

22 Date de dépôt : 20.03.90.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 16.11.07 Bulletin 07/46.

56 Liste des documents cités dans le rapport de
recherche préliminaire : *Ce dernier n'a pas été
établi à la date de publication de la demande.*

60 Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

71 Demandeur(s) : THOMSON CSF Société anonyme —
FR.

72 Inventeur(s) : OLLIVIER FRANCK et AGNEL JEAN
FRANCOIS.

73 Titulaire(s) :

74 Mandataire(s) : ATOUT PI CONSEIL.

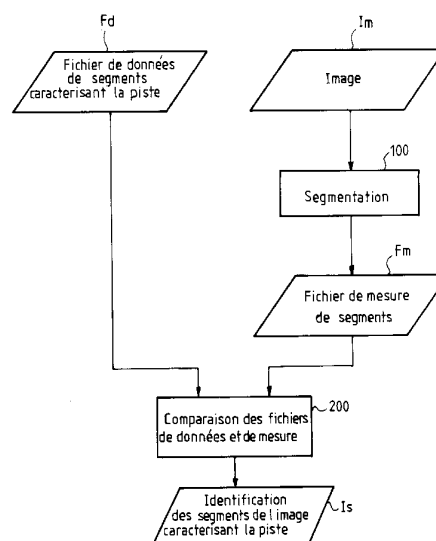
54 PROCÉDE ET DISPOSITIF DE RECONNAISSANCE DE PISTE DANS UNE IMAGE.

57 L'invention se rapporte au domaine du traitement
d'image et plus particulièrement à la reconnaissance de piste
dans une image aérienne de nature optique (visible ou in-
frarouge) ou radar. Elle a pour objet un procédé comportant
les étapes successives suivantes :

- assimilation des lignes de contour caractéristiques de
la piste à reconnaître et de son environnement à des seg-
ments de droite repérés par des attributs individuels et rela-
tifs résultant de données descriptives du site délivrées par
un opérateur et constituant un fichier de données de seg-
ments Fd;

- traitement de l'image où doit être reconnue la piste
pour en extraire des segments de droite qui approchent ses
lignes de contour et qui sont repérés par des attributs indi-
viduels et relatifs constituant un fichier de mesure de seg-
ments Fm et

- comparaison de l'ensemble des éléments du fichier de
données Fd aux éléments du fichier de mesure Fm aboutis-
sant lorsqu'il y a concordance au repérage sur l'image de la
piste recherchée.



PROCEDE ET DISPOSITIF DE RECONNAISSANCE
DE PISTE DANS UNE IMAGE

L'invention se rapporte au domaine de traitement d'image et plus particulièrement à la reconnaissance de piste dans une image aérienne de nature optique (visible ou infrarouge) ou radar.

5 Elle a pour but de réaliser une reconnaissance de piste dans une image aérienne qui soit relativement insensible aux variations de détail de l'environnement des pistes et qui soit d'une mise en oeuvre aisée à l'aide de moyens de traitement relativement peu sophistiqués.

10 Elle a pour objet un procédé de reconnaissance de piste dans une image comportant les étapes successives suivantes :

- assimilation de lignes de contour caractéristiques de la piste à reconnaître et de son environnement à des segments de droite repérés par des attributs individuels tels que leurs longueurs, les positions de leurs extrémités, et relatifs tels que leurs orientations et distances relatives résultant de données descriptives du site délivrées par un opérateur et constituant un fichier
15 de données de segments ; cette description n'a pas besoin d'être exhaustive pour assurer l'identification de la piste. Pour certains sites, une description sommaire comportant, par exemple, uniquement la largeur de la piste peut être suffisante ;

25 - traitement de l'image où doit être reconnue la piste pour en extraire un fichier de mesure de segments comportant les phases suivantes :

- 30 . une phase d'extraction des lignes de contour de l'image ;
- . une phase de détermination des directions principales des lignes de contour par mise en oeuvre de la transformée de Hough et sélection des points d'accumulation

- apparaissant dans la transformée des lignes de contour de l'image ;
- 5 . une phase d'approximation des lignes de contour à des segments de droite suivant les directions principales et
 - 10 . une phase de création d'un fichier de mesure de segments recensant les segments approxinant les lignes de contour de l'image définis par des attributs individuels et relatifs de même nature que ceux du fichier de données de segments et
 - une comparaison de l'ensemble des éléments du fichier de données de segments aux éléments du fichier de mesure de segments aboutissant, lorsqu'il y a
 - 15 concordance, au repérage sur l'image de la piste recherchée.

L'invention a également pour objet un dispositif destiné à la mise en oeuvre de ce procédé de reconnaissance de piste dans une image.

- 20 D'autres caractéristiques et avantages de l'invention ressortiront de la description ci-après faite en référence aux figures annexées.

La figure 1 est un schéma synoptique du procédé de reconnaissance de piste selon l'invention.

- 25 La figure 2 est un schéma synoptique du procédé de segmentation d'image utilisé pour approcher les lignes de contour de l'image par des segments de droite au cours du procédé de reconnaissance de piste illustré à la figure 1.

- 30 La figure 3 est un schéma illustrant les relations entre les coordonnées polaires et cartésiennes d'une droite.

- La figure 4 est la représentation d'un point d'une ligne de contour avec un gradient d'orientation
- 35 situé dans un certain intervalle angulaire vu par la transformation de Hough.

La figure 5 est un graphe formé de noeuds et d'arcs décrivant des segments de droite approchant les lignes de contour de l'image et les positions relatives de ces segments.

5 L'invention concerne une méthode de reconnaissance de piste dans une image à partir de repères constitués des dimensions et positions relatives de segments de droite approximant des lignes de contour caractéristiques de la piste recherchée et de son environnement.

10 La figure 1 est un schéma fonctionnel général du procédé de reconnaissance. D'une manière conventionnelle, les données et/ou résultats sont inscrits dans des trapèzes tandis que les phases du procédé, c'est à dire les différentes étapes de traitement, sont représentées dans
15 des rectangles.

Le procédé comporte essentiellement trois étapes:

Dans une première étape, un opérateur fournit des données descriptives plus ou moins complètes de la
20 piste à reconnaître sous la forme d'un fichier de données Fd renfermant des attributs définissant des segments de droite approximant les lignes de contour de la piste à reconnaître et de son environnement. Ces attributs qui seront détaillés ultérieurement peuvent être pour un
25 segment de droite le type d'objet auquel il se rapporte : la piste ou son environnement, sa longueur, son orientation angulaire, ses distances et ses orientations relatives par rapport aux autres segments etc...

Dans une deuxième étape, l'image Im subit un
30 traitement de segmentation symbolisé par un rectangle 100 qui permet d'en extraire les lignes de contour et d'approximer ces lignes de contour par des segments de droite repérés par un fichier de mesure Fm renfermant leurs attributs qui sont de même nature que ceux du fichier de données Fd à l'exception de celui relatif au
35 type d'objet qui est absent.

Dans une troisième étape les fichiers de données Fd et de mesure Fm subissent une opération de comparaison symbolisée par un rectangle 200 qui aboutit, lorsqu'il y a correspondance du fichier de données Fd avec des éléments
5 du fichier de mesure Fm, à l'identification Is des segments de droite associés dans l'image à la piste à reconnaître et par conséquent au repérage de la piste dans l'image.

L'étape de segmentation 100 mentionnée à la figure 1 est détaillée à la figure 2. Elle comporte les phases suivantes :

- extraction, symbolisée par le rectangle 110, des lignes de contour de l'image dites primitives ;
- détermination, symbolisée par le rectangle
15 120, des directions principales suivies par les lignes de contour de l'image par mise en oeuvre de la transformée de Hough ;
- approximation, symbolisée par le rectangle 130, des lignes de contour de l'image par des segments de droite suivant les directions principales ;
- pontage, symbolisé par le rectangle 140, entre les segments de droite alignés pour combler les lacunes présentés sur les lignes de contour et
- création, symbolisée par un rectangle 150,
25 d'un fichier de mesure de segments recensant l'ensemble des segments de droite approximant les lignes de contour de l'image.

La phase d'extraction de primitives 110 figure 2 permet d'obtenir une image du type binaire où figurent les
30 lignes de contour associées aux ruptures de luminosité présentes dans l'image. Elle commence par une extraction des zones de contour ou calcul de l'image gradient qui s'obtient en effectuant des convolutions spatiales de l'image luminance avec deux masques binaires de taille
35 variable N d'orientation 0° et 90°. Par exemple pour N = 5 le masque d'orientation 0° dit masque gradient horizontal a la composition suivante :

-1 -1 0 1 1
 -1 -1 0 1 1
 -1 -1 0 1 1
 -1 -1 0 1 1
 5 -1 -1 0 1 1

tandis que le masque d'orientation 90° dit masque gradient vertical a la composition :

10 -1 -1 -1 -1 -1
 -1 -1 -1 -1 -1
 0 0 0 0 0
 1 1 1 1 1
 1 1 1 1 1

15 Soient G_H et G_V les résultats des convolutions spatiales de l'image par ces masques, on calcule pour chaque point de l'image ou pixel le module ou amplitude du gradient par la formule :

20 $AMP = \sqrt{G_H^2 + G_V^2}$

et l'orientation du gradient ou direction de la variation maximale de luminance par la formule :

25 $ORI = \text{Arctg} \frac{(G_V)}{(G_H)}$

qui fournit un angle d'orientation repéré par rapport à l'horizontal.

30 Les amplitudes de gradient inférieures à un certain seuil fixe sont alors ramenées à zéro pour éliminer les fluctuations engendrées par le bruit et ne conserver que les valeurs importantes provoquées par les ruptures de contraste qui correspondent aux points des
 35 zones de contour de l'image.

Après l'extraction des zones de contour, on procède à une squelettisation de manière à amincir les zones de contour et à les transformer en lignes de contour suivant les lignes de crête de l'image amplitude du

gradient. Pour ce faire, on compare le module du gradient en chaque point de l'image où il est différent de zéro avec le module du gradient des deux points de l'image qui sont les plus voisins dans la direction du gradient ramenée pour l'occasion à un multiple de 45° et l'on ne conserve que le point d'image ou pixel ayant le plus fort module de gradient. En opérant de manière itérative on n'arrive à ne conserver dans une zone de contour de l'image qu'une ligne de points ou pixels associés aux valeurs maximum du module de gradient. On dispose alors d'une image binaire formée de lignes de contour.

La phase de détermination des directions principales des lignes de contour, 120 figure 2, met en oeuvre la transformée de Hough.

La transformée de Hough est basée sur l'équation polaire d'une droite en coordonnées cartésiennes :

$$\rho = x \cos \theta + y \sin \theta$$

x et y étant les coordonnées cartésiennes des points de la droite, ρ la distance de la droite à l'origine des coordonnées et θ l'angle que fait la normale de la droite avec l'axe Ox des abscisses c'est à dire l'angle du gradient si la droite est considérée comme une ligne de contour. La figure 3 illustre les relations entre les coordonnées cartésiennes et les coordonnées polaires d'une droite.

La transformée de Hough permet de passer de l'espace des paramètres cartésiens (x,y) à l'espace des paramètres polaires (ρ, θ). Elle fait correspondre à une droite un point de coordonnées (ρ, θ) et à un point (x,y) une sinusoïde d'équation

$$\rho = x \cos \theta + y \sin \theta$$

Cette dernière sinusoïde peut également être considérée comme la transformée de l'ensemble des droites passant par le point de coordonnées (x,y). Pour davantage de détails sur la transformée de Hough on se rapportera utilement à l'article de J.ILLINGWORTH et J. KITTLER intitulé "A survey of the Hough Transform" paru dans la

revue Computer Vision, Graphics and Image Processing 44, p.87 à 116 - (1988).

Pour la recherche des directions principales, on ne s'intéresse, en chaque point d'une ligne de contour, qu'aux droites dont la normale fait avec l'axe des abscisses un angle correspondant à celui de la direction du gradient mesuré avec une certaine tolérance de précision $+\delta\theta$ ici de 15 degrés. Cette limitation revient, comme représenté à la figure 4, à associer, dans la transformée de Hough, chaque point d'une ligne de contour de l'image à une portion de sinusoïde limitée à une plage de valeurs $(\theta - \delta\theta, \theta + \delta\theta)$ centrée sur l'angle θ_0 d'orientation du gradient. Si une ligne de contour de l'image est proche d'une droite ayant une direction de gradient d'angle θ_0 et une distance à l'origine ρ_0 , l'ensemble des portions de sinusoïdes représentant ses points dans la transformée de Hough se croisent en un point de coordonnées (ρ_0, θ_0) . Les positions des points de croisement de ce genre dans la transformée de Hough des lignes de contour de l'image repèrent donc les directions principales.

La recherche des directions principales s'effectue alors selon la procédure suivante :

- Pour chaque point de l'image ou pixel de coordonnées (x_i, y_i) qui est situé sur une ligne de contour et dont le gradient a pour orientation θ_i on calcule l'expression suivante :

$$\rho = x_i \cos \theta + y_i \sin \theta \text{ avec } \theta \in [\theta_i - 15^\circ, \theta_i + 15^\circ]$$

- On constitue un tableau de valeurs (ρ_j, θ_j) dont on incrémente les cases chaque fois qu'il y passe une portion de sinusoïde correspondant à un point d'une ligne de contour de l'image. Ce tableau connu sous la dénomination "nappe de Hough" peut être considéré comme un histogramme bidimensionnel ;

- et on sélectionne les maxima de la nappe de Hough associés aux points d'accumulation qui correspondent aux directions principales suivies par les lignes de

contour de l'image et dont les coordonnées $(P,0)$ définissent les équations associées.

La phase, 130 figure 2, de détermination des segments de droite approximant les lignes de contour de l'image consiste à limiter les directions principales suivant de près les lignes de contour. Pour ce faire, on ouvre une fenêtre rectangulaire de faible largeur centrée autour de chaque direction principale et on ne conserve d'une direction principale que les segments proches des lignes de contour qui sont contenues dans la fenêtre associée et qui ont un gradient d'orientation compatible.

La phase de pontage, 140 figure 2, consiste à supprimer d'éventuels lacunes entre segments de droite alignés provenant de fluctuations locales dues au bruit. Elle peut également servir à combler des lacunes plus importantes entre segments de droite alignés provenant de masquage ou de croisement de pistes lorsque leur suppression est souhaitée pour faciliter la poursuite éventuelle de la piste. Elle consiste par exemple à réunir les segments de droite alignés qui ne sont séparés que par une distance inférieure à leur longueur moyenne.

La phase, 150 figure 2, de création d'un fichier de mesure de segments F_m consiste à recenser les segments de droite issus de la phase de pontage.

Les segments de droite et leurs positions relatives dans l'image sont décrits au moyen d'une structure de type graphe constituée de noeuds réunis par des arcs comme illustré à la figure 5.

Les noeuds correspondent aux segments. Ils sont définis par des attributs individuels qui sont des caractéristiques propres à chaque segment définies par rapport à l'image telles que la longueur du segment considéré, son orientation dans l'image, les positions de ses extrémités, son ordre d'apparition dans l'image lorsque celle ci évolue au cours du temps et fait partie par exemple d'une succession de prises de vue d'un terrain filmé en défilement.

Les arcs correspondent aux relations entre segments et sont définis par des attributs relatifs qui sont des caractéristiques propres à chaque segment considéré par rapport aux autres telles que la relation
5 parallèle ou sécant, l'orientation relative, la distance relative.

Les attributs individuels et relatifs de chaque segment sont déterminés à partir des positions des segments de droite dans l'image et rassemblés en un fichier
10 de mesure de segments Fm.

Dans l'étape initiale du procédé, un opérateur a constitué un fichier analogue dit fichier de données de segments Fd à partir d'une reconstitution du graphe de positionnement des segments effectuée au moyen d'informations descriptives des contours de la piste à reconnaître et de son environnement approchés par des segments
15 de droite. Ce fichier de données Fd comporte cependant un attribut supplémentaire indiquant pour chaque segment de droite le type d'objet auquel il se rapporte c'est à dire
20 la piste ou son environnement.

Dans l'étape finale de comparaison des fichiers de données Fd et de mesure Fm, 200 figure 1, les éléments du fichier de données Fd sont comparés à des éléments du fichier de mesure Fm jusqu'à trouver une concordance plus
25 ou moins totale qui permette d'identifier dans le fichier de mesure Fm les segments correspondant aux bords de la piste recherchée et par conséquent de repérer cette dernière.

Cette comparaison ne nécessite pas que le
30 fichier de données Fd ou le graphe de référence dont il découle décrive de manière exhaustive le site de la piste à reconnaître. En effet, il n'a pas à contenir les attributs de tous les segments de droite approchant les contours de la piste et de son environnement mais seulement
35 un certain nombre d'entre eux caractéristiques du site de la piste. Ainsi l'absence des attributs de certains segments de droite ou même l'absence de certains segments

5 dans le fichier de données pourtant présents dans le fichier de mesure ne remet pas en cause le succès de l'identification. L'information minimale à fournir, qui dépend du site, doit permettre l'identification de la piste en éliminant les ambiguïtés éventuelles.

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

1. Procédé de reconnaissance piste dans une image, caractérisé en ce qu'il comporte les étapes successives suivantes :

5 - assimilation de lignes de contour caractéristiques de la piste à reconnaître et de son environnement à des segments de droite repérés par des attributs individuels tels que leurs longueurs, les positions de leurs extrémités, et relatifs tels que leurs orientations et distances relatives résultant de données descriptives
10 du site délivrées par un opérateur et constituant un fichier de données de segments Fd,

- traitement de l'image où doit être reconnue la piste pour en extraire un fichier de mesure de segments de droite comportant les phases suivantes :

- 15 . une phase d'extraction des lignes de contour de l'image,
20 . une phase de détermination des directions principales des lignes de contour de l'image mettant en oeuvre une transformée de Hough et une sélection des points d'accumulation apparaissant dans la transformée des lignes de contour de l'image ;
25 . une phase d'approximation des lignes de contour à des segments de droite suivant les directions principales et
30 . une phase de création d'un fichier de mesure de segments Fm recensant les segments de droite approchant les lignes de contour de l'image définis par des attributs individuels et relatifs de même nature que ceux du fichier de données de segments Fd et

35 - comparaison de l'ensemble des éléments du fichier de données des segments Fd aux éléments du fichier de mesure de segments Fm aboutissant lorsqu'il y a concordance au repérage sur l'image de la piste recherchée.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que le traitement d'image pour en extraire un fichier de mesure de segments de droite comporte en outre, avant la phase de création de fichier, une phase de pontage permettant de combler les lacunes entre des segments de droite alignés.

3. Procédé selon la revendication 2, caractérisé en ce que la phase de pontage consiste à réunir les segments de droite alignés qui ne sont séparés que par une distance inférieure à leur longueur moyenne.

4. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que la phase de détermination des directions principales des lignes de contour de l'image par mise en oeuvre de la transformée de Hough consiste à :

- faire correspondre à chaque point d'une ligne de contour de coordonnées (x_i, y_i) et de gradient d'orientation θ_i : une portion de sinusoïde d'expression :

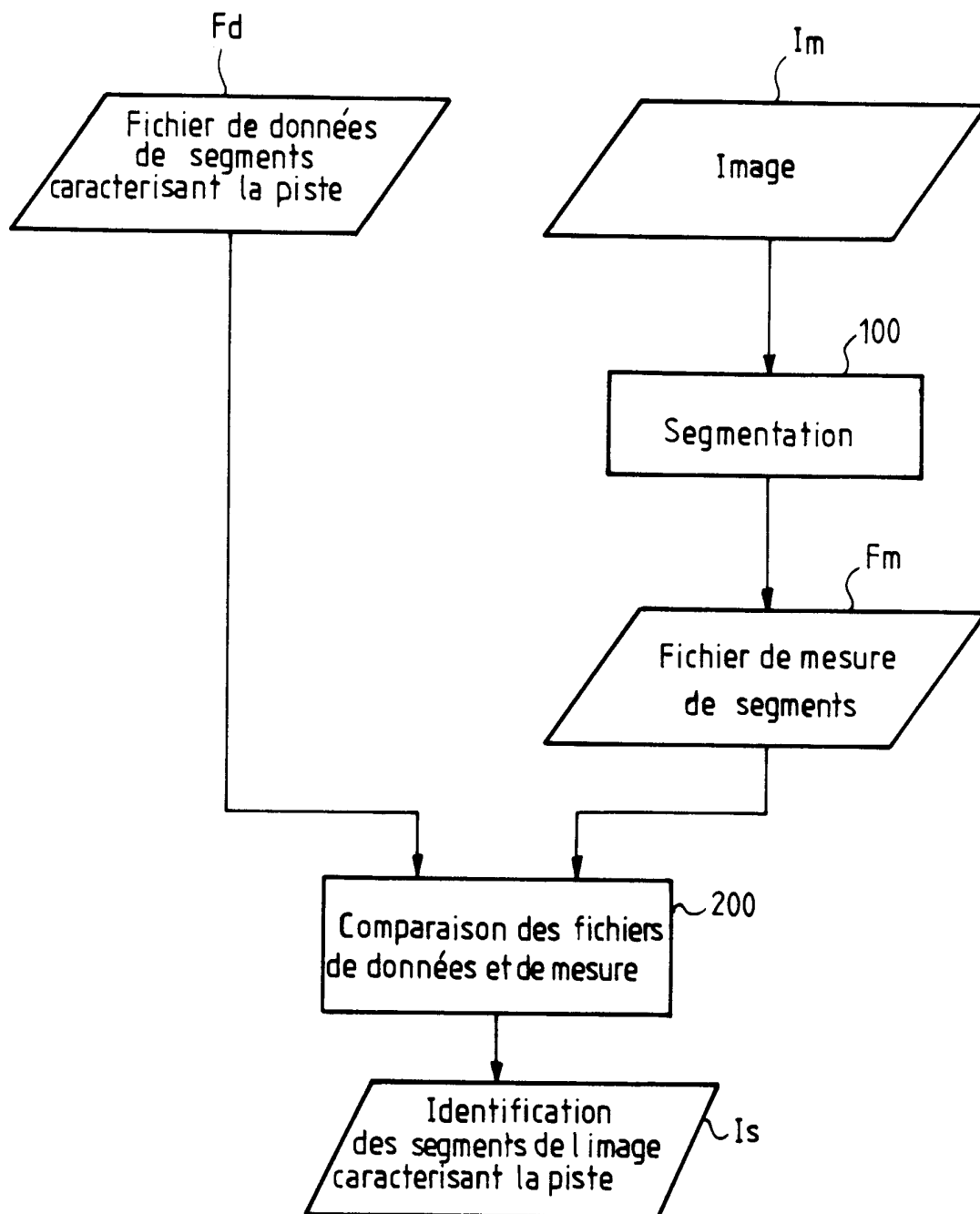
$$\rho = x_i \cos \theta + y_i \sin \theta \text{ avec } \theta \in [\theta_i - 15^\circ, \theta_i + 15^\circ]$$

- constituer un tableau de valeurs (ρ_j, θ_j) dit nappe de Hough dont on incrémente une case chaque fois qu'il y passe une portion de sinusoïde correspondant à un point d'une ligne de contour de l'image et

- sélectionner les maxima de la nappe de Hough qui sont associés aux points d'accumulation et dont les coordonnées (ρ, θ) définissent les paramètres des équations polaires des directions principales.

5. Dispositif de reconnaissance de piste dans une image, caractérisé en ce qu'il comporte un processeur de traitement destiné à la mise en oeuvre du procédé de reconnaissance de piste selon l'une des revendications précédentes.

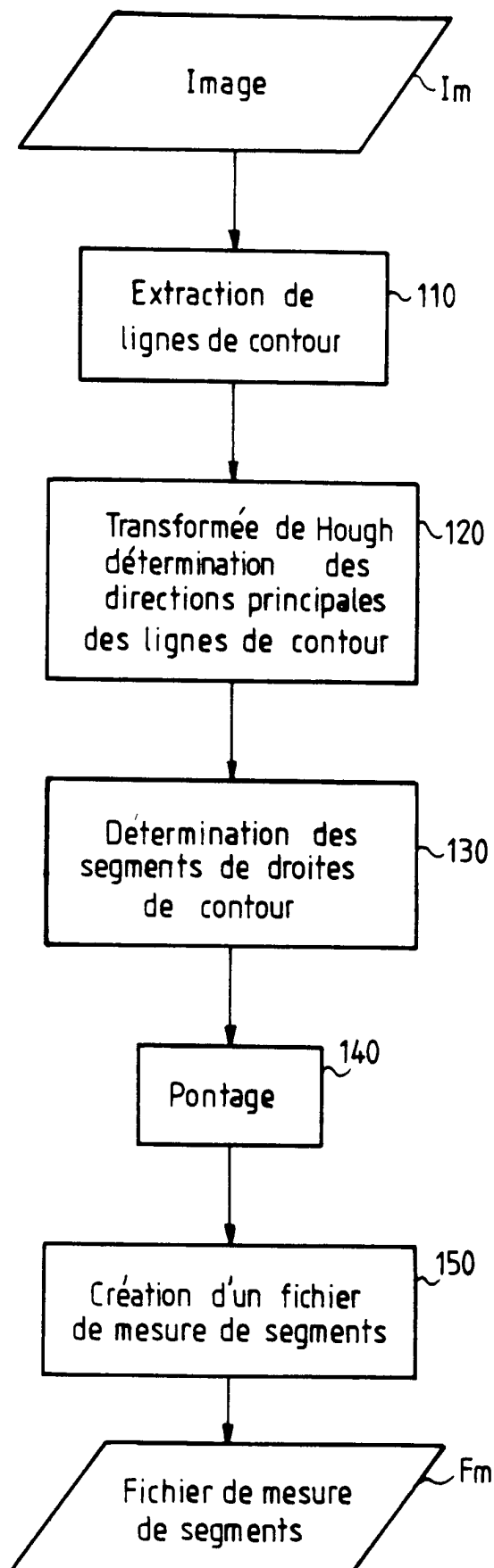
1/3



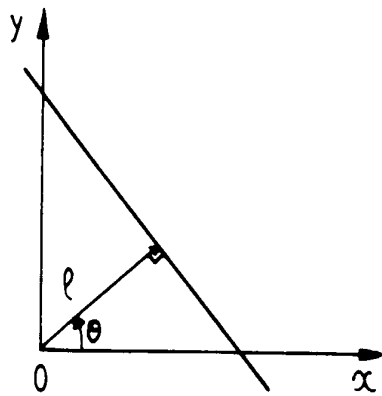
FIG_1

2/3

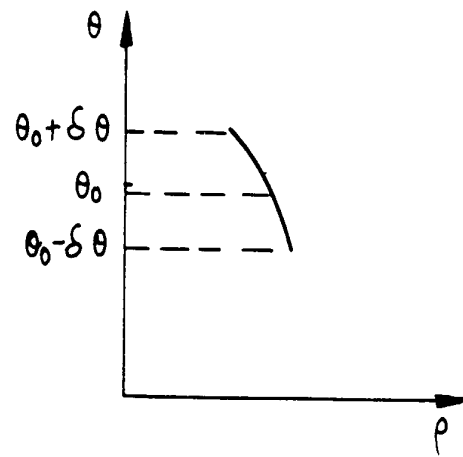
FIG_2



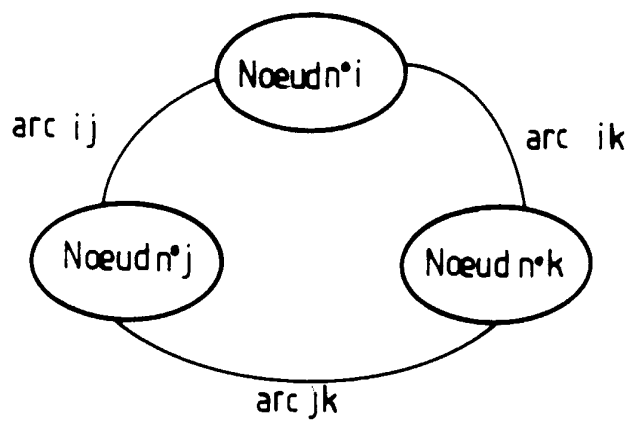
3/3



FIG_3



FIG_4



FIG_5