

19 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

11 N° de publication :
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

2 553 543

21 N° d'enregistrement national :

83 16580

51 Int Cl* : G 06 F 15/20; G 06 K 15/22; G 09 G 1/02.

12

DEMANDE DE CERTIFICAT D'ADDITION À UN BREVET D'INVENTION

A2

22 Date de dépôt : 18 octobre 1983.

30 Priorité :

43 Date de la mise à disposition du public de la
demande : BOPI « Brevets » n° 16 du 19 avril 1985.

60 Références à d'autres documents nationaux appa-
rentés : Addition au brevet 82 05121 pris le 25 mars
1982.

71 Demandeur(s) : Société dite : ELECTRONIQUE SERGE
DASSAULT. — FR.

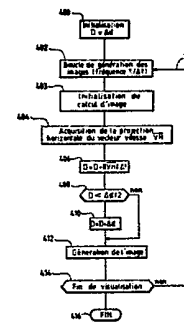
72 Inventeur(s) : Xavier Chazelle et Jean-Pierre Desvigne.

73 Titulaire(s) :

74 Mandataire(s) : Cabinet Netter.

54 Procédé pour engendrer à bord d'un aéronef une image synthétique du terrain survolé.

57 L'invention permet d'engendrer, à bord d'un aéronef, une image synthétique, à partir de données préenregistrées sur la topographie d'un terrain. Celui-ci est analysé selon une famille de plans de scrutation, puis en distance dans chaque plan de scrutation. Il a été observé que les étapes 400 à 416 permettent une définition de la distance de première scrutation qui réalise un défilement tout à fait réaliste de l'image par rapport à l'observateur, et ce, que l'avion se trouve en ligne droite ou en virage. En complément, la brillance de l'image est ajustée en fonction de la distance et d'autres facteurs.



FR 2 553 543 - A2

D

Procédé pour engendrer à bord d'un aéronef une image synthétique du terrain survolé.

L'invention concerne la visualisation d'images synthétiques.

5

Dans la demande de Brevet français N° 82 05 121 (brevet principal), la Demanderesse a proposé un procédé et un dispositif pour fournir à partir de données mémorisées une image dynamique d'une surface, telle que le sol, vue d'un point d'observation mobile, tel que le poste de pilotage d'un aéronef.

10

La présente addition vient apporter des perfectionnements aux enseignements du brevet principal, dans le but de rendre l'image synthétique plus facilement lisible lors de sa visualisation. Il s'agit notamment de présenter au pilote d'un avion d'arme une image du sol tel qu'il peut être vu de l'avion lorsque la visibilité le permet, et cette image doit être rendue aussi réaliste que possible.

15

29
Comme au brevet principal, le procédé proposé est destiné à engendrer une image synthétique d'un terrain survolé vu d'un point d'observation, à partir de données pré-enregistrées sur la topographie du terrain. Selon ce procédé, on procède à une analyse du terrain suivant une famille de plans de scrutation passant par une ligne verticale commune contenant le point d'observation; dans chaque plan de scrutation, qui

25

est associé à une première coordonnée angulaire de gisement, on échantillonne le profil d'une surface construite à partir de données pré-enregistrées, et épousant au moins approximativement la forme du terrain, cet échantillonnage se faisant à des distances croissant à partir de la verticale du point d'observation, et fournissant une suite rangée de valeurs d'une seconde coordonnée angulaire ou site, associée à la suite des points échantillonnés du profil; on distingue les points de la suite dont les valeurs de site varient d'une manière monotone croissante en fonction de la distance à partir de ladite verticale; on répète les opérations précédentes pour la famille de plans verticaux définis par une suite choisie de valeurs de gisement respectives et on représente un ensemble desdits points distingués comme visibles par une marque correspondant à chaque point, sur un écran dont les coordonnées dans un système de référence sur cet écran correspondent aux valeurs de gisement et de site déterminées pour ce point, afin de produire ladite image synthétique.

20 Selon une première caractéristique de la présente addition, on fait varier la position des points échantillons analysés en fonction du déplacement de l'aéronef par rapport au terrain.

25 De préférence, cela est obtenu en faisant varier la position du premier point-échantillon analysé, dans chacun des plans de scrutation, à partir de ladite verticale commune; les autres points-échantillons se déduisent du premier selon une succession prédéterminée.

30 Selon une autre caractéristique de la présente addition, les points-échantillons analysés sont pris selon un incrément de distance constant par rapport à la verticale commune, et l'on fait varier la brillance des marques en fonction de la distance des points qu'elle représente par rapport à la

35 verticale commune.

Cette variation de brillance comporte avantageusement en premier lieu une atténuation de la brillance en fonction de la distance.

- 5 En second lieu, il s'est également avéré avantageux que ladite variation de brillance comporte aussi une correction statique pour éviter la surbrillance due à la saturation de la visualisation par tassement des points-échantillons aux distances les plus éloignées.
- 10 En troisième lieu, il s'est encore avéré avantageux que ladite variation de brillance comporte une correction dynamique afin d'éviter le scintillement des points-échantillons à raison du mouvement de l'aéronef relativement au terrain, aux distances les plus éloignées.
- 15 Enfin, en quatrième lieu, l'invention permet de souligner les lignes de crête du relief.

D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention apparaîtront à l'examen de la description détaillée ci-après, ainsi que des dessins annexés, sur lesquels :

- 20 - la figure 1 représente, en plan, un avion volant au-dessus d'un terrain en relief;
- la figure 2 est un schéma synoptique par bloc de la constitution d'une installation selon l'invention;
- 25 - la figure 3 illustre le mode d'approximation de la forme du terrain survolé à partir des données mémorisées concernant la topographie de ce terrain;
- 30 - la figure 4 est une vue dans l'espace représentant un champ de visée du terrain à partir de l'avion de la figure 1;
- la figure 5 est une représentation dans l'espace de la section du terrain par un plan vertical passant par le
- 35 point d'observation A;

- la figure 6 illustre schématiquement la constitution d'une mémoire de visualisation;
- la figure 7 représente schématiquement le dispositif de visualisation de la figure 2, dans un mode de réalisation;
- la figure 8 illustre le type d'image susceptible d'être obtenu par la mise en oeuvre de l'invention;
- 10 - la figure 9, formée des figures 9A et 9B, est un organigramme de la réactualisation d'images;
- la figure 10 illustre le trièdre de visée de l'avion, toutes les figures énoncées ci-dessus étant extraites du brevet principal;
- 15 - la figure 11 illustre une variante selon la présente invention de l'organigramme de la figure 9B; et
- 20 - la figure 12 illustre un autre organigramme permettant le défilement de l'image en fonction du mouvement relatif de l'avion par rapport au sol.

La description détaillée ci-après concerne un appareil perfectionné par rapport à celui de la Demande de Brevet antérieure n° 82 05121 (Brevet principal). Il est nécessaire de reprendre ci-après une partie importante de la description de la Demande antérieure. Pour le reste, le contenu descriptif de la Demande antérieure est à considérer comme incorporé à la présente description, pour permettre d'en comprendre le détail et contribuer si nécessaire à la définition de la présente invention.

Un avion 10 équipé d'une installation selon l'invention se déplace au-dessus d'un terrain 12 dont le relief a été représenté (figure 1) par des courbes de niveau 14 selon une technique de représentation planimétrique bien connue en carto-

graphie. L'avion est équipé de systèmes de navigation inertielle qui permettent à tout moment de déterminer sa position et son attitude dans l'espace.

5 L'ensemble de l'installation selon l'invention embarquée à bord de l'avion 10 est représenté schématiquement à la figure 2. D'une manière très générale, cette installation comprend une mémoire de masse 20 dans laquelle est emmagasiné un fichier de données topographiques brutes du territoire
10 devant être survolé par l'avion, un tube cathodique 25 sur l'écran 26 duquel sera visualisée l'image synthétique présentée, et des circuits de traitement permettant l'élaboration de cette image synthétique à partir des données mémorisées dans le fichier 20. Ces derniers circuits comprennent
15 essentiellement deux sous-ensembles. Un premier sous-ensemble 30 est destiné à extraire de la mémoire de masse 20 des informations sélectionnées, concernant une zone dans laquelle évolue l'avion, parmi l'ensemble des données topographiques mémorisées, comme décrit au Brevet principal. Un deuxième
20 sous-ensemble de circuits 50 détermine les paramètres de l'image à présenter et les réactualise à une fréquence relativement élevée, suffisante pour le confort visuel, par exemple 50 ou 75 fois par seconde, en fonction des mesures de paramètres inertiels (position et attitude) de l'avion.

25 L'installation de la figure 2 est complétée par une unité de gestion générale 100 qui assure, à partir de la réception des paramètres propres de l'avion (coordonnées géographiques, angles d'attitude, vitesse, accélération), sur son canal
30 d'entrée 102, les fonctions suivantes :

- recherche et renouvellement de la zone survolée à partir des données de la mémoire de masse ;

35 - réactualisation des paramètres de l'image présentée en fonction de l'évolution de l'avion ;

- synchronisation de la visualisation de l'image avec le calcul de ses paramètres.

5 La mémoire de masse 20 comprend une unité de mémoire proprement dite 22 de très grosse capacité, et un dispositif de gestion de fichier 24, interconnecté en 28 avec la mémoire de masse.

10 La mémoire 22 peut être, par exemple, constituée par un enregistreur magnétique. Les données concernant le relief du territoire à survoler au cours de la mission de l'avion sont constituées par les coordonnées sous forme numérique des noeuds d'un quadrillage horizontal et la mesure de l'altitude de chaque point du terrain à la verticale d'un
15 noeud de ce quadrillage. En se référant à la figure 1, la projection horizontale du terrain 12 est découpée par un réseau de lignes orthogonales 13 et 15, dont chaque noeud d'intersection peut être repéré par ses coordonnées horizontales ou géographiques qui constituent l'adresse
20 d'une position correspondant à ce noeud dans la mémoire. L'altitude du terrain au noeud 17 est mémorisée à cette adresse.

25 A la mémoire de masse 22 proprement dite constituant un fichier de blocs de terrain, répertoriés en fonction de leur situation géographique, est associé un circuit de gestion de fichier 24. Celui-ci est relié à la mémoire de masse par une liaison 28 et assure l'adressage de cette
30 mémoire en fonction des indications qui lui sont transmises par l'unité de gestion générale 100 sur son entrée 29. La mémoire de masse 22, délivre sur sa sortie 27, connectée à l'entrée du sous-ensemble 30, les données correspondant aux blocs de terrains ainsi désignés par l'organe de gestion générale 100.

Pour une position et une attitude données de l'avion, au début d'une période de renouvellement, l'unité de gestion 100 commande l'extraction de la mémoire de masse 20 et l'assemblage par les circuits 30 de plusieurs blocs de terrain tels que représentés par les carrés 102 de la figure 1. Le nombre et la localisation de ces blocs de terrain 102 sont fonction du domaine d'évolution prévisible de l'avion pendant cette période tel qu'il résulte des paramètres inertiels de celui-ci, comme décrit au Brevet principal.

Sur la figure 1, on a représenté par les lignes 111 et 112 les limites latérales du champ de vision de l'avion au début d'une période de renouvellement de part et d'autre de la projection de l'axe de visée \vec{VIS} . On a représenté en 107 et 108 les trajectoires des virages les plus serrés qu'il puisse effectuer, compte tenu de sa vitesse, de part et d'autre de la direction de visée \vec{VIS} .

On a représenté, en 105 et 106, les limites latérales de son champ de vision en fin de période de renouvellement lorsqu'il parcourt la trajectoire de virage 107, et en 109 et 110 ces mêmes limites lorsqu'il a parcouru la trajectoire de virage opposée 108. Ces champs sont limités en profondeur par des arcs de cercle (113) représentant la portée de vision.

Ainsi, en fonction des paramètres inertiels de l'avion, l'unité de gestion générale 100 permet la réunion de blocs de terrain 102 englobant la surface visible depuis une quelconque des positions possibles de l'avion pendant la durée d'une période de renouvellement.

Ces données de la mémoire 22 sont transmises au moyen d'une interface non représentée à l'entrée 31 d'une unité de calcul de paramètres de facettes 32 commandée par l'unité 100 par une de ses entrées 33. Cette unité qui fait partie du

sous-ensemble 30 effectue la transposition des données dans un système de coordonnées commun déterminé par les paramètres inertiels de l'avion au début de la période de renouvellement.

5

A partir de ces données, l'unité 32 alimente alternativement deux mémoires de travail 34 et 35 pendant des périodes de renouvellement successives. Ces mémoires sont reliées respectivement aux sorties 36 et 37 de l'unité de calcul de paramètres 32. Leurs sorties 38 et 39 sont respectivement connectées aux entrées 51 et 52 d'une unité de lecture 54 dans le sous-ensemble de traitement 50. L'unité de lecture 54 est placée, par son entrée 55, sous la commande de l'unité de calcul 32, de façon à lire les données présentes en mémoire de travail 35 lorsque la mémoire de travail 34 est en cours de chargement pendant une période de renouvellement et vice versa pendant la période suivante. Ainsi, les mémoires 34 et 35 jouent le rôle de tampons à fonctionnement alternatif selon un processus connu.

20

Les données de blocs de terrains issues de la mémoire 22 ne sont pas transmises à l'état brut dans les mémoires 34 et 35 par l'unité 32. Elles sont, au contraire, traitées de manière à faire entrer dans chacune de ces mémoires des données caractéristiques non pas seulement du réseau de points répartis à la surface de la zone de terrain considérée, mais également d'une représentation approximative de cette surface elle-même.

30

Si l'on se réfère à la figure 3, on a représenté dans le plan horizontal 120, les noeuds 17-1, 17-2, 17-3 et 17-4 d'une maille carrée du quadrillage réalisé par les ensembles de lignes 13 et 15 sur la projection horizontale du sol. A la verticale de chacun de ces noeuds, on a représenté les points 18-1, 18-2, 18-3, 18-4 du terrain. On considère le quadrilatère gauche constitué par les quatre sommets d'une maille, 18-1 à 18-4 dont les coordonnées ont été ex-

35

traites de la mémoire de masse 20. On peut tracer la diagonale 19 reliant les points 18-1 à 18-3 pour délimiter deux facettes planes, respectivement 19-1 définie par les points 18-1, 18-2, 18-3, et 19-2 définie par les points 18-1, 18-3 et 18-4. Pour chaque maille du réseau correspondant à un groupe de blocs de terrain 102 extraits de la mémoire de masse, on peut déterminer ainsi une facette telle que 19-1, ou facette impaire, et que l'on a hachurée dans la représentation de la figure 3, et une facette telle que 19-2, ou facette paire, et que l'on a laissée en blanc sur cette figure. Toutes les diagonales limitant les facettes se projettent dans le plan 120 parallèlement à une direction unique. Oxyz étant le trièdre orthonormé lié au terrain, les lignes 15 étant parallèles à Ox tandis que les lignes du quadrillage 13 sont parallèles à Oy. Chaque noeud 18-i peut être caractérisé par ses coordonnées respectives x_i , y_i et z_i dans le repère terrestre translaté au point 17-1. A partir des coordonnées des points 18-1, 18-2 et 18-3, on peut déterminer les coefficients α_1 , β_1 , γ_1 du plan de la facette 19-1, comme décrit au Brevet principal, ce plan étant défini par l'équation :

$$(1) \quad z = \alpha_1 x + \beta_1 y + \gamma_1$$

25

Un calcul analogue peut être effectué pour déterminer les coefficients α_2 , β_2 et γ_2 de la facette 19-2.

30 La surface 115 formée par les assemblages de facettes telles que 19-1, 19-2 pour l'ensemble des blocs de terrains fournit une approximation de la surface réelle de ce terrain à partir de laquelle une opération de projection conique depuis le point A à l'avant de l'avion 10 peut être opérée.

35

L'unité de calcul de paramètres de facettes 32
constituée sur la base d'un microprocesseur, effectue
ainsi la détermination des paramètres α , β , γ
définissant chaque facette et les mémoires de
5 travail 34 et 35 sont organisées de façon à mémoriser ces
coefficients. Les six coefficients de chaque couple de
facettes 19-1, 19-2 associé à un noeud 18-1 sont mémorisés
dans une position de mémoire matricielle 34 ou 35 dont
l'adresse correspond aux coordonnées (x_1, y_1) du noeud 18-1.

10 Une fois ces données mises en mémoire 34 pour la zone
d'évolution prévisible de l'avion au cours d'une période
de renouvellement, elles restent disponibles pour le dis-
positif de lecture 54 pendant toute cette période de re-
15 nouvellement. Pendant ce temps, le système de gestion et
d'extraction de fichier assure la mise à jour de la mé-
moire 35 en vue de la période de renouvellement suivante.

L'exploitation du contenu des mémoires de travail 34 et 35
20 s'effectue en tenant compte du champ de vision fictif tel
que délimité par les lignes 111, 112 et 113, par exemple,
sur la figure 1. Dans le plan horizontal 120 (figure 4)
sur lequel est effectuée la projection planimétrique du
terrain survolé, ces lignes correspondent à la projection
25 verticale du champ de vision 122 par exemple le cône de
sommet A s'appuyant sur le cercle 16 défini précédemment. Tous les
points du terrain à visualiser contenus dans le champ
de vision 122 sont également compris dans un dièdre
d'arête Aa où a est la projection verticale de A sur
30 le plan 120, délimité par deux plans verticaux

de traces 111 et 112 tangents à l'ellipse 123 de projection dans le plan 120 du cercle 16. L'orientation de ce dièdre d'angle d'ouverture $2\varphi_{\max}$ est définie par la direction de son plan bissecteur représentée par le vecteur 114, projection horizontale du vecteur de visée \vec{VIS} . Les paramètres peuvent être déterminés à chaque instant en fonction des paramètres de l'avion. Pendant la période de réactualisation d'une image du terrain, par exemple 20 millisecondes pour une fréquence de visualisation ou d'affichage de 50 hertz, seules seront interrogées les données mises en mémoire de travail 34 ou 35 qui correspondent à des points dont les projections dans le plan 120 sont comprises dans le secteur délimité par les droites 111 et 112 tangentes à l'ellipse 123 et à l'intérieur des limites de visualisation en distance.

Au début de chaque cycle de réactualisation, la détermination de la position des droites 111 et 112 est effectuée par le dispositif de calcul des points initiaux 55 placé par son entrée 56 sous la commande de l'unité de gestion 100. Ce dispositif commande l'entrée 57 d'un opérateur 58 qui effectue un calcul rapide des points caractéristiques de l'image en coordonnées écran. Cet opérateur rapide 58 est relié par une liaison bidirectionnelle 60 au dispositif de lecture 54 pour interroger successivement le contenu des mémoires de travail 34 ou 35 aux adresses correspondant aux zones comprises dans l'intervalle angulaire 111, 112 selon un processus qui sera décrit ci-après. La représentation numérisée de chaque image calculée à partir de ces données est transmise de la sortie 62 de l'opérateur 58 à l'entrée 63 d'une mémoire de visualisation 64. La mémoire 64 est une mémoire vive numérique assimilable à une matrice organisée en angles de site et en angles de gisement tels que définis ci-après. A sa sortie 69 est branché un circuit de lecture 66 propre à commander par une sortie 70 l'excitation du faisceau électronique

du tube cathodique 25 en fonction du contenu de la mémoire 64. Ce circuit 66 est contrôlé sur son entrée 68 par l'unité de gestion 100 pour la synchronisation du balayage de la trame de l'image avec le rythme de fonctionnement de l'opérateur rapide de calcul 58 et de lecture de la mémoire 64.

5 Un circuit 75 commandé en 76 par l'unité de gestion 100 produit sur ses sorties 71 et 72 les tensions de déflexion des plaques YY et XX du tube 25, respectivement.

10 L'ensemble des circuits du sous-ensemble 50 est réalisé en technique câblée de façon à permettre une grande rapidité de fonctionnement. En effet, si la fréquence de balayage du tube cathodique est de 50 hertz (durée d'une trame), le renouvellement du contenu de la mémoire de visualisation 64 est également de 50 hertz. Le circuit de lecture 15 66 est commandé à partir de l'unité 100 pour effectuer la lecture de cette mémoire une fois par cycle de visualisation. Cette mémoire est réécrite en synchronisme avec sa lecture.

20 Chaque image du terrain tel que vu à partir d'un point d'observation constitué par l'avant A de l'avion est déterminée en partant d'une représentation stéréométrique à l'aide de lignes de points situés à des distances 25 croissantes de la verticale du point d'observation. On calcule les coordonnées en site et en gisement de chacun de ces points vu du point d'observation (projection conique). On élimine ceux de ces points qui sont dans des zones du terrain masquées à la vue du point d'observation.

30 On visualise chacun de ces points sur un écran muni d'un repère de coordonnées de site et de gisement. L'image obtenue est réactualisée périodiquement en fonction de la nouvelle position du point d'observation ou, de façon plus précise, du trièdre de visée fictive (\vec{VIS} , \vec{WIS} , $\vec{Y}A$)

35 En pratique, on considère un faisceau de plan verticaux,

ou plans de scrutation, passant par l'axe Aa et balayant l'espace à l'intérieur du dièdre défini par les plans limites 125, 126. Ces plans peuvent être définis par un indice j en fonction de leur position dans le dièdre.

- 5 Un tel plan 128_j passant par un point M_{ij} du terrain dans le champ de visée coupe le plan horizontal 120 selon une droite 129 faisant un angle ϕ_j avec la droite 114.

- 10 Pour une position donnée du trièdre de visée (figure 4) l'opérateur rapide 58 est à même de repérer chaque point M_{ij} du terrain, à partir du contenu de la mémoire de travail, par ses coordonnées de site θ_i et de gisement ϕ_j dans ce trièdre de visée.

- 15 Pour définir celles-ci, on se reporte à la figure 10.

Le site θ_i de M_{ij} est défini comme l'angle entre la droite AM_{ij} (droite 130 de la figure 4) et sa projection 131 sur le plan (\vec{A} , \vec{VIS} , \vec{YA}) suivant l'axe \vec{WIS} .

20

Le gisement ϕ est défini comme l'angle de la droite 131 avec l'axe \vec{VIS} dans le plan (\vec{A} , \vec{VIS} , \vec{YA}).

- 25 Compte tenu de limitations adoptées pour l'angle de tangage, le gisement est pratiquement constant pour tous les points de chaque plan vertical de scrutation. Il est une fonction linéaire de l'indice du plan vertical en cours de scrutation sachant que l'ensemble de ces plans couvre uniformément l'étendue gisement du viseur 16. Ainsi,
- 30 ϕ_j est le même pour tout un plan de scrutation et se déduit incrémentalement de plan en plan, θ_i se calcule à partir des coordonnées cartésiennes (u_i, v_i, w_i) de M_{ij} dans le trièdre de visée (figure 10). Il convient au préalable d'obtenir ces coordonnées (u_i, v_i, w_i) de M_{ij}
- 35 dans le trièdre de visée, à partir des coordonnées du même point dans le repère (Oxyz). L'ensemble de ces opérations est décrit dans le Brevet principal.

Compte tenu du fait que le trièdre de visée est fixe pour une image, les coordonnées (u_i, v_i, w_i) peuvent être calculées incrémentalement.

- 5 Ce calcul est effectué selon la procédure suivante :

Connaissant l'angle φ_j pour la droite 129 (figures 4 et 5), l'opérateur 58 en déduit les écarts Δx_1 et Δy_1 , entre les coordonnées du point m_1 et celles du point a pour

10 déterminer les coordonnées x_1 et y_1 du point m_1 . A partir de ces valeurs, il détermine le point du terrain enregistré dont les coordonnées x et y sont immédiatement inférieures à x_1 et y_1 (ce peuvent être, par exemple, les valeurs entières de x_1 et y_1 si le quadrillage

15 horizontal du terrain est réalisé sur la base de l'unité de distance choisie). Connaissant les coordonnées x et y de ce point du terrain, l'unité 58 adresse la position de mémoire 34 ou 35 correspondant à ces coordonnées pour en tirer les valeurs des coefficients d'une facette

20 respective suivant que $x_1 - x \leq y_1 - y$ ou $x_1 - x > y_1 - y$. L'unité détermine alors l'altitude z_1 du point de cette facette de coordonnées horizontales x_1 et y_1 .

A partir de l'altitude z_1 du point M_1 , l'opérateur 58

25 calcule la valeur de site correspondante θ_1 . Ce calcul est effectué à l'aide des relations de changement de coordonnées détaillées au Brevet principal.

On balaie ainsi par incréments successifs de distance

30 Δd la ligne brisée 140 d'intersection de la surface à facettes avec le plan 128. On met en mémoire dans une colonne de la mémoire de visualisation 64 correspondant à la valeur de gisement ϕ_j les n valeurs de site successivement obtenues θ_{1j} , θ_{2j} , etc., θ_{nj} sur la

35 profondeur de champ $n\Delta d$ explorée.

On a représenté schématiquement l'organisation de la mémoire 64 sur la figure 6. Cette mémoire comprend N colonnes correspondant chacune à une valeur de gisement depuis la colonne 1 jusqu'à la colonne N.

5

La mémoire 64 comprend m lignes numérotées de 1 à m. L'intervalle entre deux lignes correspond à la résolution écran. Ainsi, chaque colonne de gisement ϕ_j de la mémoire peut contenir jusqu'à m valeurs de site croissantes repérées par leurs adresses de θ_{1j} à θ_{mj} , en parcourant la colonne du haut vers le bas dans l'exemple représenté à la figure 6, c'est-à-dire dans le sens des incréments de distances croissantes à partir de la verticale du point d'observation A.

15

L'unité de calcul des points initiaux 55 détermine pour chaque réactualisation la valeur φ_{\max} du demi-angle du trièdre vertical à balayer et le pas $\Delta\varphi$ séparant deux plans de scrutation voisins 128_j et 128_{j+1} . Elle détermine également la direction du vecteur unitaire 114 par ses coordonnées dans le plan 120, soit u_x et u_y . Elle déduit la position d'un point de coordonnées x_0, y_0 à une distance Δ_d sur une droite faisant avec le vecteur 114 un angle $\varphi = (\varphi_{\max} - \Delta\varphi)$ avec $\varphi_{\max} < 0$.

25

A partir de cette détermination, deux boucles de calcul sont lancées par l'opérateur rapide 58 qui n'effectue que des calculs sur la base d'incrémentations de $\Delta\varphi$ et de Δd .

30

Ainsi les plans de scrutation sont définis à partir de φ par N incrémentations successives de $\Delta\varphi$ de façon à couvrir l'ensemble du secteur entre $-\varphi_{\max}$ à φ_{\max} .

35

Dans chacun de ces plans sont déterminées les altitudes

z_1 à z_n des points à des distances correspondant à n incrémentations successives de la distance Δd .

Pour chacun de ces points sont calculées des valeurs de site θ_{1j} à θ_{nj} pour une valeur de gisement ϕ_j identique pour tous et correspondant à l'angle ϕ_j dans le plan horizontal 120. Pour chaque valeur de ϕ_j , l'opérateur 58 adresse les valeurs de site θ_{1j} à θ_{nj} dans des positions respectives d'une colonne ϕ_j de la mémoire de visualisation 64.

Les lignes de la mémoire 64 (figure 6) sont repérées en valeurs de site dans le sens des sites croissants de θ_1 pour la première ligne à θ_m pour la dernière ligne de cette mémoire (sens du haut vers le bas de cette figure). Le nombre m de ces lignes est sélectionné en fonction de la résolution verticale de l'écran. Pour chaque valeur de gisement ϕ_j correspondant à un plan de scrutation 128_j, les valeurs de site relevées sont stockées dans les positions correspondantes de la mémoire dans le sens des sites croissants de θ_1 à θ_m . Cette mémorisation s'effectue de façon très simple par inscription d'un bit 1 dans toute position de mémoire dont l'adresse correspond à une valeur de site déterminée pour un des points échantillonnés dans le plan vertical respectif.

Si l'on se réfère à la figure 10, on note que les sites θ sont comptés dans le sens direct, c'est-à-dire que des sites positifs sont trouvés pour des points au-dessus du plan de visée (Λ , $\vec{V}S$, $\vec{Y}A$) tandis que des sites négatifs sont obtenus pour les points en dessous de ce plan. La procédure d'inscription s'effectue dans le sens des valeurs algébriques de site minimales vers les valeurs algébriques de site maximales. Lorsqu'en parcourant les points M_{1j} à M_{nj} dans le plan

128_j par ordre de distance croissante par rapport à l'axe Aa, une position de mémoire θ_i , ϕ_j a été inscrite, comme représenté schématiquement par un 1 dans la case correspondante sur la figure 6, on interdit ensuite l'inscription de toute position de mémoire de rang inférieur à θ_i . Autrement dit, seules sont autorisées au cours de l'inscription d'une colonne, des inscriptions par sites croissants.

On résout ainsi très simplement par ce procédé le problème de l'élimination des points correspondant à des vues cachées à un observateur placé au point d'observation A.

Si l'on se réfère à la figure 5, on a représenté par des droites 180_k, 180₁, 180_j, qui correspondent à la droite 131 de la figure 10, les intersections de plans verticaux 128_k, 128₁ et 128_j avec le plan de visée défini par les axes \vec{YA} et \vec{VIS} . Chacune de ces droites définit avec l'axe de visée \vec{VIS} un angle de gisement ϕ_j caractéristique de la position du plan vertical respectif.

Ainsi, si l'on relève les sites des points M_{1j} , M_{2j} , M_{ij} ... M_{nj} échantillonnés par ordre d'éloignements croissants le long de la ligne brisée 140 d'intersection de plan de scrutation 128_j avec la surface représentant approximativement la forme du terrain on obtient une série de sites θ_{1j} , θ_{2j} , θ_{ij} ... qui forment une suite normalement croissante (dans le cas présent, en fonction de la convention de signe qui a été exposée ci-avant, les angles θ_{1j} ... θ_{ij} sont négatifs). Dans le cas de figure représenté à la figure 5 où la courbe du terrain 140 présente une déclivité 182 dont les points échantillons $M_{p+1,j}$ et $M_{p+2,j}$ ne sont pas visibles du point d'observation A, on constate que la suite croissante de valeurs de site s'interrompt pour la valeur $\theta_{p,j}$ correspondant au point $M_{p,j}$ où la droite $AM_{p,j}$ est tangente au profil 140 et ne reprend qu'à partir du point $M_{p+4,j}$ (site $\theta_{p+4,j}$) lorsqu'on parcourt la courbe 140 dans le sens des distances croissantes par rapport à la verticale Aa. Ainsi, la règle d'inscription dégagée ci-dessus pour la mémorisation des valeurs de site

dans chaque plan 128_j permet d'empêcher l'inscription de valeurs de site correspondant à des points du terrain $M_{p+1,j}$, $M_{p+2,j}$, $M_{p+3,j}$ cachés à l'observateur au point A. On évite ainsi de visualiser ces derniers.

5

La visualisation à partir des données mémorisées dans la mémoire 64 s'effectue par un balayage vertical de la surface d'écran 26 du tube cathodique 25. Le balayage est effectué en synchronisme avec le calcul de l'image mémorisée dans la mémoire 64.

10

On a représenté schématiquement sur la figure 7 le tube à rayons cathodiques 25 avec son écran 26. Le générateur de faisceau d'électrons (Wehnelt) 160 est relié à la sortie 70 du lecteur de mémoire et générateur de signaux vidéo 66. Les plaques de déflexion 162, 164 sont reliées à la sortie 71 du circuit 75. Elles sont soumises à une tension en dents de scie, commandant le balayage du spot sur l'écran 26 parallèlement à la flèche YY. La sortie 72 du circuit 75 commande les plaques de déflexion 166 et 168 du spot à la surface 26 dans le sens représenté par la flèche XX. La visualisation s'effectue en deux demi-trames pour visualiser successivement le contenu des lignes verticales d'ordre impair puis d'ordre pair.

25

Le mouvement de balayage d'une trame est commandé par l'unité de gestion générale 100 en synchronisme avec la lecture de la mémoire de visualisation 64 (figure 6). Le rythme ou la fréquence de modification de l'image (par exemple 50 par seconde) correspond à la vitesse de réactualisation de chacune des images calculée et mise en mémoire.

30

La lecture de la mémoire 64 s'effectue colonne par colonne dans l'ordre des gisements successifs ϕ_1 , ϕ_n d'une extrémité du champ de vision à l'autre. Suivant que l'indication extraite de la position de mémoire adressée à un instant donné $\theta_{i,j}$ est 1 ou 0, le spot de l'oscilloscope est excité ou non.

35

- Dans un exemple de réalisation illustré par la figure 8, l'image est obtenue à l'aide de 101 échantillons de gisement correspondant à 101 colonnes de mémoire 64 juxtaposées pour une représentation couvrant un champ de 20° soit une
- 5 résolution en gisement de $0,2^\circ$. Dans cet exemple, la pente de l'axe de visée par rapport à l'horizontale est de $-10,7^\circ$ et l'angle de roulis R' de l'avion de 5° . L'incrément de distance Δd est de 64 mètres.
- 10 Dans cet exemple, le calcul est limité à des angles de roulis compris entre -90° et $+90^\circ$. En outre, on préfère limiter la représentation à des angles de tangage compris entre environ -45° et $+45^\circ$.
- 15 La résolution en site de la représentation est uniquement limitée par la résolution de l'écran de visualisation lui-même.
- En gisement, la visualisation par des tirets allongés dans
- 20 le sens horizontal, quel que soit le sens du roulis, fournit une vue extrêmement parlante à l'oeil pour un nombre d'échantillons relativement restreint de plans de scrutation en gisement.
- 25 On donne, à titre d'exemple, un organigramme illustrant de façon détaillée la détermination de l'image électronique dont on effectue la présentation sur l'organe de visualisation.
- 30 Dans cet exemple :
- \vec{k} est le vecteur unitaire de l'axe Oz du repère terrestre (suivant la verticale);
- 35 le cône de visée est défini par :
- R le rayon du viseur R ;
- α le demi-angle à son sommet (voir figure 4).

La résolution en gisement de l'écran 26 conduit à scruter N plans verticaux. Le nombre de positions ou d'adresses de mémoire pour chaque valeur de gisement est égal à m , comme on l'a indiqué précédemment.

5

Si l'on se réfère à la figure 9 qui est composée des figures 9A et 9B, l'organigramme se décompose essentiellement en deux phases, d'une part une phase d'initialisation illustrée par la figure 9A, et d'autre part une phase de boucles de calcul, plus particulièrement illustrée par la figure 9B.

10

La phase d'initialisation (phase I) démarre (bloc 200) par une étape d'acquisition de la position et de l'attitude de l'avion en repère terrestre Oxyz. Les coordonnées du point d'observation A et la position du trièdre avion sont déterminées dans ce repère.

15

En fonction de la position de l'avion, on détermine le trièdre viseur (\vec{VIS} , \vec{WIS} , \vec{YA}) (bloc 202) en fonction de l'angle de dépointage δ du viseur par rapport à l'axe GX de l'avion.

20

On vérifie alors (bloc 204) si le trièdre viseur se trouve à l'intérieur de limites prédéterminées de roulis et de tangage et si l'on peut définir deux limites l11 et l12 d'un secteur angulaire de balayage.

25

Si les limites de validité (bloc 204) ne sont pas respectées, le programme retourne (ligne 215) à l'entrée 216 de la phase d'initialisation du bloc 200.

30

Dans le cas contraire, au cours de l'étape suivante, divers coefficients sont déterminés, comme indiqué dans le bloc 206. Dans celui-ci, VIS_x et VIS_y sont les composantes du vecteur \vec{VIS} selon les axes Ox et Oy.

35

u_x et u_y sont les composantes normées de ce vecteur (voir vecteur l14) en projection dans le plan horizontal l20).

Dans le plan horizontal (bloc 208) on calcule l'ouverture de l'angle à balayer φ_{\max} et l'incrément $\Delta\varphi$ correspondant à l'écart de plans de scrutation voisins dans le plan horizontal 120.

5

On utilise, dans la suite, par convention, les notations suivantes :

$$C = \cos \Delta\varphi$$

10
$$S = \sin \Delta\varphi$$

Le bloc 210 correspond à une initialisation de gisement dans laquelle on détermine l'incrément de gisement $\Delta\phi$ correspondant à $\Delta\varphi$. Le premier angle de gisement scruté est $-\alpha - \Delta\phi$.

15

On passè alors à une initialisation de scrutation (bloc 212) dans laquelle sont déterminées les coordonnées d'un point m_0 à une distance Δd de l'axe vertical Aa (figure 4) et situé sur une droite faisant un angle $\varphi_{\max} - \Delta\varphi$ avec le vecteur 114

20
$$(u_x, u_y) (\varphi_{\max} < 0).$$

Les coordonnées x_0 et y_0 du point m_0 sont déduites du calcul de Δx_0 et Δy_0 .

25

En outre, un calcul de constantes, telles que définies par D_x et D_y est effectué, ces constantes étant utilisées ultérieurement dans les calculs de boucles.

Les éléments a_{ij} de la matrice A sont alors déterminés

30 (bloc 214).

On passe à la phase II (figure 9b) qui comprend une boucle d'analyse des plans verticaux et une boucle de scrutation dans chaque plan vertical.

35

On décrira maintenant en référence à la figure 11 la variante selon la présente addition, qui permet l'ajustement de la brillance des marques affichées sur l'écran cathodique, en fonction de la distance des points qu'elle représente par rapport à l'observateur, ou plus exactement à la verticale Aa, appelée jusqu'à présent verticale commune.

La figure 11 possède un certain nombre d'étapes qui sont les mêmes que sur la figure 9B. Ces étapes portent la même référence numérique, mais augmentée de cent unités. Par exemple, à l'étape de la figure 9B notée 220 et libellée "boucle sur les plans verticaux", il correspond sur la figure 11 l'étape 320 libellée "boucle angulaire : jG".

Par contre, la figure 11 comprend certaines étapes qui n'apparaissent pas sur la figure 9B, et portent des numéros nouveaux.

L'organigramme de la figure 11 commence donc au point A, qui correspond à la jonction entre les figures 9A et 9B précitées.

Avant d'entrer dans une description détaillée de la figure 11, il convient d'indiquer les grandes lignes des corrections de brillance proposées selon la présente addition.

Ces corrections de brillance sur les tirets composant l'image synthétique du terrain ont deux buts :

- accentuer la profondeur de l'image ;

- atténuer la surbrillance de certaines zones de l'image en raison d'une forte densité de tirets.

La profondeur d'image est obtenue en introduisant une atténuation de brillance croissante avec la distance, en adoptant par exemple une loi d'atténuation inversement proportionnelle au

carré de la distance, à une constante près.

De leurs côtés, les zones de surbrillance peuvent avoir deux origines. Leur première origine est due à un effet statique :
5 en raison de la perspective, les lignes de scrutation se tassent aux distances croissantes, jusqu'à provoquer une saturation compte tenu de la quantification en site. Dans les zones ainsi saturées de l'image, la forte densité de traits entraîne une surbrillance locale.

10

Il existe un autre effet, dit dynamique, et qui tient également à la perspective. Aux distances croissantes, la variation de site d'un même point de scrutation, due à sa progression relative par rapport à l'avion, d'une image à l'autre, va avoir tendance à diminuer. Il existe alors une zone
15 située juste avant la zone de saturation, où l'échantillonnage de la progression des lignes de scrutation par la quantification de site devient mauvais, en raison des propriétés particulières des systèmes échantillonnés (théorème de
20 Shannon). Dans cette région, dite de scintillement, le mouvement des lignes de scrutation apparaît désordonné.

La Demanderesse a observé qu'il est possible d'une manière simple de minimiser les inconvénients liés aux différents
25 phénomènes relevés ci-dessus.

La présente invention part du fait que le niveau de brillance des zones de saturation doit être inférieur au niveau de brillance minimum en fonction de la distance. Sont définies
30 alors plusieurs échelles de niveaux de brillance, au nombre de trois :

- échelle des niveaux en fonction de la distance, définie par un niveau courant n_d ;

35

- l'échelle précédente, après correction de la saturation et du scintillement, associée à un niveau courant n_c ;

- échelle des niveaux de sortie, c'est-à-dire ceux disponibles sur l'organe de visualisation, définie par un niveau courant n_s .

5 La dernière échelle est limitée soit par les brillances réellement fournies par l'organe de visualisation, soit par la limite du codage de brillance de ce même niveau que l'on introduit au niveau de la mémoire de visualisation.

10 En effet, alors qu'au Brevet principal la mémoire de visualisation ne stockait qu'un bit par point visualisable, elle en comprend plusieurs selon la présente addition (3 ou 4, par exemple).

On note respectivement (E_d) , (E_c) et (E_s) , les échelles associées aux niveaux courants n_d , n_c et n_s .

15 On note encore N_d le niveau maximum de (E_d) , avec $n_d \in [1, N_d]$
 N_c le niveau maximum de (E_c) , avec $n_c \in [0, N_c]$
 N_s le niveau maximum de (E_s) , avec $n_s \in [1, N_s]$

20 Selon une première caractéristique de la présente invention, la relation entre les échelles (E_c) et (E_s) est définie par la relation :

$$n_s = 1 + n_c/K,$$

25 dans laquelle le niveau K de l'échelle (E_c) correspond au bas du niveau 2 de l'échelle de sortie (E_s) .

En pratique, afin d'éviter un débordement, on écrira :

30 $n_s = \inf (N_s; 1+n_c/K)$

Il s'en déduit alors la relation entre les échelles (E_d) et (E_c) , qui est de la forme :

35 $n_c = n_d + 2K - 2$

Il convient maintenant de définir la loi de correction de

brillance, pour compléter la relation entre les échelles (Ed) et (Ec).

L'intervalle de correction est défini par une fourchette
 5 $[\Delta iS_{\min}, \Delta iS_{\max}]$. Comme l'indique sa notation, cette fourchette s'analyse en un intervalle fermé à son extrémité gauche et ouvert à son extrémité droite.

10 ΔiS indique l'incrément de l'adresse site, du point précédent au point courant, et sert de variable pour la correction de brillance.

La Demanderesse a en effet constaté qu'aux zones de saturation,
 15 le relief est faiblement incliné sur l'axe de visée.

Une étude poussée de l'angle d'inclinaison (relief/axe de visée) en vue d'en déduire le critère d'atténuation de brillance a conduit à élaborer ce critère à partir de l'incrément
 20 d'angle (et d'adresse) ΔiS .

En pratique, cela conduit à atténuer ou supprimer la visualisation des reliefs vus sous incidence rasante. Compte-tenu de l'échantillonnage en distance, et de la définition de ΔiS
 25 entre le point courant et le point précédent, les lignes de crête apparaîtront de façon plus marquée. Cela contribue fortement au réalisme de l'image synthétique visualisée.

30 Il est tout d'abord imposé que pour $\Delta iS = \Delta iS_{\min}$, le niveau corrigé n_c corresponde au niveau 1 de l'échelle (Es).

Il vient alors :

pour $\Delta iS = \Delta iS_{\min}$, $n_c = k-1$

Par ailleurs, la correction effective de brillance va commencer pour $\Delta iS = \Delta iS_{max}$, valeur pour laquelle on aura donc :

$$nc = nd + 2k - 2$$

5

A partir de là, il est possible de définir des lois de correction de brillance de la forme générale :

$$nc = f(nd, \Delta iS)$$

10

Dans le mode de réalisation préférentiel de l'invention, cette loi de correction est enregistrée sous forme tabulée.

On note alors i l'indice du niveau nd dans l'échelle (Ed),
15 soit

$$nd = (Nd+1) - i$$

Par ailleurs, on note j l'indice de ΔiS dans la fourchette
20 précitée $[\Delta iS_{min}, \Delta iS_{max}]$. ΔiS étant entier, j peut s'écrire:

$$j = 1 + \Delta iS - \Delta iS_{min}$$

25

Les niveaux de sortie sont alors tabulés une fois pour toutes de telle sorte que :

$$ns = \text{table indice } ns(i, j).$$

30

L'utilisation d'une telle table économise des calculs dans la boucle de calcul la plus rapide, à savoir la boucle distance.

On observe en effet que ΔiS_{min} , ΔiS_{max} et k sont fixées, et que la loi de correction précitée qui s'écrit

$$nc = f(nd, iS)$$

5

peut aussi s'écrire

$$nc = g(i, j) = f[(Nd+1-i), (\Delta iS_{min}+j-1)]$$

10 La table des niveaux de sortie est alors définie par la relation suivante :

$$Table_{ns}(i, j) = \inf \left[N_s, \left(1 + \frac{g(i, j)}{K} \right) \right]$$

15 On se référera maintenant à la figure 11 qui définit l'organigramme de la correction globale de brillance ainsi effectuée. L'étape 318 consiste en calcul initial de la table de distances auxquelles se décrémente le niveau nd . Ce calcul s'effectue à partir des relations suivantes :

20

$$25 \begin{cases} \alpha_i = \alpha_1 \cdot \alpha_{Nd} \cdot \sqrt{\alpha_{Nd}^2 (Nd - i) + \alpha_1^2 (i-1)} \\ D_i = \alpha_i \cdot P \end{cases}$$

où P désigne la portée adoptée pour la visualisation, α_i désigne un fractionnement de cette portée, avec $\alpha_i \in [0, 1]$ sauf pour α_{Nd} qui est supérieur à 1. Il est à noter que α_1 et α_{Nd} sont les paramètres définissant la loi d'atténuation.

30

Ensuite intervient une étape 319 qui réside en le calcul de la table des niveaux de brillance en sortie, à savoir la table $table_{ns}(i, j)$ que l'on veut de définir.

35

Ensuite intervient, comme précédemment, l'étape 320 qui démarre la boucle angulaire d'après l'indice jG des plans verticaux.

5 L'étape 329 vient alors initialiser l'indice de brillance en fonction de la distance.

10 On passe ensuite à la boucle de distance dont le point de départ est l'étape 332.

15 L'étape 334 consiste en une incrémentation de la distance de scrutation (comme l'étape 234), avec en plus actualisation de l'indice de niveau i en fonction de la table distance élaborée à l'étape 318.

20 L'étape 335 vient alors mémoriser l'ancienne adresse de site notée iS_v ; puis l'étape 336 calcule la nouvelle adresse de site notée iS.

25 Ensuite intervient comme précédemment une étape de test 338, qui détermine si le point considéré est vu ou non. S'il ne l'est pas, on retourne à l'étape 332. S'il est vu, une étape 339A détermine l'incrément d'adresse de site ΔiS , et initialise l'indice j à une valeur correspondant à l'absence de correction.

30 Intervient alors l'étape 339B, qui compare l'incrément de site ΔiS à sa valeur maximum ΔiS_{max} . Si le maximum est atteint ou dépassé, on saute à l'étape 340 (absence de correction).

35 Dans le cas contraire, l'étape 339C vient fixer la valeur de l'indice j soit à $\Delta iS - \Delta iS_{min} + 1$, si cette valeur est supé-

rieure à 1, soit à 1 dans le cas contraire, ainsi que l'indique l'expression figurant à l'intérieur du cadre 339C de la figure 11.

5 Ensuite, les indices i et j sont bien définis, et l'étape 340 consiste à ranger dans la mémoire de visualisation, à l'adresse iS , jG , une valeur de brillance correspondant à n dans la table définie à l'étape 319.

10

Après cela, intervient en 342 un test sur la fin de la boucle de distance, avec renvoi éventuel à l'étape 332 si cette boucle n'est pas terminée. Ensuite vient le test 344 de fin de boucle angulaire, avec renvoi à l'étape 320 si cette
15 boucle n'est pas terminée. Si les deux boucles sont terminées, on retourne au point B de la figure 9A.

L'homme de l'art comprendra que la correction de brillance obtenue selon l'organigramme illustré permet :

20

- d'ajuster la brillance en fonction de la distance par rapport à l'observateur;

25

- de produire une correction statique pour éviter la saturation du tube cathodique de visualisation par tassement des points-échantillons aux distances les plus éloignées;

30

- de faire une correction dynamique qui évite le scintillement des mêmes points-échantillons à raison de l'effet combiné de l'échantillonnage et du mouvement de l'aéronef, aux distances les plus éloignées.

35

On s'intéressera maintenant à la figure 12 qui illustre une autre caractéristique importante de la présente addition, intervenant cette fois au niveau de la reproduction des images sur l'écran.

L'organigramme de la figure 12 résume ceux des figures 9A et 9B, ou 9A et 11, en y détaillant la détermination de la distance initiale de scrutation.

5 Ainsi les étapes 402 et 403 de la figure 12 résument les étapes 200 à 210 de la figure 9A. Les étapes 412 et 414 correspondent aux étapes 212 et suivantes (figures 9A et 9B ou 9A et 11), l'étape 212 étant modifiée.

10 Sont détaillées les étapes intermédiaires nouvelles 404 à 410.

On considère maintenant un incrément de distance noté D , et pris par rapport à la verticale Aa du point d'observation.
 15 Cet incrément de distance D sera attaché à la définition du premier point de scrutation (x_0 , y_0) de l'étape 212.

L'étape 400 de l'organigramme de la figure 12 constitue en une initialisation de D à une valeur Δd prédéterminée (la
 20 même qu'à l'étape 212).

Intervient ensuite l'étape 402, qui est le point de départ d'une boucle de génération des images, à une fréquence $1/\Delta t$.
 L'étape 403 réunit les étapes 200 à 210, comme déjà indiqué.
 25

L'étape nouvelle 404 consiste alors en l'acquisition de la projection horizontale du vecteur vitesse de l'aéronef, que l'on note \vec{V}_H . Ce vecteur vitesse peut être déterminé à partir des informations fournies par l'unité de gestion générale 100, en
 30 fonction de ce qu'elle reçoit sur son entrée 102.

L'étape 406 actualise alors la valeur de l'incrément de distance D , en soustrayant à sa valeur précédente le produit du module du vecteur vitesse par le temps écoulé, en l'espèce Δt .
 35

L'étape suivante 408 est un test qui compare la nouvelle valeur de D à $\Delta d/2$ (ou autre valeur prédéterminée). Si D est au moins égal à $\Delta d/2$, on passe directement à l'étape 412

de génération de l'image sur l'écran. Dans le cas contraire, l'étape intermédiaire 410 va augmenter autoritairement D de Δd , après quoi on génère l'image comme précédemment à l'étape 412. Enfin, vient un test 414 de fin de visualisation, qui produit soit un retour au début de la boucle de génération des images, en l'étape 402, soit un passage à la fin, en 416.

L'étape 412 commence par une exécution de l'étape 212, modifiée comme suit, pour le calcul des valeurs x_0 et y_0 :

$$x_0 = x_A + \Delta x_0 \cdot \frac{D}{\Delta d}$$

$$y_0 = y_A + \Delta y_0 \cdot \frac{D}{\Delta d}$$

15

L'homme de l'art comprendra que la distance de première scrutation se trouve ainsi modifiée de manière glissante en fonction de la vitesse relative de l'avion par rapport au terrain. Lorsque la ligne de visualisation obtenue se rapproche trop près du bord, comme le définit le test 408, on fait sauter d'un cran la ligne de première scrutation.

20

Bien entendu, les autres lignes de scrutation subissent le même mouvement.

25

L'apparente simplicité de cet organigramme cache en fait un problème délicat. En effet, si les choses sont aisément compréhensibles lorsque l'avion se déplace en ligne droite, il en est autrement lorsque celui-ci est en virage.

30

En effet, les approximations introduites dans le cas du virage entraînent une dérive dans le calcul de la première distance de scrutation, dérive qui se cumule sur toute la trajectoire. Néanmoins, il a été observé que cette dérive n'agit sur que sur le déplacement des lignes de scrutation

35

par rapport à l'avion. La position de l'avion par rapport au terrain reste par contre exacte. En conséquence, la dérive due à l'organigramme de la figure 12 dans le cas d'un virage influe très légèrement sur la vitesse de défilement des
5 lignes de scrutation, mais n'altère en rien l'aspect du relief visualisé.

Revendications

1. Procédé pour engendrer à bord d'un aéronef une image synthétique du terrain survolé vu d'un point d'observation, conformément à l'une des revendications de procédé du brevet principal, à partir de données préenregistrées sur la topographie du terrain, dans lequel on procède à une analyse du terrain suivant une famille de plans de scrutation (128) passant par une verticale commune (Aa) contenant le point d'observation, dans chaque plan de scrutation (128), qui est associé à une première coordonnée angulaire de gisement, on échantillonne le profil d'une surface (115) construite à partir des données préenregistrées, et épousant au moins approximativement la forme du terrain (12), l'échantillonnage se faisant à des distances croissant (Δd) à partir de la verticale (Aa) du point d'observation, et fournissant une suite rangée de valeurs (θ_{ij}) d'une seconde coordonnée angulaire ou site associée à la suite des points échantillonnés du profil,
- 20 on distingue les points de la suite dont les valeurs de site (θ_{ij}) varient de manière monotone croissante en fonction de la distance à partir de ladite verticale (Aa),
- on répète les opérations précédentes (a) et (b) pour la famille de plans verticaux définis par une suite choisie de valeurs de gisement respectives ; et
- 25 on représente un ensemble desdits points (M_{ij}) distingués comme visibles par une marque (181) sur un écran (26) dont les coordonnées dans un système de référence sur cet écran correspondent aux valeurs de gisement (ϕ_j) et de site (θ_{ij}) déterminées pour ce point, pour produire ladite image, caractérisé en ce qu'on fait varier la position des points-échantillons analysés en fonction du déplacement de l'aéronef par rapport au terrain.
- 35 2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'on fait varier la position du premier point-échantillon analysé dans chacun des plans de scrutation, à partir de ladite verticale commune, les autres points-échantillons se déduisant

du premier selon une succession prédéterminée.

3. Procédé selon l'une des revendications 1 et 2, caracté-
risé en ce que les points-échantillons analysés étant pris
5 selon un incrément de distance constant par rapport à la
verticale commune, on fait varier la brillance des marques
en fonction de la distance des points qu'elles représentent
par rapport à la verticale commune.
- 10 4. Procédé selon la revendication 3, caractérisé en ce que
ladite variation de brillance comporte une atténuation de la
brillance en fonction de l'inverse du carré de la distance.
- 15 5. Procédé selon l'une des revendications 3 et 4, caracté-
risé en ce que ladite variation de brillance comporte une
correction statique pour éviter la saturation par tassement
des points-échantillons aux distances les plus éloignées.
- 20 6. Procédé selon l'une des revendications 3, 4 et 5, carac-
térisé en ce que ladite variation de brillance comporte une
correction dynamique pour éviter le scintillement des points-
échantillons à raison du mouvement de l'aéronef relativement
au terrain, aux distances les plus éloignées.

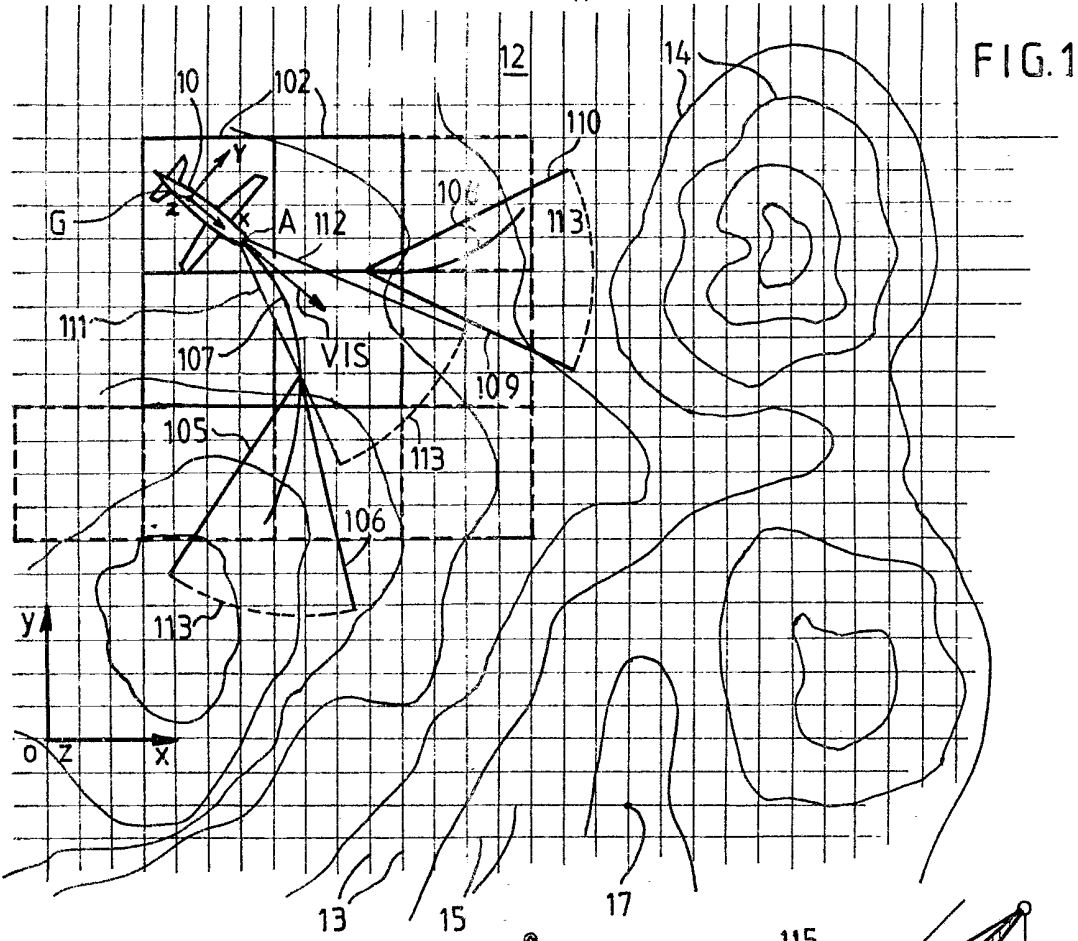


FIG. 1

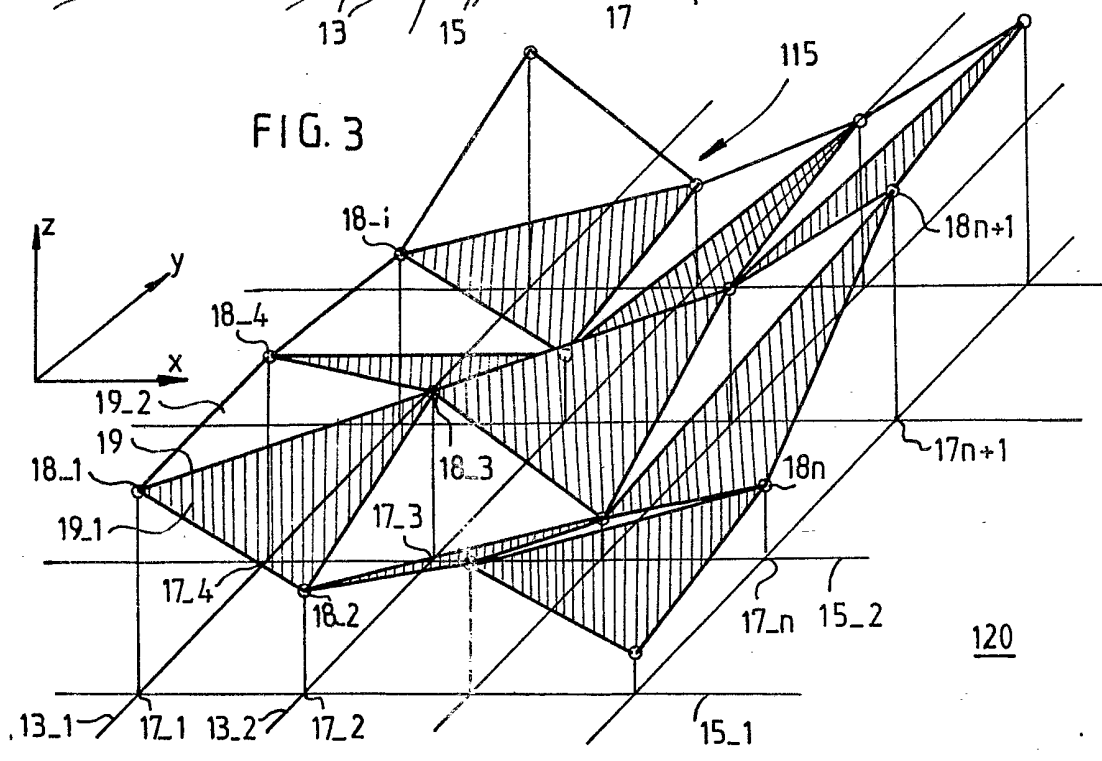


FIG. 3

120

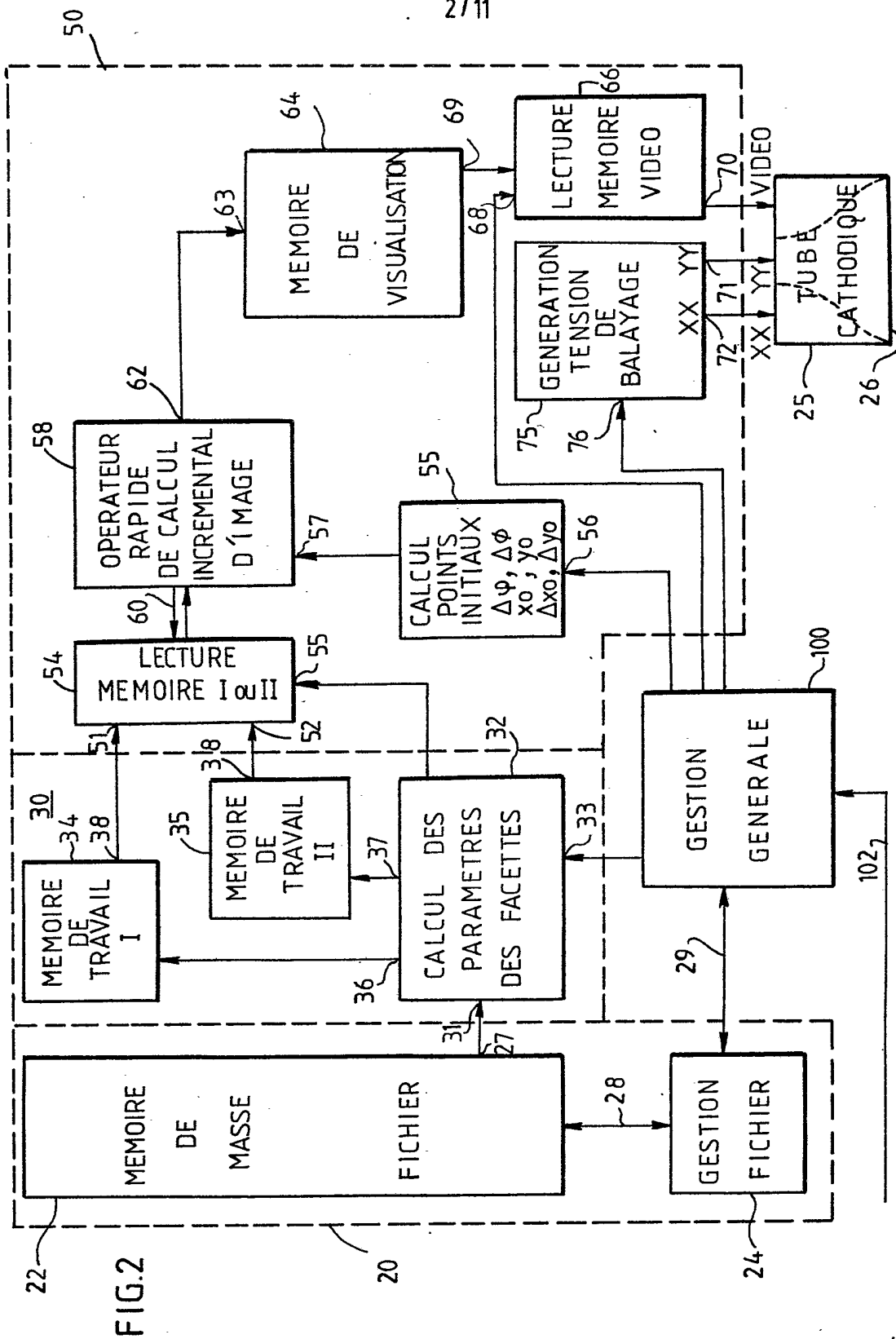
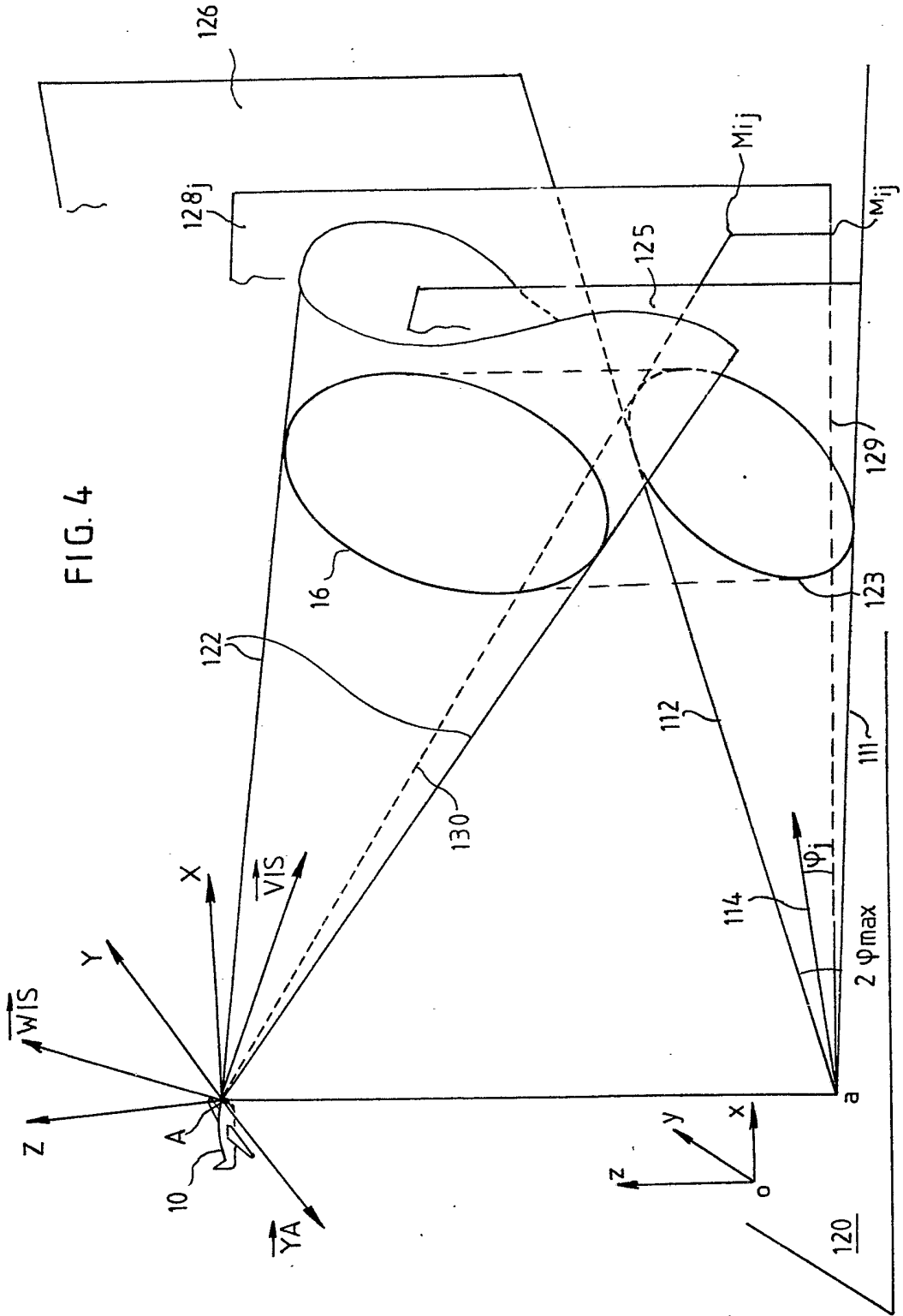


FIG. 2



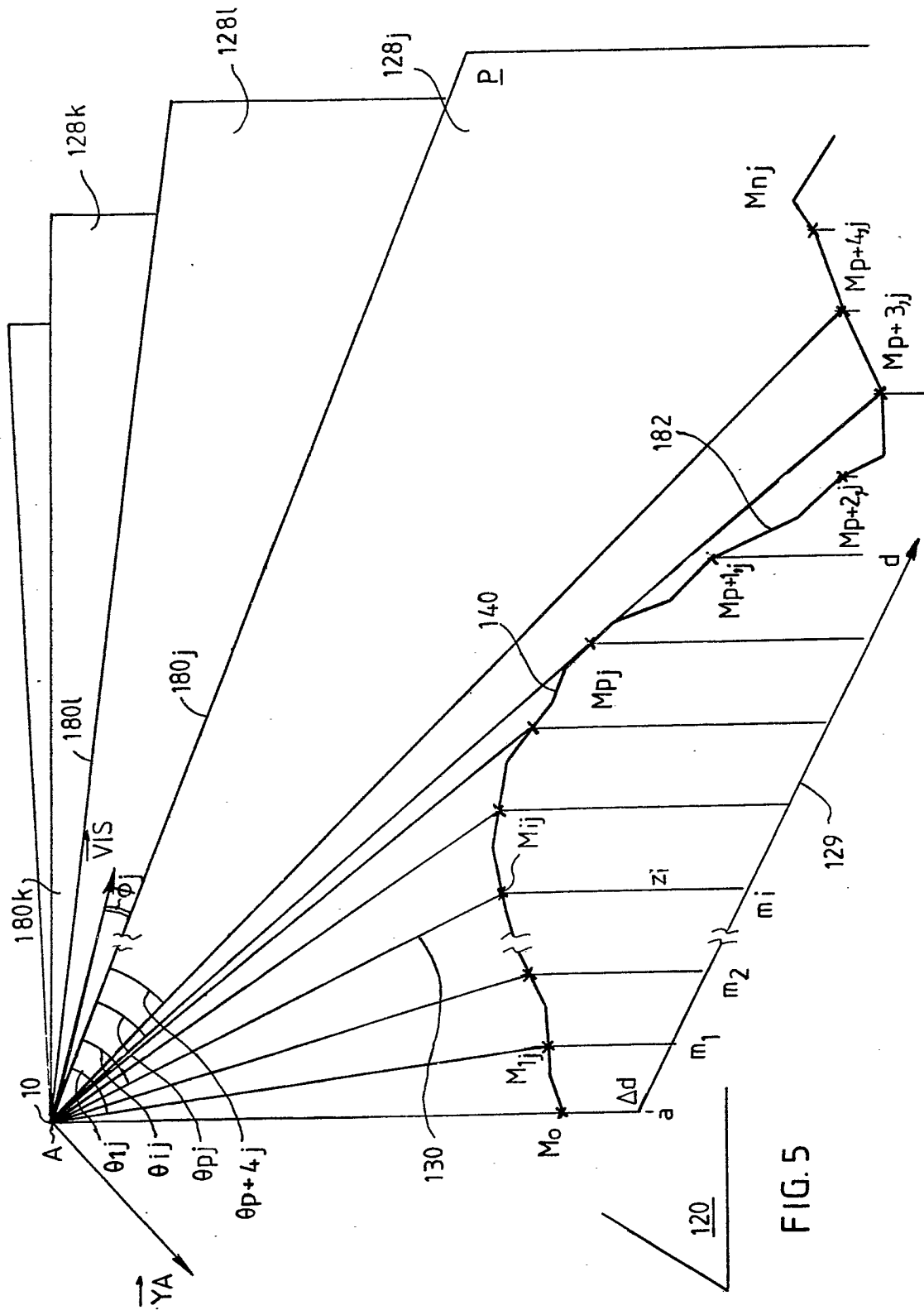


FIG. 5

FIG. 6

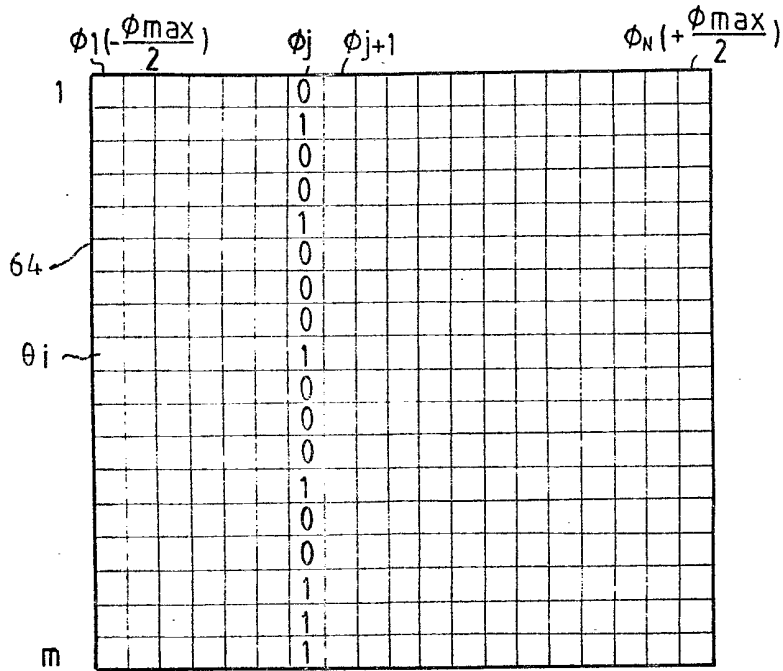
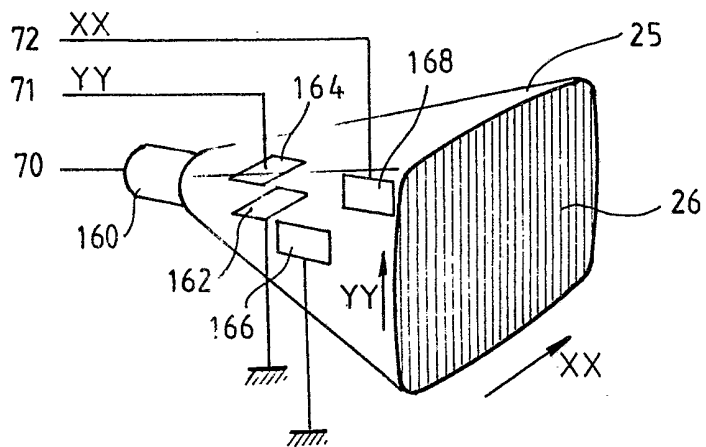


FIG. 7



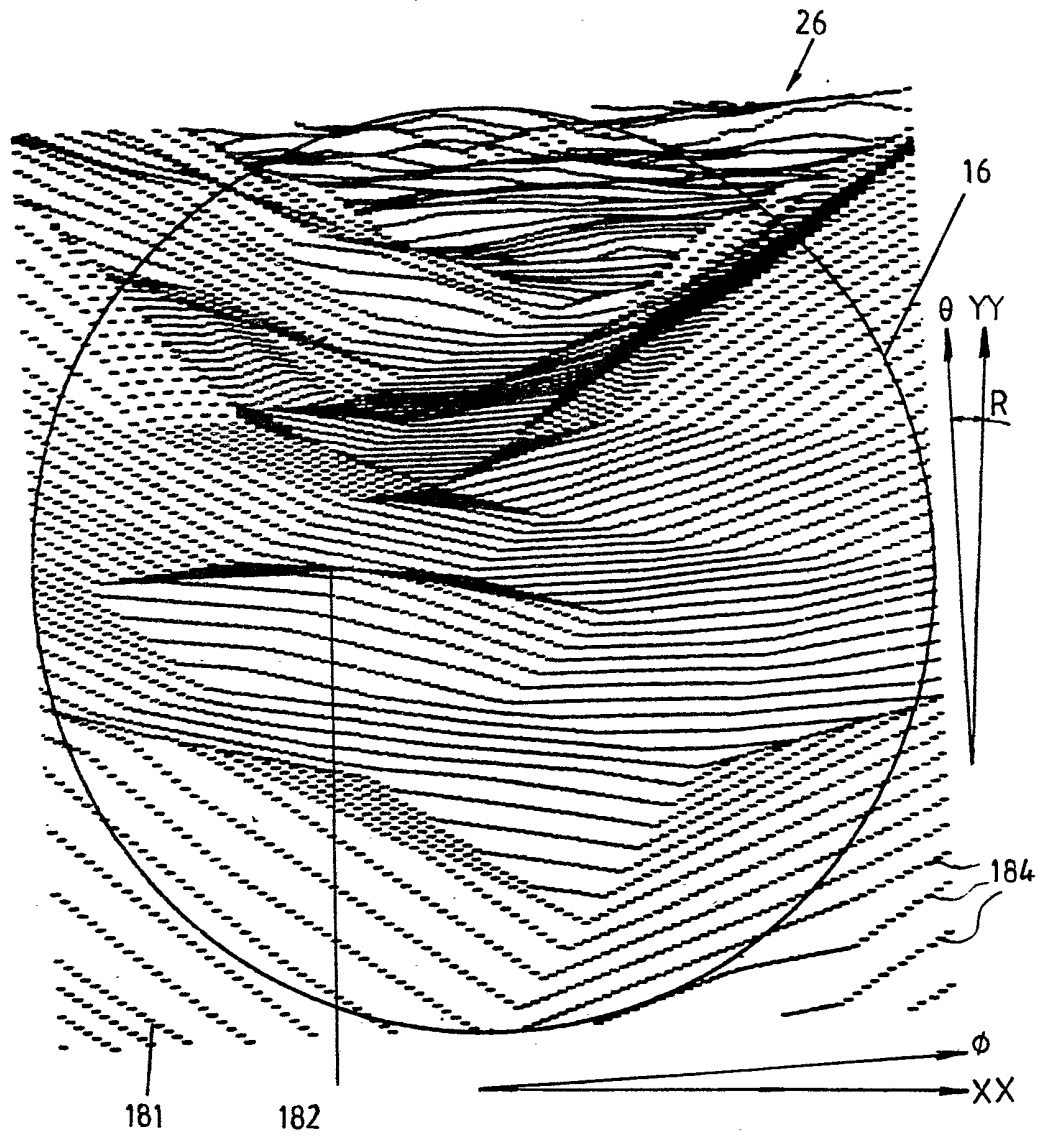
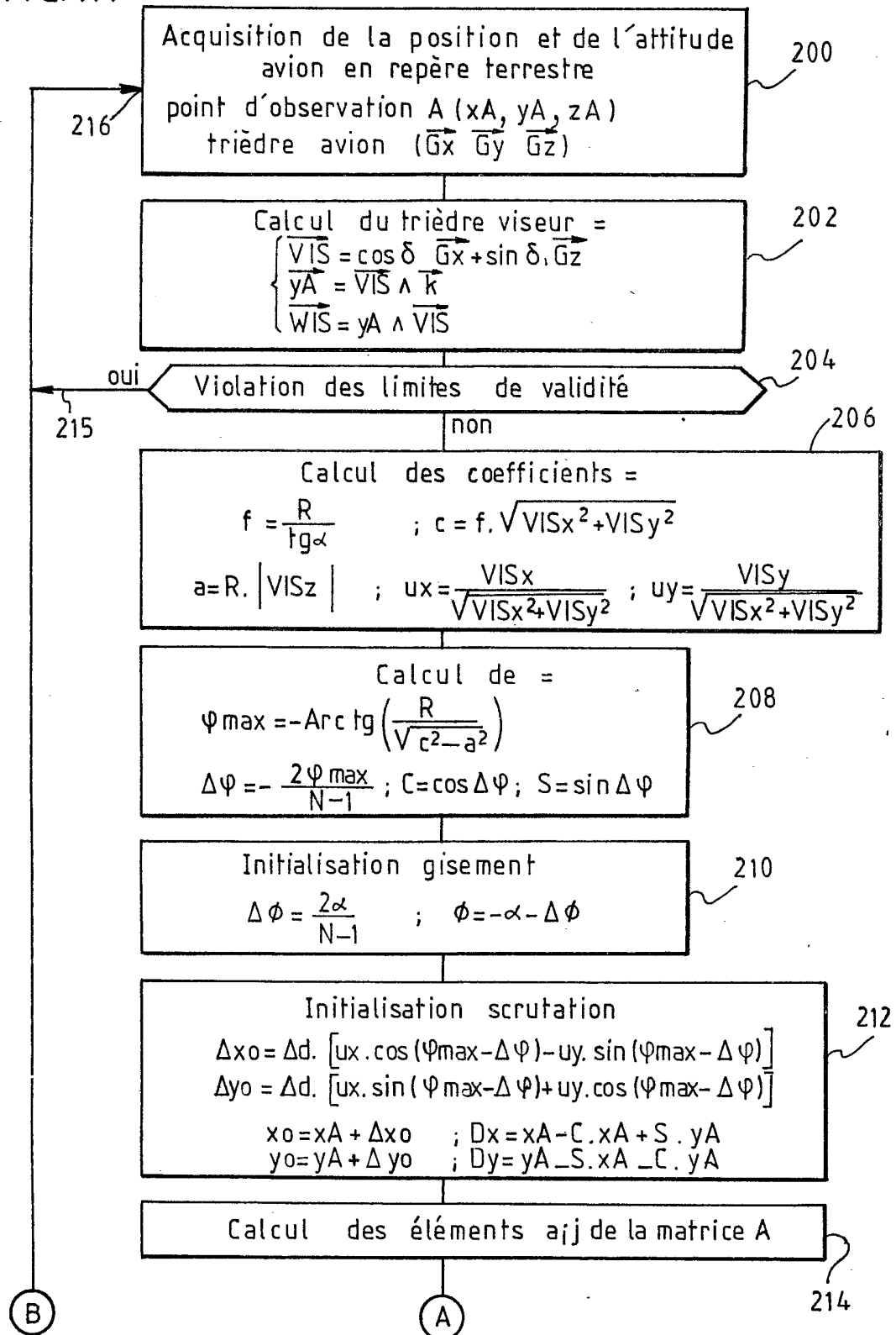
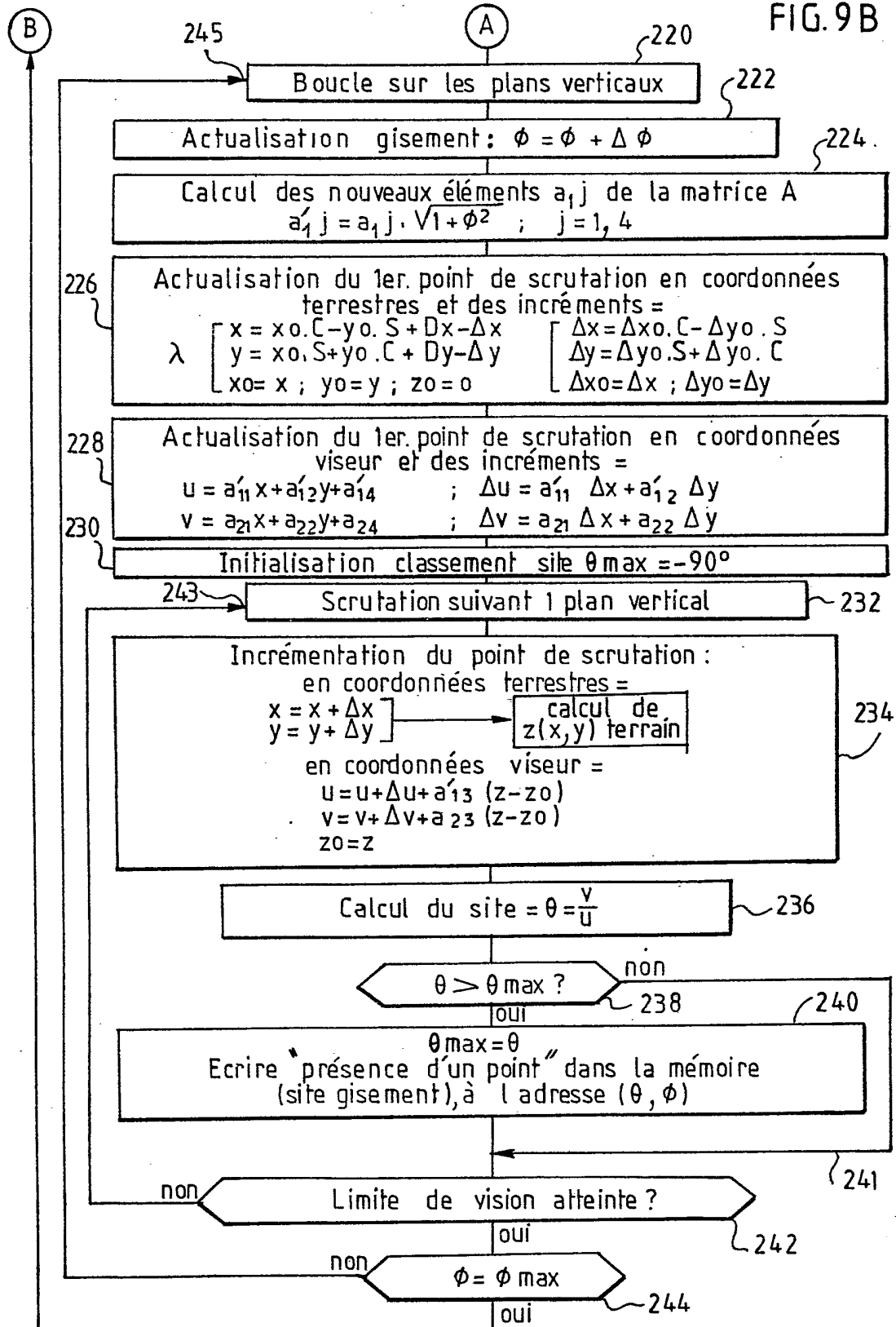


FIG. 8

FIG. 9A

7/11





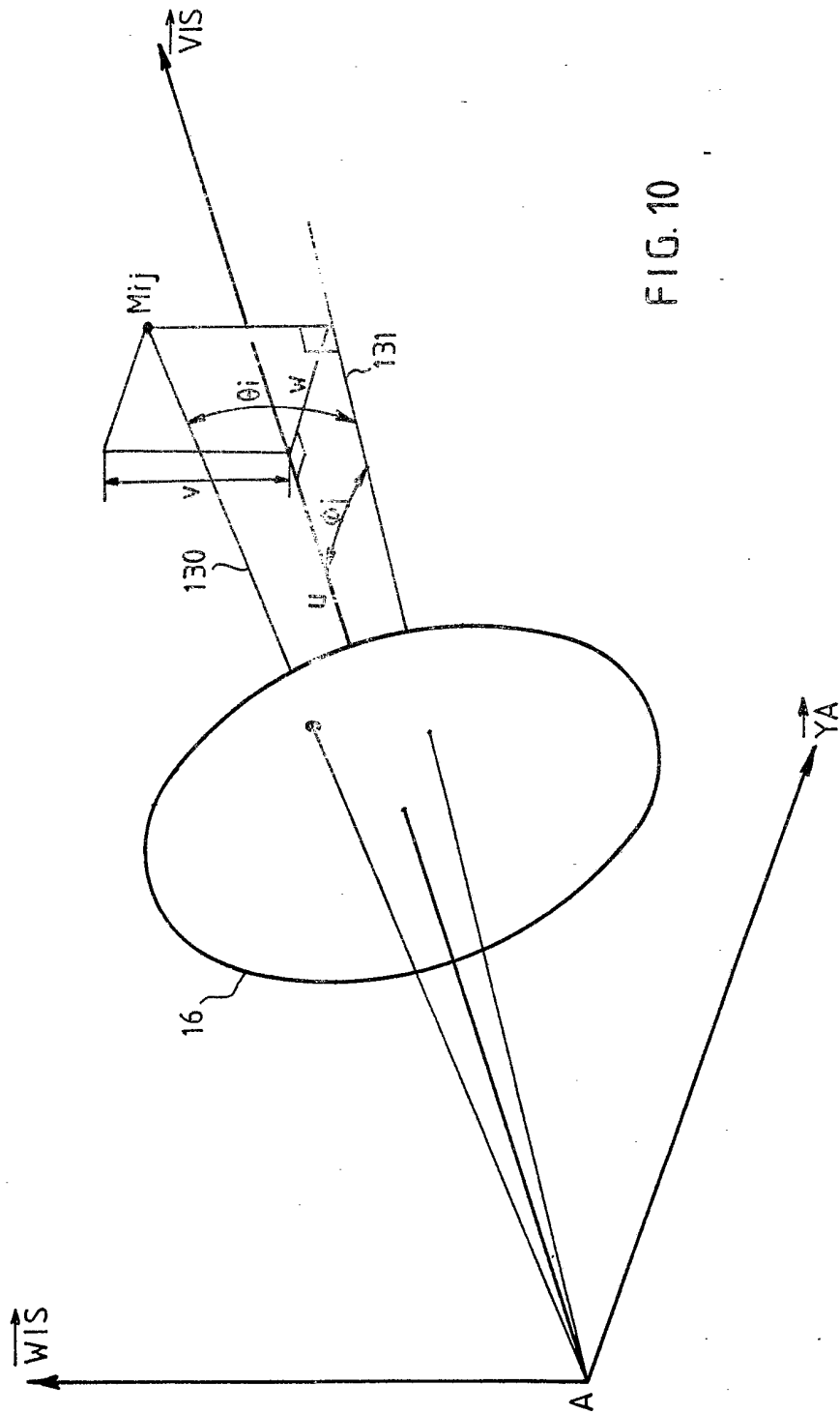


FIG. 10

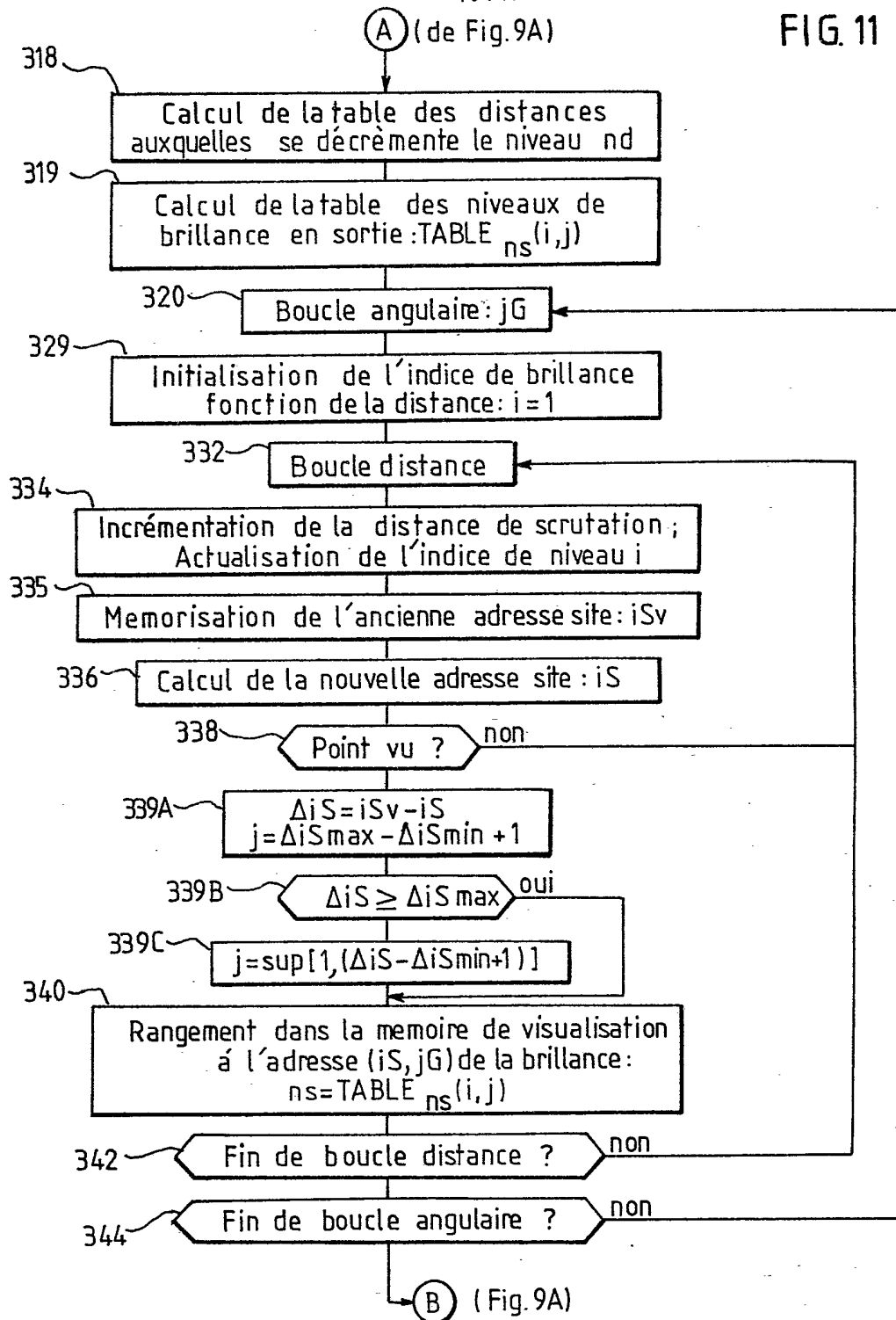


FIG. 12

