et affichés, la séquence se répète. Pour n'importe quelle séquence de fonctionnement, il n'y a aucune difficulté pour synchroniser l'affichage du segment de ligne avec la position du faisceau et la fenêtre de distance appliquée au récepteur.

On peut déterminer le nombre d'éléments de transducteur à inclure dans chaque ensemble de ces éléments pour la focalisation dans les différentes zones de distance, en calculant la résolution dans chaque zone de distance en employant des nombres différents d'éléments de transducteur adjacents dans l'ensemble. On utilise ensuite l'ensemble qui donne la meilleure résolution latérale pour la profondeur de la zone. Dans la configuration qui est représentée, on n'emploie que des ensembles qui comprennent un nombre impair d'éléments de transducteur, afin que l'axe du faisceau parte du centre d'un élément de transducteur. Naturellement, on pourrait utiliser un dispositif comportant un nombre pair d'éléments de transducteur, dans lequel l'axe du faisceau part d'un point situé entre des éléments de transducteur adjacents. De plus, en utilisant à la fois des nombres pair et impair de transducteurs dans les ensembles d'éléments de transducteur, le nombre de lignes qu'il est possible d'obtenir est pratiquement doublé, sans augmentation du nombre d'éléments de transducteur figurant dans le réseau.

L'invention peut faire l'objet de divers autres changements et modifications, apparaissant d'eux-mêmes à l'homme de l'art. Par exemple, on voit que l'affichage présenté sur l'écran du tube cathodique 36 peut être converti au moyen d'un convertisseur de balayage sensible à cet affichage en signaux utilisables par un récepteur de contrôle de télévision de type classique. Selon une autre modification de l'invention qui est représentée sur la figure 6, les signaux électriques de segment de ligne qui proviennent

du détecteur d'enveloppe 34 sont appliqués à un convertisseur de balayage numérique 60 pour être convertis en un signal vidéo composite qui peut être présenté sur un récepteur de contrôle de télévision classique 62. Les convertisseurs de balayage numériques pour cette utilisation sont bien connus et ils comprennent souvent un générateur d'échelle de gris destiné à générer des signaux numériques à plusieurs bits qui sont enregistrés temporairement dans une mémoire vive. Des signaux d'horloge provenant d'une unité d'horloge et de commande 18' sont également appliqués au convertisseur de balayage numérique pour commander ce dernier. Des lignes vidéo complètes sont lues dans le convertisseur de balayage numérique pour être présentées sur le récepteur de contrôle 62. Du fait qu'on obtient soixante-quatre lignes d'information vidéo en utilisant le réseau à soixante-quatre éléments, chaque ligne peut être reprcduite huit fois, si on le désire, pour donner une présentation à 512 lignes. De plus, au lieu d'une simple reproduction, les signaux destinés à chaque ligne de balayage générée de façon synthétique peuvent être interpolés par un mélange approprié des signaux provenant de deux lignes de balayage réelles adjacentes. De tels détails de traitement de signal destinés à donner une présentation plus agréable sont bien connus et ne font pas partie de l'invention. On notera cependant que l'enregistrement temporaire des signaux de segment de ligne qui est nécessaire pour la conversion de balayage numérique n'empêche pas le dispositif de présenter une image en temps réel.

Comme il a été mentionné précédemment, parmi d'autres modifications figure l'utilisation d'éléments de retard différents pour les opérations associées d'émission et de réception, pour produire une action différente de focalisation de faisceau. On notera de plus que l'invention n'est pas limitée à l'utilisation de quatre zones de distance. Un dispositif correspondant à l'invention et employant huit zones de distance a été réalisé et essayé. Le dispositif peut en outre employer des zones de distance de taille différente, si on le désire, la taille de chaque

zone dépendant de la résolution désirée sur toute la profondeur de la partie dont on désire former l'image.

Il va de soi que de nombreuses autres modifications peuvent être apportées au dispositif et au procédé décrits et représentés, sans sortir du cadre de l'invention.

REVENDICATIONS

1. Dispositif d'échographie ultrasonore par impulsions destiné à former l'image d'une partie (12) interne d'un objet (14), caractérisé en ce qu'il comprend un réseau linéaire de transducteurs (10) et des moyens d'émission d'impulsions (16) destinés à exciter les éléments de transducteur (10-1 à 10-64) du réseau afin de projeter dans la partie un faisceau d'impulsions d'énergie ultrasonore ; des moyens de focalisation de faisceau (24) destinés à focaliser le réseau de transducteurs dans différentes zones de distance à l'intérieur de la partie dont on désire former l'image ; des moyens de balayage de faisceau (20) destinés à balayer la partie dont on désire former l'image ; et des moyens de traitement de signal (26, 28, 30, 32, 34, 36, 38, 40) qui fonctionnent sous la dépendance de fenêtres de définition de distance et qui réagissent au signal de sortie du réseau de transducteurs en traitant les signaux reçus à partir de la zone de distance dans laquelle le faisceau est focalisé, ces moyens de traitement fournissant des signaux de segment de ligne pour chacune des zones de distance de la partie dont on désire former l'image.

2. Dispositif d'échographie ultrasonore par impulsions selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il emploie des nombres différents d'éléments de transducteur pour le fonctionnement dans les différentes zones de distance.

3. Dispositif d'échographie ultrasonore par impulsions selon la revendication 2, caractérisé en ce que le nombre d'éléments de transducteur compris dans les ensembles de ces éléments augmente avec la distance de la zone de distance par rapport au réseau de transducteurs (10).

4. Dispositif d'échographie ultrasonore par impulsions selon la revendication 3, caractérisé en ce que l'ensemble d'éléments de transducteur qui est employé pour le fonctionnement dans la zone de distance adjacente au réseau de transducteurs comprend un seul élément.

5. Dispositif d'échographie ultrasonore par impul-

sions selon la revendication 1, caractérisé en ce que les moyens de focalisation de faisceau comprennent plusieurs éléments de retard de signal (24-1 à 24-7) ayant des temps de retard différents.

6. Dispositif d'échographie ultrasonore par impulsions selon la revendication 5, caractérisé en ce que certains au moins des éléments de retard de signal sont employés pour la focalisation dans des zones de distance différentes.

7. Dispositif d'échographie ultrasonore par impulsions selon la revendication 6, caractérisé en ce que les éléments de retard de signal sont des éléments de retard de signal de valeur fixe.

8. Dispositif d'échographie ultrasonore par impulsions selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comprend des moyens de présentation visuelle (36) qui réagissent aux signaux de segment de ligne provenant des moyens de traitement de signal en présentant les segments de ligne qui sont obtenus à partir des différentes zones de distance.

9. Dispositif d'échographie ultrasonore par impulsions selon la revendication 8, caractérisé en ce que les moyens de présentation visuelle comprennent un tube cathodique (36) et les segments de ligne sont présentés sur ce dernier au fur et à mesure de la réception des signaux de segment de ligne à partir des moyens de traitement de signal.

10. Dispositif d'échographie ultrasonore par impulsions selon la revendication 8, caractérisé en ce qu'il comprend des moyens de conversion de balayage (60) destinés à enregistrer temporairement les signaux de segment de ligne et à émettre des lignes vidéo complètes vers les moyens de présentation visuelle (62).

11. Procédé d'échographie ultrasonore par impulsions, destiné à la représentation en temps réel d'une partie de l'intérieur d'un objet à partir de réflexions d'impulsions d'énergie ultrasonore émises de façon récurrente, sur des discontinuités présentes dans la partie consi-

dérée, caractérisé en ce que : on reçoit au moyen d'un réseau linéaire de transducteurs (10) comprenant un certain nombre d'éléments de transducteur adjacents (10-1 à 10-64) des impulsions d'ondes réfléchies et on convertit ces impulsions en signaux électriques correspondants ; on applique une fenêtre de définition de distance aux signaux électriques provenant du réseau de transducteurs pour obtenir des signaux représentatifs d'un segment de ligne d'une zone quelconque parmi plusieurs zones de distance situées dans la partie dont on désire former l'image ; on focalise le réseau de transducteurs dans la zone de distance qui correspond à la fenêtre de définition de distance qui est appliquée aux signaux électriques ; et on balaie ladite partie en balayant chacune des zones de distance pour obtenir plusieurs signaux de segment de ligne à partir de chaque zone, ces signaux étant utilisés pour former l'image de ladite partie.

12. Procédé d'échographie ultrasonore par impulsions selon la revendication 11, caractérisé en ce qu'on applique les signaux de segment de ligne à un tube cathodique (36) pour moduler l'intensité du faisceau de ce dernier, afin de réaliser une présentation visuelle des segments de ligne.

13. Procédé d'échographie ultrasonore par impulsions selon la revendication 12, caractérisé en ce qu'on enregistre temporairement les signaux de segment de ligne dans des moyens de conversion de balayage (60), avant la présentation de ces signaux sur le tube cathodique (36).

14. Procédé d'échographie ultrasonore par impulsions selon la revendication 13, caractérisé en ce que les moyens de conversion d'image (60) appliquent au tube cathodique (62) des signaux de ligne complète qui sont constitués par des signaux de segment de ligne provenant de chaque zone de distance, pour présenter l'image.

15. Procédé d'échographie ultrasonore par impulsions selon la revendication 11, caractérisé en ce que le balayage est un balayage rectiligne de type B.

16. Procédé d'échographie ultrasonore par impul-

sions selon la revendication 11, caractérisé en ce qu'on obtient des signaux correspondant à des segments de ligne successifs à partir de différentes zones de distance pendant le balayage de ladite partie.

17. Procédé d'échographie ultrasonore par impulsions selon la revendication 16, caractérisé en ce que les signaux correspondant aux segments de ligne successifs provenant de différentes zones de distance constituent une ligne de balayage complète, ce qui permet d'obtenir successivement des signaux représentatifs de lignes de balayage complètes.

18. Procédé d'échographie ultrasonore par impulsions selon la revendication 11, caractérisé en ce qu'on balaie successivement des zones de distance complètes pendant le balayage de ladite partie.

19. Procédé d'échographie ultrasonore par impulsions selon la revendication 11, caractérisé en ce qu'on effectue le balayage de ladite partie d'une manière non séquentielle.

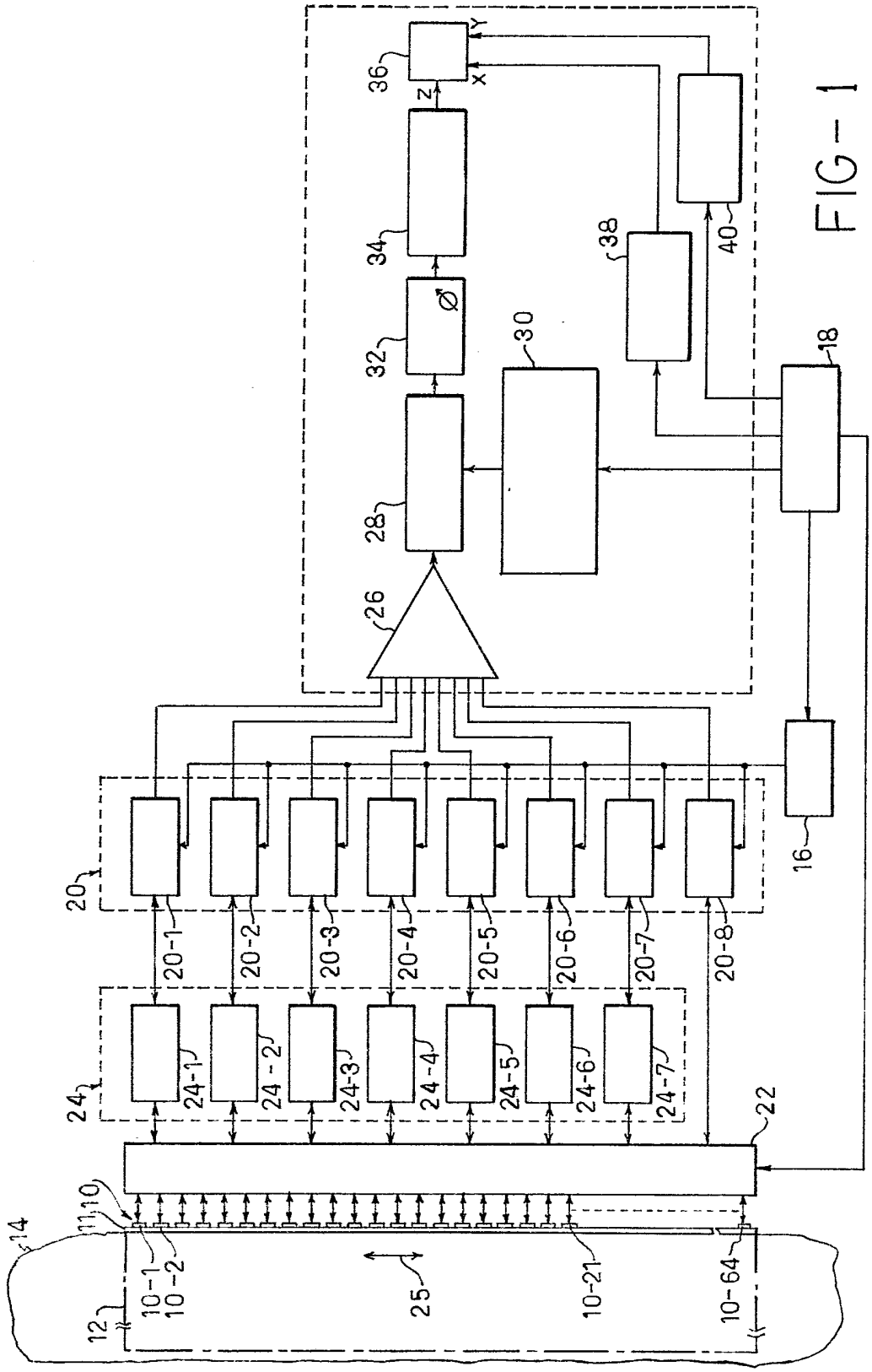
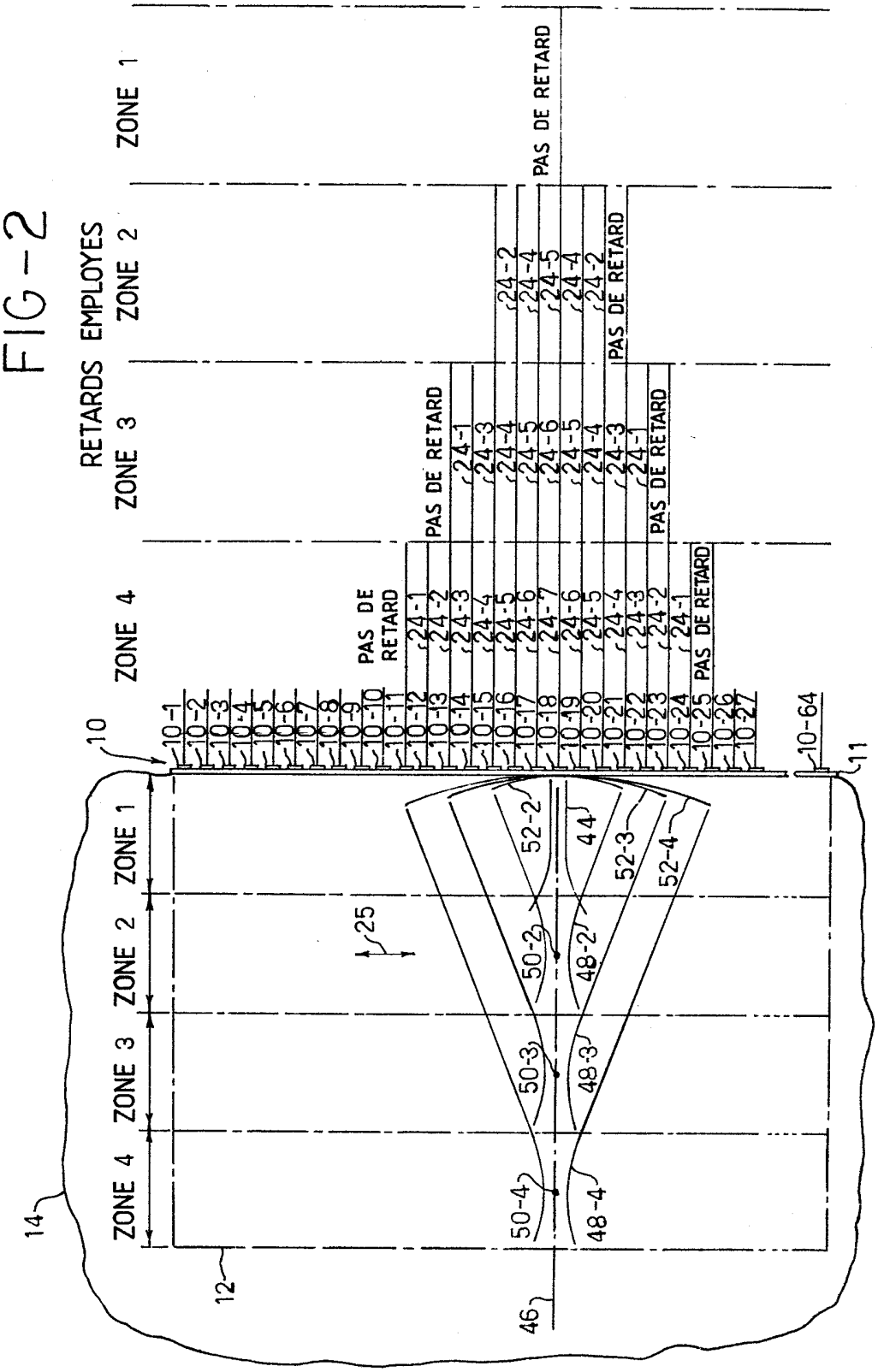

36
Y
X
Z
34
38
40
32
Ø
30
18
28
26
16
20
20-1
20-2
20-3
20-4
20-5
20-6
20-7
20-8
24
24-1
24-2
24-3
24-4
24-5
24-6
24-7
22
11
10
14
10-1
10-2
12
25
10-21
10-64

FIG-1

FIG-2


RETARDS EMPLOYES
ZONE 1
ZONE 2
ZONE 3
ZONE 4
PAS DE RETARD
10-1
10-2
10-3
10-4
10-5
10-6
10-7
10-8
10-9
10-10
10-11
10-12
10-13
10-14
10-15
10-16
10-17
10-18
10-19
10-20
10-21
10-22
10-23
10-24
10-25
10-26
10-27
10-64
10
11
12
14
24-1
24-2
24-3
24-4
24-5
24-6
24-7
25
44
46
48-2
48-3
48-4
50-2
50-3
50-4
52-2
52-3
52-4

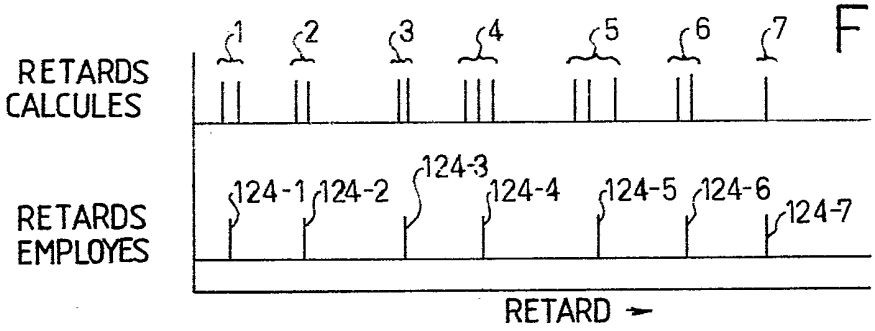


FIG-3

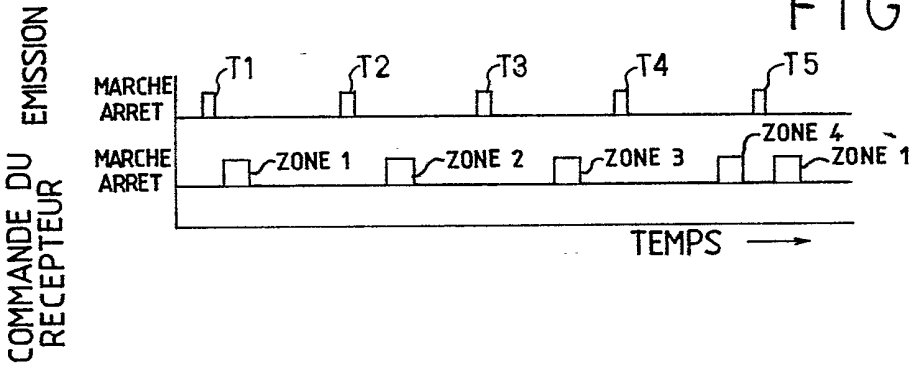


FIG-4

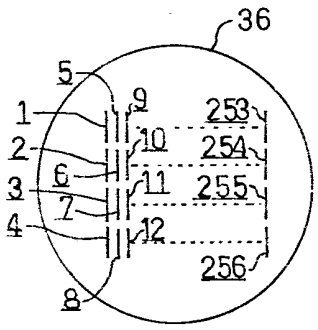


FIG-5A

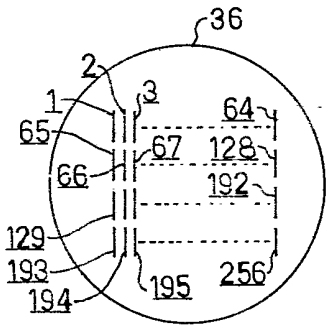


FIG-5B

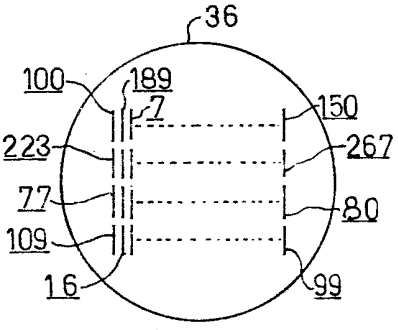


FIG-5C

2507078

FIG-6

