

A1

**DEMANDE
DE BREVET D'INVENTION**

(21)

N° 81 03668

(54) **Système de navigation en surface pour véhicule aérien et/ou aquatique.**

(51) **Classification internationale (Int. Cl.⁹). G 01 C 21/20, 21/04; G 06 F 15/50.**

(22) **Date de dépôt..... 24 février 1981.**

(33) (32) (31) **Priorité revendiquée : RFA, 26 mars 1980, n° P 30 11 556.1.**

(41) **Date de la mise à la disposition du
public de la demande..... B.O.P.I. — « Listes » n° 40 du 2-10-1981.**

(71) **Déposant : Société dite : VEREINIGTE FLUGTECHNISCHE WERKE GMBH, résidant en RFA.**

(72) **Invention de : Horst-Dieter Lerche.**

(73) **Titulaire : Idem (71)**

(74) **Mandataire : Cabinet Bert, de Keravenant et Herrburger,
115, bd Haussmann, 75008 Paris.**

L'invention est relative à un système de navigation en surface pour véhicule aérien et/ou aquatique avec une mémoire dont les données représentent les valeurs d'altitude connues à l'avance d'un domaine opérationnel, qui sont traitées
5 pour déterminer la position dans un corrélateur avec des données d'altitude détectées en valeurs actuelles au cours de l'action avec un dispositif de mesure d'altitude.

Dans le cas de véhicule aérien, ont été mis en oeuvre depuis un certain temps, des systèmes de navigation basés
10 sur la corrélation de terrain, pour augmenter la précision lors de la détermination de position. Une détermination de position précise est très importante, notamment pour des véhicules aériens destinés à des missions militaires, car la suite de la mission considérée dépend de cette précision. Parmi les systèmes de na-
15 vigation connus jusqu'à ce jour, ceux travaillant avec corrélation de terrain présentent la précision la plus élevée, l'indépendance de stations existantes remplissant une condition supplémentaire dans le sens de l'autonomie de bord.

Les systèmes de navigation connus avec corrélation de terrain fonctionnent selon le principe de la corrélation d'altitude, c'est-à-dire que l'altitude respective par rapport au sol est mesurée en des points discrets et les valeurs ainsi détectées sont ensuite traitées dans un corrélateur avec une altitude de référence mémorisée du trajet de vol. La précision de tels systèmes de navigation, convenant également pour
25 des véhicules aquatiques, peut alors être sensiblement améliorée par des procédés d'actualisation. Pendant le voyage au-dessus d'un domaine dit domaine de contrôle, le profil d'altitude se trouvant au-dessous est mesuré le long de la route avec une uni-
30 té de détection spéciale et par comparaison numérique des données quantifiées du terrain avec les informations sur le terrain mémorisées comme données de référence, la position réelle est déterminée.

Les systèmes de navigation connus jusqu'à ce
35 jour, exigent pour une mission planifiée à l'avance, l'établissement d'une route de consigne. Bien que cette route de consigne n'ait pas besoin de représenter une route rectiligne, ceci n'est toutefois pas satisfaisant, parce que des routes quelconques non prescrites à l'avance, sont fondamentalement avantageu-
40 ses pour des entreprises à caractère militaire.

L'invention a en conséquence pour but de créer un système de navigation du type initialement mentionné, pour la mise en oeuvre de routes quelconques, non prescrites à l'avance. A cet effet, l'invention concerne, un système caractérisé en ce que le corrélateur couplé par l'intermédiaire d'une interface et d'un système d'assemblage de données avec le dispositif de mesure d'altitude, reçoit d'autres données à partir d'un système de référence de route et/ou de position, ces données parvenant au corrélateur par l'intermédiaire d'un étage de traitement ainsi que par l'intermédiaire du système d'assemblage de données et de l'interface. Ces dispositions permettent, pour une conception appropriée du corrélateur, notamment pour une mémorisation appropriée de données suffisantes concernant le terrain, de suivre des routes quelconques, non prescrites à l'avance. Dans ce cas, il peut être prévu que l'étage de traitement, à partir des données du système de référence de route et de position, en étant initié par les données d'altitude simultanément détectées, détermine un modèle de route pour le trajet futur dans le domaine opérationnel, tandis que les données d'altitude du domaine opérationnel emmagasinées dans la mémoire, en vue de leur corrélation avec les données d'altitude détectées conformément aux données respectivement déterminées du modèle de route, sont traitées et assorties.

Il peut en outre, être prévu quel'étage de traitement forme des domaines de contrôle constitués virtuellement à partir de domaines de corrélation unitaires, les longueurs et/ou les largeurs des domaines de corrélation en fonction des longueurs de corrélation optimales et des grandeurs caractéristiques déterminées à partir de chaque type de terrain pour le procédé de corrélation statique, étant susceptibles d'être introduites en tant que paramètres susceptibles d'être sélectionnés de l'étage de traitements. Les domaines de corrélation à l'intérieur d'un domaine de contrôle virtuel peuvent alors se raccorder sans solution de continuité, empiéter l'un sur l'autre, et comporter l'un par rapport à l'autre, un intervalle limité. Il est en outre avantageux que le premier domaine de corrélation respectif à l'intérieur d'un domaine de contrôle s'étende sur la totalité de la largeur, tandis que les domaines de corrélation suivants se raccordent avec une largeur réduite en fonction de la position déterminée dans le premier domaine de corré-

lacion. Cette façon de procéder offrait également la possibilité, lorsque les limites du domaine de contrôle sont atteintes par le domaine de corrélation, de déclencher dans le corrélateur un ordre pour corriger la route. L'étendue de la correction correspondante peut alors être contrôlée dans le domaine de corrélation suivant le domaine de corrélation déclenchant l'ordre.

Il peut être prévu que l'étage de traitement calcule simultanément avec la mesure d'altitude et le traitement ainsi initié des mesures d'altitude, l'angle moyen de route à partir des données de route existantes en tant qu'angle d'entrée dans un domaine de contrôle respectif et applique ces données au corrélateur en vue de la transformation du domaine de corrélation pour la corrélation fine suivante. Les données d'altitude emmagasinées dans la mémoire sont assorties en fonction des données du modèle de route respectif en une route suivant une ligne de trame droite, pour effectuer une corrélation de lignes.

L'invention va être expliquée plus en détail en se référant au dessin ci-joint, dans lesquels :

- la figure 1 est un schéma par blocs d'un système de navigation pour des routes quelconques,

- la figure 2 montre le principe de fonctionnement pour un procédé de corrélation fine,

- la figure 3 montre le principe de fonctionnement pour l'assortiment des données d'altitude pour une corrélation de ligne,

- la figure 4 montre le principe de fonctionnement pour la détermination de l'angle d'entrée dans un domaine de contrôle.

Comme le montre le schéma par blocs de la figure 1, le système de navigation conforme à l'invention est constitué d'une unité TERCOM 1 (TERCOM signifie Terrain contour Matching), d'un dispositif de mesure d'altitude 2, par exemple un appareillage radar de mesure d'altitude, et/ou un appareillage barométrique de mesure d'altitude, ainsi qu'à d'un système de référence de route et de position 3. L'unité TERCOM 1 est constituée d'un corrélateur 4, d'un microprocesseur 5, d'une mémoire de masses 6 et de deux mémoires de travail 7, 8. Tous ces étages constitutifs sont en liaison les uns avec les autres à l'intérieur de l'unité TERCOM 1, par l'intermédiaire d'un conducteur

de données 9. A la place du corrélateur 4, peuvent également être mis en oeuvre plusieurs microprocesseurs conformés à cet effet. Le conducteur de données 9 aboutit ensuite, par l'intermédiaire d'une interface 10 prévue à l'extérieur de l'unité TERCOM 1, à un système d'assemblage de données 11, qui est en liaison aussi bien avec un étage de traitements 12 du dispositif de mesure d'altitude 2, qu'avec un étage de traitements 13 du système de référence de route et de position 3. En outre, ce système d'assemblage de données 11 peut être utilisé comme cela est indiqué, pour la transmission de données à des étages constitutifs, non représentés plus en détail, par exemple des appareillages d'affichage, dans le véhicule porteur considéré.

Le système de navigation conforme à l'invention peut être construit et exploité sur la base d'un concept de corrélation modulaire, comme cela est décrit dans notre demande de brevet P 28 30 992. Ce concept garantit dans une large mesure, la liberté de choix pour des routes quelconques à l'intérieur d'un domaine opérationnel correspondant à des routes différentes, à des formes de trajets différentes, à des angles d'entrée et à des points d'entrée différents. Pour tenir compte des influences des routes et des formes de trajets différentes il est nécessaire que le système de référence de route et de position présente une précision de durée de route suffisante, ce que garantissent les appareillages aujourd'hui disponibles.

Lors du fonctionnement du système de navigation, le traitement de l'information de route est simultanément initié avec la mesure d'altitude. Pendant la mesure des valeurs d'altitude dans le dispositif de mesure d'altitude 2 et ce traitement à la suite dans l'étage de traitements 12, s'effectue le calcul du modèle de route à partir du signal de route et/ou du signal de position du système de référence de route et de position. Avant l'exécution du calcul de corrélation proprement dit, les valeurs de consigne d'altitude mémorisées dans les mémoires 6, 7, 8 sont traitées conformément aux données du modèle de route et assorties. De cette façon, on est assuré que les influences de formes de trajets quelconques sur le résultat de corrélation, et donc sur la précision des indications de navigation, sont prises en compte. Les signaux du modèle de route traités dans l'étage de traitements 13, sont transmis par l'intermédiaire de l'emplacement de coupure (système d'assemblage

de données 11) dans l'unité TERCOM 1.

Lors de l'exploitation du système de navigation en surface conforme à l'invention, trois principes de fonctionnement différents sont possibles selon le trajet. Sont communes à ces principes, la méthode de calcul de la position actualisée, et en outre, la détermination des informations de route et de vitesse. Comme on le voit sur la figure 2, il est défini ce que l'on appelle un domaine de contrôle virtuel 15, constitué de domaines de corrélation individuels 16, 17 à 22. Les domaines de corrélation individuels 16, 17 à 22 peuvent, soit empiéter l'un sur l'autre comme cela est représenté, soit présenter l'un par rapport à l'autre un intervalle limité, ou bien se raccorder l'un à l'autre sans solution de continuité. Les longueurs des domaines de corrélation sont choisies de façon correspondante à la longueur de corrélation optimale, qui représente une grandeur caractéristique pour le type de terrain considéré, et pour le procédé de corrélation statistique. Tandis que la largeur du premier domaine de corrélation 16 dans le domaine de contrôle 15 correspond à la largeur de ce domaine de contrôle, les domaines de corrélation suivants 17, 18 à 22 se raccordent avec une largeur réduite. Grâce à ce principe qui représente en pratique une corrélation fine, la sécurité des indications de navigation est sensiblement augmentée, car de ce fait, une élimination des éléments aberrants s'effectue. Avant le calcul de l'information actualisée finale, plusieurs informations de position sont déterminées, de façon correspondante au nombre des domaines de corrélation. Avec une simple logique de décision (bonne qualité du critère de corrélation ou bien lissage), la première position actuelle est déterminée dans le corrélateur 4. Pour une longueur suffisamment significative sur le terrain du domaine de contrôle, on peut déterminer par des calculs répétés la route à l'intérieur du domaine de contrôle et les erreurs de route supplémentaires.

Le principe de la corrélation fine représenté sur la figure 2 avec la détermination corrélatrice du trajet de vol, facilite également le processus de recherches. Partant du domaine de corrélation 16, dans lequel, du fait de l'erreur maximale d'entrée, la stratégie de recherches doit s'étendre sur la totalité de la largeur du domaine de contrôle, le processus de corrélation peut dans les domaines de corrélation suivants

17 à 22, être limité à une zone autour de la dernière position précédemment annoncée. Sur la totalité de la longueur du domaine de contrôle, est apparemment déplacée, selon la route, une fenêtre de corrélation de largeur constante mais réduite, le critère étant l'évolution de la fonction de corrélation. L'avance s'effectue par impulsions équivalent à un multiple entier de l'intervalle de trame. La synchronisation entre les valeurs théoriques et réelles est alors assurée par l'intermédiaire de l'information de vitesse du système de référence de route et de position 3, si bien que de cette façon, à partir de la succession de mesures d'altitude prises en continu, la bande de valeurs réelles valables pour la corrélation par l'intermédiaire de la fenêtre de corrélation (domaine de corrélation) considérée, peut être sélectionnée. Les calculs individuels de corrélation ne sont alors pas effectués le long des lignes de trame mémorisées, mais avec le modèle de route actuel.

Comme le montre l'exemple de réalisation selon la figure 3, il est également possible d'assurer la corrélation dans le cas de trajet courbe le long de lignes droites. On utilise ici après l'assortiment, le principe de corrélation de lignes le long de lignes de trame mémorisées. La différence importante par rapport aux autres principes de fonctionnement réside en ce que, avant d'effectuer le calcul de corrélation, les valeurs de consigne de la matrice d'altitude mémorisée du terrain sont assorties conformément au modèle de route préparé. Comme le montre la figure 3, un domaine de contrôle 30 est alors recouvert d'une trame, grâce à quoi, dans ce domaine de contrôle, 64 emplacements de trame 31 prennent naissance. La corrélation entre les valeurs de consigne assorties et les valeurs réelles mesurées, est effectuée le long des nouvelles lignes de trame 33, 34 représentées à côté, c'est-à-dire qu'il s'effectue une corrélation apparente avec le modèle de route 32. Dans le cas de ce principe de fonctionnement, les trajets courbes 32 sont transformés en trajets rectilignes 33, 34 et ensuite une corrélation de lignes est effectuée, le calcul de la position actuelle s'effectuant d'après le procédé décrit jusqu'à maintenant.

Egalement dans le cas de ce principe de fonctionnement, les étapes suivantes peuvent être distinguées dans les étapes constitutives de l'unité TERCOM 1 en fonction de la programmation :

- 1.- Déclenchement de la mesure d'altitude et du traitement de la route ,
- 2.- Détermination du profil d'altitude réel du terrain,
- 3.- Calcul des données du modèle de route,
- 5 Après exécution d'une corrélation
- 4.- Prise en charge, décompression et mémorisation du profil d'altitude mesuré le long de la route,
- 5.- transmission du modèle de route,
- 6.- traitement des valeurs de consigne,
- 10 6.1 calcul d'index ,
- 6.2 transfert de la mémoire de travail 7 dans la mémoire de travail 8,
- 6.3 interpolation pondérée.
- 7.- Corrélation répétée le long des nouvelles lignes de trame,
- 15 8.- détermination de la position actuelle par une logique de décision,
- 9.- rétrotransformation dans le système géodésique,
- 10.- délivrance des valeurs de position actuelles.

A côté du traitement de route initié par la mesure d'altitude, il est également possible de détecter l'angle de route. La figure 4 montre le principe de fonctionnement pour la détermination de l'angle moyen de route α et la transformation du domaine de corrélation 25 à l'intérieur du domaine de contrôle 24 en une phase non critique en temps pour l'ensemble de l'exécution de la corrélation. Le critère de temps exigible pour la durée de corrélation demeure par suite du mode de travail récursif, non palpé. La corrélation grossière autour de l'angle de route moyen α le long de la ligne de trame transformée 27 se situant parallèlement au modèle de route 26, donne une première approximation d'une précision correcte pour la position à déterminer. Avec la corrélation fine qui suit, et qui s'effectue avec le modèle de trajet préparé 26, une détermination précise de la position dans un secteur étroitement limité est effectuée autour de la position déterminée à première approximation. Ainsi, la dépense de traitement du signal et le temps pour exécuter la corrélation, sont considérablement réduits.

Dans le cas d'un processus de détermination de position, les étapes suivantes , déterminées dans l'unité TERCOM
40 1 par une programmation adéquate, sont accomplies :

- 1.- Déclenchement de la mesure d'altitude et du traitement de route
- 2.- détermination du profil d'altitude du terrain
- 3.- détermination d'un angle de route moyen (droite de comparaison)
- 5 4.- transformation du domaine de corrélation autour de l'angle de route moyen.
 - Décompression sur valeurs d'altitude absolues
 - Détermination des coordonnées à transformer x, y,
- 10 Calcul d'index,
 - Interpolation,
 - Calcul des valeurs rapportées à la valeur moyenne
 - Mémorisation d'un domaine de contrôle.
- 15 Après la clôture d'un processus de corrélation, les étapes suivantes sont accomplies dans l'unité TERCOM 1 également en fonction d'une programmation effectuée à l'avance :
 - Prise en charge, décompression et mémorisation du profil d'altitude mesuré le long de la route,
 - Prise en charge de l'angle de route moyen,
- 20 Corrélation grossière du profil d'altitude mémorisé et du profil d'altitude mesuré, dans le réseau cablé de grilles du domaine opérationnel,
 - Corrélation fine avec le modèle de route dans une zone de recherches limitée,
- 25 Détermination de la position,
 - Rétrotransformation dans le système géodésique,
 - Délivrance des valeurs de position actuelles.
- 30 Le système de navigation en surface conforme à l'invention, du fait de la détection et du traitement approprié des informations de route et de vitesse, est en mesure de suivre des routes quelconques non prescrites à l'avance, et de ce fait, il est particulièrement adapté à des missions de caractère militaire. La condition nécessaire est que les données d'altitude du territoire opérationnel, soient disponibles
- 35 dans les mémoires 6, 7 et 8, ce qui, du fait de la technique de mémorisation actuelle, est possible sans grande dépense.

RE V E N D I C A T I O N S

1.- Système de navigation en surface pour véhicule aérien et/ou aquatique avec une mémoire dont les données représentent les valeurs d'altitude connues à l'avance d'un domaine opérationnel, qui sont traitées pour déterminer la position dans un corrélateur avec des données d'altitude détectées en valeurs actuelles au cours de l'action avec un dispositif de mesure d'altitude, système caractérisé en ce que le corrélateur (4) couplé par l'intermédiaire d'une interface (10) et d'un système d'assemblage de données (11) avec le dispositif de mesure d'altitude (2) reçoit d'autres données à partir d'un système de référence de route et/ou de position (3), ces données parvenant au corrélateur par l'intermédiaire d'un étage de traitement (13) ainsi que par l'intermédiaire du système d'assemblage de données (11) et de l'interface (10).

2.- Système selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'étage de traitement (13), à partir des données du système de référence de route et de position (3), initié par les données d'altitude simultanément détectées, détermine un modèle de route (23, 26, 32) pour le trajet futur dans le domaine opérationnel, tandis que les données d'altitude du domaine opérationnel emmagasinées dans la mémoire (6, 7, 8), en vue de leur corrélation avec les données d'altitude détectées conformément aux données respectivement déterminées du modèle de route (23, 26, 32) sont traitées et assorties.

3.- Système selon l'une quelconque des revendications 1 et 2, caractérisé en ce que l'étage de traitement (13) forme des domaines de contrôle (15, 24, 30) constitués virtuellement à partir de domaines de corrélation unitaires (16 à 22), les longueurs et/ou les largeurs des domaines de corrélation (16 à 22) en fonction des longueurs de corrélation optimales et des grandeurs caractéristiques déterminées à partir de chaque type de terrain pour le procédé de corrélation statique, étant susceptibles d'être introduites en tant que paramètres susceptibles d'être sélectionnés de l'étage de traitement (13).

4.- Système selon la revendication 3, caractérisé en ce que les domaines de corrélation (16 à 22) empiètent les uns sur les autres à l'intérieur d'un domaine de contrôle virtuel (15).

5.- Système selon la revendication 3, caractérisé en ce que les domaines de corrélation à l'intérieur d'un domaine de contrôle virtuel, présentent l'un par rapport à l'autre un intervalle limité.

5 6.- Système selon la revendication 3, caractérisé en ce que les domaines de corrélation à l'intérieur d'un domaine de contrôle virtuel, s'alignent les uns sur les autres sans solution de continuité.

10 7.- Système selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que le premier domaine de corrélation respectif (16) à l'intérieur d'un domaine de contrôle (15) s'étend sur la totalité de la largeur, tandis que les domaines de corrélation suivants (17 à 22) se raccordent avec une largeur réduite en fonction de la position déterminée dans le
15 premier domaine de corrélation (16).

20 8.- Système selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que les domaines de corrélation (17 à 22) de largeur réduite, faisant suite au premier domaine de corrélation (16) dans un domaine de contrôle (15), déclenchent, lorsque est atteinte la limite du domaine de contrôle (15), un ordre dans le corrélateur (4) pour la correction de la route.

25 9.- Système selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, caractérisé en ce que l'étendue de la correction de route ainsi déclenchée est contrôlée dans les domaines de corrélation (19 à 22) qui font suite aux domaines de corrélation (18) déclenchant l'ordre.

30 10.- Système selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, caractérisé en ce que l'étage de traitement (13) calcule simultanément avec la mesure d'altitude et le traitement ainsi initié des mesures d'altitude, l'angle moyen de route (α) à partir des données de route existantes en tant qu'angle d'entrée dans un domaine de contrôle respectif (24) et applique ces données au corrélateur (4) en vue de la transformation du
35 domaine de corrélation (24) pour la corrélation fine suivante.

40 11.- Système selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, caractérisé en ce que les données d'altitude emmagasinées dans la mémoire (6, 7, 8) sont assorties en fonction des données du modèle de route respectif (32) en une route (33, 34) suivant une ligne de trame droite, pour effectuer une corrélation de lignes.

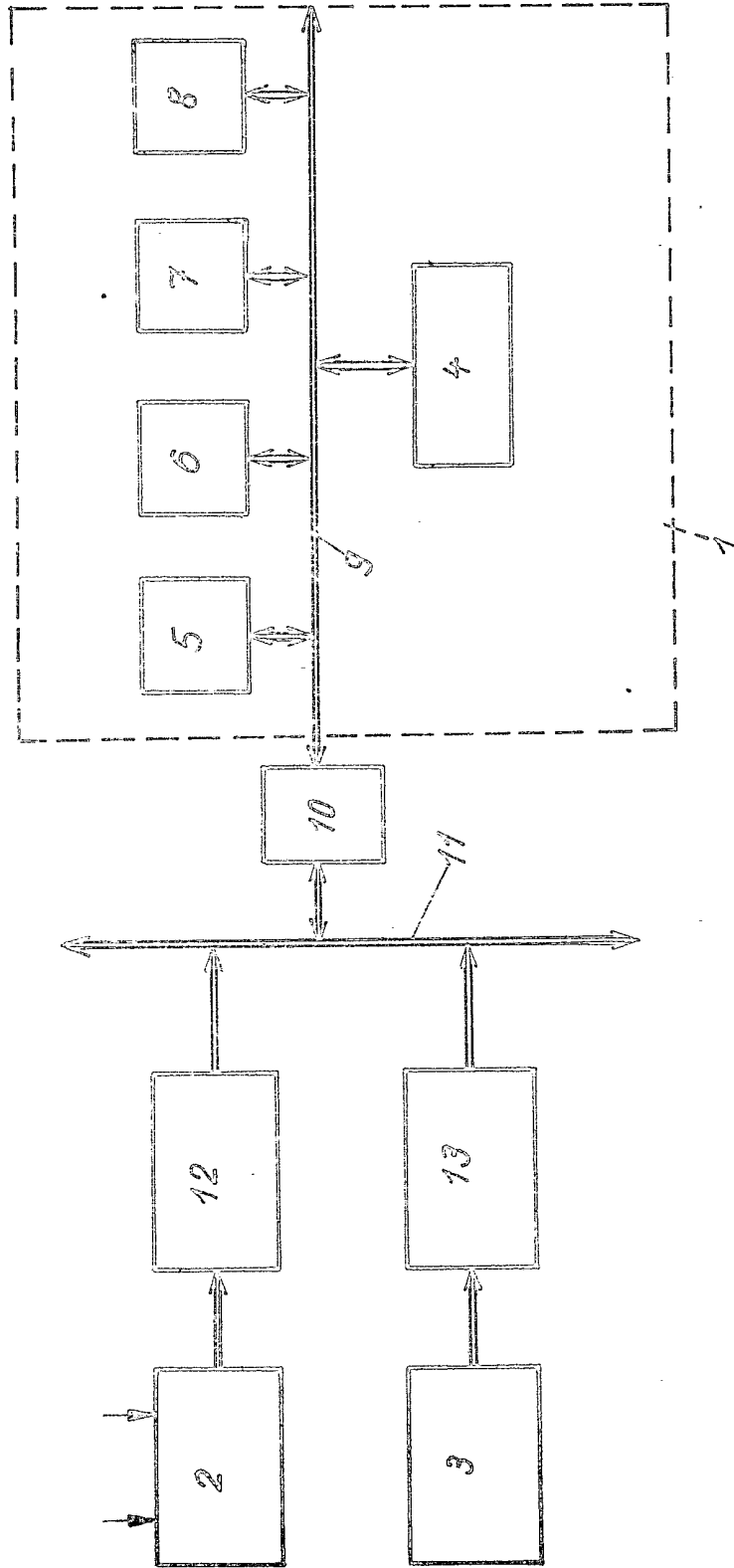


FIG. 1

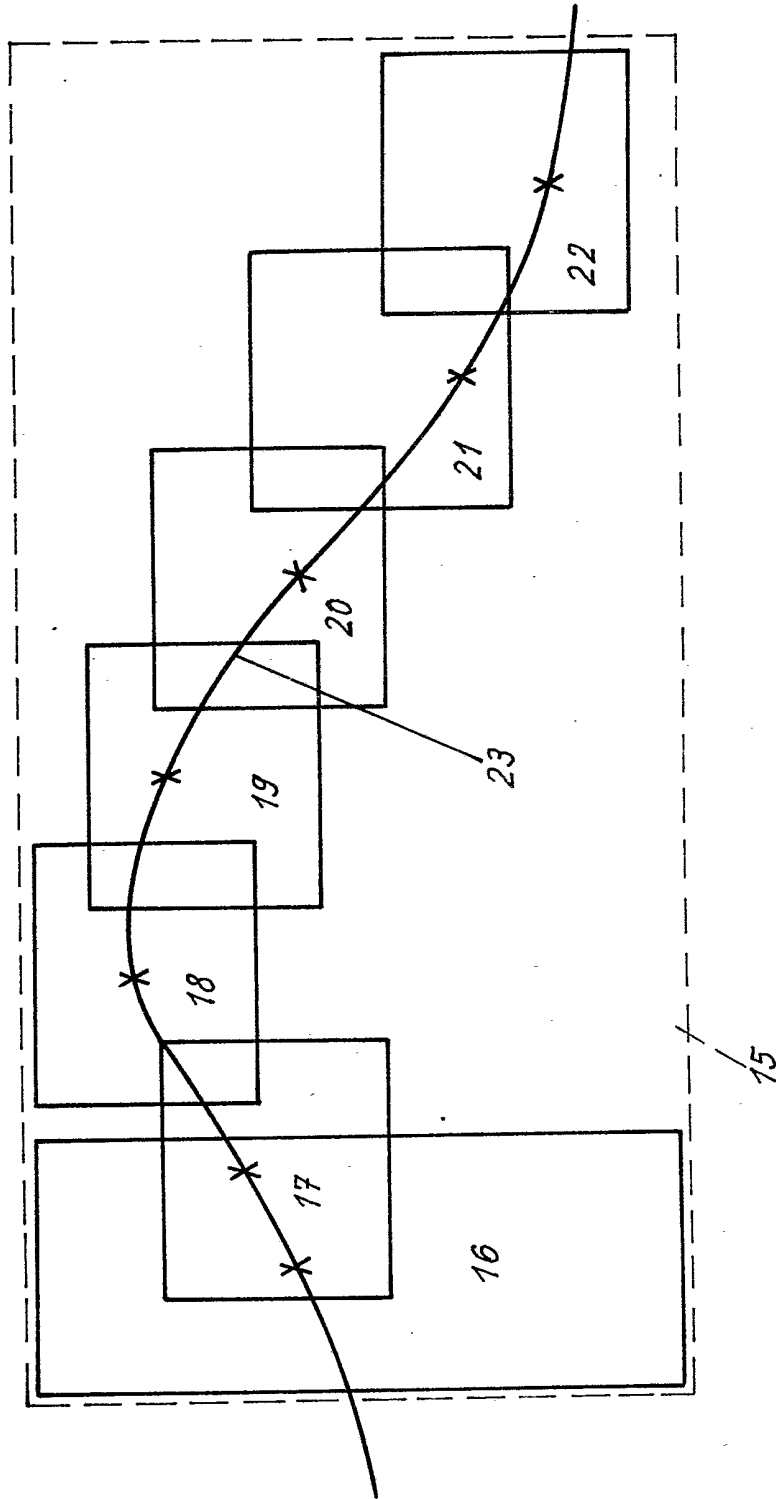


Fig. 2

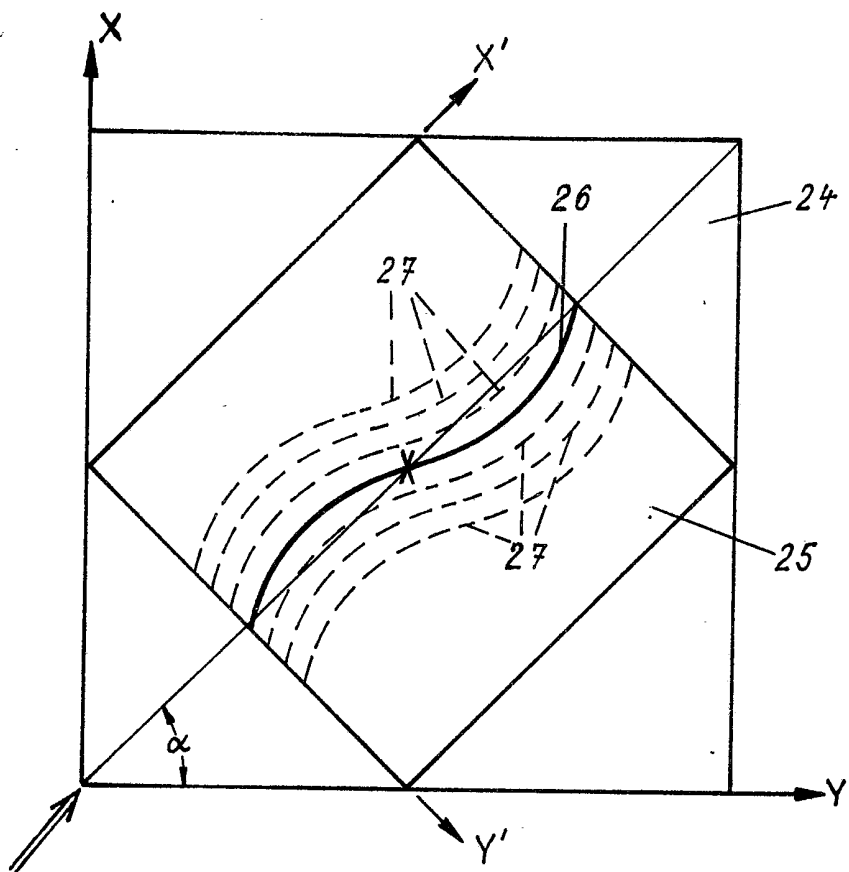


Fig. 4

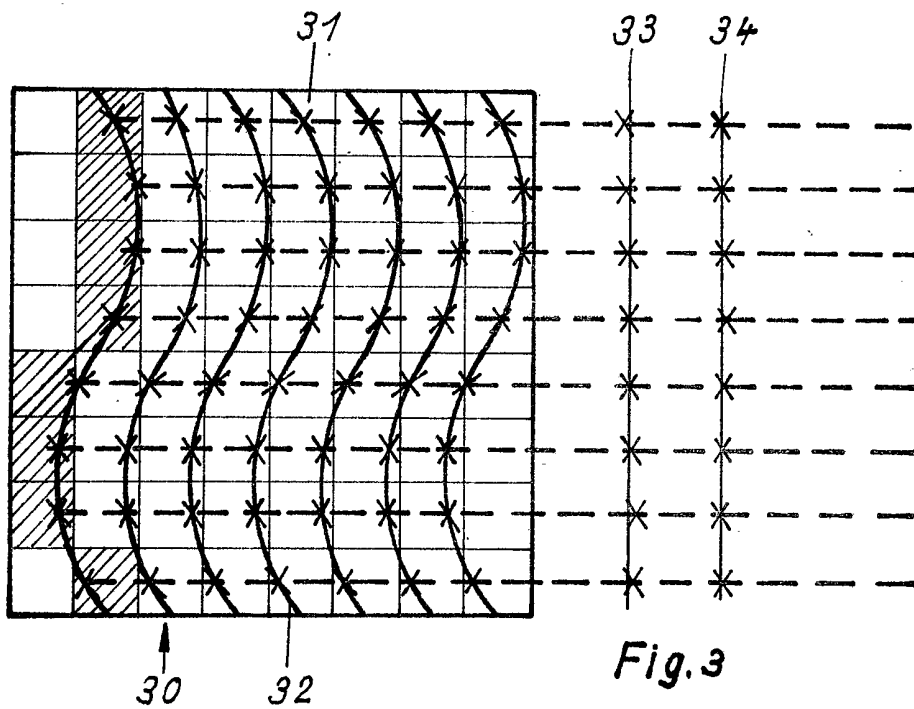


Fig. 3