

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

Numéro de dépôt: **85401266.3**

Int. Cl.⁴: **G 10 K 11/34**

Date de dépôt: **25.06.85**

Priorité: **10.07.84 FR 8410942**

Demandeur: **C G R ULTRASONIC, 9, chaussée de Paris, F-77100 Villenoy-les-Meaux (FR)**

Date de publication de la demande: **22.01.86**
Bulletin 86/4

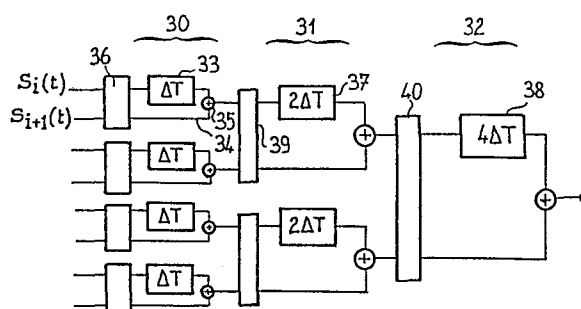
Inventeur: **Lannuzel, Olivier, THOMSON-CSF**
SCPI 173, bld Haussmann, F-75379 Paris Cedex 08 (FR)

Etats contractants désignés: **AT DE GB IT NL**

Mandataire: **Grynwald, Albert et al, THOMSON-CSF**
SCPI 173, Bld Haussmann, F-75379 Paris Cedex 08 (FR)

Dispositif de focalisation électronique d'ondes ultrasonores.

L'invention concerne un dispositif de focalisation électronique d'ondes ultrasonores dans laquelle les moyens de focalisation comportent un ensemble hiérarchisé (30, 31, 32) de circuits élémentaires munis chacun d'une ligne à retard (33) reliée, en parallèle avec une ligne directe (34), à un centralisateur (35), et dans lequel le retard (ΔT , $2\Delta T$, $4\Delta T$) de la ligne à retard est fonction du retard relatif devant régner entre les deux cellules ($S_i(t)$, $S_{i-1}(t)$) ou les deux circuits reliés à ce circuit. On montre que dans l'invention un gain technologique est réalisé en minimisant ainsi les retards maximaux à réaliser pour chacune des lignes à retard.



DISPOSITIF DE FOCALISATION ELECTRONIQUE
D'ONDES ULTRASONORES

L'invention concerne un dispositif de focalisation électronique d'ondes ultrasonores. Les dispositifs à ondes ultrasonores sont particulièrement utilisés dans le domaine médical et dans le contrôle industriel. Leur but est de permettre la mesure de paramètres physique d'un milieu dans lequel ces ondes sont émises et/ou reçues. A l'émission un dispositif à ultrasons comporte un émetteur de signaux électriques raccordé à une sonde d'excitation piézo-électrique. En réception un dispositif à ultrasons comporte une sonde piézoélectrique reliée à un récepteur. Classiquement un duplexeur permet l'utilisation d'une sonde unique reversible pour l'émission et la réception en partageant le temps entre chacune de ces deux fonctions.

L'onde mécanique de pression qui se propage depuis une sonde dans un milieu est une onde sphérique. En conséquence la quantité d'énergie d'excitation appliquée à un point particulier du volume étudié est décroissante avec le carré de la distance qui sépare ce point de la sonde. Par ailleurs à la réception le même phénomène joue : le signal rétrodiffusé en provenance d'un point particulier du milieu se propage également selon une onde sphérique. Il est connu, pour augmenter la puissance d'excitation appliquée à un point particulier du milieu au moment de l'émission, et pour augmenter l'énergie du signal reçu en provenance d'un point particulier au moment de la réception, de réaliser des sondes comportant un réseau de cellules piézoélectriques. Pour que les effets attendus soient effectivement obtenus il faut par ailleurs organiser des retards entre les signaux électriques qui attaquent les différentes cellules du réseau. Ces retards, qui ont pour but de focaliser l'onde sur le point en question, sont classiquement obtenus en utilisant des lignes à retard raccordées en série aux cellules. Les retards de

chaque ligne à retard sont figés à des valeurs données pour une position donnée du point du milieu sur lequel on veut focaliser l'onde d'émission ou duquel on veut recevoir l'onde émise. Chaque cellule est associée à une ligne à retard particulière : il y a autant de lignes à retard qu'il y a de cellules.

Par ailleurs, on désire pouvoir utiliser les dispositifs à ultrasons pour les pointer sur diverses régions du milieu. Ces régions sont contenues entre deux directions extrêmes de dépointage. Il convient alors de réaliser des lignes à retard dont le retard est variable et dont le retard maximum correspond à ces directions extrêmes. Par exemple compte tenu d'un dépointage de 45° par rapport à un axe normal de propagation perpendiculaire au réseau des cellules, d'une vitesse de propagation de 1500m par seconde dans le milieu, et d'un éloignement d'environ 100mms entre le point visé et le réseau, il apparaît qu'une onde, qui se retrouve en phase sur le point concerné, admet des décalages de retard entre les différentes cellules du réseau. Ces décalages sont tels qu'en particulier il existe un retard différentiel maximum d'environ 10 microsecondes entre deux cellules extrêmes d'un réseau mesurant environ 22mms de long. Pour pouvoir explorer pareillement tous les points du milieu, par symétrie par rapport à la normale au centre du réseau, les retards des lignes à retard concernant les cellules situées aux extrémités du réseau doivent être identiques. Or, la fabrication des lignes à retard pose de nombreux problèmes techniques et technologiques. Il convient de réduire le nombre de ces lignes et surtout la durée de leur retard intrinsèque.

L'invention concerne un dispositif de focalisation dans lequel le retard des lignes à retard est inférieur au retard différentiel maximum du réseau et où, en définitive, la quantité cumulée des retards de toutes les lignes à retard est bien inférieure au cumul des retards de toutes les lignes à retard de l'état de la technique cité.

L'invention concerne un dispositif de focalisation électronique d'ondes ultrasonores, dans lequel une onde ultrasonore se propage, dans un sens et/ou dans un autre, entre un réseau de cellules piézo-

électriques et un point focal situé à l'intérieur d'un milieu, dans lequel le signal électrique correspondant à cette onde est transmis avec des retards différents pour chaque cellule, retards qui sont dépendants pour chaque cellule des positions relatives du point focal et de la cellule en question, et dans lequel des moyens de création des retards comportent des circuits de retard raccordés aux cellules caractérisé en ce que ces moyens de création des retards comportent un ensemble hiérarchisé de circuits élémentaires, munis chacun d'une ligne à retard reliée, en parallèle avec une ligne directe, à un centralisateur, et en ce que le retard de la ligne à retard dans un circuit élémentaire est fonction du retard relatif devant régner entre deux cellules ou deux circuits raccordés à ce circuit.

L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui suit et à l'examen des figures qui l'accompagnent. Sur ces figures les mêmes repères désignent les mêmes éléments. Elles représentent :

- figure 1a : un dispositif à ultrasons de l'état de la technique,
- figure 1b : un circuit élémentaire des moyens de retard de l'invention ;
- figure 1c : une représentation de l'organisation hiérarchique des circuits élémentaires de l'invention ;
- figure 2a : un perfectionnement du circuit élémentaire ;
- figure 2b : une représentation schématique des moyens de retard de l'invention permettant la mise en évidence du gain quantitatif des retards à créer ;
- figure 3a : un exemple de réalisation analogique d'un circuit élémentaire,
- figure 3b : un exemple de réalisation numérique d'un circuit élémentaire ;
- figure 4 : un exemple d'utilisation de l'invention.

La figure 1 représente un dispositif à ultrasons de l'état de la technique. Il comporte une sonde piézoélectrique 1 munie d'un ensemble de n cellules C_1 . Une onde ultrasonore 2 se propage depuis un point P d'un milieu 3 en direction de la sonde. L'onde 2 est

sphérique. L'onde de pression est détectée par les cellules C_i et est traduite en un ensemble de signaux électriques $S_i(t)$. Les cellules sont raccordées à des moyens 4 de retard comportant un ensemble de lignes à retard identiques telles que 5. Une instruction de multiplexage M fixe, pour chaque ligne à retard, un retard spécifique T_i . L'onde 2 qui est reçue à des instants différents par les différentes cellules C_i est alors extraite simultanément de l'ensemble des lignes à retard. Un retard T_i peut s'exprimer de la manière suivante :

$$T_i = T \text{ différentiel maximum } - \frac{d_i}{c}$$

où d_i est la distance qui sépare une cellule C_i du point P et où c est la vitesse de propagation de l'onde 2 dans le milieu 3. Un additionneur 6 à multiples entrées reçoit les signaux $S_i(t)$ après qu'ils ont subi leur retard respectif et les combine pour délivrer un signal $S(t)$ représentatif de l'onde qui a été émise au point P.

Dans la représentation qui est faite sur la figure 1a le dispositif à ultrasons est utilisé en réception. Dans une utilisation en émission, l'additionneur 6 est remplacé par un point de distribution de courant (tout simplement un point de raccordement électrique) et un signal $E(t)$, arrivant sur ce point de prélèvement en sens inverse du signal $S(t)$, attaque l'ensemble 4 des lignes à retard 5. Si la distribution des retards dans les différentes lignes est identique à la précédente, l'onde sonore émanant de la sonde 1 se focalise alors sur le point P. Donc du point de vue des retards il est indifférent d'examiner le problème à l'émission ou à la réception. Pour simplifier la compréhension la suite de la description est donnée dans une configuration en réception, étant entendu que le dispositif de focalisation de l'invention peut aussi servir à l'émission. De même on est pas obligé d'utiliser des sondes réversibles mais c'est quand même plus économique.

Ce qui caractérise l'invention c'est que les moyens de retard 4 sont remplacés par un ensemble hiérarchisé de circuits élémentaires. La figure 1b présente un circuit élémentaire, la figure 1c

montre comment s'organise la hiérarchie. Le circuit élémentaire 7 de la figure 1b comporte essentiellement une ligne à retard 8 reliée en parallèle avec une ligne directe 9 à un centralisateur 10. Dans une application en émission le centralisateur est un point de
 5 raccordement électrique. Dans l'application en réception le centralisateur 10 est un additionneur pour additionner les signaux provenant des deux lignes 8 et 9. Le circuit 7 comporte deux entrées et une sortie. La ligne directe 9 du circuit 7 reçoit un signal $S_i(t)$ émanant d'un capteur C_i . La ligne à retard 8 du circuit 7 reçoit un
 10 signal $S_{i+1}(t)$ émanant d'un capteur C_{i+1} . L'invention consiste à remarquer que plutôt que d'affecter chacun des signaux $S_i(t)$ et $S_{i+1}(t)$ d'un retard respectivement T_i et T_{i+1} il est possible d'affecter l'un des deux d'un retard $T_{i+1} - T_i$. Après l'addition de ces deux signaux on affecte le résultat d'un retard T_i . Dans le signal
 15 additionné la contribution du signal $S_i(t)$ est bien affectée d'un retard T_i et la contribution du signal $S_{i+1}(t)$ est effectivement affectée d'un retard T_{i+1} ($T_{i+1} - T_i + T_i$). Ceci n'est bien entendu possible que si T_{i+1} est supérieur à T_i puisque l'on ne sait pas réaliser de retard négatif.

20 On constate en regardant la figure 1b que le signal émanant du circuit 7 doit être affecté d'un retard T_i . De même sur la figure 1c un circuit 11 adjacent au circuit 7 reçoit des signaux $S_{i+2}(t)$ et $S_{i+3}(t)$. Sa sortie doit être affectée d'un retard T_{i+2} pour que chacun de ses signaux coopère au résultat final avec une juste contribution.
 25 En rapprochant le signal émis par le circuit 7 du signal émis par le circuit élémentaire 11 on peut introduire ces deux signaux dans un troisième circuit élémentaire 13 comportant lui aussi une ligne directe 14 en parallèle avec une ligne à retard 15. Le retard de la ligne à retard 15 doit être égal à $T_{i+2} - T_i$. Le signal émanant du
 30 circuit 13 doit alors être affecté d'un retard T_i pour que tous les signaux soient affectés de leur retard respectif T_i , T_{i+1} , T_{i+2} , et T_{i+3} .

La structure du circuit élémentaire de la figure 1b implique trois remarques. Premièrement la construction de la hiérarchie des
 35 circuits peut se poursuivre d'une manière pyramidale selon la

structure suggérée par la figure 1c. D'autre part, compte tenu de la complexité qu'il y a à fabriquer des lignes à retard dont le retard variable maximum est élevé il y a intérêt à raccorder les circuits 7 à des cellules adjacentes et de même les circuits 13 à des circuits élémentaires adjacents. En effet, le retard relatif mis par l'onde 2 pour arriver sur deux cellules géographiquement adjacentes est faible. C'est pour cette raison que deux cellules adjacentes, C_i et C_{i+1} , sont reliées à un même circuit : la ligne à retard 8 doit être capable d'un retard maximum qui en définitive est plutôt faible. C'est également pour cette raison que deux circuits adjacents, 7 et 11 sont reliés à un même circuit 13. Deux circuits élémentaires sont ainsi dits adjacents quand, à leur niveau de hiérarchie, les signaux qu'ils produisent présentent un retard relatif qui est le plus faible possible. En troisième lieu on remarque que le retard T_i affecte les signaux reçus par toutes les cellules. Il est possible de se passer de cette dernière ligne à retard puisqu'elle ne contribue pas à une meilleure focalisation agissant d'une manière identique sur tous les signaux.

La restriction précédente imposant que T_{i+1} soit supérieur à T_i indique implicitement que le point $\underline{P}$ ne peut se trouver qu'à droite de la normale N au réseau qui s'élève au droit de la dernière cellule C_n . En effet, dans ce cas les cellules reçoivent l'onde 2 de plus en plus tôt selon que leur indice augmente (C_n la reçoit la première). Le retard T_n sera donc supérieur au retard T_{n-1} etc... jusqu'au retard T_1 . Pour pouvoir focaliser l'onde sur des points situés à gauche de la cellule C_i il faudrait pouvoir réaliser des lignes à retard $T_{i+1} - T_i$ de retard négatif. On résout ce problème en apparence insoluble en adjoignant (fig.2a) au circuit élémentaire 7 un circuit d'aiguillage 16 qui permet de choisir lequel des deux signaux $S_i(t)$ ou $S_{i+1}(t)$ sera affecté du retard $T_{i+1} - T_i$. En effet, si $T_{i+1} - T_i$ est négatif on obtient le résultat correct en retardant l'autre signal de la valeur absolue de $T_{i+1} - T_i$. Le circuit d'aiguillage 16 comporte donc deux entrées 17 et 18 et deux sorties 19 et 20. Il comporte par ailleurs une entrée de commande 21 pour

recevoir un signal d'aiguillage A. Dans un exemple le circuit d'aiguillage 16 comporte 4 portes analogiques 22 à 25 recevant deux à deux (22,24 et 23,25) respectivement les signaux S_i et S_{i+1} . L'ordre A ou son complémentaire $\bar{A}$ obtenu à partir d'un inverseur 26, est appliqué

5 sur l'entrée de validation de ces portes analogiques de manière à transmettre en sortie de ces portes, sur les sorties 19 et 20 du circuit 16, respectivement les signaux $S_i(t)$ et $S_{i+1}(t)$ d'une part ou $S_{i+1}(t)$ et $S_i(t)$ d'autre part. Ceci permet en définitive de retarder un seul de ces deux signaux par rapport à l'autre de la quantité désirée.

10 Cependant il faut quand même remarquer que la position de la ligne à retard, eu égard à la distribution, $S_i(t) : S_{i+1}(t)$, des signaux n'est pas indifférente. En reprenant le schéma de la figure 1b et en ayant inversé les entrées au moyen de l'aiguillage 16, du fait que le retard $T_{i+1} - T_i$ est négatif, il faut bien se rendre compte que l'on a

15 retardé dans ce cas le signal $S_i(t)$ d'un retard égal à $T_i - T_{i+1}$ et que donc en conséquence à la sortie du circuit 7 après l'additionneur 10 ce n'est plus un retard T_i qu'il faudrait imposer mais un retard T_{i+1} . Cette remarque est importante car elle permet de combiner avec exactitude dans un circuit 13 (figure 1c) les signaux provenant de

20 deux circuits élémentaires 7 et 11 quand on a inversé les entrées. Dans la pratique cette question de retard T_i changé en T_{i+1} ne pose pas de problème puisque le retard imposé par la ligne à retard est variable. On peut donc sans difficulté le rendre égal à $T_{i+1} - T_{i+3}$ au lieu de $T_{i+2} - T_i$. Un signal de commande M, en tous points

25 comparable au signal de multiplexage de l'état de la technique citée, pilote les lignes à retard de l'invention. Seules changent entre l'invention et l'état de la technique les valeurs que l'on affiche pour les différentes lignes à retard.

La figure 2b permet d'appréhender le gain technologique du

30 cumul des retards obtenus avec les moyens de retard de l'invention. L'organisation hiérarchique comporte plusieurs étages. Un premier étage 30 combine dans des circuits élémentaires des signaux provenant à chaque fois de deux cellules adjacentes. Un deuxième étage 31 combine les signaux provenant de deux circuits adjacents de

l'étage 30. Un troisième étage 32 combine les signaux provenant de deux circuits adjacents de l'étage 31. Le circuit de la figure 2b comporte pour chaque circuit élémentaire une ligne à retard 33 en parallèle avec une ligne directe 34, reliées toutes deux d'une part à un centralisateur 35 et à un circuit d'aiguillage 36. Ce qui diffère d'un étage à l'autre c'est que les retards différentiels maximum des lignes à retard des étages ne sont pas égaux entre eux. En effet, le retard maximum d'une ligne à retard 33 est imposé par le retard relatif pouvant exister, lorsque la sonde est au dépointage maximum, entre deux cellules adjacentes (c'est-à-dire des cellules dont l'indice n'est différent que d'une unité). Soit ΔT ce retard maximum. Le retard maximum des lignes à retard 37 du deuxième étage est le retard qui doit exister entre deux cellules dont l'indice présente une différence de deux unités : par exemple entre C_i et C_{i+2} . En conséquence le retard maximum des lignes 37 est égal à deux fois ΔT . Par extrapolation le retard maximum de la ligne à retard 38 du troisième étage est de $4 \Delta T$. Dans l'exemple représenté pour pouvoir atteindre toutes les configurations de dépointage voulues, il est nécessaire de réaliser 4 lignes à retard variable dont la valeur maximum est ΔT , deux lignes à retard variable dont le retard maximum vaut $2 \Delta T$, et une ligne à retard variable dont le retard maximum vaut $4 \Delta T$. Au total il faut donc réaliser $12 \Delta T$. Par contre dans l'état de la technique cité, le retard pouvant exister entre la cellule d'indice 1 et la cellule d'indice 8 pouvant être égal à $7 \Delta T$ il aurait fallu construire 8 lignes à retard variable avec un retard maximum de $7 \Delta T$ chacune : c'est-à-dire $56 \Delta T$ au total. On constate donc que l'invention amène une réduction quantitative des retards à réaliser. On peut montrer par calcul que cette réduction est égale à $1/2 \log_2 (n)$. Dans cette expression n est le nombre des cellules. Par ailleurs qualitativement on se rend compte que le retard variable maximum pour une ligne à retard est de $4 \Delta T$ dans l'invention. Par contre qu'il était de $7 \Delta T$ dans l'état de la technique cité. Or, la confection des lignes à retard est d'autant plus difficile techniquement que le retard à mettre en

oeuvre est plus important. Donc à la réduction quantitative l'invention apporte également une amélioration qualitative. On pourrait montrer que c'est la présence des aiguillages 36,39 et 40 devant chaque circuit élémentaire qui est à l'origine de cette amélioration qualitative.

5

La figure 3a représente une réalisation analogique d'un circuit élémentaire 41 selon l'invention. Ce circuit 41 comporte deux entrées 42 et 43 reliées aux entrées d'un aiguilleur 44 dont les sorties sont reliées à une ligne à retard analogique 45 d'une part et à une ligne directe 46 d'autre part. La ligne à retard 45 est par exemple d'un type à constantes localisées. Un additionneur 47 centralise les signaux en provenance de ces deux lignes. La sortie 48 délivre le signal combiné. La ligne à retard 45 est munie de p prises intermédiaires permettant d'obtenir qu'un signal introduit à l'entrée soit retardé jusqu'à p fois un retard minimal. Une prise directe 27 permet par ailleurs de prélever le signal introduit dans la ligne à retard 45 quand celui-ci présente un retard relatif nul par rapport au signal sur la ligne 46. Si l'on appelle δT ce retard minimal le produit p fois δT vaut ΔT qui est le retard maximum de la ligne 45 et donc du circuit 41. Un multiplexeur 49 reçoit un ordre de multiplexage M et sélectionne une prise particulière de la ligne à retard 45 pour la raccorder à l'entrée de l'additionneur 47. Ce multiplexeur 49 joue ici le même rôle que dans l'état de la technique cité. Sa complexité est cependant moins grande dans l'invention puisque le retard des lignes à retard y étant moins grand le nombre de prises intermédiaires à sélectionner y est inférieur.

10

15

20

25

30

Les instructions M de l'invention sont bien entendu différentes de celle de l'état de la technique cité. On remarque cependant que le nombre des ordres de multiplexage contenus dans une instruction de multiplexage M pour une focalisation donnée, est sensiblement égal au nombre des ordres de multiplexage qu'il fallait donner dans l'état de la technique. En effet en se référant à la figure 2b on constate que pour 8 cellules il y a 7 lignes à retard à programmer : donc à chaque instruction de multiplexage il y a sept ordres de

multiplexage à adresser aux lignes à retard. Dans une configuration classique pour les mêmes 8 cellules il y aurait 8 lignes à retard donc 8 ordres à adresser. Dans l'invention il y a donc autant d'ordres à adresser qu'il y a de cellules moins une unité. Pour le reste la
 5 programmation des ordres M est faite comme dans l'état de la technique citée. Elle consiste, pour un point donné de l'espace sur lequel on veut focaliser les ondes, à calculer pour chaque cellule C_i le retard T_i correspondant, et à déduire, selon l'organisation hiérarchique définie plus haut, quel retard $T_{i+1} - T_i$, $T_{i+2} - T_i$ etc... il y a
 10 lieu de réaliser pour chacun des circuits élémentaires. Puis on établit l'instruction de multiplexage relative à cette position qui contient tous les ordres de multiplexage. On établit de même les ordres d'aiguillage A à adresser aux différents aiguillages. Tous ces ordres sont mémorisés. On recommence cette opération autant de
 15 fois qu'il y a de points différents à explorer dans le milieu. Les séquences d'ordres relatives à chaque point sont ensuite adressées aux moyens de retard en temps utiles au moment de l'expérimentation.

La figure 3b représente une réalisation numérique d'un circuit
 20 élémentaire 50 de l'invention. Avant ce circuit 50, des signaux $S_i(t)$ et $S_{i+1}(t)$ émanant de cellules C_i et C_{i+1} sont envoyés chacun sur un convertisseur analogique-numérique respectivement 51 et 52. Ces convertisseurs sont en relation avec des registres intermédiaire 53 et 54 contenus dans le circuit 50. Un aiguillage 55 oriente sélecti-
 25 vement les contenus de ces registres vers une ligne directe 56 ou vers un ensemble 57 de registres à décalage. L'ensemble 57 contient autant de registre qu'il y a de bits de codage des valeurs échantillonnées des signaux $S_i(t)$. Si ces signaux sont codés sur q bits il y a q registres à décalage. Chacun de ces registres à décalage comporte p
 30 cases et l'ensemble 57 est synchronisé avec la fréquence d'échantillonnage f_{ech} qui pilote les convertisseurs 51 et 52. Une prise directe 28 permet de prélever sans retard le signal introduit dans la ligne à retard 57 quand le retard relatif de ce signal par rapport au signal dans la ligne directe est nul. A chaque impulsion d'échantil-
 35 lonnage le contenu d'une case donnée d'un registre est transmis à la

case suivante de ce registre (de R_j à R_{j+1}). Un multiplexeur 58, recevant un ordre de multiplexage M correspondant à un point P du milieu, extrait les contenus des cases correspondantes des registres. Le sommateur 59 reçoit des signaux quantifiés depuis la ligne directe 56 et depuis la ligne à retard 57. La sortie numérique du sommateur 59 est codée sur $q + 1$ bits. Quand le circuit 50 est placé dans un étage plus élevé de la hiérarchie il reçoit des signaux quantifiés émanant des circuits élémentaires précédents : il n'est plus raccordé en aval de convertisseur analogique-numérique.

10 Il est des cas d'utilisation des dispositifs à ultrasons où l'on réalise une antenne ultrasonore sous la forme d'une barrette linéaire de cellules. Sur une antenne de n cellules (par exemple $n = 100$) on peut sélectionner un groupe restreint de cellules contiguës (par exemple de 8 à 16) avec lesquelles on forme un faisceau ultrasonore dans une direction sensiblement perpendiculaire à l'antenne, ou éventuellement très légèrement incliné par rapport à la normale. Avec de telles sondes on ne cherche pas des dépointages importants. Au contraire on s'arrange pour ne focaliser que des points dont la projection sur la barrette est toujours contenue dans le segment

20 comportant les cellules centrales du groupe des cellules contigues. On constate, dans ce mode d'exploration, que deux cellules, symétriques par rapport au centre du groupe de cellules choisies, doivent être affectées de retards presque égaux. Donc en définitive leur retard relatif est le plus faible qui soit. Les considérations qui ont

25 prévalu jusqu'ici pour les cellules adjacentes enseignent qu'il y a lieu d'associer des cellules symétriques les unes des autres par rapport au centre du groupe.

La figure 4 représente une telle architecture pour 8 cellules. Un circuit élémentaire 60 reçoit des signaux en provenance de deux

30 cellules CB_1 et CB_8 d'une barrette 61. Un deuxième circuit 62 reçoit des signaux en provenance des cellules CB_2 et CB_7 , un troisième circuit 63 en reçoit en provenance des cellules CB_3 et CB_6 , et le quatrième circuit 64 en reçoit en provenance de CB_4 et

CB₅. Les retards T_{1-8} , T_{2-7} , T_{3-6} et T_{4-5} des lignes à retard de ces circuits élémentaires sont donc des retards minimum. En effet, le point P ne s'éloigne que de très peu de la médiatrice 65 du groupe des cellules. En définitive la ligne à retard dont le retard maximum est le plus élevé est la ligne à retard produisant le retard T_{1-8} . Ce retard T_{1-8} correspond à la différence de marche de l'onde quand elle se propage depuis le point P vers la cellule CB₁ d'une part et la cellule CB₈ d'autre part. Pour toutes les autres lignes à retard les retards relatifs sont inférieurs. On constate ici encore, que ce retard T_{1-8} qui est le plus grand, est bien inférieur au retard T_{4-8} qui dans l'exemple serait le plus important. Ce dernier lui est plus de cinq fois supérieur.

Les circuits 60 et 62 à 64 sont reliés à deux circuits élémentaires 66 et 67. Ces deux derniers sont eux-mêmes reliés à un dernier circuit élémentaire 68. Compte tenu des faibles dépointages θ mis en oeuvre on pourrait se dispenser de la présence des circuits d'aiguillage (AIG) contenus dans chacun des circuits élémentaires. La présence de ces circuits d'aiguillage réside dans l'aptitude au balayage de la sonde utilisée. En effet les microangulations θ désignent des points P dont la projection sur la barrette 61 ne peut se trouver au-delà de l'une des cellules centrales (C₄ C₅). Dès que le milieu 3 a été exploré entre $+\theta$ et $-\theta$, on fait appel à une autre cellule, d'un côté adéquat, en éliminant du groupe des cellules choisies celle qui se trouve de l'autre côté. De proche en proche on se rend compte que le retard entre deux cellules est ainsi amené à changer de signe. Ceci justifie la présence des circuits d'aiguillage.

Dans cette application le balayage du milieu à étudier a pour conséquence une sélection des cellules CB_i utilisées. Le multiplexeur qui effectue cette fonction est d'un type connu. Si l'on veut réaliser l'invention dans cette application sans modifier ce multiplexeur on peut choisir d'effectuer les optimisations des retards relatifs en sortie du premier étage. Les circuits élémentaires du premier étage reçoivent alors des signaux de cellules CB_i géographiquement adjacentes (CB_i- CB_{i+1}). Dans un deuxième étage (66-67)

sont introduits des signaux émanant de circuits élémentaires, 60-62 et 63-64, qui reçoivent eux-mêmes des signaux en provenance de cellules géographiquement symétriques l'une de l'autre par rapport au centre du groupe des cellules contiguës choisies.

- 5 La transformation des circuits d'aiguillages pour le passage d'un dispositif d'une fonction réception à une fonction émission ne présente pas de difficulté. Elle impose seulement la réalisation d'un deuxième jeu d'aiguillages interposés entre les différents circuits ou entre les circuits et les cellules. Ce deuxième jeu reçoit les signaux
- 10 des lignes à retard et les applique aux cellules piézoélectriques. Il est orienté en sens inverse de celui décrit. Il y est conforme par sa conception

REVENDICATIONS

1. Dispositif de focalisation électronique d'ondes ultrasonores, dans lequel une onde ultrasonore (2) se propage, dans un sens et/ou dans un autre, entre un réseau (4) de cellules (5) piézoélectriques et un point focal (P) situé à l'intérieur d'un milieu (3), dans lequel le
5 signal électrique $S_i(t)$ correspondant à cette onde est transmis avec des retards (T_i) différents pour chaque cellule (C_i), retards qui sont dépendants pour chaque cellule des positions relatives du point focal et de la cellule en question, et dans lequel les moyens de création des retards comportent des circuits de retard raccordés aux cellules
10 caractérisé en ce que ces moyens de création des retards comportent un ensemble hiérarchisé (Fig. 1c) de circuits élémentaires, (7,11,13) munis chacun d'une ligne à retard (8) reliée, en parallèle avec une ligne directe (9), à un centralisateur (10), et en ce que le retard ($T_{i+1}-T_i$) de la ligne à retard dans un circuit est
15 fonction du retard relatif devant régner entre deux cellules (C_i , C_{i+1}) ou deux circuits (7,11) reliés à ce circuit.

2. Dispositif selon la revendication 1 caractérisé en ce que les deux cellules ou les deux circuits reliés à un circuit sont adjacents entre eux (i , $i+1$).

20 3. Dispositif selon la revendication 2 caractérisé en ce que chaque circuit élémentaire (7) comporte un aiguillage (16-26) pour inverser le retard relatif entre les deux cellules, ou entre les deux circuits, reliés à ce circuit élémentaire.

4. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 3
25 caractérisé en ce qu'il comporte des moyens pour que l'onde ultrasonore se propage des cellules vers le point focal à l'émission.

5. Dispositif selon l'une quelconque des revendication 1 à 4 caractérisé en ce qu'il comporte des moyens (10) pour l'onde se propage du point focal vers les cellules à la réception.

30 6. Dispositif selon la revendication 4 et la revendication 5 caractérisé en ce que les cellules sont des cellules piézoélectriques réversibles.

7. Dispositif selon la revendication 4 caractérisé en ce que le centralisateur est un point de raccordement électrique.

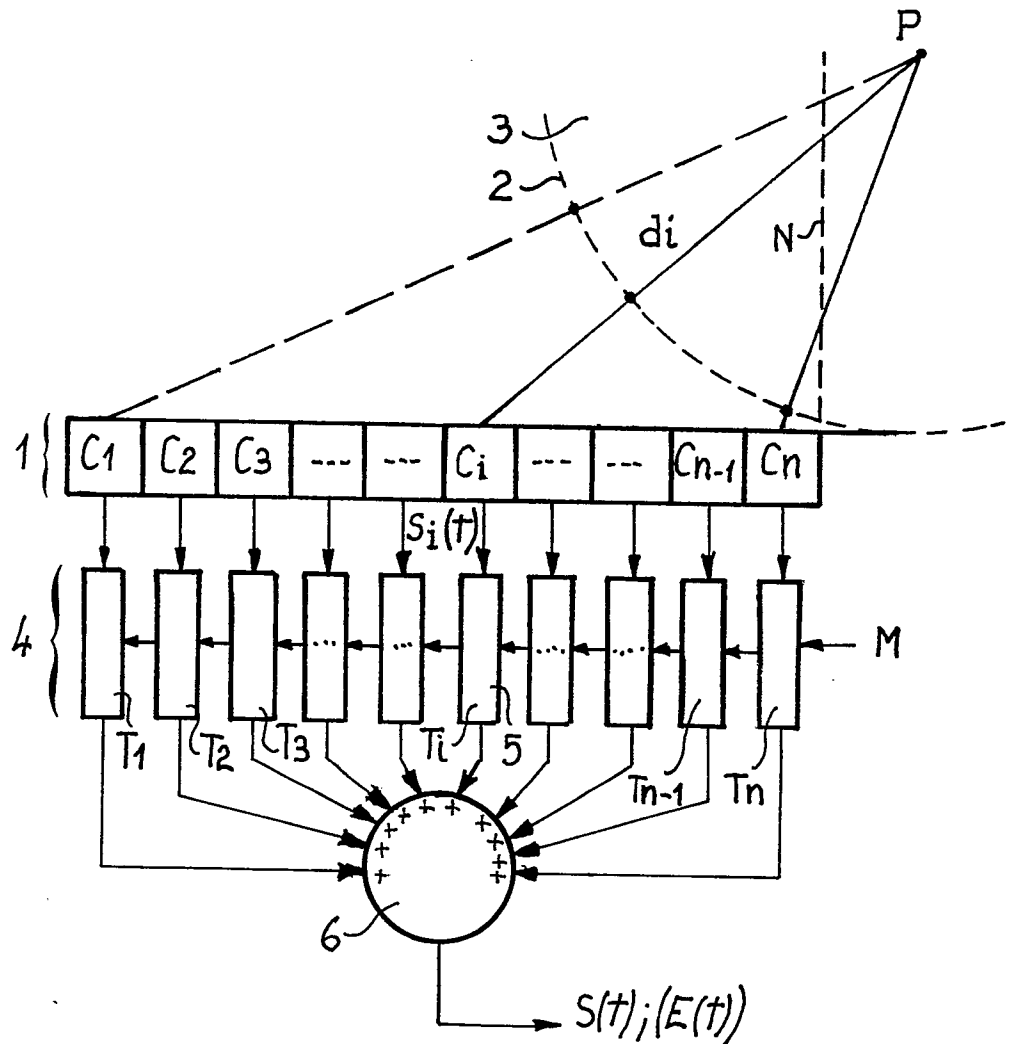
8. Dispositif selon la revendication 5 caractérisé en ce que le centralisateur est un additionneur (10).

5 9. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 8 caractérisé en ce que le nombre des étages de la hiérarchie des circuits est égal au logarithme à base 2 du nombre des cellules.

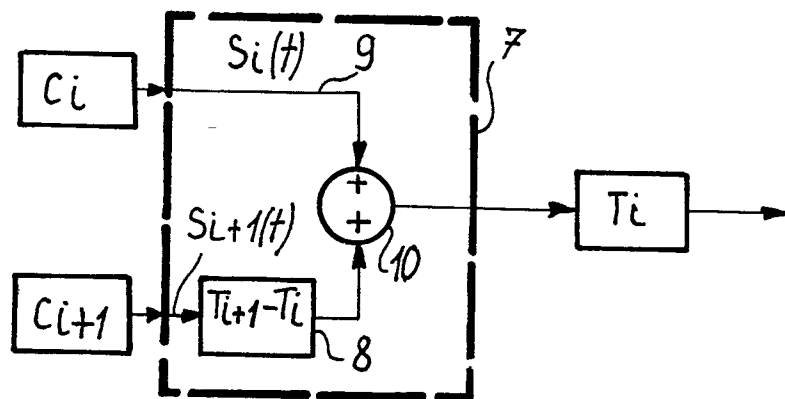
10 10. Dispositif selon la revendication 1 caractérisé en ce que deux cellules (CB1,CB8) reliées à un même circuit élémentaire (60) sont disposées symétriquement par rapport au centre (65) d'un groupe (CB1-CB8) de cellules dont elles font partie.

15 11. Dispositif selon la revendication 1 caractérisé en ce que deux circuits (66-67) reliés à un même circuit élémentaire (68) reçoivent des signaux en provenance de cellules (CB1,CB2,CB7,CB8) disposées symétriquement par rapport au centre (65) d'un groupe de cellules dont elles font partie.

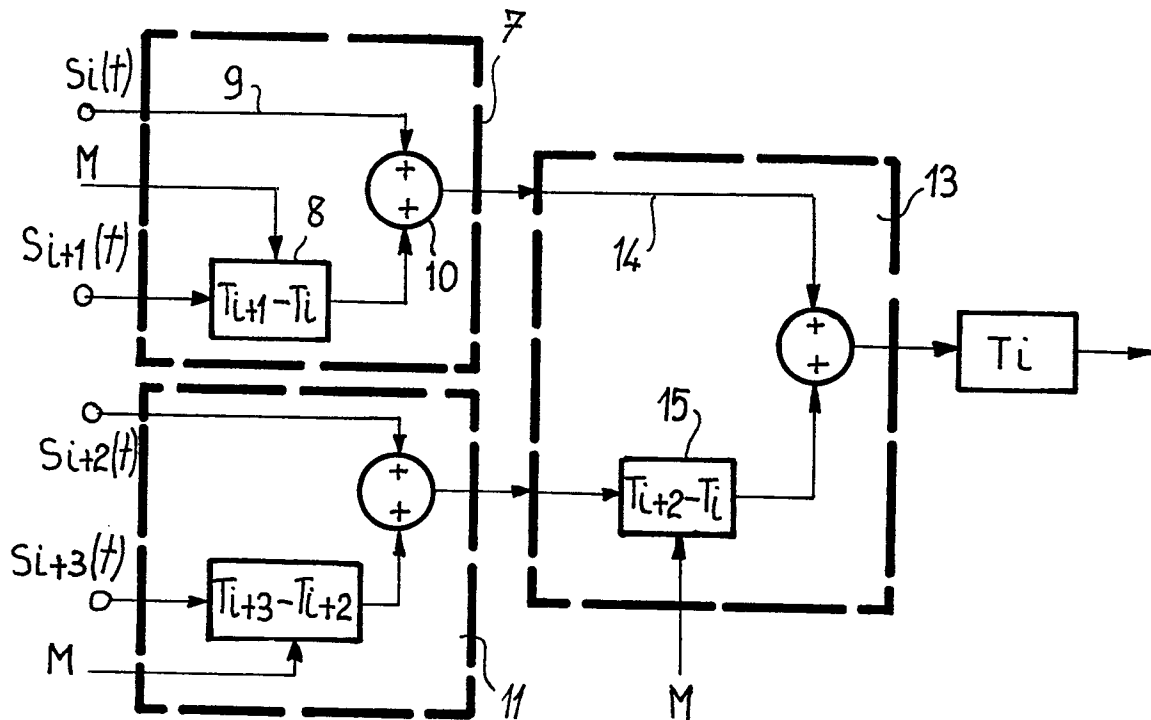
FIG_1-a



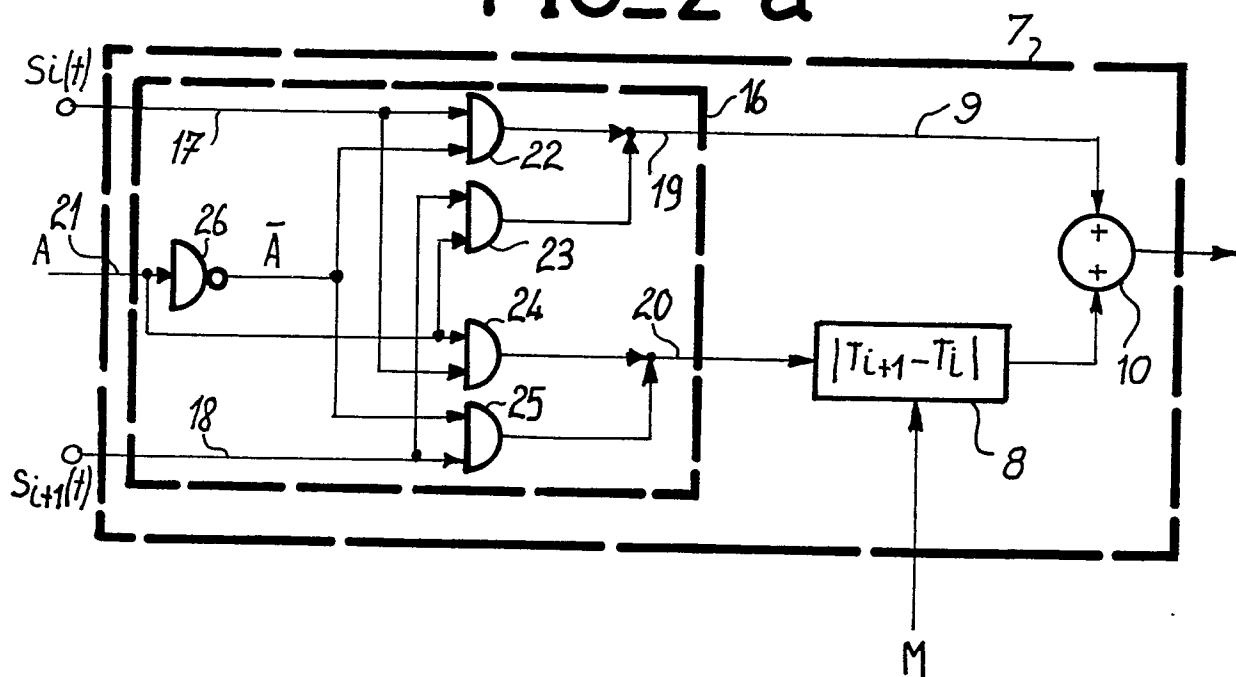
FIG_1-b



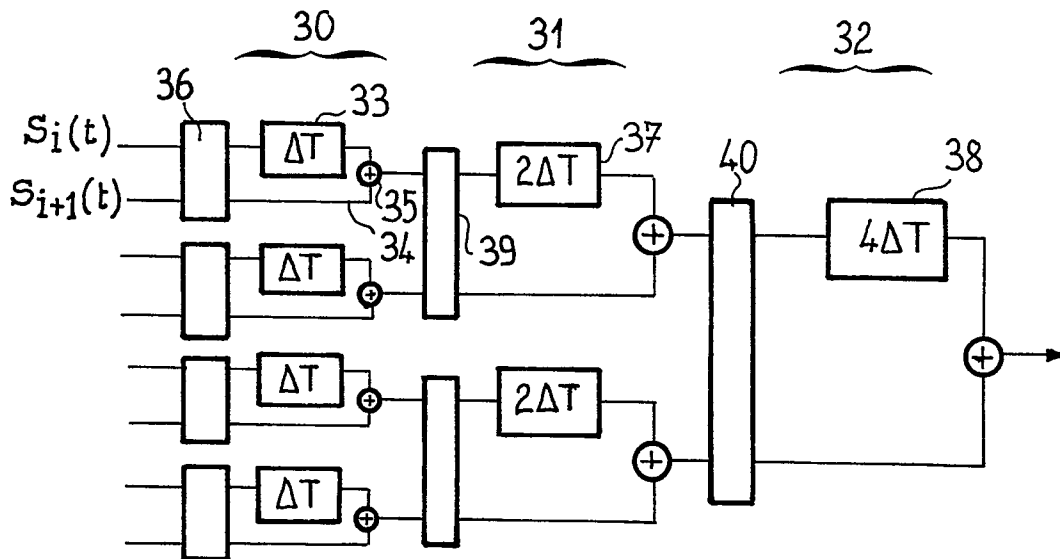
FIG_1-c



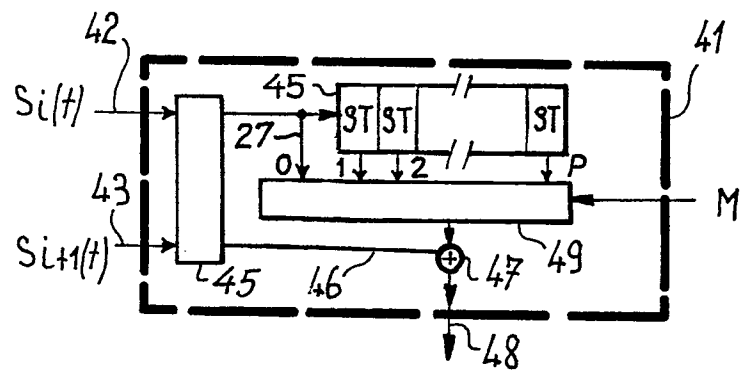
FIG_2-a



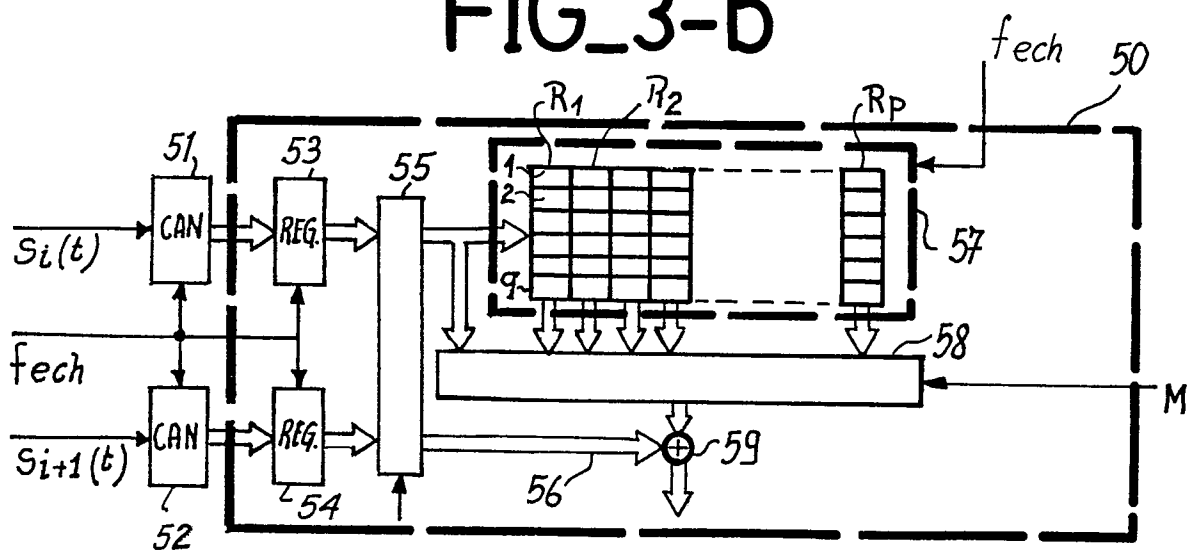
FIG_2-b



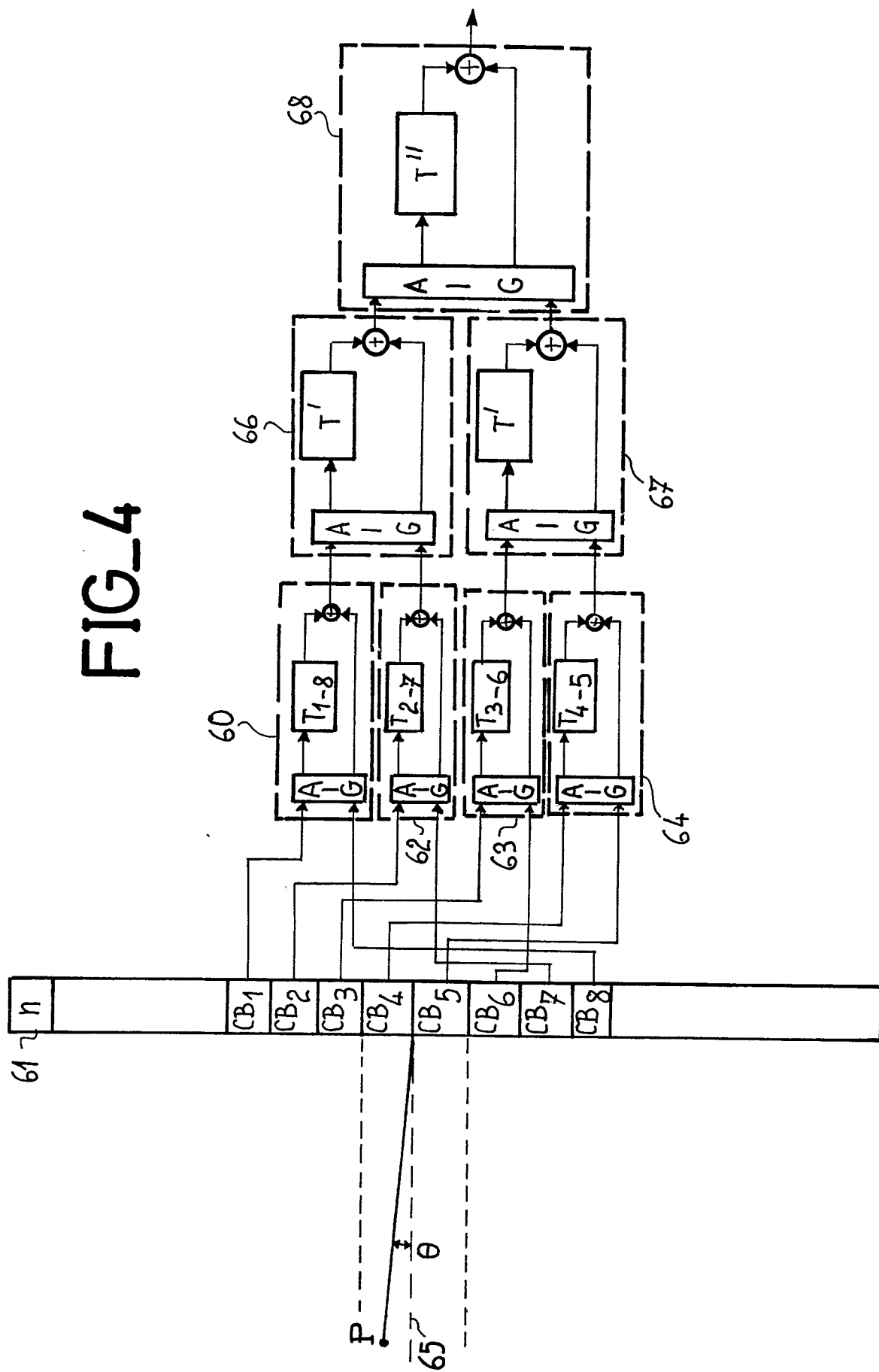
FIG_3-a



FIG_3-b



FIG_4





Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

0169123

Numero de la demande

EP 85 40 1266

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. 4)
X	FR-A-2 237 322 (RAYTHEON) * Page 4, ligne 34 - page 5, ligne 15; page 10, ligne 18 - page 12, ligne 31; figures 1,7-9 *	1-8	G 10 K 11/34
Y	---	9-11	
Y	FR-A-2 394 803 (MEDKOTEKNISK) * Page 6, ligne 27 - page 7, ligne 1; page 8, ligne 27 - page 9, ligne 7; figure 7 *	9	
Y	FR-A-2 399 661 (ANVAR) * Page 10, ligne 23 - page 11, ligne 20; figure 7 *	10,11	
A	DE-C- 376 596 (STEWART-DAVIT) * En entier *	1	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl. 4)
A	FR-A-1 569 897 (PHILIPS) * En entier *	1,10	G 10 K G 01 S
Le présent rapport de recherche a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 27-09-1985	Examineur VAN WEEL E.J.G.
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES			
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		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	