

(21) N° d'enregistrement national :

35 17932

(51) Int Cl⁴ : G 06 F 15/60, 3/13; G 01 D 9/28.

(12)

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

(22) Date de dépôt : 4 décembre 1985.

(30) Priorité : US, 21 décembre 1984, n° 684.490.

(43) Date de la mise à disposition du public de la demande : BOPI « Brevets » n° 26 du 27 juin 1986.

(60) Références à d'autres documents nationaux apparentés :

(71) Demandeur(s) : THE GERBER SCIENTIFIC INSTRUMENT COMPANY, société américaine organisée selon les lois de l'état du Connecticut — US.

(72) Inventeur(s) : Teresa Rostkowski, Hava Volterra-Zernik, Joseph Sarcia et Richard L. Ginga.

(73) Titulaire(s) :

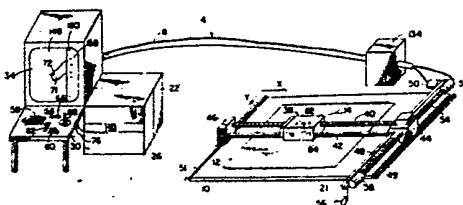
(74) Mandataire(s) : Cabinet Regimbeau, Corre, Martin, Schrimpf, Warcoin et Ahner.

(54) Système et procédé pour réaliser le suivi de courbes.

(57) L'invention concerne un système et un procédé pour réaliser le suivi de courbes.

Ce système comporte un dispositif d'exploration optique 82 explorant un élément d'une courbe 14 et produisant une matrice représentant cet élément de courbe, et des moyens 22 pour déterminer une trajectoire de déplacement relatif entre le dispositif d'exploration 82 et ladite courbe 14 sur la base d'une information tirée de ladite courbe 14 sur la base d'une information tirée de ladite matrice, ladite trajectoire de déplacement relatif ayant pour effet que le dispositif d'exploration optique 82, qui la suit, explore un élément voisin de ladite courbe 14, le dispositif 82 étant disposé sur une table 10 et étant relié par un câble de transmission 4 à un écran de contrôle vidéo 34 et à une console de commande manuelle 30.

Application notamment à la conception assistée par ordinateur pour le redessinage de profils dans le domaine automobile.



A1

310

FR 2 575

L'invention concerne des systèmes servant à réaliser le suivi de courbes et concerne plus particulièrement un tel système utilisant un dispositif d'exploration optique pour produire des représentations, en forme de matrices, d'éléments 5 d'une courbe, que l'on doit suivre, et des moyens de calcul servant à analyser une information contenue dans lesdites représentations en forme de matrices afin de guider le déplacement du dispositif d'exploration optique le long de la trajectoire de la courbe et à fournir une représentation numérique de cette courbe.

Les dispositifs réalisant le suivi de courbes sont fréquemment utilisés pour numériser des dessins de conception d'automobiles, de structures mécaniques ou d'autres objets qui présentent des caractéristiques faisant l'objet d'un concept 15 de création. Bien que ces dessins puissent émaner des efforts d'une personne dessinant à l'aide d'un instrument de dessin mécanique sur une feuille de papier, il est d'une pratique usuelle, dans la conception d'objets tels que décrits ci-dessus, de convertir les dessins manuels en langage 20 informatique, de les mémoriser dans un ordinateur, de les mettre à disposition pour leur affichage sur un écran de contrôle et, à partir de là, d'y apporter des additions et des modifications lors d'une refonte ou d'un redessinage complet de l'objet. Un tel processus de réexamen du dessin, quelquefois 25 désigné sous le terme de conception assistée par ordinateur, est particulièrement avantageux lorsque il faut apporter des modifications à une partie relativement petite du dessin, auquel cas seule cette partie du dessin doit être redessinée. Sans un système de conception assisté par ordinateur, il peut être nécessaire que le dessinateur redessine 30 l'ensemble du dessin, copie ou trace les sections non modifiées et modifie la section devant être redessinée, cette dernière solution prenant beaucoup plus de temps que le mode de conception assistée par ordinateur.

35 De même, à l'aide d'un système de conception assisté

par ordinateur, du type pouvant utiliser des représentations numériques, fournies grâce à la présente invention, de deux ou de plusieurs vues d'un objet, il est possible qu'un ordinateur fournisse une représentation numérique d'une autre vue 5 de l'objet à des fins d'affichage ou d'édition.

Un système réalisant le suivi de courbes est décrit dans le brevet US n° 3 129 084 attribué à Rich et dans lequel un tube vidicon exécute une exploration circulaire autour d'une partie d'une courbe que l'on suit, et chaque fois que l'exploration recoupe cette courbe, le tube vidicon délivre une impulsion. Si l'exploration circulaire est centrée directement sur une partie de la courbe, le tube vidicon produit des impulsions qui sont également espacées dans le temps et, si l'exploration circulaire est centrée d'une manière légèrement 10 décalée par rapport à la courbe, le tube vidicon produit des couples d'impulsions, les impulsions d'un couple donné étant plus rapprochées l'une de l'autre que d'une impulsion antérieure ou ultérieure, auquel cas plus le tube vidicon est décentré, plus les impulsions d'un couple donné d'impulsions 15 sont distantes de l'impulsion antérieure ou ultérieure. Le signal de sortie impulsionale du type vidicon est envoyé à un comparateur des phases des impulsions, qui produit un signal d'erreur représentatif de l'écart d'apparition dans le temps des impulsions par rapport à une configuration d'un train d'impulsions de référence, dans lequel les impulsions 20 sont uniformément espacées les unes des autres. Le signal d'erreur est envoyé à un oscillateur à fréquence variable qui produit un signal de correction qu'il envoie à deux moteurs d'entraînement suivant les axes de coordonnées. En réponse 25 à ce signal, les moteurs déplacent le tube vidicon en le rapprochant de la courbe et en le faisant circuler le long de cette dernière.

Il existe également des systèmes connus servant à numériser une inscription graphique comme par exemple la 30 frappe réalisée sur une page pour transmettre une représenta-

tion numérique de l'inscription par une ligne téléphonique ou par une autre ligne de communication de données. Un tel système est connu sous la marque déposée FAX et l'on suppose qu'il ne "suit" pas des lettres tapées particulières ou d'autres inscriptions graphiques sur la page, mais explore plutôt la page ligne par ligne et détecte les points ou segments inscrits à l'intérieur de chaque ligne. Lors de l'exploration des inscriptions, ces dernières sont numérisées sous une forme ou sous une autre et de telles formes numérisées peuvent être transmises dans une ligne téléphonique au moyen d'un modem. Un tel système peut utiliser une forme de numérisation connue habituellement sous la désignation de codage en déplacement et en longueur selon lequel on ne met pas sous forme numérique tous les éléments d'image d'une donnée, mais on utilise au contraire une série de nombres de "déplacement" et de nombres de "longueur", pour numériser les inscriptions dans ou en travers de chaque ligne. Le nombre de déplacement indique le nombre des éléments d'image vides précédant une marque ou une inscription graphique donnée dans la ligne et le nombre de longueur indique la longueur de la marque ou de l'inscription donnée dans la ligne. Pour chaque courbe explorée, il existe autant de couples de nombres de déplacement et de longueur qu'il existe de marques distinctes pour des marques ou des inscriptions graphiques dans la ligne. L'avantage de ce système de codage en déplacement et en longueur réside dans le fait qu'en général un nombre moins important de multiplets d'informations numériques sont nécessaires pour représenter une inscription graphique sur une page, et cette économie réduit le temps qui est nécessaire pour transmettre une telle représentation numérique dans une ligne téléphonique, étant donné que les lignes téléphoniques fournissent un débit relativement faible de transfert de données. Un ou plusieurs systèmes de codage en déplacement et en longueur ont été développés en liaison avec la recherche concernant le vidéo-téléphone,

bien que les détails n'en soient pas actuellement connus des déposants.

Un but général de l'invention est de fournir un système réalisant un suivi de courbes, qui peut suivre une courbe à une vitesse relativement élevée et produire une représentation précise de la courbe.

Un autre but général de l'invention est de fournir un système réalisant un suivi de courbes, dont le fonctionnement soit essentiellement automatique.

Un but plus spécifique de l'invention est de fournir un système réalisant le suivi de courbes, qui utilise un dispositif d'exploration optique pour produire une information correspondant à des matrices dont chacune représente un élément d'une courbe, qui est suivie.

Un autre but spécifique de l'invention est de fournir un système réalisant un suivi de courbes, qui peut suivre une courbe distordue, c'est-à-dire une courbe possédant de petites irrégularités ou interstices, qui peuvent être provoqués par un âge notable ou un usage conséquent d'une feuille sur laquelle la courbe est inscrite.

Un autre but de l'invention est de fournir un système servant à réaliser le suivi de courbes, qui permette de reproduire des coudes relativement accusés d'une courbe, que l'on suit, sans intervention d'un opérateur.

Un autre but de l'invention est de fournir un système destiné à réaliser le suivi de courbes dans lequel des éléments choisis d'un graphique de départ peuvent être affichés sur un écran de contrôle en même temps qu'une représentation d'éléments du graphique de départ, qui ont déjà été suivis et numérisés, ladite représentation étant superposée ou reproduite d'une autre manière sur les éléments respectifs de la courbe.

L'invention consiste en un système réalisant le suivi de courbes, comportant un dispositif d'exploration optique produisant une matrice et qui délivre une information corres-

pondant à une matrice représentant un élément d'une courbe devant être suivie, et des moyens de calcul servant à produire une représentation numérique de ladite matrice et à guider le déplacement du dispositif d'exploration optique le long de la courbe, sur la base d'une information contenue dans ladite matrice ou dans ladite représentation numérique.

Conformément à des caractéristiques spécifiques de l'invention, les moyens de calcul déterminent des points situés sur ladite courbe, à partir de l'information contenue dans ladite représentation numérique et commandent le dispositif d'exploration optique pour qu'il avance suivant une direction calculée à partir d'une information telle que la position de deux ou d'un plus grand nombre de points déterminés antérieurement, ladite direction s'étendant le long de la courbe. En outre, une fois que les moyens de calcul ont produit une représentation d'un élément de l'ensemble de la courbe, la représentation peut être affichée sur un écran de contrôle vidéo en étant superposée à une image vidéo de la courbe de manière à indiquer à l'opérateur les parties de la courbe qui doivent encore être suivies et numérisées.

D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention ressortiront de la description donnée ci-après prise en référence aux dessins annexés, sur lesquels :

- la figure 1 est une vue en perspective d'un système réalisant le suivi de courbes, conforme à la présente invention ;

- la figure 2 est une vue schématique à plus grande échelle d'une tête d'exploration optique située dans le système servant à réaliser le suivi de courbes de la figure 1 ;

- la figure 3 est un schéma-bloc du système réalisant le suivi de courbes de la figure 1 ;

- la figure 4 est un schéma d'une image affichée sur un écran de contrôle contenu dans le dispositif réalisant le suivi de courbes de la figure 1 ;

- la figure 5 est un organigramme représentant un mode

de fonctionnement du système réalisant le suivi de courbes de la figure 1;

- la figure 6 est une illustration d'un élément de courbe suivi, sur laquelle des points spécifiques ont été 5 repérés par des coordonnées X-Y ;

- la figure 7 est un schéma d'une matrice numérique produite par un ordinateur contenu dans le système réalisant le suivi de courbes de la figure 1 représentant deux courbes représenté sur la figure 6 ;

10 - la figure 8 représente un schéma-bloc d'une partie d'un système réalisant le suivi de courbes de la figure 1, utilisé pour produire une matrice telle que représentée sur la figure 7 ;

15 - la figure 9 est un organigramme d'un processus utilisé dans le système réalisant le suivi de courbes de la figure 1 pour déterminer la longueur d'un trait vertical qui passe par un point situé sur une courbe qui est suivie et est contenu dans les limites de ladite courbe qui est suivie ;

20 - la figure 10 est une illustration d'un élément d'une courbe qui est suivie par le système réalisant le suivi de courbes de la figure 1, et montre en outre des points sélectionnés et des points centraux associés sur la courbe qui est suivie, et indique un processus pour déterminer lesdits points centraux ;

25 - la figure 11 illustre un processus réalisé dans le système utilisant le suivi de courbes de la figure 1 pour déterminer une suite de points qui suivent d'une manière générale la trajectoire d'une courbe qui est suivie, et des points centraux respectifs sur ladite courbe ;

30 - la figure 12 est un organigramme illustrant un processus utilisé dans le système réalisant le suivi de courbes de la figure 1 pour repérer un point sur une courbe, que l'on suit, à partir d'un autre point décalé par rapport à la courbe ;

35 - la figure 13 est une représentation d'une extrémité d'une courbe, que l'on suit, et une illustration d'un proces-

sus de recherche exécuté par le système réalisant le suivi de courbes de la figure 1 pour s'assurer qu'un dispositif d'exploration optique a atteint l'extrémité de la courbe ;

5 - la figure 14 représente le déplacement d'un dispositif d'exploration optique utilisé dans le système réalisant le suivi de courbes de la figure 1, lorsque ledit dispositif d'exploration optique suit une courbe ;

10 - la figure 15 est un schéma-bloc des composants du système réalisant le suivi de courbes de la figure 1, qui sont impliqués lors du déplacement d'un dispositif d'exploration optique le long d'une courbe ;

15 - la figure 16 illustre un processus de réduction utilisé dans le système réalisant le suivi de courbes de la Figure 1 pour déterminer lesquels des points, parmi ceux le cas échéant numérisés antérieurement ou une courbe qui est suivie, ne sont pas nécessaires pour tracer de façon appropriée la courbe que l'on suit ; et

20 - la figure 17 représente une partie d'une courbe, que l'on suit, et illustre un processus à l'aide duquel un système réalisant le suivi de courbes peut choisir la branche d'une courbe à suivre au niveau d'une intersection.

En se référant maintenant aux dessins, on voit que la figure 1 montre un système réalisant le suivi de courbes, repéré d'une manière générale par la référence 4 et qui est conforme à la présente invention. Le système comporte une table 10 servant à supporter un support d'enregistrement graphique tel qu'une feuille 12 sur laquelle est inscrite une courbe 14 que l'on doit suivre, une tête d'exploration optique 38 qui est supportée au-dessus de la table 10 de manière à se déplacer dans un plan qui est d'une manière générale parallèle à la table, un ordinateur 22, un dispositif 26 de mise en mémoire prévu pour l'ordinateur 22, un écran de contrôle vidéo 34, une console 30, prévue pour l'ordinateur et l'écran de contrôle.

35 La tête d'exploration 38 est déplaçable suivant une

direction de coordonnées, désignée comme étant l'axe X par rapport à la table 10, sous l'action d'un système d'entraînement comportant une vis mère 40, une barre de guidage 42, des chariots 44 et 46, un arbre cannelé 54 et un moteur d'entraînement 52. La tête d'exploration est également déplaçable selon une seconde direction de coordonnées, désignée comme étant l'axe Y par rapport à la table 10, sous l'action d'un second système d'entraînement incluant une courroie d'entraînement 48, une poulie 21, des guides 49 et 51, des chariots 44 et 46 et un moteur d'entraînement 50. Les positions angulaires de la poulie 21 et de l'arbre cannelé 54 représentent la position de la tête d'exploration 38 par rapport à la table 10, et sont détectées par des détecteurs de position 56 et 58 de manière à produire respectivement des signaux de position, qui sont envoyés à l'ordinateur 22 pour être utilisés dans une fonction de numérisation du système 4 réalisant le suivi de courbes. Pour une description complémentaire d'un appareil servant à déplacer une tête d'exploration dans un plan qui est d'une manière générale parallèle à une surface plane, on peut se référer au brevet US n° 3 522 084 attribué à Rich en date du 15 Septembre 1970.

L'ordinateur 22 peut-être constitué par un ordinateur standard comme par exemple un ordinateur connu sous l'appellation commerciale Motorola CPU model VME110, et un logiciel approprié décrit de façon détaillée plus loin. La console 30 comporte un clavier 59, une roue moletée 60 servant à déplacer la tête d'exploration suivant la direction X par rapport à la table, une roue moletée 62 servant à déplacer la tête d'exploration 38 suivant la direction Y par rapport à la table, un bouton-poussoir 64 pour indiquer à l'ordinateur de numériser un point repéré par un curseur 72 sur l'écran de contrôle 34, un bouton-poussoir 66 servant à indiquer à l'ordinateur de faire avancer automatiquement la tête d'exploration 38 le long de la courbe 14, une manette ou un organe 35 de commande à déplacement omnidirectionnel 68 servant à guider

manuellement le déplacement de la tête d'exploration 38. D'autres organes appropriés de commande peuvent remplacer le clavier 59, les boutons-poussoirs 64 et 66, les roues moletées 60 et 62 et la manette 68, en vue de réaliser le déplacement de la tête d'exploration 38, décrite ci-dessus. Lorsque la tête d'exploration 38 est déplacée à l'aide des différents organes de commande présents sur la console 30, différents éléments de la courbe 14 peuvent être affichés dans différentes positions sur l'écran de contrôle 34. De façon typique les déplacements de grande amplitude de la tête d'exploration 38 sont réalisés à l'aide des manettes 68 et de tels déplacements peuvent être utilisés pour positionner un certain élément possible, comme par exemple un élément d'extrémité 71 quelque part sur l'écran de contrôle, et ensuite on peut positionner de façon précise l'élément d'extrémité 71 ou un autre élément cible désiré à l'aide des roues moletées 60 et 62, de sorte que l'ordinateur 22 peut réaliser une fonction en rapport avec l'élément de la cible affichée ou le point repéré par le curseur 72. A l'aide du clavier 59 situé sur la console 30, il est également possible d'introduire les coordonnées d'un point sur la feuille 12 et ainsi de guider le déplacement de la tête d'exploration 38 jusque dans une position dans laquelle elle observe un élément désiré de la cible.

Lorsque la courbe 14 est suivie et numérisée, l'ordinateur peut envoyer une représentation numérique de la courbe 14 à l'unité de disque dur 26, qui est un type de dispositif de mémoire que l'on peut utiliser dans le système 4 réalisant le suivi de courbes, et communique avec l'unité de disque au moyen d'un câble 76.

La figure 2 est une vue schématique à plus grande échelle de la tête d'exploration optique 38 et représente un appareil de prise de vues à haute résolution 82 et un appareil de prise de vues à faible résolution 84 comportant des champs 86 et 88 qui sont centrés respectivement sur un

point commun. Les appareils de prise de vues comportent chacun un axe d'observation dirigé sur le centre commun, et l'appareil de prise de vues à haute résolution 84 est focalisé et est dirigé par le dispositif à lentilles 85, qui fait partie de l'appareil de prise de vues 84, et l'appareil de prise de vues à haute résolution est focalisé au moyen de la lentille 87. A titre d'exemple le champ à haute résolution peut avoir pour dimensions 1,27 x 1,27 cm, et le champ à faible résolution peut avoir pour dimensions 10,16 x 10,16 cm.

La liaison avec les appareils de prise de vues 82 et 84 est établie par l'intermédiaire de câbles respectifs 86 et 88, qui sont reliés à l'ordinateur 22 de n'importe quelle manière.

Au-dessous des appareils de prise de vues 82 et 84 se trouve disposée une lampe 90 qui fournit une source de lumière éclair qui échantillonne les zones cibles 86 et 88 lorsque la tête d'exploration 38 se déplace le long de la courbe, et les appareils de prise de vues produisent des images de la courbe 14 de sorte que les images produites par ces appareils de prise de vues ne sont pas obtenues de façon floue. Ceci est particulièrement important dans une forme de réalisation de l'invention, dans laquelle la tête d'exploration ne s'arrête pas en certains points où des images sont produites. Le type de lampe éclair utilisée dans le système 4 réalisant le suivi de courbes n'est pas critique pour la présente invention et peut être constitué à titre d'exemple par une lampe fluorescente en forme de tore possédant une électrode d'ionisation 33, la lampe électrode étant commandée par un circuit électronique 91. Une telle unité à lampe fluorescente éclair est décrite de façon plus détaillée dans une demande de brevet US copendante, N° de série 684 441, ayant pour titre "Unité de lampe éclair", déposée au nom de Henry F. Berdat. De même si on le désire, on peut utiliser une lampe au xénon standard ou un groupe de telles lampes fonctionnant dans un mode éclair standard, à la place de la lampe fluo-

cente 90 représentée sur la figure 2. La lampe 90 est portée par des pinces 92 montées à force au-dessous d'un boîtier 95 de la tête d'exploration optique 38, et la lampe reçoit ses signaux de commande par l'intermédiaire de câbles 96 et 98. La 5 lampe 90 fournit une source essentiellement uniforme de lumière lorsqu'elle produit des éclairs et les appareils de prise de vues 82 et 84 sont portés par des consoles respectives 183 et 185 de telle sorte que les appareils de prise de vues observent l'espace central de la lampe. Si l'on utilise une 10 pluralité de lampes à xénon sphériques à la place de la lampe fluorescente 40, on peut les disposer sur un socle défini par la lampe en forme de tore 90.

La figure 3 est un schéma-bloc de différentes unités du système 4 réalisant le suivi de courbes et fournit une re-15 présentation schématique des liaisons de communication entre les unités. Comme cela est représenté, les signaux vidéo sont envoyés par l'appareil de prise de vues à haute résolution 82 à un détecteur de seuil 150 qui comporte un comparateur 110 (représenté sur la figure 7) dont le signal de sortie 20 est envoyé à un commutateur à trois positions 152 et à un circuit 107 de réception de trames qui peut être considéré comme constituant les moyens de calcul du système 4 réalisant le suivi de courbes. En outre un signal vidéo délivré par l'appareil de prise de vues à faible résolution 84 et un signal 25 vidéo délivré par l'appareil de prise de vues à haute résolution 82 sont envoyés directement au commutateur 152 qui transmet l'un de ces trois signaux tel qu'il est sélectionné par un opérateur par l'intermédiaire de la console 30 et de l'ordinateur 22, à une porte 154 dite 30 porte de fenêtrage. La porte de fenêtrage est commandée par un contrôleur graphique, qui 35 communique avec une région 149 et définit cette région sur l'écran de contrôle 34 où l'information vidéo et d'autres informations relatives à un élément d'une courbe, qui a été numérisée, sont affichées, et une autre région 160 dans la-

quelle un menu 158 est affiché.

L'ordinateur 22 reçoit de la part du dispositif 107 de réception de trames, des conversions de matrices vidéo produites par l'appareil de prise de vues à résolution élevée 82 de manière à représenter une image de la courbe 14, et l'ordinateur renvoie périodiquement des informations concernant les coordonnées de courbes, qui représentent la courbe 14, à l'unité à disque dur 26 en vue de leur mémorisation, lesdites coordonnées étant calculées à partir d'informations tirées de conversions des matrices. Un appareil de prise de vues à haute résolution approprié peut produire une matrice d'environ 250 colonnes et 400 lignes d'éléments d'image, bien que le nombre précis des colonnes et des lignes des éléments d'image ne soit pas critique pour la présente invention. Le contrôleur graphique 126 produit une information de menu 158 qui est affichée à côté du signal vidéo qui est transmis par l'intermédiaire du commutateur 152 et de la porte 154, et d'autres informations qui sont transmises depuis l'ordinateur par l'intermédiaire du contrôleur graphique 156 et sont combinées au signal vidéo selon un mode de superposition, par le mélangeur 161.

L'information du menu, qui est plus clairement représentée dans une région 158 de la figure 4, peut inclure une variété d'informations, comme par exemple une longueur de corde servant à indiquer un espacement désiré entre des points sur une courbe devant être numérisée, une information de tolérance utilisée dans une opération ultérieure de réduction visant à réduire le nombre de tels points numérisés, qui sont mémorisés dans une mémoire à disques sont nécessaires pour tracer la courbe qui est explorée, une information concernant l'épaisseur standard affectée à la courbe qui est numérisée, et une information relative à une routine, qui est mise en œuvre lors de l'ouverture et de la fermeture, de la création de fichiers et de l'attribution de noms à ces derniers.

35 Comme cela est également représenté sur la figure

3, il existe trois lignes de communication raccordées entre le contrôleur graphique et l'unité formant mélangeur 161, une ligne étant prévue pour chacun des trois signaux de couleurs vidéo. Lorsque ceci est souhaité par un opérateur,
5 ce dernier peut guider, à l'aide du clavier 59, le système 4 réalisant le suivi de courbes de manière qu'il affiche une représentation en forme de squelette d'éléments d'une courbe qui sont affichés sur l'écran de contrôle 34 et qui ont été numérisés, ce "squelette" étant superposé à une image vidéo
10 dudit élément de courbe, dont un exemple est représenté sur la figure 4 par des lignes schématiques 162 et 265 qui sont superposées aux éléments d'une courbe 166. L'ordinateur produit un schéma ou squelette en fournissant des segments de droite qui s'étendent d'un point à un autre le long d'une
15 suite de points qui ont été numérisés. On peut choisir l'une des couleurs vidéo pour l'image vidéo de la courbe que l'on suit et une autre couleur pour le squelette ou tracé schématique de sorte que l'image de la courbe, que l'on suit et le tracé schématique se détachent l'un de l'autre. Un opérateur peut utiliser cette image en superposition pour déterminer les parties d'une courbe suivie, qui doivent être encore numérisées, et pour diriger le système 4 réalisant un suivi de courbes de manière à réaliser la numérisation de ces
20 éléments de courbe.

25 La figure 5 est un organigramme illustrant un processus permettant de suivre la courbe 14 ou d'autres courbes, et qui peut être mis en oeuvre dans le système 4 réalisant le suivi de courbes. L'appareil de prise de vues à faible résolution 84 est utilisé de façon typique par un opérateur de
30 manière à positionner une image d'une partie de la courbe 14 sur l'écran de contrôle 34 étant donné que l'appareil de prise de vues à faible résolution 84 voit une zone relativement étendue 88 et que ceci permet à l'opérateur de repérer aisément la partie désirée de contrôle de l'écran de contrôle
35 au moyen d'un déplacement approprié de la tête d'explora-

tion 38. A ce stade, l'opérateur positionne de préférence la partie de l'écran de contrôle aussi proche que possible du curseur 72. Ensuite l'opérateur peut brancher l'écran vidéo à partir de l'appareil de prise de vues à haute résolution, soumis à comparaison au seuil si cela est souhaité, et positionne la tête d'exploration 38 de manière que le curseur se situe au-dessus de l'élément de courbe 71 comme représenté sur la figure 1. Cette phase opératoire du processus est désignée par la figure 5 par le signe SEL-P, qui 10 consiste en une sélection d'un point P. Ensuite l'opérateur peut enfoncer le bouton de numérisation 64 afin de guider l'ordinateur 22 de manière qu'il gèle une trame et mémorise une représentation en forme de matrice de l'image affichée sur l'écran et qui est centrée autour du point P, et cette phase 15 opératoire est désignée sur le dessin sous le sigle FF-P. De même, en réponse à l'enfoncement du bouton de numérisation 64, l'ordinateur agit de manière à repérer un point central de la courbe 14 à proximité du point P, et cette phase opératoire est repérée par le sigle CP-P. Ensuite l'ordinateur mémorise une représentation binaire de la position du point 20 central voisin du point P.

Ensuite l'opérateur peut repérer un autre point P+1 sur la courbe 14 en déplaçant de façon appropriée les roues moletées 60 et 62 et, à l'aide du bouton de numérisation 25 64, il peut diriger l'ordinateur de manière que ce dernier produise et gèle une trame de l'image centrée autour du point P+1, calculer la position d'un point central sur la courbe 14, au voisinage du point P+1 et mémoriser une représentation numérique de la position de ce point central. Le point P+1 est 30 identifié sur la figure 5 et est représenté sur la figure 11. Ensuite l'ordinateur doit calculer l'épaisseur de la courbe 14 dans une région située autour du point P+1 et mémoriser ce résultat. Le processus de calcul de l'épaisseur de la courbe 14 au voisinage du point P+1 va être décrit ci-après.

35 En-dehors du fait de permettre à l'ordinateur 22

de numériser deux points sur la courbe 14, les deux premiers points P et P+1, que l'on peut voir sur la figure 11, informent l'ordinateur de la manière dont l'opérateur veut que l'ordinateur suive la courbe 14 selon un mode d'avance par vecteurs successifs, qui est habituellement un mode automatique une fois qu'il est déclenché. De façon typique les deux premiers points P et P+1 sont sélectionnés manuellement par un opérateur à l'aide d'un déplacement approprié de la manette 68 ou des roues moletées 60 ou 62, cependant on peut utiliser d'autres moyens automatiques ou semi-automatiques pour exécuter la même fonction. Par exemple les deux points peuvent être également choisis au moyen d'une information mémorisée antérieurement comme par exemple sur une bande magnétique ou sur un disque, ou bien les coordonnées de tels points de départ peuvent être introduites dans l'ordinateur 22 au moyen du clavier 59.

Le mode d'avance automatique selon des vecteurs, qui est désigné par le sigle VA-P+2 sur la figure 5, est déclenché lorsqu'un opérateur enfonce le bouton 70 d'avance par vecteurs, qui indique à l'ordinateur 22 de calculer un vecteur allant du point P au point P+1, comme cela est indiqué par une phase opératoire 79 et de diriger la tête d'exploration 38 de manière qu'elle se déplace dans la direction du vecteur au moyen de l'envoi de signaux appropriés aux moteurs 50 et 52 fonctionnant suivant les axes X et Y. Une fois que la tête d'exploration 38 s'est déplacée sur une certaine distance de "corde", sélectionnée antérieurement par l'opérateur à l'aide d'ordres envoyés à l'ordinateur 22 et par l'intermédiaire de la console 30, le champ de l'appareil de prise de vues 30 à haute résolution est centré autour d'un point P+2, et une image dudit point est envoyée directement au-dessous du curseur 72 sur l'écran de contrôle 34, bien que, selon un mode d'exécution de la présente invention, la tête d'exploration 38 ne s'arrête pas en cet endroit. Ensuite l'ordinateur 35 produit et mémorise de façon automatique une représentation

numérique d'une trame d'une image prise par l'appareil de prise de vues 82, lorsque cette dernière est centrée autour du point P+2, et l'ordinateur détermine si le point P+2 tombe sur ou "rencontre" la courbe 14. Etant donné que le point 5 P+2 se situe sur la courbe, l'ordinateur détermine l'épaisseur de la courbe à proximité du point P+2. Si l'épaisseur se situe en-deçà d'une plage présélectionnée de tolérances, l'ordinateur 22 calcule un point central voisin du point P+2 et mémorise les coordonnées du point central. Ensuite l'ordinateur exécute un calcul de réduction pour voir si le 10 point mémorisé précédemment, à savoir le point P+1 dans le cas présent, est nécessaire pour tracer de façon appropriée la courbe, et si ce n'est pas le cas, supprime les coordonnées du point P+1 de la mémoire. Ensuite le système 4 réalisant le suivi de courbes répète alors à cet instant les phases opératoires repérées par la boucle 199 sur la figure 5, mais en passant à un point P+3 et, lorsque la boucle correspondant au point P+3 est achevée, l'ordinateur guide automatiquement la tête d'exploration 38 jusqu'un point P+4. 15
20 Il faut noter que la tête d'exploration n'attend pas au niveau des points P+2 ou P+3, alors que les calculs décrits ci-dessus sont exécutés.

Etant donné que le point P+4 représenté sur la figure 11 ne se situe pas sur la courbe 14, l'ordinateur 25 22 effectue une opération de recherche 81 pour déterminer si d'autres points repérés par $P+4_n$ à proximité du point P+4 se situent sur la courbe 14. Etant donné que la tête d'exploration optique 38 n'a pas encore atteint l'extrémité de la courbe (EOL), un point tel que $P+4_6$ se situe sur la courbe 14. 30 Si l'ordinateur 22 ne peut pas trouver un point $P+4_n$, qui se situe sur la courbe, comme dans le cas du point P+Y sur la figure 13, ceci indique habituellement que l'ordinateur a atteint l'extrémité de la courbe ou qu'il existe une discontinuité importante dans la courbe, et dans l'un ou l'autre 35 des cas, l'ordinateur arrête le déplacement de la tête d'ex-

ploration 38 et demande à l'opérateur ce qu'il doit faire ensuite. Dans le cas présent, l'ordinateur calcule alors l'épaisseur de la courbe autour du point $P+4_6$ et si cette épaisseur se situe dans une gamme prédéterminée par rapport à 5 l'épaisseur standard de la courbe 14 préalablement calculée dans la région du point $P+1$, l'ordinateur calcule un point central situé sur la courbe 14 au voisinage du point $P+4_6$ et mémorise ses coordonnées. Si l'épaisseur ne se situe pas dans cette gamme, l'ordinateur n'effectue pas le calcul d'un 10 point central et, au lieu de cela, pour les raisons indiquées ultérieurement, traite le point $P+4_6$ comme s'il s'agissait d'un point central de la courbe 14 et le mémorise. Ensuite 15 l'ordinateur exécute une opération de réduction pour déterminer si le point déterminé antérieurement, à savoir dans ce cas le point central voisin du point $P+3$, est nécessaire pour tracer la courbe 14. Par exemple si les points centraux voisins du points $P+2$, $P+3$ et $P+4$ se situaient sur un segment correspondant approximativement à un segment de droite, seuls les points d'extrémité sont nécessaires pour tracer l'élément 20 correspondant de la courbe 14, et ainsi on peut effacer la mémorisation du point $P+3$.

Après cette phase opératoire de réduction, l'ordinateur dirige automatiquement la tête d'exploration 13 de manière qu'elle se déplace jusqu'à un autre point repéré comme 25 étant le point $P+5$ et représenté sur la figure 11 et qui se trouve dans une direction déterminée par un vecteur passant par le point central voisin du point $P+3$, ou $P+2$ si $P+3$ a été effacé de la mémoire, et le point central voisin du point $P+4_6$, et à une distance du point central voisin de $P+4_6$, qui est également à la longueur de corde sélectionnée d'avance. Ce mode d'avance vectoriel automatique peut se poursuivre jusqu'à ce que 30 l'opérateur commande à l'ordinateur de s'arrêter au moyen d'un ordre introduit au niveau de la console 30, ou bien jusqu'à ce que la tête d'exploration 38 atteigne l'extrémité 35 d'une courbe ou une discontinuité importante de la courbe. Entre-

temps le système 4 réalisant le suivi de courbes continue à numériser la courbe 14.

La figure 6 représente une trame 99 produite par l'appareil de prise de vues à haute résolution 82 pour un élément de la courbe 14 centré autour du point P et, sur la figure, les points sélectionnés ont été repérés par leurs coordonnées respectives X-Y. La figure 7 représente une matrice 97 développée dans l'ordinateur 22 de manière à représenter la trame de la figure 6 et comporte des lignes repérées par Y_0 à Y_{420} , qui correspondent à 420 lignes du champ 86 représenté par la trame 99. Cependant il faut comprendre que la matrice 47 n'a pas besoin de contenir une ligne pour chaque ligne d'éléments d'image de l'appareil de prise de vues à haute résolution 82. Elle peut contenir par exemple une ligne pour deux lignes d'éléments d'image de l'appareil de prise de vues, si on le désire, et l'on peut utiliser un appareil de prise de vues à haute résolution qui possède un nombre supérieur ou inférieur à 420 lignes, auquel cas on peut utiliser un nombre correspondant de lignes dans la matrice de la figure 7.

Dans chaque ligne se trouve disposé un nombre ou une série de nombres qui représentent la position de transitions d'images dans chaque ligne correspondante du champ de l'appareil de prise de vues. Par exemple en supposant que la courbe 14 est noire et est inscrite sur une feuille blanche, il existe une transition dans une ligne donnée de la matrice 97, qui correspond à la ligne située dans le champ de l'appareil de prise de vues 82, lorsque l'image de la feuille passe du blanc au noir ou du noir au blanc, et ceci correspond à des régions dans lesquelles la courbe 14 intersecte la ligne donnée dans le champ de la caméra. Etant donné que la courbe 14 ne recoupe aucune des lignes Y_0 à Y_{n-1} dans le champ 86, il n'existe aucune entrée de transition dans les lignes correspondantes de la matrice de la figure 7, et le chiffre "0" est enregistré par l'ordinateur dans la première position à l'intérieur de chaque ligne Y_0 à Y_{n-1} . La courbe 14 recoupe la ligne Y_n

en un point ayant pour coordonnées (X_a, Y_n) , de sorte qu'il apparaît une transition dans la ligne Y_n au niveau de la position X repérée par X_a , et par conséquent le nombre X_a est enregistré dans la première position dans la ligne Y_n . Dans la 5 seconde position de la ligne Y_n , c'est le nombre "0" qui est enregistré de manière à indiquer que la transition X_a précédente est la dernière qui apparaît dans la ligne Y_n .

L'ordinateur est en outre programmé de manière à interpréter un premier nombre non nul apparaissant dans n'importe 10 quelle ligne de la matrice comme la position de coordonnées X dans une ligne correspondante du champ 86 de l'appareil de prise de vues, au niveau de laquelle l'image présente précisément une transition du blanc au noir ou est noire si le nombre s'avère être "1" comme dans le cas de la ligne Y_{420} , où 15 la courbe 14 s'étend à partir du coin gauche du champ. L'ordinateur est également programmé de manière à interpréter une seconde apparition non nulle, dans une ligne donnée comme étant la position d'une transition du noir vers le blanc. La trame 99 présente une transition du blanc vers le noir en X_b dans 20 la ligne Y_{n+1} , une transition du blanc vers le noir au niveau de X_e et une transition du noir par le blanc au niveau de X_d , et ceci est indiqué par les nombres apparaissant dans les lignes Y_{n+1} et Y_{n+3} de la matrice de la figure 7. Comme cela est indiqué ci-dessus, le type de transition, qu'il s'agisse de 25 la transition du blanc vers le noir ou du noir vers le blanc, est indiqué par l'ordre des apparitions dans une ligne particulière, et dans toute ligne, une entrée non nulle dans une position impaire indique une transition du blanc vers le noir (ou la position d'un point noir si le point possède la position 1 suivant la coordonnée X), et toute apparition ou entrée non nulle dans une position paire d'une ligne indique une transition du noir vers le blanc, et l'entrée "0" intervenant à la suite des entrées non nulles indique l'absence 30 de toute transition ou entrée ultérieure dans une ligne donnée.

35 La figure 8 est un schéma-bloc du circuit de réception

de trames 107 et des circuits à seuil 150, qui sont situés à l'intérieur du système 4 réalisant le suivi de courbes et qui convertit les signaux vidéo produits par l'appareil de prise de vues 82 en la matrice de la figure 7. Les signaux vidéo peuvent être du type standard, qui comporte une impulsion de synchronisation horizontale inversée produite au début de chaque segment d'un signal vidéo correspondant au début de chaque ligne du champ 86, et une impulsion de synchronisation verticale indiquant la fin d'une trame. Le circuit à seuil 150 de la figure 8 comprend un comparateur 110 qui reçoit un signal vidéo arrivant à une entrée 112 en provenance de l'appareil de prise de vues 82 et le compare à une tension de seuil qui est établie par un potentiomètre 114, de sorte qu'il apparaît, au niveau de la sortie du comparateur, un signal numérique indiquant si l'entrée arrivant de l'écran vidéo est inférieur ou supérieur au niveau de seuil. Le niveau de seuil est réglé à une valeur comprise entre la tension d'un signal vidéo correspondant à une partie vide de la feuille et la tension d'un signal vidéo correspondant à une partie de la feuille, dans laquelle la courbe 14 est inscrite. Le réglage désiré du potentiomètre peut dépendre de facteurs tels que l'intensité ou le degré de teinte foncée de la courbe 14, le niveau d'intensité de teinte foncée de marques de fond sur la feuille comme par exemple des salissures, des taches de café ou des effaçures incomplètes, et le potentiomètre 114 doit être réglé de manière que le seuil soit situé au-dessus du signal vidéo correspondant à de telles marques de fond. Bien que la représentation schématique de la figure 8 indique qu'un potentiomètre utilisé pour régler le niveau de seuil du comparateur 110, on peut utiliser d'autres types de dispositifs de commande. Par exemple on peut introduire un niveau de seuil dans l'ordinateur 22 par l'intermédiaire du clavier 59, l'ordinateur étant programmé de manière à produire une tension proportionnelle à l'entrée au clavier et à appliquer cette tension au comparateur 110 à la pla-

ce de la tension fournie par le potentiomètre[®] 114.

Le signal numérique produit par le comparateur 110 est envoyé à une entrée de déclenchement 115 d'un détecteur de bord cu limite 116, qui détecte si le signal vidéo soumis à comparaison du seuil, a effectué une transition du blanc au noir ou une transition du noir au blanc et envoie une impulsion à l'entrée d'enregistrement 129 de la mémoire de trame 118 par l'intermédiaire d'une porte OU 117 et d'une ligne à retard 127. Le détecteur de bord 116 est validé sous la forme d'une entrée 195, par un signal approprié délivré par l'ordinateur lorsque ce dernier désire produire une matrice du type représenté sur la figure 7, de telles matrices étant représentées de façon typique au niveau de chaque point projeté comme par exemple les points P+2 et P+3 représentés sur la figure 14.

En même temps que la délivrance d'une information vidéo au comparateur 110 et de la réponse du détecteur de bord 116, un compteur d'éléments d'image 122, qui a été effacé par l'impulsion de synchronisation horizontale inversée précédente du signal vidéo 112, est incrémentée de façon répétée par des impulsions délivrées par une sortie d'horloge 124 d'un circuit de cadencement vidéo 109, qui produit une impulsion pour chaque partie du signal vidéo correspondant à un élément d'image dans une ligne donnée de la matrice d'éléments d'image dans l'appareil de prise de vues 82. Le compteur d'éléments d'image 122 est raccordé à une entrée de données 125 de la mémoire de trames 118 et étant donné que les impulsions produites par le détecteur de bord 116 aboutissent à l'entrée d'enregistrement 129, lorsque le détecteur de bord 116 détecte une transition, il déclenche la mémoire de trames 118 pour qu'elle enregistre la position de coordonnées X de la transition produite par le compteur d'images 122. Un tel nombre de positions de coordonnées X peut être le X_a , X_b , X_d ou X_e ou une autre entrée dans la matrice de la figure 7. La ligne à retard 127 peut fournir un retard de l'ordre de 50

nanosecondes et est utilisée pour retarder le signal d'enregistrement envoyé à la mémoire de trames de telle sorte que le compteur 122 a le temps d'achever le comptage du courant avant que la mémoire de trames 118 lise le nombre compté, si non il pourrait en résulter un état de fonctionnement imprévisible.

En-dehors de la position de coordonnée X de chaque transition, la mémoire de trames a besoin d'une coordonnée Y ou d'une adresse de ligne et d'une adresse de position à l'intérieur de chaque ligne de telle sorte que cette mémoire de trames sait où mémoriser l'adresse de comptage produite par le compteur d'éléments d'image 122 et correspondant à chaque transition. Cette fonction d'adressage est exécutée par un compteur de multiplets 126, par un compteur de lignes 128 et une mémoire tampon 130. Le compteur de lignes 128 est effacé par chaque signal de synchronisation vertical produit par le circuit de cadencement vidéo 109 et est incrémenté par chaque impulsion de synchronisation horizontale produite par le circuit de cadencement vidéo 109 et envoie son état de comptage sortant à la mémoire tampon 130 en vue d'une lecture ultérieure de cette valeur par la mémoire de trames 118. Les états de comptage produits par le compteur de lignes 128 représentent les lignes Y_0 à Y_{420} de la figure 6. Le compteur de multiplets 126 est effacé par chaque impulsion de synchronisation horizontale inversée et est incrémenté par chaque signal de transition produit par le détecteur de bord 116 et envoyé par l'intermédiaire d'une porte OU 117, de telle sorte que le compteur de multiplets 126 indique dans quelle position à l'intérieur de chaque ligne de la matrice de la figure 7 doit être mémorisé le nombre de coordonnée X produit dans le compteur d'éléments d'image 122.

Par exemple si l'on se trouve à un moment où le signal vidéo 112 commence à convertir l'information à partir de la ligne Y_{n+3} des éléments d'image dans l'appareil de prise de vues 82, le compteur de lignes 128 possèdera un état

de comptage Y_{n+3} , le compteur de multiplets comportant un état de comptage 1 et le compteur d'éléments d'image commençera juste à effectuer un comptage progressif à partir de zéro. Ensuite, lorsque le compteur d'éléments d'image 122 a effectué un comptage jusqu'au nombre X_e , le détecteur de bord détecte une transition et envoie un signal d'enregistrement à la mémoire de trames 118 de sorte que le nombre X_e est enregistré dans la première position de la ligne Y_{n+3} de la mémoire de trames 118. Au bout d'un bref intervalle de temps, 10 le signal vidéo indique la transition du noir vers le blanc pour la position X_d de coordonnée x et le détecteur de bord envoie une impulsion d'enregistrement à la mémoire de trames 118 et un signal d'incrémentation au compteur de multiplets 126. A peu près simultanément le compteur d'éléments d'image 122 délivre sur sa sortie un état de comptage X_d qui, au bout d'un bref retard défini par un élément à retard 127, est enregistré dans la seconde position de la ligne Y_{n+3} de la mémoire d'image 118.

Dans la matrice de la figure 7, il est également prévu, le cas échéant, une entrée zéro dans chaque ligne après la dernière entrée de coordonnée x non nulle. L'entrée zéro est obtenue lorsque le compteur 122 est effacé par l'impulsion de synchronisation horizontale inversée, qui arrive également à une porte inverseuse 242 qui déclenche l'entrée d'enregistrement 129 de la mémoire de trames 118 par l'intermédiaire de la porte OU 117 et de l'élément à retard 127. Cette impulsion de synchronisation horizontale sert également à incrémenter le compteur de multiplets 126, qui provoque l'enregistrement de l'entrée zéro dans une position de chaque ligne 25 de la matrice de la figure 7, après la dernière entrée non nulle. Un élément à retard 131, fournit un retard légèrement supérieur à la ligne à retard 127, et garantit que le compteur de multiplets 119 n'est pas effacé avant que l'entrée zéro soit effectuée dans la position appropriée à l'intérieur 30 de la mémoire de trames 118. On notera que seule l'informa- 35

tion de position de coordonnée X fournie par le compteur d'éléments d'image 122 et les entrées nulles successives sont réellement mémorisées dans la mémoire de trames 118, et que les nombres de lignes Y_n ne sont en réalité pas mémorisés, 5 mais sont néanmoins connus de l'ordinateur étant donné que l'information de coordonnée X est mémorisée dans des lignes successives d'un bloc de mémoire situé à l'intérieur de la mémoire de trames 118, et que l'ordinateur connaît l'adresse de la première de ces lignes dans le bloc de mémoire et 10 référence chaque ligne par rapport à la première ligne.

Après que l'ordinateur a produit la matrice de la figure 7 correspondant à l'élément de la courbe 14 affichée sur la figure 6, l'ordinateur agit de manière à déterminer un point central $CP-P_n$ voisin du point P_n . Le point P_n est le 15 centre du champ 86 et de la trame de la figure 6 et si cette trame devait être affichée sur l'écran de contrôle 34, le curseur 73 indiquerait le point P_n . Pour déterminer les coordonnées du point central voisin du point P_n , l'ordinateur calcule la longueur d'un trait horizontal 171 représenté par 20 des tirets sur la figure 6 et qui subdivise en deux la trame, à savoir dans ce cas la ligne $Y_i = 210$, et passe par le point P_n . Pour effectuer ce calcul, l'ordinateur soustrait le nombre X_f de coordonnée X du nombre X_q de coordonnées X mémorisé dans la ligne Y_i de la matrice 97 et qui indique la 25 position de coordonnée X de la transition du blanc vers le noir dans la ligne Y_i correspondant à un point d'extrémité de l'édite ligne horizontale, et la transition du noir vers le blanc dans la ligne Y_j , correspondant à l'autre point d'extrémité de la ligne horizontale. Ensuite l'ordinateur 22 détermine la 30 longueur d'un trait vertical 151 représenté sous une forme de tirets sur la figure 6 et qui passe par le point P_n et se termine au niveau des limites de la courbe 14.

La figure 9 indique un algorithme servant à déterminer la longueur de ce trait. Tout d'abord on règle une variable 35 Y_c sur une valeur égale à Y_i , qui est la coordonnée du

point P_n , la coordonnée X étant égale à X_i . Fnsuite, comme ce-
 la est indiqué par le losange 155, l'ordinateur considère une
 ligne Y_b+1 , qui est située directement au-dessous de la li-
 gne Y_i pour voir s'il existe deux entrées correspondant à
 5 une transition du blanc vers le noir et à une transition du
 noir vers le blanc, entre lesquelles se situe le point X_i ,
 et s'il en est ainsi, ceci indique que le trait vertical 150
 ne se termine pas au niveau de la ligne Y_b+1 . Dans ce cas
 l'ordinateur recherche alors la seconde ligne en dessous de la ligne
 10 Y_i pour voir s'il existe des entrées correspondant à une tran-
 sition du blanc vers le noir et à une transition du noir vers
 le blanc, entre lesquelles le nombre X_i sesitue, et ainsi de
 suite jusqu'à ce que l'ordinateur arrive à la première ligne,
 dans laquelle cette condition n'est pas satisfaite, à savoir
 15 la ligne Y_i+3 dans le cas présent. Comme cela est indiqué
 par le losange 157 et le rectangle 160, l'ordinateur commence
 à rechercher les lignes situées au-dessus de la ligne Y_i de
 manière à permettre une incrémentation de Y_i pour chaque ligne
 de cette sorte, et détermine la ligne au niveau de laquelle le
 20 trait 150 se termine au-dessus du point P_n . Dans le cas re-
 présentée sur la figure 6, cette ligne supérieure est Y_i-1 , bien
 qu'elle se situe seulement une ligne au-dessus de la ligne
 Y_i . Enfin l'ordinateur détermine la longueur du trait 151 en
 soustrayant la valeur incrémentée finale de Y_i de la valeur
 25 incrémentée finale de Y_b . Ensuite l'ordinateur détermine ce-
 lui des traits vertical et horizontal qui est le plus court,
 et calcule le centre du trait le plus court, pourvu que la
 longueur du trait le plus court ne soit pas nettement infé-
 rieure à l'épaisseur standard de la courbe 14, telle qu'elle
 30 a été calculée précédemment dans la partie de la courbe 14
 située autour du point $P+1$. Pour calculer l'épaisseur standard,
 l'ordinateur 21 calcule tout d'abord la longueur d'un trait
 vertical passant par le point $P+1$ et limité par la courbe
 14, puis calcule la longueur d'un trait horizontal passant
 35 par le point $P+1$ et limité par la courbe 14, de la manière

représentée sur la figure 6 et décrite en référence au point P+1. Ensuite l'ordinateur détermine une épaisseur assez précise de la courbe 14 au voisinage du point P+1 au moyen de l'équation $T=VxH/V^2+H^2$, T désignant l'épaisseur, V la longueur du trait vertical et H la longueur du trait horizontal.

Si le trait le plus court passant par le point P_n est acceptable, son centre sert de point central CP- P_n voisin du point P_n , même s'il ne s'agit que d'un point central approché, et les coordonnées du point central supposé sont mémorisées par l'ordinateur, de façon typique dans une première mémoire intermédiaire et ensuite dans un disque situé à l'intérieur de l'unité à disques 26, si le point doit nécessairement représenter une faible partie de la courbe 14 et n'est pas effacé lors d'une opération ultérieure de réduction de la courbe.

Si par ailleurs le plus court des traits horizontal et vertical est trop court, l'ordinateur peut utiliser le plus long des deux traits s'il se situe dans une certaine plage de longueurs par rapport à l'épaisseur standard, et calculer le point central sur ce trait le plus long de manière à en réaliser la mémorisation temporelle ultérieure et éventuellement une mémorisation plus permanente dans l'unité de mémoire à disques 26.

La figure 10 représente un élément 169 de la courbe 14 représentée sur la figure 6 et un autre élément ou embranchemen 170 de la courbe 14, contenu dans une autre trame 175 produite par l'appareil de prise de vues 82. La trame 175 est centrée autour d'un point P_k , dont la position a été déterminée par un vecteur s'étendant entre les deux points centraux précédents 165 et 167 et par la longueur de corde standard, et le dessin représente deux phases opératoires d'un processus de calcul d'un point central. Comme dans le cas du calcul du point central voisin de P_n , le calcul du point central voisin de P_k commence lorsqu'une matrice du type présenté est produite de manière à présenter la trame et que

l'ordinateur central 22 détermine la longueur d'un trait horizontal 172 qui passe par le point P_k et est confiné dans l'espace de la courbe 14, et la longueur d'un trait vertical 174 qui passe par le point P_k est confinée à l'intérieur de la courbe 14. Cependant, lorsque l'ordinateur découvre que chaque trait possède une longueur nettement supérieure à l'épaisseur standard de la courbe, l'ordinateur traite simplement le point P_k comme étant le point central de la courbe 14 dans cette région et mémorise les coordonnées du point P_k comme étant représentatives d'un autre petit élément de la courbe 14. A titre d'exemple, le découpage permettant d'obtenir des longueurs acceptables de traits utilisés pour le calcul du point central peut être réglé à une valeur correspondant approximativement à une fois et demie l'épaisseur standard de la courbe. La raison, pour laquelle l'ordinateur 22 n'exécute pas la détermination du point central du plus court des traits horizontal et vertical, dans ce cas le trait 172, est que ce point central repéré en 176 est supposé être plus loin du point central actuel d'embranchement 170 de la courbe 14, que le point P_k . Après traitement du point P_k en tant que point central, le système 4 réalisant le suivi de courbes fonctionne en suivant l'embranchement 170 étant donné qu'un vecteur situé entre le point P_k et le point central précédent 165 est dirigé dans cette direction. Par conséquent le processus de calcul du point central et le processus de recherche 81 indiqué en référence à la figure 5, non seulement fournissent les calculs de tels points centraux et les fonctions de recherche, mais également assistent le système 4 réalisant le suivi de courbes dans son choix d'une direction de suivi de la courbe au niveau d'une intersection telle que celle représentée sur la figure 10.

Après que l'ordinateur a exploré l'embranchement 70 et a suivi la courbe 14 jusqu'à son extrémité le long de ce chemin, un opérateur peut, en vue de numériser l'embranchement 174, répéter le processus de suivi de courbe indiqué sur la

figure 5, en commençant cette fois par l'embranchement 177 et en s'écartant de l'intersection de l'embranchement 170, 177.

La figure 11 représente un élément 71 de la courbe 5 14 et illustre, en association avec la figure 12, le processus indiqué sur la figure 5 et au moyen duquel le système 4 réalisant le suivi de courbes numérise l'élément 71 comprenant un segment extrêmement cintré 83. Comme cela a été décrit en référence aux figures 1 et 4, l'opérateur peut choisir manuellement les points P et P+1 en déplaçant de façon appropriée la manette 68 et les organes de commande formés par les roues moletées 60 et 62 et indiquer à l'ordinateur de repérer les points centraux voisins des points P et P+1, moyennant l'enfoncement du bouton de numérisation 64 sur la console 30, ce 15 calcul des points centraux étant effectué comme cela a été illustré en référence aux figures 9 et 10. Ensuite l'opérateur peut enfoncez le bouton d'avance vectorielle 66 situé sur la console 30 de manière à provoquer l'avance automatique de la tête d'exploration 38 dans une direction déterminée 20 par un vecteur commençant au niveau du point central voisin du point P et passant par un point central voisin du point P+1. Lorsque la tête d'exploration 38 est centrée sur le point P+2, qui est situé à une distance du point P+1 égal à une longueur de corde standard, une trame est produite et est convertie en 25 la matrice du type représenté sur la figure 7, et le point central voisin du point P+2 est calculé de la manière décrite ci-dessus. Ensuite la tête d'exploration 38 est dirigée de manière à passer par un point P+3 qui se situe dans la direction du vecteur partant du point central voisin du point P+1 30 et passant par le point central voisin du point P+2 et situé par rapport à ce point P+2 à une distance égale à une longueur de corde standard. Ensuite l'ordinateur détermine un point central voisin du point P+3, de la manière décrite ci-dessus et indique dans ce cas que le point central est le centre d'un trait vertical passant par le point P+3 étant donné 35

que le trait vertical est plus court que le trait horizontal respectif.

Ensuite l'ordinateur fait avancer la tête d'exploration de la manière usuelle sur la base du vecteur s'étendant entre le point central voisin du point P+2 et le point central voisin du point P+3, et après une longueur de corde standard, l'appareil de prise de vues 82 passe directement au-dessus du point P+4. On notera que la distance entre le point central voisin du point P+3 et le point P+4 et la distance entre le point central voisin du point P+4₆ et un point P+5 ont été agrandies sur la figure 11 à des fins d'illustration, mais que, dans le cas du fonctionnement réel du système 4 réalisant le suivi de courbes, la distance entre un point projeté tel que le point P+4 et le point central voisin du point P+3 est la même que celle présente entre le point P+3 et le point central voisin P+2, et qu'entre le point P+5 et le point central voisin de P+4₆ et entre chaque point projeté P+N et un point central précédent. Une fois que l'appareil de prise de vues 82 produit une trame d'une image centrée autour du point P+4, le circuit de réception de trames 107 crée une matrice du type représenté sur la figure 7, puis l'ordinateur examine les entrées dans le trait horizontal médian de la matrice et établit que la coordonnée X du point P+4, supposée être la coordonnée X du centre de la matrice, à savoir le nombre 125 dans une matrice à 250 colonnes, n'est pas située entre une entrée de transition du blanc vers le noir et une entrée suivante de transition du noir vers le blanc. Par conséquent l'ordinateur apprend que le point P+4 ne tombe pas ou ne se situe pas sur la courbe 14. Alors l'ordinateur effectue un procédé de recherche illustré par le pas 81 sur la figure 5 ainsi que sur l'ensemble de la figure 12 et qui commence lorsque l'ordinateur réalise un examen sur une courte distance au-delà du point P+4, et ce jusqu'à un point P+4₁, qui se situe dans une direction indiquée par un vecteur 261, laquelle est définie par les deux points centraux précédents.

dents et qui a été utilisée pour déterminer le point P+4. Cette phase opératoire est également désignée sous le terme de "extension" sur la figure 12 et une distance d'extension standard entre les points P+4 et P+4₁ peut être égale, à titre d'exemple, à 0,7 fois l'épaisseur standard de la courbe telle qu'elle a été déterminée antérieurement. La distance d'extension précise n'est pas critique pour le procédé de recherche, mais doit être inférieure à l'épaisseur standard ou à l'épaisseur réelle de la courbe 14 au voisinage du point P+4, de sorte qu'une extension particulière ne peut pas s'étendre au-delà de la courbe dans le cas où la courbe passe au-delà d'un point voisin P+4 et s'étend perpendiculairement au vecteur 261.

Après la première extension, l'ordinateur examinant la matrice de la manière décrite ci-dessus détecte que le point P+4₁ ne se situe pas sur la courbe et repère, comme cela est indiqué par une phase opératoire 73, un point P+4₂ qui se situe à une distance du point P+4 correspondant à une longueur d'arc standard dans le sens des aiguilles d'une montre. La longueur de l'arc standard correspond à une distance de séparation entre les points P+4 et P+4₂ égale approximativement à la distance d'extension. Lorsque l'ordinateur détecte que le point P+4₂ ne se situe pas sur la courbe 14, l'ordinateur réalise un examen au-delà du point P+4₂ sur une distance d'extension standard dans une direction indiquée par un vecteur passant par le point central voisin du point P+3 et par le point P+4₂, jusqu'au point P+4₃, et lorsque l'ordinateur détecte que le point P+4₃ ne se situe pas sur la courbe 14, il exécute une recherche, comme indiqué par une phase opératoire 75, à une distance correspondant à une longueur d'arc standard, dans le sens inverse des aiguilles d'une montre depuis le point P+4 jusqu'à un point P+4₄, pour voir si ce point se situe sur la courbe 14. Lorsque l'ordinateur détecte que le point P+4₄ ne se situe pas sur la courbe, il passe à un point P+4₅ et lorsqu'il détecte que le point P+4₅ également ne

tombe pas sur la courbe, il détermine s'il a ainsi balayé jusqu'alors un arc de 90 degrés à partir du point $P+4$ dans les deux directions, car ceci indique les limites de la zone représentée par la matrice de la figure 7, lors de la présente opération de recherche, les points $P+4_1$ à $P+4_5$ sous-tendent un arc inférieur à 90 degrés à partir du point $P+4$. Par conséquent, comme cela est indiqué au moyen des phases opératoires 77 et 73, l'ordinateur recherche deux longueurs d'arc standard dans le sens des aiguilles d'une montre à partir du point $P+4$ et repère le point $P+4_6$. Alors l'ordinateur détecte que le point $P+4_6$ est situé sur la courbe 14 et procède au calcul du point central voisin du point $P+4_6$, de la manière normale illustrée sur la figure 10. Pour détecter que le point $P+4_6$ se situe sur la courbe 14, l'ordinateur calcule tout d'abord les coordonnées X-Y du point $P+4_6$ à partir de la connaissance de la position du point $P+4_6$ par rapport au point $P+4$, le point central de la matrice. Ensuite l'ordinateur examine la ligne Y située dans la matrice du point $P+4_6$ pour voir s'il existe une entrée de transition du blanc vers le noir et une entrée immédiatement suivante de transition du noir vers le blanc qui englobe la coordonnée X du point $P+4_6$. Dans ce cas ceci indique que le point se situe sur la courbe.

Etant donné que le système 4 réalisant le suivi de courbes n'a pas encore atteint la fin de la ligne, l'ordinateur revient ensuite sur le mode d'avance vectorielle standard, de telle sorte qu'il dirige la tête d'exploration 38 de manière à la déplacer dans une direction déterminée par un vecteur émanant du point central voisin du point $P+3$ et passant par le point central du point voisin $P+4_6$ et à une distance égale à la longueur de corde standard, et l'appareil de prise de vues 82 passe directement sur un point $P+5$. Le point $P+5$ ne se situe également pas sur la courbe 14, si bien que l'ordinateur effectue à nouveau le processus de recherche illustré sur la figure 12 et détermine en définitive le point central voisin du point $P+5_6$.

Comme cela est illustré sur la figure 11, on a considéré que la courbe 14 faisait un coude proche de 90 degrés au niveau du segment 83 entre les points P+3 et le point central voisin du point P+5₆, et ce coude accusé a eu pour effet que les points projetés P+4 et P+5 étaient situés très à l'écart de la courbe. Mais néanmoins la tête d'exploration 38 a continué à suivre la courbe 14 autour de ce coude accusé et à repérer des points centraux, et le point immédiatement suivant sélectionné dans le mode d'avance vectorielle, P+6, se situe sur la courbe et aucune opération de recherche n'est requise, et seul est nécessaire le calcul d'un point central standard comme représenté sur la figure 10.

Le processus d'avance vectorielle se poursuit jusqu'à ce que la tête d'exploration 38 atteigne un point P+Y situé au-delà d'une extrémité 93 de la courbe 14, comme cela est illustré sur la figure 13, et l'ordinateur passe à l'algorithme de recherche représenté sur la figure 12. Cependant, contrairement aux résultats de l'opération de recherche exécutée autour des points P+4 et P+5, l'ordinateur recherche des points P+Y₁ à P+Y₁₇, qui englobent un espace de 90 degrés dans les deux directions à partir du point P+4, et ne repère pas un point qui se situe sur la courbe 14. Par conséquent l'ordinateur suppose qu'il a atteint l'extrémité de la courbe 14, arrête le déplacement de la tête d'exploration 38 et demande à l'opérateur ce qu'il doit faire ensuite. Dans l'illustration de la figure 13, on a représenté le fait qu'il existe dix-sept points qui ont été recherchés autour du point P+Y, mais ce nombre particulier est donné uniquement à titre d'illustration des limites angulaires du champ de recherche et n'est pas censé indiquer qu'il faut effectuer exactement une recherche sur dix-sept points avec un angle total de 180 degrés sur un arc centré autour d'un point tel que P+Y pour déterminer que la tête d'exploration 13 a atteint l'extrémité de la courbe.

La figure 14 représente le déplacement de la tête

d'exploration 38 lorsqu'elle suit la courbe 14 le long de l'élément de courbe représenté sur la figure 11. Etant donné que la tête d'exploration 38 a été dirigée manuellement, à titre d'illustration, depuis le point P jusqu'au point P+1, la trajectoire de déplacement de cette exploration 38 entre ces deux points est variable et ne présente aucune importance particulière et est indiquée d'une manière générale par une ligne formée de tirets 131. Alors, une fois que l'ordinateur a déterminé les coordonnées du point projeté P+2, il trace une trajectoire pour la tête d'exploration 38 de telle sorte que l'appareil de prise de vues 82 passe éventuellement au-dessus du point P+2. Etant donné que le point P+1 a été sélectionné manuellement, la tête d'exploration 38 se trouve dans une position d'attente tandis que l'ordinateur trace la trajectoire jusqu'au point P+2, et peut passer directement à un point où la tête d'exploration 38 effectue une rotation, dans une première forme de réalisation de l'invention, pour aboutir à un point tel que P+2-, qui précède le point projeté immédiatement suivant tel que le point P+2. Le point P+2- et le point P+2 sont situés approximativement dans la direction d'un vecteur qui part du point central voisin du point P et qui passe par le point central voisin du point P+1, et il est envisagé, conformément à cette trajectoire de déplacement de l'appareil de prise de vues 82, que, lorsque la tête d'exploration passe par le point P+2, elle se déplace approximativement suivant la direction dudit vecteur et à une vitesse préterminée. Etant donné que la tête d'exploration 38 était dans une position de repos au-dessus du point P+1, elle doit accélérer pour prendre une certaine vitesse et décélérer pour passer à une vitesse inférieure, cette vitesse inférieure pouvant être proche de la vitesse nulle ou égale de la vitesse nulle au niveau du point P+2-1 où la tête d'exploration 38 change de chemin pour se diriger approximativement en ligne droite en direction du point P+2, suivant la direction du vecteur passant par le point central voisin du point

P et par le point central voisin du point P+1, la tête d'exploration 38 étant à nouveau soumise à une accélération. Le taux d'accélération à partir des points P+1 et P+2-' est limité par l'inertie de la tête d'exploration 38 et par d'autres parties mobiles associées et le taux de décélération avant le point P+2-', où la tête d'exploration 38 pivote, est également limité par l'inertie de la tête d'exploration, et la décélération doit être suffisante pour que la tête d'exploration 38 puisse négocier cette rotation, auquel cas plus l'angle de rotation ou de bifurcation est important, plus la tête d'exploration 38 doit décélérer en se rapprochant de la vitesse nulle avant de pivoter. Une fois que l'appareil de prise de vues 82 a franchi le point P+2 et que le circuit de réception de trames produit une matrice du type représenté sur la figure 7 et centrée autour de la région du point P+2, l'ordinateur calcule le point central voisin du point P+2 et détecte que ce point central n'est pas le même que le point P+2 et par conséquent que l'appareil de prise de vues 82 ne se déplace pas suivant la direction correcte de manière à passer directement au-dessus du point projeté suivant P+3.

L'ordinateur dirige le déplacement de la tête d'exploration 38 en envoyant des signaux de commande à un dispositif de contrôle et d'interpolation du traceur de courbes 134 représenté sur la figure 15, qui à son tour envoie des signaux correspondants à une mémoire tampon 136 qui est reliée par interface aux moteurs 50 et 52 d'entraînement suivant les axes X et Y. De même l'ordinateur reçoit de la part de capteurs de position 56 et 58 une information concernant la position de la tête d'exploration 38. Un processus consistant à diriger le déplacement de la tête d'exploration 38, l'ordinateur envoie au dispositif de commande et d'interpolation 134 du traceur de courbes une information sous la forme de coordonnées des points par lesquels l'ordinateur désire que la tête d'exploration passe, et le contrôleur du traceur de courbes calcule chaque point inscrit précédent ou ultérieur,

comme par exemple les points "P+2-'", "P+2'" et "P+2''", ainsi que les angles et les vitesses désirés que doit avoir la tête d'exploration, conformément aux directives de l'ordinateur, lors du passage par chaque point envisagé. Ensuite le dispositif 134 de contrôle et d'interpolation du traceur de courbes produit une série d'impulsions qu'il envoie aux moteurs 50 et 52 d'entraînement suivant les axes X et Y et qui, à titre d'illustration, sont du type pas-à-pas, et la fréquence et le nombre total des impulsions envoyées aux moteurs d'entraînement suivant l'axe X déterminent la composante de vitesse suivant X et la fréquence et le nombre total des impulsions envoyées aux moteurs d'avance suivant Y détermine la composante de vitesse suivant Y, ces deux composantes étant nécessaires pour déplacer la tête d'exploration 38 de la manière désirée. Pour une description plus détaillée des principes d'accélération et de décélération d'une tête, du type pouvant être utilisée dans un système servant à tracer des courbes ou à réaliser le suivi de courbes, de manière que la tête puisse suivre une trajectoire désirée, on pourra se référer au brevet US n°3 512 066 attribué à Gerber en date du 12 Mai 1970.

Lorsque l'ordinateur achève son opération de réception de trames et le calcul d'un point central voisin du point P+2, du vecteur passant par le point central voisin du point P+1 et par le point central voisin du point P+2 et de la position d'un point envisagé P+3, la tête d'exploration a déjà dépassé le point P+2 d'une distance delta et l'appareil de prise de vues 82 a avancé jusqu'au point P+2' le long du trajet du vecteur passant par le point central voisin du point P et par le point central voisin du point P+1. Ensuite l'ordinateur envoie des données concernant les coordonnées du point envisagé suivant, P+3, et l'angle et la vitesse désirés, avec lesquels la tête d'exploration doit passer par le point P+3 jusqu'au dispositif 134 de commande et d'interpolation du traceur de courbes. Il n'est pas nécessaire que l'ordinateur envoie cette information au dispositif 134 de commande

et d'interpolation du traceur de courbes dès qu'elle est calculée, bien que ceci puisse être souhaitable, et au lieu de cela l'ordinateur peut attendre un certain temps après que la tête d'exploration soit passée par un point quelconque envoyé avant l'envoi de l'information de changement de direction au dispositif 134 de commande et d'interpolation du traceur de courbes. Une fois que l'ordinateur a envoyé l'information de changement de direction au dispositif 134 de commande et d'interpolation du traceur de courbes, un certain temps s'écoule avant que ce dispositif 134 traite l'information, envoie un signal approprié à la mémoire tampon 136 et avant que le signal approprié passe par la mémoire tampon 136 et déclenche le moteur 50 d'entraînement suivant l'axe X et le moteur 52 d'entraînement suivant l'axe Y. De même un temps court s'écoule avant que la tête d'exploration 38 décélère une fois qu'elle reçoit son nouveau signal approprié de manière qu'elle puisse négocier le suivi du coude imposé, et le temps que met la tête d'exploration pour décélérer suffisamment jusqu'à prendre sa vitesse de pivotement à partir de l'instant auquel l'ordinateur envoie l'information de changement de direction au dispositif 134 de commande et d'interpolation du traceur de courbes, est indiqué par un temps delta prime, et le pivotement commence au niveau du point P+2". A partir du point P+2", la tête d'exploration est dirigée en général en ligne droite jusqu'à un point P+3-' et est soumise à une accélération lui faisant prendre une certaine vitesse, puis à une décélération servant à la ralentir ou éventuellement l'arrêter au niveau du point P+3-', de sorte que la tête d'exploration peut négocier le coude nécessaire et commander l'appareil de prise de vues 82 pour qu'il passe directement au niveau du point P+3 sous un angle avec une vitesse désirés.

En se référant à nouveau au cas précédent, lorsque l'appareil de prise de vues 82 passe au-dessus du point P+3 et qu'une trame est gelée et qu'une matrice est produite,

l'ordinateur détecte à nouveau le fait que la tête d'exploration 38 ne se dirige pas en direction d'un point projeté P+4 et corrige sa trajectoire en lui faisant suivre des lignes en trait plein 279 et 281 d'une manière analogue à la 5 manière dont une correction de trajectoire a été effectuée à proximité du point P+2. Une fois franchi le point P+4, le déplacement de la tête d'exploration est indiqué par des lignes en trait plein 283, 285, 287, 289 et 291. A cet instant, la tête d'exploration 38 a suivi le coude assez accusé re-10 présenté sur la figure 14 et se rapproche d'un point P+7 où la courbe 14 est rectiligne. Sur cet élément rectiligne de la courbe 14 s'étendant au-delà de ce point P+7, la tête d'exploration 38 suit également un déplacement rectiligne et aucun changement de direction n'est nécessaire. Sur ces éléments 15 rectilignes de la courbe 14 et d'autres courbes qui sont suivies à d'autres moments, le processus illustré sur la figure 14, servant à l'acheminement de la tête d'exploration 38 est particulièrement avantageux étant donné que ce processus d'acheminement suit la tête d'exploration 38 de manière à se dé-20 placer relativement rapidement le long de la courbe 14 sans s'arrêter au niveau de points projetés, étant donné que ces points envisagés sont en réalité des points centraux.

A titre d'exemple et de comparaison, si dans une version modifiée du système 4 servant à réaliser le suivi de courbes, la tête d'exploration 38 était dirigée de manière à s'arrêter en chaque point P+N et d'y être maintenue, alors qu'un point envisagé P+N+1 a été calculé et qu'une trajectoire a été tracée contrairement au cas illustré sur la figure 14 de la tête d'exploration continue au-delà de chaque point 25 P_n alors que ces calculs ont été effectués, lorsque le système modifié suit une courbe rectiligne telle que le dernier élément de la courbe 14 représentée sur la figure 14, la tête d'exploration s'arrête en chaque point P+N et par conséquent fournit une vitesse de suivi de courbe, qui est plus 30 faible que dans le processus illustré sur la figure 14. On no-35

tera que ce système modifié servant à diriger la course de déplacement d'une tête d'exploration comme par exemple une tête 38, peut être mis en oeuvre moyennant l'utilisation du système 4 servant à réaliser le suivi de courbes, avec des modifications appropriées afin de tirer parti des autres caractéristiques de l'invention illustrée sur la figure 14.

Dans une seconde forme de réalisation de l'invention, le point P+3-' ainsi que le point P+2' et tous les autres points affectés d'un signe négatif, qui précèdent un point 10 projeté, coïncident avec le point envisagé voisin, auquel cas l'angle de pivotement ou de bifurcation au niveau des points P+2-'/P+2, P+3-'/P+3, P+4-'/P+4 et P+5-'/P+5, sera plus faible que dans le cas de la première forme de réalisation où les points affectés d'un signe négatif et munis d'un accent précédait 15 les points projetés. Dans ce cas, là où les points affectés d'un signe négatif coïncident avec le point projeté voisin, la trajectoire de déplacement de l'appareil de prise de vues 82 entre chaque point de pivotement affecté d'un accent double et un point projeté ultérieur est indiquée par 20 des lignes formées de tirets 273, 275, 277 et 279, le restant du déplacement de l'appareil de prise de vues 82 étant le même que dans la première forme de réalisation, hormis que, dans la seconde forme de réalisation de l'invention, la tête d'exploration 38 s'arrête momentanément ou au moins ralentit 25 considérablement au niveau de chaque point projeté, comme par exemple les points P+2, P+3, etc, si bien que la tête d'exploration 38 peut négocier le pivotement requis. Cependant, dans la seconde forme de réalisation, la tête d'exploration n'attend habituellement pas en aucun des points envisagés pen- 30 dant que l'information de changement de direction est calculée. Ainsi par exemple après un arrêt momentané au niveau du point P+3, dans la seconde forme de réalisation, la tête d'exploration 38 suit rapidement la trajectoire repérée par des lignes en trait plein 297 à 299 avant de pivoter au niveau du 35 point P+3" et de suivre la trajectoire repérée par la ligne

formée de tirets 277.

La figure 16 illustre un processus de réduction utilisé par le système 4 servant à réaliser le suivi de courbes afin de réduire ou "amincir" le nombre des points numérisés, 5 habituellement des points centraux, qui sont mémorisés en permanence par l'ordinateur 82 de manière à représenter la courbe 14. Sur la figure 16, l'ensemble des points P+20 à P+25 sont des points centraux le long d'un élément de la courbe 14 et ces points ont été calculés dans l'ordre indiqué, et ce 10 de la manière normale décrite ci-dessus. Après le calcul des coordonnées de chaque point, on suit le processus indiqué ci-après pour déterminer si le point précédent est nécessaire pour définir de façon appropriée l'élément environnant de la courbe 14. En supposant que le point P+22 vient d'être calculé 15 et que le point P+20 subsiste d'une opération d'amincissement précédente, l'ordinateur détermine alors les angles par rapport à une droite autre qu'une droite horizontale, à savoir une droite 371 partant du point P+1 et tangente à un cercle 370 centré sur le point P+22, et une autre droite 20 373 partant du point P+20 et tangente au cercle 370, en vis-à-vis de l'autre tangente. L'ordinateur 22 calcule également les angles des droites 372 et 374 passant par le point P+20 et tangentes à un cercle 376. Le rayon des différents cercles 25 représentés sur la figure 16, incluant les cercles 370 et 376, correspond à un niveau de tolérance choisi par un opérateur pour établir l'écart maximum tolérable entre un point central donné et une droite reliant deux autres points centraux qui sont disposés respectivement avant et après le point central donné, c'est-à-dire que plus le rayon des cercles 30 est faible, plus la tolérance est faible et plus un point donné doit être proche d'une droite avant que sa coordonnée puisse être effacée de la mémoire de l'ordinateur 22, comme étant inutile pour représenter l'élément de la courbe 14 entourant ces trois points.

35 Pour continuer l'opération de réduction, l'ordinateur

détermine s'il existe un angle à l'intérieur du secteur défini par les droites 372 et 374, qui coïncident avec ou chevauchent les angles définis par les droites 371 et 373 et, s'il en est ainsi, le point P+21 n'est pas nécessaire pour représenter la courbe et peut être supprimé de la mémoire. Ensuite l'ordinateur calcule les coordonnées d'un point P+23 de la manière normale illustrée sur la figure 5 et détermine les angles des tangentes 378 et 380, qui partent toutes deux du point P+20, et déterminent si un angle se situant parmi ces angles est en chevauchement avec un angle situé à l'intérieur de tangentes 371, 373, qui étaient précédemment en chevauchement, et s'il en est ainsi, comme dans le cas de la figure 16, l'ordinateur supprime le point P+22. Ensuite l'ordinateur calcule les coordonnées d'un point P+24 et les angles de tangentes 382 et 384, et compare ces angles aux angles compris entre les tangentes 378 et 380, et étant donné qu'il n'existe aucun chevauchement entre les deux groupes d'angles, le point P+23 est conservé, de telle sorte qu'il représente le contour d'un élément environnant de la courbe 14. Ensuite l'ordinateur calcule les angles des tangentes 386 et 388, qui partent du point P+23, et calcule les coordonnées d'un point P+25 et les angles des tangentes 390 et 392 pour déterminer si le point P+24 est nécessaire. Le point P+24 n'est pas nécessaire pour représenter la courbe 14 et peut être supprimé de la mémoire étant donné que les angles à l'intérieur des tangentes 380 et 388 chevauchent les angles à l'intérieur des tangentes 390 et 392.

Les tangentes 386, 388, 390 et 392 illustrent un schéma du processus de réduction, lorsque l'on détermine finalement qu'un point donné, comme un point P+23, représente nécessairement le contour de la courbe 14. Le schéma est tel que les tangentes à un couple suivant de cercles autour des points centraux associés, comme par exemple les points P+27 et P+25, partent du point nécessaire donné, et les tangentes à des cercles ultérieurs entourant les points centraux associés par-

tent également du point nécessaire donné jusqu'à ce qu'un point nécessaire suivant ait été repéré. Ensuite ce point nécessaire ultérieur sert d'origine pour les tangentes suivantes à des cercles ultérieurs entourant les points centraux
5 associés.

Un système 4 réalisant le suivi de courbes peut également fonctionner selon un mode semi-automatique également désigné sous le terme de mode à pas unique, selon lequel un opérateur commence à sélectionner, de la façon normale, deux points
10 comme par exemple les points P et P+1, qui sont affichés sur l'écran de contrôle 34, et l'ordinateur 22 calcule, de façon normale, les points centraux qui sont voisins de ces points et commandent la tête d'exploration 38 de manière qu'elle se dirige vers le point P+2. Cependant, dans ce mode à pas unique,
15 l'ordinateur attend au niveau du point P+2 que l'opérateur sélectionne sur la courbe 14 un autre point qui n'est pas nécessairement situé sur le vecteur passant par les deux points centraux précédents. Une fois que l'opérateur a choisi le point donné, l'ordinateur calcule un point central voisin et commande la tête d'exploration 38 pour qu'elle suive une longueur de corde standard jusqu'à un point envisagé déterminé par le vecteur passant par le point central voisin du point donné et par le point central précédent. Ce mode de fonctionnement peut être utilisé pour réaliser le suivi d'un
20 élément complexe d'une courbe, comme par exemple une zone à intersections multiples, et peut être mis en oeuvre au moyen du matériel électronique et des éléments mécaniques, décrits ci-dessus, et à l'aide d'un logiciel qui peut être aisément conçu à partir de celui décrit ci-dessus. Par exemple un programme
25 d'ordinateur approprié peut être basé sur l'organisation de la figure 5, dont le pas 204 est modifié de manière à incrémenter en un point donné, deux états de comptage au lieu d'un seul comme dans le cas du processus décrit précédemment illustré sur la figure 5, et à partir du pas 204,
30 l'ordinateur travaillait au pas 206, lors duquel un opérateur
35

peut sélectionner manuellement le point suivant devant être numérisé, à la place de l'exécution du pas d'avance vectorielle automatique suivante indiquée par le pas 208.

Dans ce qui précède, on a décrit un système réalisant 5 le suivi de courbes conforme à la présente invention. Cependant de nombreuses modifications et substitutions peuvent être réalisées sans sortir du cadre de l'invention. Par exemple il existe d'autres moyens selon lesquels un ordinateur peut décider de quelle manière diriger une tête d'exploration op- 10 tique au niveau d'une intersection, que le moyen indiqué conformément au processus de recherche standard illustré sur les figures 5 et 12. Par exemple, comme cela est illustré sur la figure 17, l'ordinateur 22 peut se remémorer chaque droite horizontale passant par chaque point central qui a été précédemment calculé lors du processus de repérage de chaque point 15 central, et lorsque, comme indiqué sur la figure 17 par des points P+44-1 et P+44-2, la tête d'exploration a avancé sur la longueur d'une corde au-delà du point P+3, l'ordinateur 22 calcule une droite horizontale passant par les points P+44- 20 et P+44-2. Ensuite, à l'aide d'une matrice du type représenté sur la figure 7, l'ordinateur identifie qu'il existe deux droites dans la ligne correspondante de la matrice, qui incluent des coordonnées X communes à celles contenues dans la droite horizontale passant par le point P+43. A cet instant, 25 l'ordinateur peut arrêter la tête d'exploration et attendre un signal de la part de l'opérateur, pour décider si la tête d'exploration doit poursuivre son déplacement le long du vecteur défini par les points P+43 et P+44-1 ou défini par les points P+43 et P+44-2, ou bien l'ordinateur peut 30 être programmé d'avance de manière à décider un changement de direction vers la droite ou vers la gauche au niveau d'une telle intersection ou bien, si le cas se produit, de traverser directement une intersection. Ainsi la présente invention a été décrite à titre d'illustration et ne présente en 35 aucune manière un caractère limitatif.

REVENDICATIONS

1. Système servant à réaliser le suivi de courbes, caractérisé en ce qu'il comporte :

- un dispositif (82) d'exploration optique par balayage servant à produire une matrice et qui explore un élément d'une courbe (14) et produit une matrice représentant ledit élément de courbe, et

5 10 15 20 25 30 35 40 45 50 55 60 65 70 75 80 85 90 95 100 105 110 115 120 125 130 135 140 145 150 155 160 165 170 175 180 185 190 195 200 205 210 215 220 225 230 235 240 245 250 255 260 265 270 275 280 285 290 295 300 305 310 315 320 325 330 335 340 345 350 355 360 365 370 375 380 385 390 395 400 405 410 415 420 425 430 435 440 445 450 455 460 465 470 475 480 485 490 495 500 505 510 515 520 525 530 535 540 545 550 555 560 565 570 575 580 585 590 595 600 605 610 615 620 625 630 635 640 645 650 655 660 665 670 675 680 685 690 695 700 705 710 715 720 725 730 735 740 745 750 755 760 765 770 775 780 785 790 795 800 805 810 815 820 825 830 835 840 845 850 855 860 865 870 875 880 885 890 895 900 905 910 915 920 925 930 935 940 945 950 955 960 965 970 975 980 985 990 995 1000 1005 1010 1015 1020 1025 1030 1035 1040 1045 1050 1055 1060 1065 1070 1075 1080 1085 1090 1095 1100 1105 1110 1115 1120 1125 1130 1135 1140 1145 1150 1155 1160 1165 1170 1175 1180 1185 1190 1195 1200 1205 1210 1215 1220 1225 1230 1235 1240 1245 1250 1255 1260 1265 1270 1275 1280 1285 1290 1295 1300 1305 1310 1315 1320 1325 1330 1335 1340 1345 1350 1355 1360 1365 1370 1375 1380 1385 1390 1395 1400 1405 1410 1415 1420 1425 1430 1435 1440 1445 1450 1455 1460 1465 1470 1475 1480 1485 1490 1495 1500 1505 1510 1515 1520 1525 1530 1535 1540 1545 1550 1555 1560 1565 1570 1575 1580 1585 1590 1595 1600 1605 1610 1615 1620 1625 1630 1635 1640 1645 1650 1655 1660 1665 1670 1675 1680 1685 1690 1695 1700 1705 1710 1715 1720 1725 1730 1735 1740 1745 1750 1755 1760 1765 1770 1775 1780 1785 1790 1795 1800 1805 1810 1815 1820 1825 1830 1835 1840 1845 1850 1855 1860 1865 1870 1875 1880 1885 1890 1895 1900 1905 1910 1915 1920 1925 1930 1935 1940 1945 1950 1955 1960 1965 1970 1975 1980 1985 1990 1995 2000 2005 2010 2015 2020 2025 2030 2035 2040 2045 2050 2055 2060 2065 2070 2075 2080 2085 2090 2095 2100 2105 2110 2115 2120 2125 2130 2135 2140 2145 2150 2155 2160 2165 2170 2175 2180 2185 2190 2195 2200 2205 2210 2215 2220 2225 2230 2235 2240 2245 2250 2255 2260 2265 2270 2275 2280 2285 2290 2295 2300 2305 2310 2315 2320 2325 2330 2335 2340 2345 2350 2355 2360 2365 2370 2375 2380 2385 2390 2395 2400 2405 2410 2415 2420 2425 2430 2435 2440 2445 2450 2455 2460 2465 2470 2475 2480 2485 2490 2495 2500 2505 2510 2515 2520 2525 2530 2535 2540 2545 2550 2555 2560 2565 2570 2575 2580 2585 2590 2595 2600 2605 2610 2615 2620 2625 2630 2635 2640 2645 2650 2655 2660 2665 2670 2675 2680 2685 2690 2695 2700 2705 2710 2715 2720 2725 2730 2735 2740 2745 2750 2755 2760 2765 2770 2775 2780 2785 2790 2795 2800 2805 2810 2815 2820 2825 2830 2835 2840 2845 2850 2855 2860 2865 2870 2875 2880 2885 2890 2895 2900 2905 2910 2915 2920 2925 2930 2935 2940 2945 2950 2955 2960 2965 2970 2975 2980 2985 2990 2995 3000 3005 3010 3015 3020 3025 3030 3035 3040 3045 3050 3055 3060 3065 3070 3075 3080 3085 3090 3095 3100 3105 3110 3115 3120 3125 3130 3135 3140 3145 3150 3155 3160 3165 3170 3175 3180 3185 3190 3195 3200 3205 3210 3215 3220 3225 3230 3235 3240 3245 3250 3255 3260 3265 3270 3275 3280 3285 3290 3295 3300 3305 3310 3315 3320 3325 3330 3335 3340 3345 3350 3355 3360 3365 3370 3375 3380 3385 3390 3395 3400 3405 3410 3415 3420 3425 3430 3435 3440 3445 3450 3455 3460 3465 3470 3475 3480 3485 3490 3495 3500 3505 3510 3515 3520 3525 3530 3535 3540 3545 3550 3555 3560 3565 3570 3575 3580 3585 3590 3595 3600 3605 3610 3615 3620 3625 3630 3635 3640 3645 3650 3655 3660 3665 3670 3675 3680 3685 3690 3695 3700 3705 3710 3715 3720 3725 3730 3735 3740 3745 3750 3755 3760 3765 3770 3775 3780 3785 3790 3795 3800 3805 3810 3815 3820 3825 3830 3835 3840 3845 3850 3855 3860 3865 3870 3875 3880 3885 3890 3895 3900 3905 3910 3915 3920 3925 3930 3935 3940 3945 3950 3955 3960 3965 3970 3975 3980 3985 3990 3995 4000 4005 4010 4015 4020 4025 4030 4035 4040 4045 4050 4055 4060 4065 4070 4075 4080 4085 4090 4095 4100 4105 4110 4115 4120 4125 4130 4135 4140 4145 4150 4155 4160 4165 4170 4175 4180 4185 4190 4195 4200 4205 4210 4215 4220 4225 4230 4235 4240 4245 4250 4255 4260 4265 4270 4275 4280 4285 4290 4295 4300 4305 4310 4315 4320 4325 4330 4335 4340 4345 4350 4355 4360 4365 4370 4375 4380 4385 4390 4395 4400 4405 4410 4415 4420 4425 4430 4435 4440 4445 4450 4455 4460 4465 4470 4475 4480 4485 4490 4495 4500 4505 4510 4515 4520 4525 4530 4535 4540 4545 4550 4555 4560 4565 4570 4575 4580 4585 4590 4595 4600 4605 4610 4615 4620 4625 4630 4635 4640 4645 4650 4655 4660 4665 4670 4675 4680 4685 4690 4695 4700 4705 4710 4715 4720 4725 4730 4735 4740 4745 4750 4755 4760 4765 4770 4775 4780 4785 4790 4795 4800 4805 4810 4815 4820 4825 4830 4835 4840 4845 4850 4855 4860 4865 4870 4875 4880 4885 4890 4895 4900 4905 4910 4915 4920 4925 4930 4935 4940 4945 4950 4955 4960 4965 4970 4975 4980 4985 4990 4995 5000 5005 5010 5015 5020 5025 5030 5035 5040 5045 5050 5055 5060 5065 5070 5075 5080 5085 5090 5095 5100 5105 5110 5115 5120 5125 5130 5135 5140 5145 5150 5155 5160 5165 5170 5175 5180 5185 5190 5195 5200 5205 5210 5215 5220 5225 5230 5235 5240 5245 5250 5255 5260 5265 5270 5275 5280 5285 5290 5295 5300 5305 5310 5315 5320 5325 5330 5335 5340 5345 5350 5355 5360 5365 5370 5375 5380 5385 5390 5395 5400 5405 5410 5415 5420 5425 5430 5435 5440 5445 5450 5455 5460 5465 5470 5475 5480 5485 5490 5495 5500 5505 5510 5515 5520 5525 5530 5535 5540 5545 5550 5555 5560 5565 5570 5575 5580 5585 5590 5595 5600 5605 5610 5615 5620 5625 5630 5635 5640 5645 5650 5655 5660 5665 5670 5675 5680 5685 5690 5695 5700 5705 5710 5715 5720 5725 5730 5735 5740 5745 5750 5755 5760 5765 5770 5775 5780 5785 5790 5795 5800 5805 5810 5815 5820 5825 5830 5835 5840 5845 5850 5855 5860 5865 5870 5875 5880 5885 5890 5895 5900 5905 5910 5915 5920 5925 5930 5935 5940 5945 5950 5955 5960 5965 5970 5975 5980 5985 5990 5995 6000 6005 6010 6015 6020 6025 6030 6035 6040 6045 6050 6055 6060 6065 6070 6075 6080 6085 6090 6095 6100 6105 6110 6115 6120 6125 6130 6135 6140 6145 6150 6155 6160 6165 6170 6175 6180 6185 6190 6195 6200 6205 6210 6215 6220 6225 6230 6235 6240 6245 6250 6255 6260 6265 6270 6275 6280 6285 6290 6295 6300 6305 6310 6315 6320 6325 6330 6335 6340 6345 6350 6355 6360 6365 6370 6375 6380 6385 6390 6395 6400 6405 6410 6415 6420 6425 6430 6435 6440 6445 6450 6455 6460 6465 6470 6475 6480 6485 6490 6495 6500 6505 6510 6515 6520 6525 6530 6535 6540 6545 6550 6555 6560 6565 6570 6575 6580 6585 6590 6595 6600 6605 6610 6615 6620 6625 6630 6635 6640 6645 6650 6655 6660 6665 6670 6675 6680 6685 6690 6695 6700 6705 6710 6715 6720 6725 6730 6735 6740 6745 6750 6755 6760 6765 6770 6775 6780 6785 6790 6795 6800 6805 6810 6815 6820 6825 6830 6835 6840 6845 6850 6855 6860 6865 6870 6875 6880 6885 6890 6895 6900 6905 6910 6915 6920 6925 6930 6935 6940 6945 6950 6955 6960 6965 6970 6975 6980 6985 6990 6995 7000 7005 7010 7015 7020 7025 7030 7035 7040 7045 7050 7055 7060 7065 7070 7075 7080 7085 7090 7095 7100 7105 7110 7115 7120 7125 7130 7135 7140 7145 7150 7155 7160 7165 7170 7175 7180 7185 7190 7195 7200 7205 7210 7215 7220 7225 7230 7235 7240 7245 7250 7255 7260 7265 7270 7275 7280 7285 7290 7295 7300 7305 7310 7315 7320 7325 7330 7335 7340 7345 7350 7355 7360 7365 7370 7375 7380 7385 7390 7395 7400 7405 7410 7415 7420 7425 7430 7435 7440 7445 7450 7455 7460 7465 7470 7475 7480 7485 7490 7495 7500 7505 7510 7515 7520 7525 7530 7535 7540 7545 7550 7555 7560 7565 7570 7575 7580 7585 7590 7595 7600 7605 7610 7615 7620 7625 7630 7635 7640 7645 7650 7655 7660 7665 7670 7675 7680 7685 7690 7695 7700 7705 7710 7715 7720 7725 7730 7735 7740 7745 7750 7755 7760 7765 7770 7775 7780 7785 7790 7795 7800 7805 7810 7815 7820 7825 7830 7835 7840 7845 7850 7855 7860 7865 7870 7875 7880 7885 7890 7895 7900 7905 7910 7915 7920 7925 7930 7935 7940 7945 7950 7955 7960 7965 7970 7975 7980 7985 7990 7995 8000 8005 8010 8015 8020 8025 8030 8035 8040 8045 8050 8055 8060 8065 8070 8075 8080 8085 8090 8095 8100 8105 8110 8115 8120 8125 8130 8135 8140 8145 8150 8155 8160 8165 8170 8175 8180 8185 8190 8195 8200 8205 8210 8215 8220 8225 8230 8235 8240 8245 8250 8255 8260 8265 8270 8275 8280 8285 8290 8295 8300 8305 8310 8315 8320 8325 8330 8335 8340 8345 8350 8355 8360 8365 8370 8375 8380 8385 8390 8395 8400 8405 8410 8415 8420 8425 8430 8435 8440 8445 8450 8455 8460 8465 8470 8475 8480 8485 8490 8495 8500 8505 8510 8515 8520 8525 8530 8535 8540 8545 8550 8555 8560 8565 8570 8575 8580 8585 8590 8595 8600 8605 8610 8615 8620 8625 8630 8635 8640 8645 8650 8655 8660 8665 8670 8675 8680 8685 8690 8695 8700 8705 8710 8715 8720 8725 8730 8735 8740 8745 8750 8755 8760 8765 8770 8775 8780 8785 8790 8795 8800 8805 8810 8815 8820 8825 8830 8835 8840 8845 8850 8855 8860 8865 8870 8875 8880 8885 8890 8895 8900 8905 8910 8915 8920 8925 8930 8935 8940 8945 8950 8955 8960 8965 8970 8975 8980 8985 8990 8995 9000 9005 9010 9015 9020 9025 9030 9035 9040 9045 9050 9055 9060 9065 9070 9075 9080 9085 9090 9095 9100 9105 9110 9115 9120 9125 9130 9135 9140 9145 9150 9155 9160 9165 9170 9175 9180 9185 9190 9195 9200 9205 9210 9215 9220 9225 9230 9235 9240 9245 9250 9255 9260 9265 9270 9275 9280 9285 9290 9295 9300 9305 9310 9315 9320 9325 9330 9335 9340 9345 9350 9355 9360 9365 9370 9375 9380 9385 9390 9395 9400 9405 9410 9415 9420 9425 9430 9435 9440 9445 9450 9455 9460 9465 9470 9475 9480 9485 9490 9495 9500 9505 9510 9515 9520 9525 9530 9535 9540 9545 9550 9555 9560 9565 9570 9575 9580 9585 9590 9595 9600 9605 9610 9615 9620 9625 9630 9635 9640 9645 9650 9655 9660 9665 9670 9675 9680 9685 9690 9695 9700 9705 9710 9715 9720 9725 9730 9735 9740 9745 9750 9755 9760 9765 9770 9775 9780 9785 9790 9795 9800 9805 9810 9815 9820 9825 9830 9835 9840 9845 9850 9855 9860 9865 9870 9875 9880 9885 9890 9895 9900 9905 9910 9915 9920 9925 9930 9935 9940 9945 9950 9955 9960 9965 9970 9975 9980 9985 9990 9995 9999

REVENDICATIONS

1. Système servant à réaliser le suivi de courbes, caractérisé en ce qu'il comporte :
- un dispositif (82) d'exploration optique par balayage servant à produire une matrice et qui explore un élément d'une courbe (14) et produit une matrice représentant ledit élément de courbe, et
 - des moyens (22, 500) servant à déterminer une trajectoire de déplacement relatif entre ledit dispositif d'exploration optique (82) et ladite courbe (14), sur la base d'une information tirée de ladite matrice, ladite trajectoire de déplacement relatif étant telle qu'elle conduit ledit dispositif d'exploration optique (82) à explorer un élément voisin de ladite courbe (14).
2. Système pour réaliser le suivi de courbes selon la revendication 1, caractérisé en outre en ce qu'il comporte des moyens (150, 107) servant à convertir ladite matrice en une matrice numérique à deux niveaux (97) et que desdits moyens (22, 500) servant à déterminer une trajectoire de déplacement relatif utilisent ladite matrice numérique à deux niveaux (97) pour effectuer cette détermination.
3. Système pour réaliser le suivi de courbes selon la revendication 1, caractérisé en outre en ce qu'il comporte des moyens (34, 84) servant à visualiser ledit élément de la courbe explorée au moyen dudit dispositif d'exploration optique, ces moyens d'observation comprenant un écran de contrôle vidéo.
4. Système pour réaliser le suivi de courbes selon la revendication 3, caractérisé en outre en ce qu'il comporte des moyens (68) pour diriger manuellement ledit dispositif d'exploration optique (82) et ladite courbe (14) de manière à les déplacer l'un par rapport à l'autre de telle sorte que ledit dispositif d'exploration optique (82) explore un élément désiré de ladite courbe (14).
5. Procédé pour réaliser le suivi d'une courbe, caractérisé en ce qu'il comporte :
- un dispositif (82) d'exploration optique par balayage servant à produire une matrice et qui explore un élément d'une courbe (14) et produit une matrice représentant ledit élément de courbe, et
 - des moyens (22, 500) servant à déterminer une trajectoire de déplacement relatif entre ledit dispositif d'exploration optique (82) et ladite courbe (14), sur la base d'une information tirée de ladite matrice, ladite trajectoire de déplacement relatif étant telle qu'elle conduit ledit dispositif d'exploration optique (82) à explorer un élément voisin de ladite courbe (14).

térisé en ce qu'il comprend les phases opératoires consistant à :

- produire une représentation (97), sous forme de matrice, d'une surface contenant un élément de ladite courbe

5 (14),

- produire une représentation, sous forme de matrice, d'une zone contenant un élément voisin de ladite courbe, et

- calculer à partir desdites matrices un emplacement d'une zone contenant un autre élément de ladite courbe (14).

10

6. Procédé utilisé dans un système servant à réaliser le suivi de courbes, qui a été positionné préalablement sur un point d'une courbe, ledit procédé étant utilisé pour repérer un point ultérieur ($P+4_b$) situé sur une courbe (14) par rapport à un point connu ($P+3-CP$) situé sur la courbe, caractérisé par les phases opératoires consistant à :

- choisir un premier point ($P+4$) hors de la courbe, mais au voisinage de cette dernière,

20 - choisir un second point ($P+4_1$) au voisinage dudit premier point et plus écarté dudit point connu que ledit premier point.

25 7. Procédé selon la revendication 6, caractérisé en outre en ce que ledit second point ($P+4_1$) se situe hors de ladite courbe (14), et qu'il est prévu une phase opératoire consistant à choisir un troisième point ($P+4_2$) d'un côté ou de l'autre d'une droite qui passe par ledit point connu ($P+3-CP$) et par ledit premier point ($P+4$).

30 8. Procédé selon la revendication 7, caractérisé en outre en ce que ledit troisième point ($P+4_2$) se situe hors de la courbe et qu'il est prévu la phase opératoire consistant à choisir un quatrième point ($P+4_4$) de l'autre côté de ladite droite qui passe par ledit point connu ($P+3-CP$) et par ledit premier point ($P+4$).

35 9. Procédé utilisé dans un système servant à réaliser le suivi de courbes, pour le repérage d'un point sui-

vant ($P+4$) sur une courbe par rapport à un point connu situé sur la courbe, caractérisé en ce qu'il comprend les phases opératoires consistant à :

- choisir un premier point ($P+4$) en-dehors de la courbe (14) mais au voisinage de cette dernière, et
 - choisir un second point ($P+4_2$) au voisinage dudit premier point et d'un côté ou de l'autre d'une droite qui passe par ledit point connu ($P+3-CP$) et par ledit premier point ($P+4$).

10 10. Procédé selon la revendication 2, caractérisé en outre en ce que ledit second point ($P+4_2$) est en-dehors de la courbe et qu'il est prévu la phase opératoire consistant à choisir un troisième point ($P+4_3$) situé au voisinage dudit second point ($P+4_2$) et plus écarté dudit point ($P+3-CP$) précédemment repéré que ledit second point ($P+4_2$).

15 11. Procédé utilisé pour réaliser le suivi d'une courbe (14), caractérisé en ce qu'il comprend les phases opératoires consistant à :

- explorer optiquement par balayage une partie de ladite courbe (14),
- produire une représentation (97), en forme de matrice, dudit élément de courbe,
- explorer optiquement par balayage une zone située au-delà dudit élément de courbe, dans une direction,
- 25 - calculer une trajectoire d'exploration à partir de l'information obtenue au moins en partie à partir de la représentation matricielle (97), ledit calcul étant exécuté au moins en partie pendant l'exploration effectuée au-delà dudit élément de ladite courbe, et
- 30 - réaliser une exploration dans une direction différente de la direction d'exploration effectuée au-delà dudit élément de la courbe, ladite direction différente étant tirée dudit calcul.

35 12. Procédé selon la revendication 11, caractérisé en ce que ladite direction d'exploration effectuée au-delà

dudit élément de ladite courbe est déterminée préalablement à partir de la position d'au moins deux points précédemment repérés sur ladite courbe.

13. Procédé utilisé dans un système servant à réaliser
5 le suivi de courbes, pour déterminer si une représentation numérique d'un point qui est situé sur une courbe que l'on suit, entre deux autres points numérisés situés sur ladite ligne, est nécessaire pour représenter de façon acceptable un élément de ladite courbe entre lesdits deux autres points,
10 caractérisé en qu'il comprend les phases opératoires consistant à :

- calculer une représentation d'une courbe (386) passant au voisinage d'un premier desdits deux autres points au voisinage dudit point intermédiaire,

15 - calculer une représentation d'une courbe (382) passant au voisinage du premier desdits deux autres points et au voisinage du second desdits deux autres points, et

- comparer la représentation des deux courbes entre elles.

20 14. Procédé selon la revendication 11, caractérisé en outre en ce qu'il comprend les phases opératoires consistant à :

- calculer l'emplacement d'un point projeté (P+3) sur ladite courbe, et

25 - modifier ladite direction d'exploration dudit dispositif de balayage optique (82) en s'écartant de ladite direction différente, de telle sorte que ledit dispositif d'exploration optique réalise une exploration au-delà dudit point (P+3), suivant une direction calculée au moins en partie à
30 partir de l'information obtenue d'après ladite représentation matricielle.

15. Procédé utilisé pour réaliser le suivi d'une courbe, caractérisé en ce qu'il comprend les phases opératoires consistant à :

35 - déterminer deux points (CP:P+1, CP:P+2) sur la courbe,

- calculer un vecteur entre lesdits deux points,
 - projeter un point ($P+3$) sur la courbe approximativement suivant la direction dudit vecteur, et
 - repérer un point ($P:P+3$) voisin dudit point projeté ($P+3$), ledit point voisin ($CP:P+3$) étant mieux centré que ledit point projeté ($P+3$) par rapport à ladite courbe.
- 5 16. Procédé selon la revendication 15, caractérisé en outre en ce qu'il comprend la phase opératoire de repérage d'un point ($CP:P+3$) voisin dudit point projeté ($P+3$), incluant les étapes opératoires consistant à :
- calculer la longueur d'un segment de droite (171) qui passe par ledit point projeté et est limité par ladite courbe, que l'on suit, et
 - calculer le point milieu approximatif ($CP:P+3$) du dit segment de droite (171).
- 15 17. Procédé selon la revendication 15, caractérisé en outre par la phase opératoire de repérage d'un point ($CP:P+3$) voisin dudit point projeté et incluant les étapes opératoires consistant à :
- calculer la longueur d'un segment de droite (171) qui passe par ledit point projeté et est limité par ladite courbe, que l'on suit,
 - calculer la longueur d'un autre segment de droite (151) qui passe par ledit point projeté ($P+3$) et est limité par ladite courbe, que l'on suit, et
 - calculer le point milieu approximatif ($CP:P+3$) du plus court des segments de droite.
- 20 18. Procédé selon la revendication 12, caractérisé en outre en ce que ladite direction d'exploration au-delà dudit élément de ladite courbe est approximativement la direction d'un vecteur passant par lesdits deux points repérés précédemment sur ladite courbe.
- 25 19. Procédé selon la revendication 18, caractérisé en ce que ladite phase opératoire de l'exploration réalisée suivant une direction déterminée approximativement par un vecteur
- 30
- 35

qui passe par lesdits deux points repérés antérieurement, est exécutée après la phase opératoire d'exploration suivant une direction différente de la direction de ladite exploration effectuée au-delà dudit élément de la courbe.

5 20. Procédé selon la revendication 5, caractérisé en outre par la phase opératoire consistant à produire une représentation matricielle dudit autre élément de ladite courbe.

10 21. Procédé selon la revendication 5, caractérisé en ce que la phase opératoire de calcul de la position d'une zone contenant un autre élément de ladite courbe inclut l'étape opératoire consistant à calculer un prolongement d'un élément de la courbe, dont les extrémités sont situées à l'intérieur dudit premier élément de la courbe et dudit élément voisin de la courbe.

15 22. Procédé selon la revendication 5, caractérisé en outre en ce que ladite zone contenant un élément voisin de ladite courbe est en chevauchement avec ladite première zone contenant un élément de ladite courbe.

20 23. Procédé selon la revendication 5, caractérisé en outre en ce que la phase opératoire de calcul de la position d'une zone contenant un autre élément de ladite courbe comprend les étapes opératoires consistant à :

25 - calculer l'emplacement d'un point (CP:P+2) sur ledit premier élément de ladite courbe, et
- calculer l'emplacement d'un point (CP:P+3) situé sur ledit élément voisin de ladite courbe.

30 24. Procédé selon la revendication 23, caractérisé en outre en ce que la phase opératoire de calcul de la position d'une zone contenant un autre élément de ladite courbe inclut en outre les étapes opératoires consistant à :

35 - calculer un vecteur (261) qui passe par ledit point (CP:P+2) situé sur ledit premier élément de la courbe et ledit point (CP:P+3) situé sur l'élément voisin de ladite courbe, et

- projeter un point ($P+4$) suivant la direction approximative dudit vecteur (261) passant par lesdits points calculés.

25. Procédé selon la revendication 24, caractérisé en outre par la phase opératoire consistant à explorer optiquement ledit point ($P+4$) suivant la direction approximative dudit vecteur.

26. Procédé pour réaliser le suivi d'une courbe sur une surface d'enregistrement, caractérisé en ce qu'il comprend les phases opératoires consistant à :

- produire une représentation sous forme de matrice d'une région de ladite surface d'enregistrement contenant un élément de ladite courbe,

15 - déterminer la position d'un point ($P+2, CP:P+2$) sur ledit élément de ladite courbe, sur la base d'une information contenue dans ladite matrice,

- produire une représentation sous forme de matrice d'une autre région de ladite surface d'enregistrement contenant un élément de ladite courbe,

20 - déterminer l'emplacement de l'autre point ($P+3, CP: P+3$) sur ladite courbe, sur la base d'une information contenue dans ladite matrice de ladite autre région, et

25 - calculer l'emplacement d'une autre région sur ladite surface d'enregistrement, contenant un autre élément de ladite courbe, sur la base au moins en partie de la position desdits points déterminés, ladite autre région étant calculée de manière à se trouver dans une direction définie de façon approchée par un vecteur (__, 261) passant par lesdits points déterminés, et à une distance prédéterminée de l'un desdits 30 points déterminés.

27. Procédé pour réaliser le suivi d'une courbe, caractérisé en ce qu'il comprend les phases opératoires consistant à :

35 - explorer optiquement une zone contenant un élément de ladite courbe et produire une représentation sous forme

de matrice dudit élément de courbe,

- explorer optiquement une zone contenant un élément voisin de ladite courbe et produire une représentation en forme de matrice dudit élément de courbe voisin, et

5 - calculer à partir desdites matrices un emplacement à partir duquel on puisse positionner une zone contenant un autre élément de ladite courbe.

28. Procédé selon la revendication 27, caractérisé en outre en ce que la phase opératoire consistant à calculer à 10 partir desdites matrices un emplacement à partir duquel on peut repérer une zone contenant un autre élément de ladite courbe, inclut les étapes opératoires consistant à :

- calculer l'emplacement d'un point ($P+2, CP:P+2$) situé sur ledit premier élément de ladite courbe, et

15 - calculer l'emplacement d'un point ($P+3, CP:P+3$) situé sur ledit élément voisin de ladite courbe.

29. Procédé selon la revendication 28, caractérisé en outre en ce que la phase opératoire consistant à calculer à partir desdites matrices un emplacement à partir duquel on puisse repérer une zone contenant un autre élément de ladite courbe, inclut en outre l'étape opératoire consistant à projeter un point suivant la direction approximative d'un vecteur ($\underline{,} 261$) passant par lesdits points calculés.

30. Procédé selon la revendication 28, caractérisé en outre par la phase opératoire consistant à explorer optiquement une zone contenant un point situé dans la direction approximative d'un vecteur ($\underline{,} 261$) passant par lesdits points calculés et à produire une représentation sous forme d'une matrice d'une zone contenant ledit point.

31. Procédé selon la revendication 27, caractérisé en outre en ce que ladite zone contenant un élément voisin de ladite courbe est en chevauchement avec ladite première zone contenant un élément de ladite courbe.

32. Système selon la revendication 1, caractérisé en outre par des moyens (500, 81) servant à déterminer les coor-

données d'un point situé sur ledit élément de la courbe.

33. Système selon la revendication 32, caractérisé en outre en ce que ledit point situé sur ledit élément de la courbe est approximativement au centre dudit élément de 5 la courbe.

34. Système selon la revendication 32, caractérisé en outre en ce que lesdits moyens (500, 81) servant à déterminer les coordonnées d'un point sur ledit élément de la courbe déterminent également les coordonnées d'un point sur ledit 10 élément voisin de la courbe.

35. Système selon la revendication 2, caractérisé en outre par des moyens (500, 81) servant à déterminer les coordonnées d'un point situé sur ledit élément de la courbe.

36. Procédé selon la revendication 12, caractérisé 15 en outre en ce que lesdits deux points repérés antérieurement sont approximativement les centres des éléments respectifs de ladite courbe.

37. Procédé selon la revendication 13, caractérisé en outre en ce que ladite courbe passe au voisinage dudit 20 point intermédiaire, en contenant ledit premier point.

38. Procédé selon la revendication 13, caractérisé en outre en ce que ladite courbe passe au voisinage dudit second point, en incluant ledit premier point.

39. Procédé selon la revendication 13, caractérisé 25 en outre en ce que la proximité de ladite courbe passant au voisinage dudit point intermédiaire par rapport à ce point est prédéterminée et que la proximité de ladite courbe passant au voisinage dudit second point par rapport à ce dernier est prédétermminée.

40. Procédé selon la revendication 13, caractérisé 30 en outre en ce que ladite courbe passe au voisinage dudit point intermédiaire et par ce point.

41. Procédé selon la revendication 13, caractérisé 35 en outre en ce que ladite courbe passe au voisinage dudit second point et par ce point.

42. Procédé selon l'revendication 13, caractérisé en outre en ce que ladite courbe passant au voisinage dudit premier point et au voisinage dudit second point passe d'un côté d'une droite passant par ledit premier point et ledit 5 second point, et qu'il est prévu la phase opératoire consistant à calculer une représentation d'une courbe passant au voisinage dudit premier point et au voisinage dudit second point de l'autre côté de ladite droite passant par ledit premier point et par ledit second point.

10 43. Procédé selon la revendication 42, caractérisé en outre en ce que la phase opératoire consistant à comparer les représentations des deux courbes l'une à l'autre inclut l'étape opératoire consistant à comparer une gamme d'angles rapportés à une référence, les limites de ladite gamme 15 étant définies par lesdites courbes passant au voisinage dudit second point, à un angle relatif à ladite référence de ladite courbe passant au voisinage dudit point intermédiaire.

44. Procédé selon la revendication 13, caractérisé en outre en ce que la phase opératoire consistant à comparer les représentations des deux courbes l'une à l'autre inclut l'étape opératoire consistant à comparer un angle de ladite courbe passant au voisinage dudit point intermédiaire, ledit angle étant rapporté à une courbe de référence, à un angle de ladite courbe passant au voisinage dudit second point, 25 ledit angle étant rapporté à ladite courbe de référence.

45. Procédé selon la revendication 13, caractérisé en outre en ce que ladite courbe passant au voisinage dudit premier point et au voisinage dudit point intermédiaire s'étend d'un côté d'une droite passant par ledit premier point 30 et par ledit point intermédiaire, et qu'il est prévu la phase opératoire consistant à calculer une représentation d'une courbe passant au voisinage dudit premier point et au voisinage dudit point intermédiaire de l'autre côté de ladite droite passant par ledit premier point et par ledit point intermédiaire.

46. Procédé selon la revendication 45, caractérisé en outre en ce que ladite courbe passant au voisinage dudit premier point et au voisinage dudit second point s'étend d'un côté d'une droite passant par ledit premier point et ledit 5 second point, et qu'il est prévu la phase opératoire consistant à calculer une représentation d'une courbe passant au voisinage dudit premier point et au voisinage dudit second point, de l'autre côté de ladite droite passant par ledit premier point et ledit second point.

10 47. Procédé selon la revendication 46, caractérisé en outre en ce que la phase opératoire consistant à comparer les représentations des deux courbes l'une à l'autre inclut l'étape opératoire consistant à comparer une première gamme d'angles rapportés à une référence, les limites de la 15 première gamme étant définies par lesdites courbes passant au voisinage du point intermédiaire, à une seconde gamme d'angles rapportés à ladite référence, les limites de ladite seconde gamme étant définies par lesdites courbes passant au voisinage dudit second point.

20 48. Procédé selon la revendication 45, caractérisé en outre en ce que la phase opératoire consistant à comparer les représentations des deux courbes l'une à l'autre inclut l'étape opératoire consistant à comparer une gamme d'angles rapportés à une référence, les limites de ladite gamme 25 étant définies par lesdites courbes passant au voisinage dudit point intermédiaire, à un angle rapporté à ladite référence de ladite courbe passant au voisinage dudit second point.

49. Procédé utilisé pour réaliser le suivi d'une courbe, caractérisé en ce qu'il comprend les phases opératoires 30 consistant à :

- déterminer deux points (CP:P+2, CP:P+3) sur la courbe,
- calculer un vecteur (261) s'étendant entre lesdits deux points, et
- projeter un point (P+4) approximativement suivant

la direction dudit vecteur.

50. Procédé selon la revendication 40, caractérisé en outre en ce que lesdits deux points sont approximativement centrés par rapport aux éléments respectifs de ladite courbe, les entourant.

51. Procédé selon la revendication 49, caractérisé en outre par la phase opératoire consistant à repérer un point voisin dudit point projeté, ledit point voisin étant plus centré que ledit point projeté, par rapport à un élément de ladite courbe l'entourant.

52. Procédé selon la revendication 51, caractérisé en outre par la phase opératoire consistant à mémoriser une représentation numérique desdits deux points.

53. Système pour réaliser le suivi de courbes, caractérisé en ce qu'il comporte :

- un dispositif d'exploration optique (82), qui exploite un élément d'une courbe (14) et produit une information correspondant à une représentation dudit élément de courbe sous la forme d'une matrice, et

20 - des moyens (500) servant à déterminer une trajectoire de déplacement relatif entre ledit dispositif d'exploration optique et ladite courbe sur la base de ladite information, ladite trajectoire de déplacement relatif ayant pour effet que ledit dispositif d'exploration (82) explore un élément voisin de ladite courbe.

54. Système pour réaliser le suivi de courbes selon la revendication 53, caractérisé en outre en ce qu'il comporte :

30 - des moyens (150, 107) servant à convertir ladite information correspondant à ladite matrice en une matrice numérique ; et

35 - lesdits moyens (500) servant à déterminer une trajectoire de déplacement relatif moyennant l'utilisation d'une information tirée de ladite matrice numérique pour déterminer ladite trajectoire de déplacement relatif.

55. Système pour réaliser le suivi de courbes selon la revendication 53, caractérisé en outre en ce que lesdits moyens servant à déterminer une trajectoire de déplacement relatif comprennent les moyens (500, 81) servant à déterminer l'emplacement d'un point sur ledit premier élément de ladite courbe et un emplacement d'un point sur ledit élément voisin de ladite courbe.

56. Système servant à réaliser le suivi d'une courbe selon la revendication 55, caractérisé en outre en ce que ledit point repéré sur ledit premier élément de ladite courbe est approximativement un centre dudit premier élément de ladite courbe et que ledit point situé sur ledit élément voisin de ladite courbe est approximativement un centre dudit élément voisin de ladite courbe.

57. Système servant à réaliser le suivi de courbes selon la revendication 55, caractérisé en outre en ce qu'il comprend :

- des moyens (84, 74) servant à former l'image dudit élément de la courbe qui est exploré par ledit dispositif d'exploration optique, ledit dispositif de formation d'images comprenant un écran de contrôle vidéo (84), et

- des moyens (156, 22) servant à superposer une représentation desdits points repérés sur une image desdits éléments respectifs de la courbe, qui est explorée, par lesdits moyens de formation d'images.

58. Procédé utilisé pour réaliser le suivi d'une courbe, caractérisé en ce qu'il comprend les phases opératoires consistant à :

- explorer optiquement un élément de ladite courbe,
30 - produire un vecteur représentant ledit élément de ladite courbe, et
- explorer optiquement une partie voisine de ladite courbe dans la direction générale dudit vecteur.

59. Procédé selon la revendication 58, caractérisé en outre par les phases opératoires consistant à :

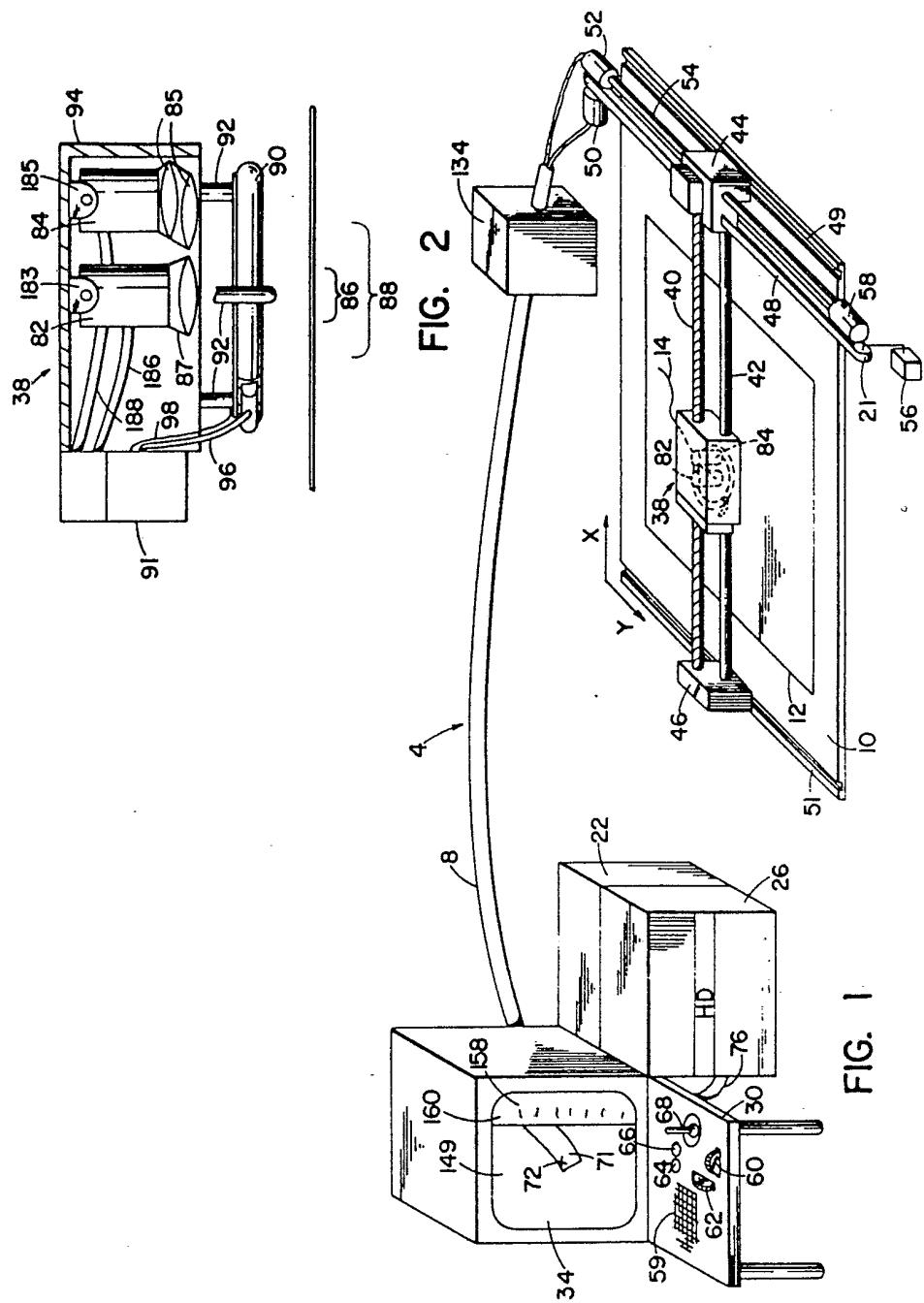
- convertir ledit vecteur en une représentation numérique, et

- mémoriser ladite représentation numérique.

60. Système servant à réaliser le suivi de courbes,
5 caractérisé en ce qu'il comprend :

- des moyens d'exploration (82) servant à explorer optiquement un élément d'une courbe et un élément voisin de ladite courbe, et

10 - des moyens (150, 107, 22, 500) répondant auxdits moyens d'exploration de manière à produire une représentation numérique d'un vecteur, une extrémité dudit vecteur étant contenue dans ledit élément de ladite courbe, et ledit élément voisin de ladite courbe s'étendant suivant la direction générale dudit vecteur.



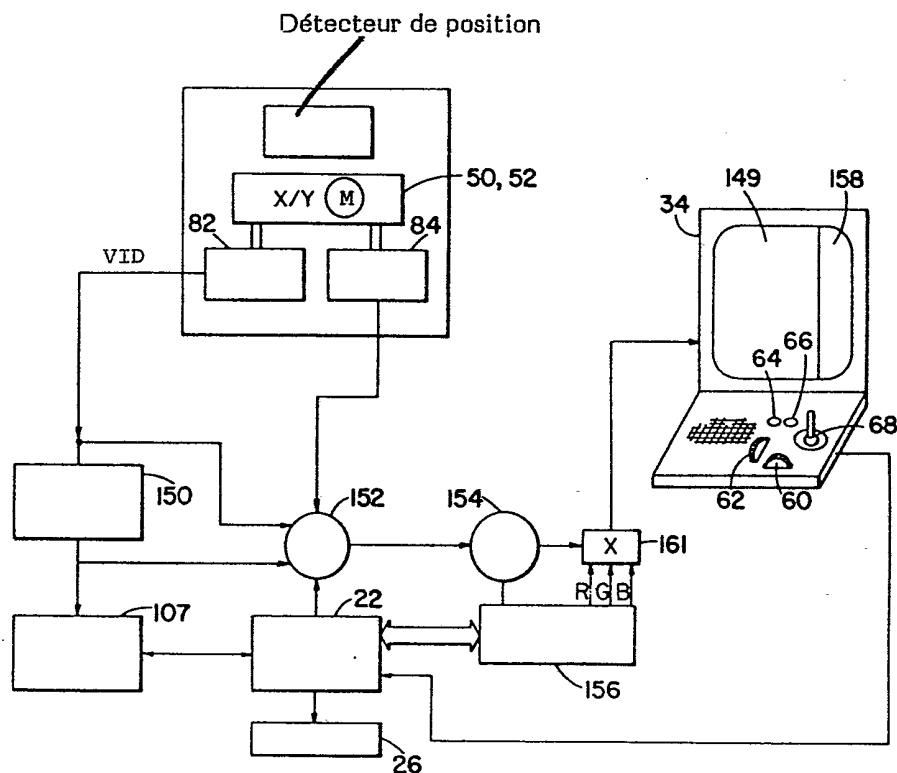


FIG. 3

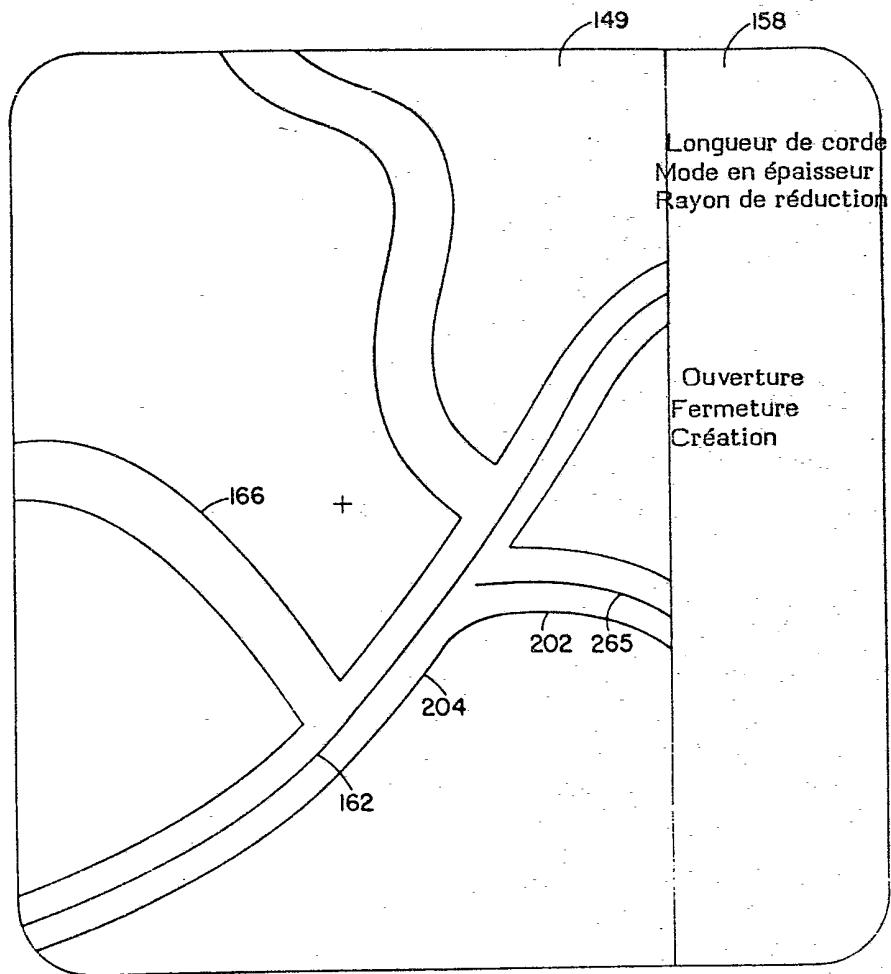
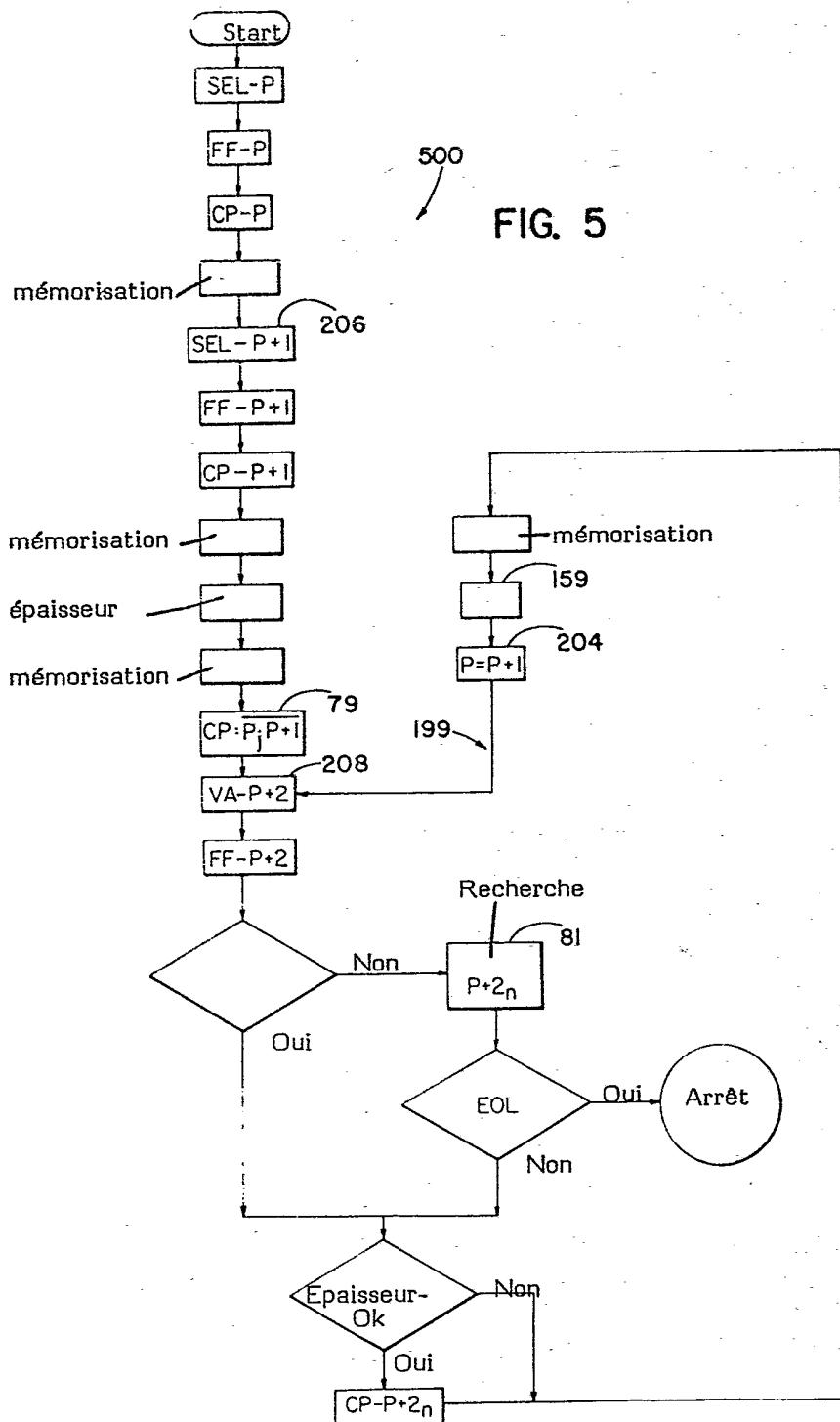
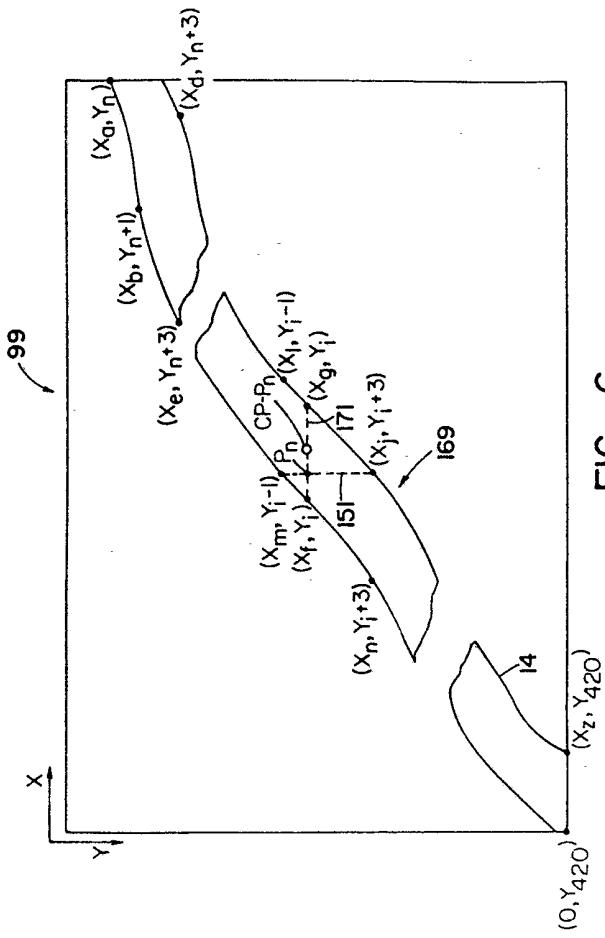
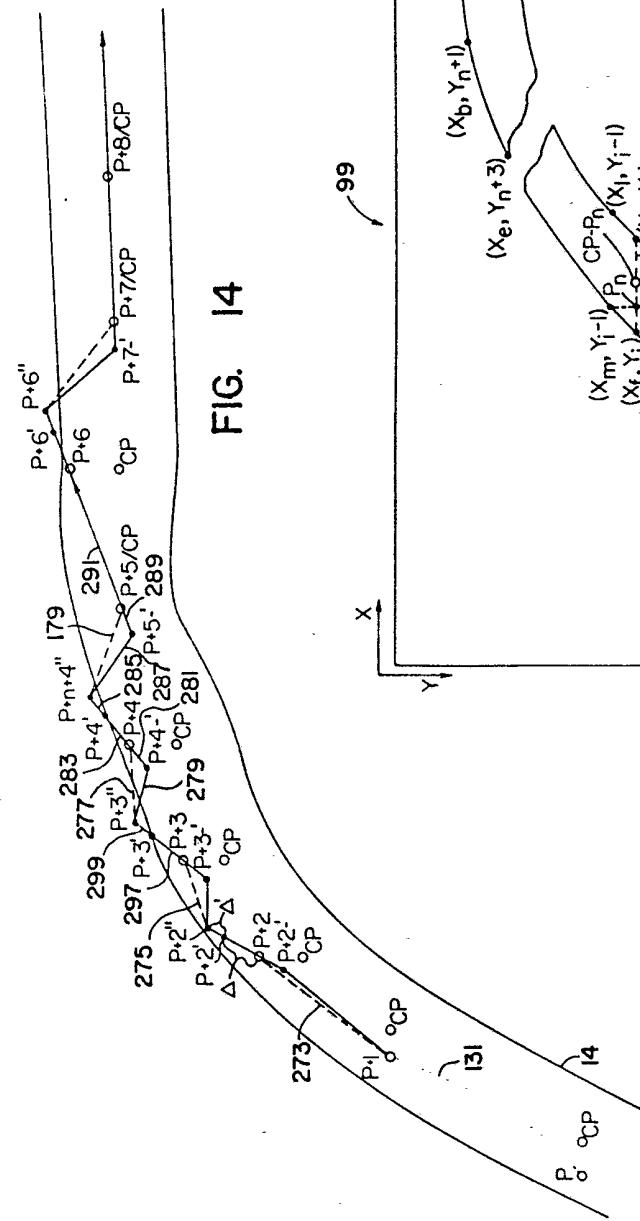
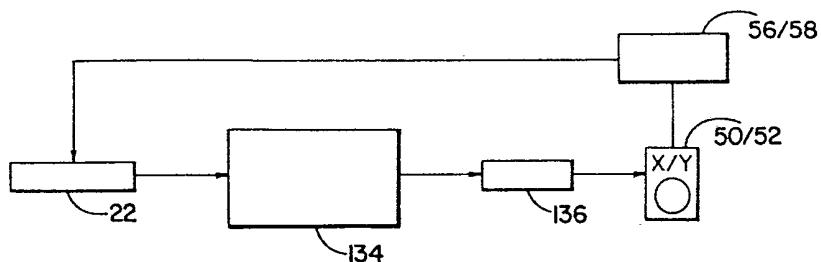
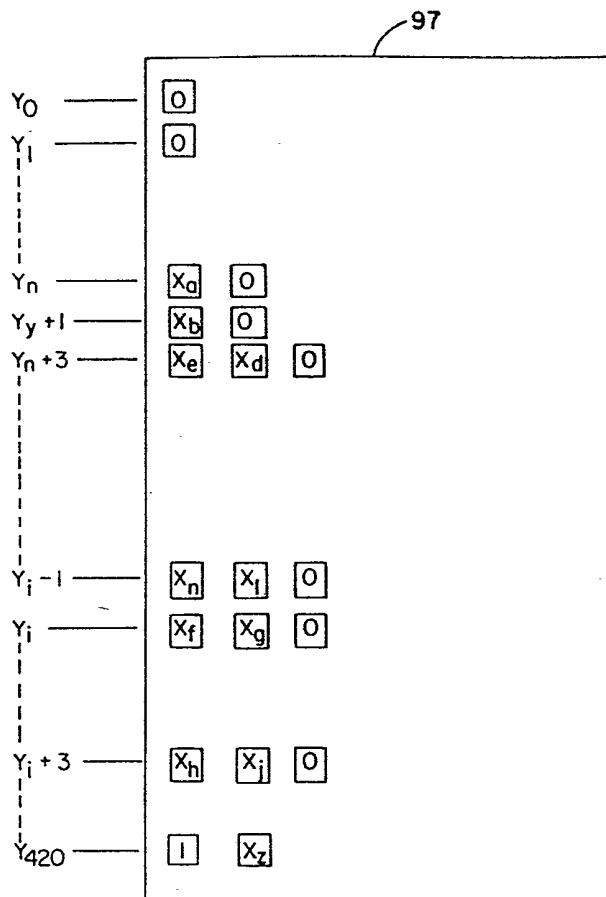
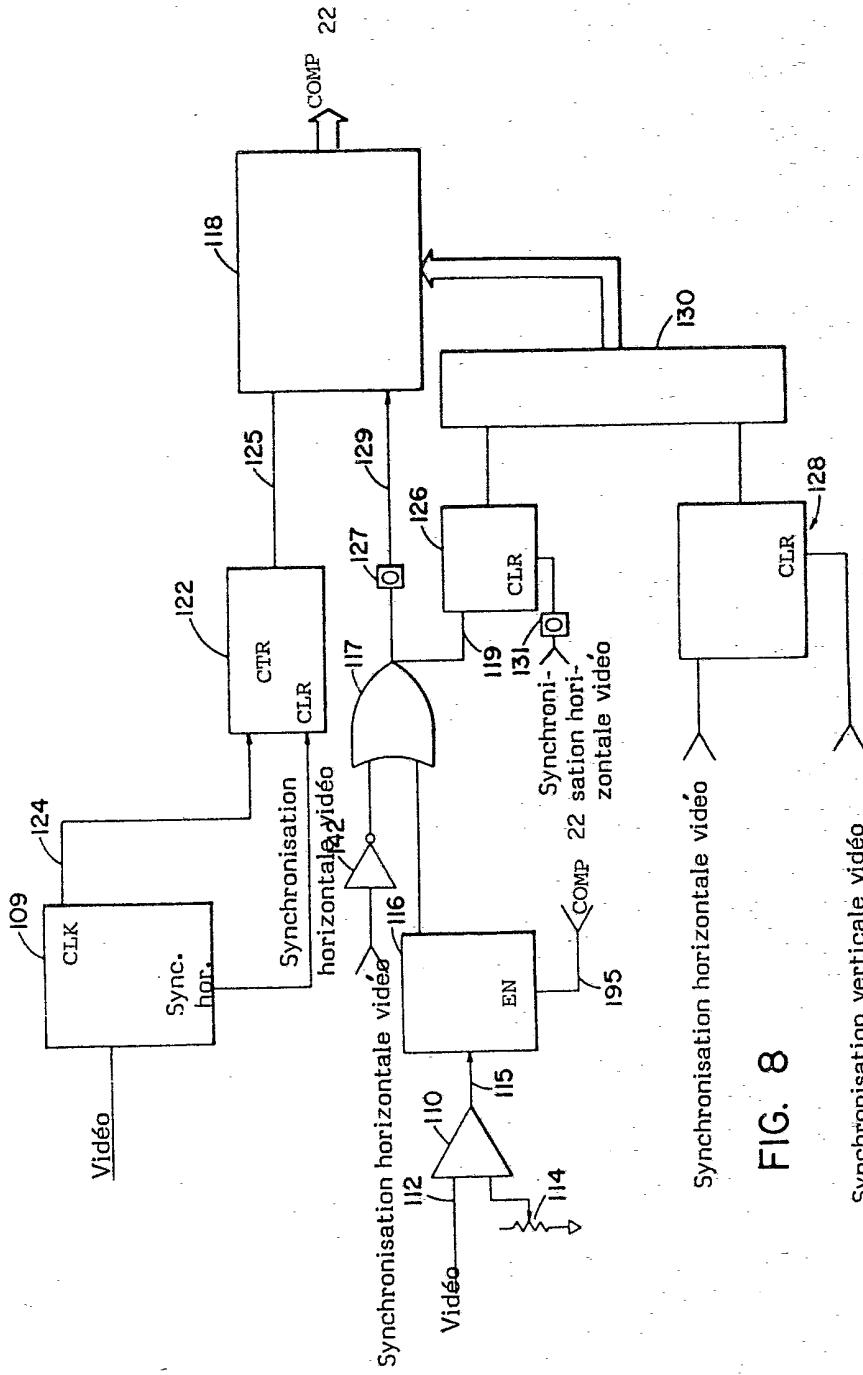


FIG. 4









8
正

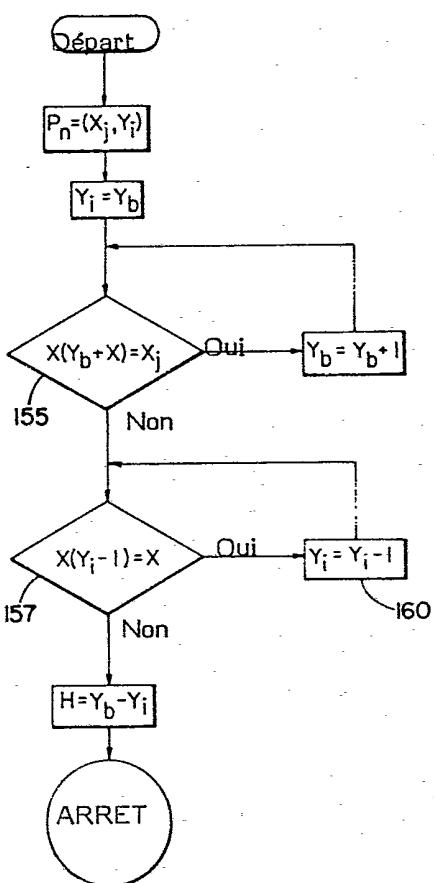
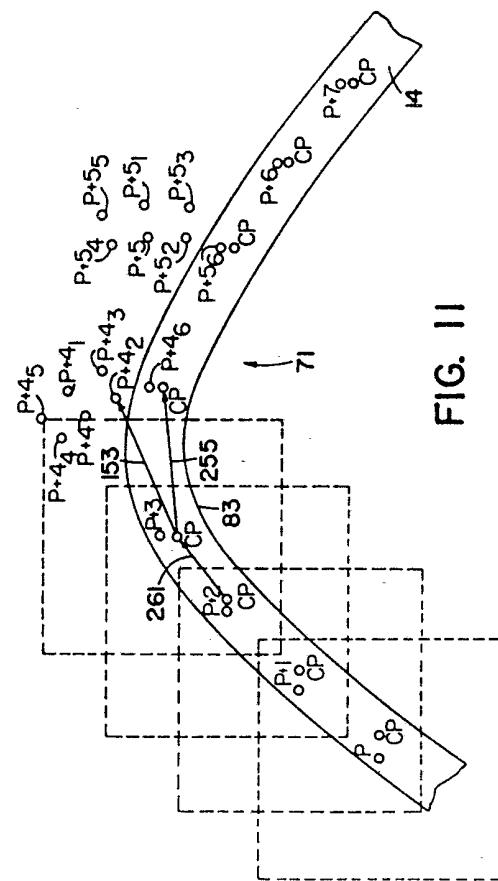
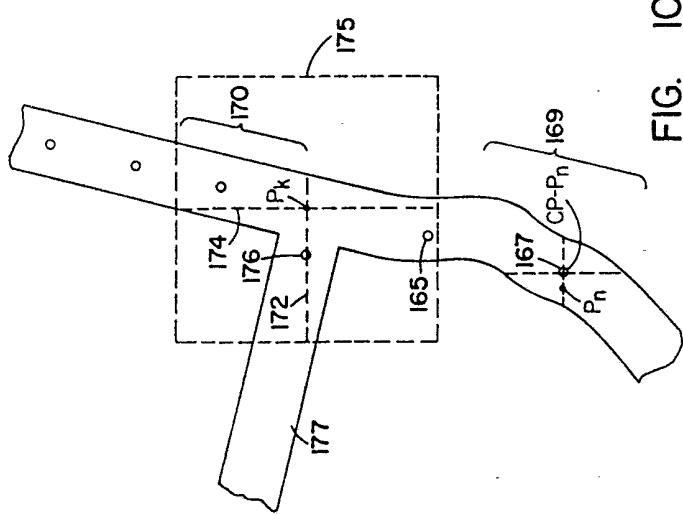


FIG. 9



—
FIG.



10

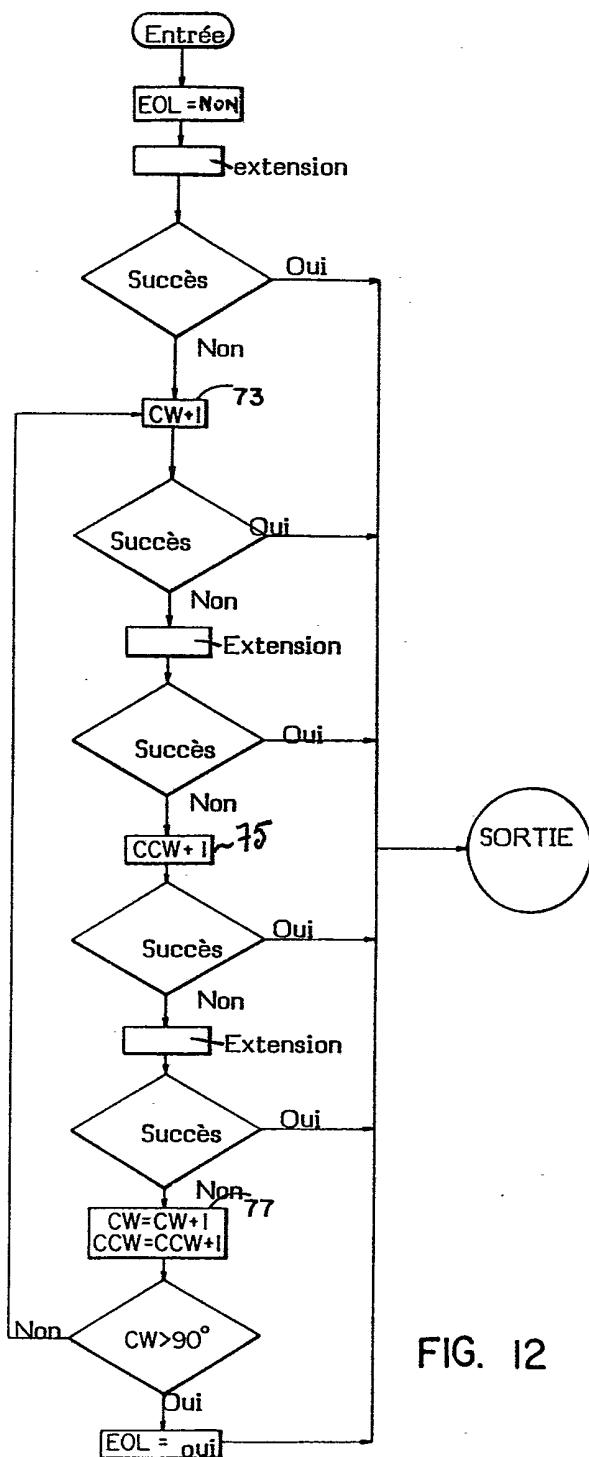


FIG. 12

