RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

PARIS

(11) N° de publication : **2 514 912**
(A n'utiliser que pour les commandes de reproduction).

A1

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

(21) N° **82 17412**

(54) **Procédé de commande numérique à calculateur pour déplacer dans une machine un élément mobile selon un trajet prédéterminé.**

(51) Classification internationale (Int. Cl.³). G 05 B 19/18.

(22) Date de dépôt ..... 18 octobre 1982.

(33) (32) (31) Priorité revendiquée : *JP, 16 octobre 1981, n° 56-166,159.*

(41) Date de la mise à la disposition du public de la demande ..... B.O.P.I. — « Listes » n° 16 du 22-4-1983.

(71) Déposant : Société dite : INOUE-JAPAX RESEARCH INCORPORATED. — JP.

(72) Invention de : Kiyoshi Inoue et Jinzo Yabe.

(73) Titulaire : *Idem* (71)

(74) Mandataire : Cabinet Netter,
40, rue Vignon, 75009 Paris.

Procédé de commande numérique à calculateur pour déplacer dans une machine un élément mobile selon un trajet prédéterminé.

La présente invention concerne de façon générale une commande numérique pour une machine, et de façon plus particulière, un nouveau procédé amélioré de commande numérique pour déplacer un élément mobile selon un trajet sur une surface complexe prescrite dans un système de coordonnées tridimensionnelles. L'élément mobile peut être un outil ou une pièce à usiner sur une fraiseuse, un tour ou une machine-outil classique analogue,une électrode-outil ou une pièce à usiner dans une machine d'usinage électrique, tel qu'un usinage par décharges électriques ou une électro-déposition. L'élément mobile peut être également un élément mobile quelconque dans d'autres machines tel qu'une main de robot, et le terme désigne ici de façon générale tout élément devant être automatiquement déplacé de façon précise selon un trajet se trouvant sur une surface tridimensionnelle complexe et pouvant être prescrite.

Lorsque l'extrémité ou partie active d'un outil ou d'une électrode-outil est déplacée automatiquement par une commande numérique, il est courant d'établir à partir d'un dessin des valeurs numériques correspondant aux positions successives de cet élément à déplacer. De cette façon, on détermine à partir du dessin un trajet déterminé sur lequel on identifie les positions successives. Les valeurs numériques successives

correspondant à ces positions sont alors enregistrées sur un support de stockage, par exemple une bande ou une carte perforée ou une bande magnétique, afin d'être reproduites lors du déplacement réel de l'élément. Lorsque le trajet est dessiné sur une surface tridimensionnelle complexe, il apparaît que le nombre de valeurs numériques ou la quantité de données numériques est augmenté de façon prohibitive et nécessite un temps considérable, non seulement pour la préparation, mais également pour le transfert, c'est-à-dire pour l'enregistrement et la reproduction, des données numériques nécessaires. Bien que l'on ait utilisé parfois un calculateur en coopération avec le procédé de commande numérique classique, son utilisation a pratiquement été limitée, soit à la préparation de ces valeurs numériques à des fins d'enregistrement et de reproduction, soit pour exécuter, au stade de la reproduction des données, une interpolation linéaire ou curviligne, ce qui ne réduit pas matériellement le temps et les efforts nécessaires.

Dans le calcul classique des valeurs numériques des positions successives en liaison avec un procédé de commande numérique, on doit également noter que le calcul des positions situées sur une intersection de deux surfaces tridimensionnelles différentes est complexe et est mal commode. Bien que l'utilisation d'un calculateur facilite certainement ces calculs, ce calculateur doit être de grande capacité et pouvoir travailler rapidement; les avantages en sont néanmoins limités. Même avec un calculateur à grande vitesse, le temps nécessaire pour effectuer le processus total dans le cas de nombreux déplacements réels, est beaucoup trop long.

En conséquence, la présente invention vise à procurer un nouveau procédé amélioré de commande numérique à calculateur (CNC) pour déplacer un élément mobile de façon à lui faire suivre une surface tridimensionnelle complexe, grâce à quoi le rendement,en termes de temps et de travail, pour déterminer les valeurs numériques du trajet de l'élément mobile est consi-

dérablement amélioré.

Un objet spécifique de l'invention est de procurer un nouveau procédé amélioré de commande numérique à calculateur, permettant de réduire considérablement la quantité de données à introduire dans le calculateur.

En conséquence, la présente invention procure un procédé de commande numérique à calculateur pour déplacer un élément selon un trajet sur une surface complexe prédéterminée dans un système de coordonnées tridimensionnelles, dans lequel : a) on divise la surface complexe en une multiplicité de régions caractéristiques élémentaires pouvant être chacune définie individuellement comme étant l'une de différentes catégories géométriques présélectionnées parmi des courbes du premier ordre, des courbes du deuxième ordre, des surfaces du premier ordre et des surfaces du deuxième ordre et pouvant s'exprimer par une équation spécifique dans laquelle pas plus de trois coordonnées tridimensionnelles sont variables; b) on établit une équation générale pour chacune des catégories géométriques présélectionnées et on stocke les équations générales ainsi établies dans des moyens de mémoires pour un calculateur; c) on entre dans le calculateur les données nécessaires pour adapter chacune des équations générales stockées à la région correspondante des régions caractéristiques élémentaires dans le système de coordonnées tridimensionnelles prédéterminées, la réduisant ainsi à l'équation spécifique; d) on établit une séquence de positions bidimensionnelles incrémentielles dans le système de coordonnées tridimensionnelles, définies par leur première et leur deuxième coordonnées prédéterminées; e) on entre successivement dans le calculateur les coordonnées des positions bidimensionnelles incrémentielles successives pour calculer, pour chaque position sur le trajet, la valeur de la troisième coordonnée à partir de l'équation spécifique et des première et deuxième coordonnées entrées, déterminant ainsi le trajet dans l'espace à trois dimensions et f) on déplace l'élément selon le trajet prédéter-

miné.

L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description détaillée, donnée ci-après à titre d'exemple seulement, de plusieurs réalisations, en liaison avec le dessin joint sur lequel :

la figure 1 est un schéma-bloc illustrant un système de commande numérique à calculateur pour mettre en oeuvre le procédé de l'invention;

la figure 2 est une vue en perspective montrant à titre d'exemple une surface complexe ayant diverses régions caractéristiques et devant être suivie par un élément mobile selon l'invention;

la figure 3 est un schéma de coordonnées pour expliciter la surface toroïdale trouvée comme région caractéristique dans la surface complexe de la figure 2;

la figure 4 est un schéma de coordonnées pour expliciter la surface cylindrique trouvée comme autre région caractéristique de la surface complexe de la figure 2; et

la figure 5 est une vue en perspective montrant à titre d'exemple une autre surface complexe à suivre par un autre élément mobile selon la présente invention.

En se reportant d'abord à la figure 1, on voit un système pour mettre en oeuvre le procédé de l'invention. Ce système comporte un calculateur 1 comportant une unité de traitement centrale 1 à laquelle est associée une mémoire 2. La mémoire 2 est ici utilisée pour stocker les équations générales correspondant respectivement à diverses catégories de surfaces caractéristiques élémentaires dans lesquelles peuvent tomber, lorsque le travail est fait correctement, les divisions d'une surface tridimensionnelle complexe à suivre par un élément mobile lors

de son mouvement. Ces catégories comportent, de façon générale, une ligne ou une courbe du premier ordre, une ou plusieurs courbes du deuxième ordre, un plan ou une surface du premier ordre et une ou plusieurs surfaces du second ordre, tel qu'une sphère, un ellipsoïde, un cylindre, un hyperboloïde, un paraboloïde et un tore. Les courbes du deuxième ordre comportent un cercle, une ellipse, une hyperbole et une parabole.

Le calculateur 1 est en outre associé à une unité de lecture 3, un clavier d'introduction des données 4 et un dispositif de sortie 5. L'unité de lecture 3 est utilisée pour extraire du calculateur 1 et y entrer diverses données choisies stockées sur un support d'enregistrement tel qu'une bande ou une carte perforée ou une bande ou un disque magnétique. Les données d'entrée comportent les données pour la séquence et la manière d'opérer les calculs à exécuter par le calculateur et les données pour ces calculs séquentiels, y compris une donnée nécessaire pour adapter chacune des équations générales stockées dans la mémoire 2 à une région correspondante des régions caractéristiques dans un système de coordonnées tridimensionnelles prédéterminées, réduisant ainsi l'équation générale à l'équation spécifique. Le clavier d'introduction 4 est utilisé pour donner au calculateur des ordres pour les calculs et peut être également utilisé pour rentrer certaines des données d'entrée précitées et/ou des programmes. Le dispositif de sortie 5 est utilisé pour transformer les valeurs numériques calculées par le calculateur 1 en des signaux de commande correspondant qui sont distribués dans des circuits pilotes pour, respectivement, les moteurs de l'axe X, de l'axe Y et de l'axe Z (non représentés), lesquels moteurs sont fonctionnellement couplés à l'élément mobile (non représenté). On doit noter que les valeurs numériques calculées déterminant le trajet de l'élément mobile peuvent ne pas être utilisées instantanément de cette manière, mais peuvent être stockées une fois sur un support d'enregistrement, tel qu'une bande perforée, pour être utilisées ultérieurement lors de

la reproduction.

Afin de bien comprendre la présente invention, on se reporte à la figure 2 qui montre une surface tridimensionnelle 10 constituée par plusieurs surfaces caractéristiques élémentaires, cette surface 10 pouvant être produite par usinage électrique ou par fraisage sur une pièce. La surface 10 est placée dans un système cartésien de coordonnées tridimensionnelles (X, Y et Z). On voit que la surface 10 peut être divisée en cinq plans séparés 11 qui coïncident avec le plan X-Y, un demi-tore 12 dont le centre coïncide avec l'origine O du système et dont la surface se projette de façon égale de ce plan X-Y, une demi-sphère 13 dont le centre coïncide avec l'origine O et quatre demi-cylindres 14 dont les surfaces se projettent de façon égale du plan X-Y, chacun s'étendant radialement de la demi-sphère 13 jusqu'au demi-tore 12 et se coupant l'un l'autre à 90°.

En se reportant à la figure 3, on note qu'un point P (x, y, z) sur une surface torique (12) est exprimée comme suit :

$$x = (a1 + a2\cos\beta)\cos\alpha \quad \ldots\ldots (1)$$

$$y = (a1 + a2\cos\beta)\sin\alpha \quad \ldots\ldots (2)$$

$$z = a2\sin\beta \quad \ldots\ldots (3)$$

dans lesquelles a1 est le rayon du cercle ℓ_1 autour duquel est formé le tore, a2 est le rayon du tore formé autour de ce cercle, α est l'angle défini avec l'axe X par le plan ℓ_2 perpendiculaire au plan X-Y et contenant le point P et β est l'angle défini avec l'axe Z par la ligne contenue dans le plan ℓ_2 et reliant le point P et le cercle ℓ_1. On voit aisément que, en éliminant α et β, les expressions (1), (2) et (3) se ramènent à l'expression suivante :

$$(\pm\sqrt{x^2 + y^2} - a1)^2 + z^2 = a2^2 \quad \ldots\ldots (4)$$

ou

$$x^2 + y^2 + z^2 = a1^2 + a2^2 \pm 2\ a1\sqrt{a2^2 - z^2} \quad \ldots\ldots\ldots (5)$$

Ainsi, l'équation (4) ou l'équation (5), qui est l'équation générale d'une surface torique, peut être enregistrée dans la mémoire 2 et peut être réduite à l'équation spécifique à la surface torique particulière 12 si les paramètres a_1 et a_2 sont identifiés sur le dessin. Selon les principes de la présente invention, l'équation générale (4) ou (5) peut être enregistrée dans la mémoire 2. L'équation enregistrée (4) ou (5) peut être reproduite et entrée dans le calculateur 1 avec les données correspondant aux paramètres a_1 et a_2 introduites par l'unité de lecture 3 ou le clavier d'introduction 4 de telle sorte que le calculateur 1 calcule l'équation spécifique à la surface torique particulière 12. L'unité de lecture 3 est en outre utilisée pour entrer les positions successives sur le plan X-Y selon une séquence désirée de sorte que, aussi longtemps que ces positions doivent se trouver sur la surface torique 12, le calculateur 1 est commandé pour calculer les coordonnées Z pour ces deux coordonnées bidimentionnelles selon l'équation spécifique du tore considéré. Le calculateur 1 est en outre commandé pour choisir, parmi toutes les solutions possibles (quatre), une solution réelle et de signe approprié, selon les instructions données par l'unité de lecture 3.

Il est évident que, au lieu de stocker dans la mémoire 2 l'équation (4) ou l'équation (5), on peut y stocker le jeu d'équations (1), (2) et (3). En outre, on peut utiliser d'autres équations générales à la place de l'équation (4) ou (5) ou du jeu d'équations (1), (2) et (3). Ainsi, le centre du tore dont l'équation doit être mémorisée peut ne pas se trouver sur l'origine du système de coordonnées X, Y, Z. En supposant que le centre du tore 12 se trouve en Po (xo, yo, zo), on voit aisément que les équations (1), (2) et (3) peuvent être remplacées par les équations suivantes respectives (6), (7) et (8) :

$$x = xo + (a1 + a2 \cos \beta) \cos \alpha \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (6)$$

$$y = yo + (a1 + a2 \cos \beta) \sin \alpha \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (7)$$

$$z = zo + a2 \sin \beta \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (8)$$

De même, les équations (4) et (5) peuvent être remplacées par

$$\left(\pm \sqrt{(x - xo)^2 + (y - yo)^2} - a1^2\right)^2 + (z - zo)^2 = a2^2 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (9)$$

et

$$(x - xo)^2 + (y - yo)^2 + (z - zo)^2 = a1^2 + a2^2 \pm 2a1 \sqrt{a2^2 - (z - zo)^2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (10)$$

respectivement. Néanmoins, les équations (6) à (10) sont limitées et spécifiques à des surfaces toriques qui s'étendent en parallèle au plan X-Y. Ainsi, il peut être souhaitable que ces équations soient généralisées de façon à pouvoir s'appliquer à des tores qui sont inclinés selon un angle quelconque à la fois par rapport au plan X-Y et à l'axe Z, ou par rapport à tous les axes X, Y et Z. Il apparaît également aisément que l'équation (10) peut être généralisée comme suit :

$$(x - xo)^2 + (y - yo)^2 + (z - zo)^2 = a1^2 + a2^2 \pm 2a1 \sqrt{a2^2 - \left[\lambda (x - xo) + \mu (y - yo) + \nu (z - zo)\right]^2} \quad \ldots\ldots \quad (11)$$

où λ, μ et ν sont des cosinus directionnels, c'est-à-dire des cosinus de la ligne passant par l'origine O (o, o, o) et perpendiculaire au plan du tore (le plan contenant le cercle ℓ_1).

En outre, la section transversale et/ou l'anneau du tore peuvent ne pas être circulaires, mais peuvent être elliptiques, avec l'anneau ayant un grand rayon al et un petit rayon bl et la section transversale ayant un grand rayon a2 et un petit rayon b2. Les équations (6), (7) et (8) peuvent alors être généralisées comme suit :

$$x = xo \left(\sqrt{\frac{a1b1}{a1^2 \sin^2 \alpha + b1^2 \cos^2 \alpha}} + \sqrt{\frac{a2b2}{a2^2 \sin^2 \beta + b2^2 \cos^2 \beta}} \cos \beta \right) \cos \alpha \quad \ldots\ldots (12)$$

$$y = yo + \left(\sqrt{\frac{a1b1}{a1^2 \sin^2 \alpha + b2^2 \cos^2 \alpha}} + \sqrt{\frac{a2b2}{a2^2 \sin^2 \beta + b2^2 \cos^2 \beta}} \cos \beta \right) \sin \alpha \quad \ldots\ldots (13)$$

$$z = zo + \sqrt{\frac{a2b2}{a2^2 \sin^2 \beta + b2^2 \cos^2 \beta}} \sin \beta \quad \ldots\ldots\ldots (14)$$

En se reportant à la surface sphérique 13, tout point P (x, y, z) de cette surface est exprimé par l'équation suivante:

$$(x - xo)^2 + (y - yo)^2 + (z - zo)^2 = R^2 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (15)$$

où R est le rayon de la sphère ou la distance entre le centre de la sphère Oo (xo, yo, zo) et le point P (x, y, z) Cette équation peut être généralisée pour représenter un ellipsoïde comme suit :

$$\frac{(x - xo)^2}{a^2} + \frac{(y - yo)^2}{b^2} + \frac{(z - zo)^2}{c^2} = 1 \quad \ldots\ldots\ldots (16)$$

ou

$$\left.\begin{aligned} x &= a \cos \alpha \cos \beta \\ y &= b \sin \alpha \cos \beta \\ z &= c \sin \beta \end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (17)$$

où $0 < \alpha < 2$, $-\frac{1}{2} < \beta < \frac{1}{2}$

En considérant tout plan donné dans l'espace à trois dimensions avec une inclinaison par rapport aux trois axes de coordonnées exprimée par des cosinus directionnels (λ, μ, ν) et la distance entre l'origine O (o, o, o) et le plan étant ℓ, ce plan peut être exprimé par l'équation suivante :

$$\lambda x = \mu y + \nu z = \ell \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (18)$$

Pour les plans particuliers 11 dans la figure 2, $\lambda = \mu = 0$, $\nu = 1$ et $\ell = 0$; l'équation (17) se réduit à :

$$z = 0 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (19)$$

indiquant que les plans 11 coïncident avec le plan X-Y.

On considère ensuite la surface cylindrique 14 sur laquelle tout point donné P (X, y, z) peut être exprimé comme suit :

$$(x-xo)^2 + (y-yo)^2 + (z-zo)^2 - \left[\lambda\ (x-xo) + \mu\,(y-yo) + \nu\,(z-zo)\right]^2 = R^2 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (20)$$

où Po (xo, yo, zo) est le centre du cercle sur une extrémité du cylindre, R est le rayon de ce cercle et (λ , μ, ν) sont les cosinus directionnels de l'axe du cylindre.

Une surface conique, bien que n'existant pas dans l'exemple de la figure 2, peut être exprimée par l'équation suivante :

$$\left[(x - xo)^2 + (y-yo)^2 + (z-zo)^2\right]\cos^2\alpha - \left[\lambda\ (x-xo) + \mu(y-yo) + \nu\ (z-zo)\right]^2 = 0 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (21)$$

où Po (xo, yo, zo) est le sommet du cône, α est l'angle défini par la surface du cône avec son axe et (λ, μ, ν) sont les cosinus directionnels de l'axe du cône.

Un hyperboloïde, bien que n'existant pas dans l'exemple de la figure 2, peut être exprimé par l'équation suivante :

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} + \frac{z^2}{c^2} = \pm 1 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (22)$$

ou

$$\left.\begin{aligned} x &= a \cos\alpha \cosh\beta \\ y &= b \sin\alpha \cosh\beta \\ z &= c \sinh\beta \end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (23)$$

Un paraboloïde peut être exprimé par l'équation suivante :

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 2z \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (24)$$

Une surface conique du deuxième ordre peut être exprimée comme suit :

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} - \frac{z^2}{c^2} = 0 \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (25)$$

ou

$$\left.\begin{aligned} x &= a\ \beta \cos\ \alpha \\ y &= b\ \beta \sin\ \alpha \\ z &= \pm\ c\ \beta \end{aligned}\right\} \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (26)$$

Une ligne passant par un point donné Po (xo, yo, zo) et avec des rapports directionnels (u, v, w) peut être exprimée par l'équation suivante :

$$\frac{x - xo}{u} = \frac{y - yo}{v} = \frac{z - zo}{w} \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (27)$$

Parmi les équations générales précédentes pour diverses surfaces géométriques élémentaires, certaines peuvent être choisies selon les besoins et stockées, avec les programmes de calcul nécessaires pour ces surfaces, dans le calculateur 1. Les unités d'introduction 3 et 4 peuvent être utilisées pour adapter les équations générales stockées aux géométries caractéristiques divisées particulières d'une surface réelle.

On va maintenant considérer la surface particulière 10 représentée sur la figure 2 et donner à titre d'exemple une explication de certaines procédures de calcul.

Plan 11

Une équation générale (18) établie et enregistrée dans la mémoire 2 peut être adaptée au plan particulier 11 représenté

sur la figure 2 en donnant au moins trois points, par exemple trois des quatre coins de cette surface. En supposant que les trois points, a, b et c soient par exemple situés à :

(Xa, Ya, Za) = (-60, -60, 0)
(Xb, Yb, Zb) = (-60, 60, 0)
(Xc, Yc, Zc) = (60, 60, 0)

l'équation (18) doit satisfaire : $\lambda = \mu = 0, \nu = 1$ et $\ell = 0$ et elle devient l'équation (19). Ainsi, lorsqu'on a rentré dans le calculateur 1 les données pour les conditions : $\lambda = \mu = 0, \nu = 1$ et $\ell = 0$, celui-ci peut calculer l'équation générale (18) pour obtenir l'équation (19) spécifique au plan 11.

Surface torique 12

Lorsque, par exemple, (xo, yo, zo, a1, a2, b1, b2) = (0, 0, 0, 40, 10, 40, 10), le jeu d'équations générales (12), (13) et (14) peut être réduit à un jeu d'équations spécifiques :

$x = (40 + 10 \cos \beta) \cos \alpha$ ..... (1')
$y = (40 + 10 \cos \beta) \sin \alpha$ ..... (2')
$z = 10 \sin \beta$ ..... (3')

Ainsi, après avoir introduit dans le calculateur 1 les données pour les conditions (xo, yo, zo, a1, a2, b1, b2) = (0, 0, 0, 40, 10, 40, 10), celui-ci peut calculer les équations (12), (13) et (14) pour obtenir respectivement les équations spécifiques (1'), (2') et (3').

De même, du fait que $\lambda = \mu = 0$ et $\nu = 1$, l'équation générale (11) peut être réduite à l'équation spécifique :

$$x^2 + y^2 + z^2 = 1600 + 100 \pm 80\sqrt{100 - z^2} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (5')$$

Surface cylindrique 14

Pour chaque cylindre, il est nécessaire que les coordonnées (Xs, Ys, Zs), (Xe, Ye, Ze) du centre de chacune des deux extrémités circulaires et le rayon R soient donnés . Par exemple, (Xs, Ys, Zs, R) = (0, -40, 0, 4) et (Xe, Ye, Ze, R) = (0,40, 0, 4).

Surface sphérique 13

Etant donné les coordonnées du centre (Xo, Yo, Zo) et le rayon R, l'équation générale (15) est réduite. Par exemple, lorsqu'on introduit dans le calculateur 1 les données pour (Xo, Yo, Zo, R) = (0, 0, 0, 8), celui-ci peut calculer l'équation générale (15) pour obtenir l'équation spécifique :

$$x^2 + y^2 + z^2 = 64 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (15')$$

Balayage et calcul des coordonnées.

Pour déterminer chaque position à prendre successivement par un élément mobile, la première et la deuxième coordonnées, à savoir x et y, sont balayées pour calculer la troisième coordonnée, à savoir z. Ainsi, pour chaque région caractéristique de la surface 10, deux limites de coordonnées seront données pour chacun du premier axe et du deuxième axe, xo et xn, et yo et yn. La plage des coordonnées de l'axe X (xn-xo) et la plage des coordonnées de l'axe Y (yn-yo) peuvent alors être divisées également par n et m respectivement de façon à procurer un incrément prescrit Δx, Δy de déplacement,par exemple 1µ, 2µ, 5µ, 10µ, 30µ, 50µ ou 500µ, de façon égale pour chacun des axes x et y. Chaque cycle de balayage consiste à fixer la première des deux coordonnées x et à balayer ensuite la seconde coordonnée,y. Ainsi, la coordonnée x est d'abord fixée à xo (=-60) et la coordonnée y est balayée de yo (=-60) à yn (=60) par incréments Δ y. A la fin de ce premier cycle de balayage, la coordonnée x est décalée de Δ x de xo à x1 (=-60+ Δx) et il s'ensuit un deuxième cycle de balayage qui balaie à nouveau les coordonnées y de yo à yn. Ce

cycle est répété successivement jusqu'à atteindre la coordonnée xn (=60). Pour chaque jeu de valeurs de coordonnées x et y balayées, la valeur de la coordonnée z est calculée à partir de l'équation qui s'applique à la région de balayage. Les données qui spécifient une équation particulière associée à un jeu particulier de coordonnées x et y sont bien entendu introduites dans le calculateur 1. Lorsque l'équation a plus d'une solution, le calculateur 1 est également programmé pour choisir parmi elles une solution réelle et de signe positif, pour autant que la surface de la figure 2 soit concernée dans laquelle la valeur de la coordonnée z pour chaque point de la surface est positive.

La figure 5 montre une autre surface 15 qui a un plan 11 coïncidant avec le plan X-Y et une surface concave adjacente à cette surface 15, constituée par quatre parois 16a, 16b, 16c, 16d et un fond 17 se raccordant à ces parois. Chaque paroi 16a-16d est définie comme étant une portion de tore qui a un rayon d'anneau R et un rayon de section transversale circulaire r. Du fait que = μ = 0 et = 1, l'équation générale d'un tore exprimée par la formule (11) est ici réduite à la formule (10). Les données introduites pour réduire la formule (10) aux quatre équations spécifiques respectives des surfaces des parois 16a, 16b, 16c et 16d peuvent être données, par exemple, comme suit :

Pour 16a, (Xo, Yo, Zo, R, r) = (105, 0, 0, 120, 40)
Pour 16b, (Xo, Yo, Zo, R, r) = (0, -105, 0 120, 40)
Pour 16c, (Xo, Yo, Zo, R, r) = (-105, 0, 0, 120, 40)
Pour 16d, (Xo, Yo, Zo, R, r) = (0, 105, 0, 120, 40)

Pour définir le plan 11, les coordonnées respectives des trois points al, bl et cl peuvent être données comme suit :

(-60, -60, 0)
(60, 60, 0)
(60, 60, 0)

De même, le fond 17 peut être défini en donnant les coordonnées respectives de trois points a2, b2 et c2 qui peuvent être identifiées comme suit :

(-60, -60, -30)
(60, -60, -30)
(60, 60, -30)

respectivement.

Revendications.

1. Procédé de commande numérique à calculateur pour déplacer un élément selon un trajet sur une surface complexe prédéterminée dans un système de coordonnées tridimensionnelles, caractérisé en ce que :

a) on divise cette surface complexe en une multiplicité de régions caractéristiques élémentaires pouvant être chacune définie individuellement comme l'une des catégories géométriques différentes présélectionnées parmi des courbes du premier ordre, des courbes du deuxième ordre, des surfaces du premier ordre et des surfaces du deuxième ordre, et pouvant être exprimées par une équation spécifique à cette catégorie;

b) on établit une équation générale pour chacune des catégories géométriques présélectionnées et on stocke ces équations générales établies dans une mémoire pour un calculateur;

c) on introduit dans le calculateur les données nécessaires pour adapter chacune des équations générales stockées à la région correspondante parmi les régions caractéristiques dans un système de coordonnées tridimensionnelles prédéterminées, réduisant ainsi l'équation générale à l'équation spécifique;

d) on établit une séquence de positions bidimensionnelles par incréments dans ce système de coordonnées tridimensionnelles, définies par leur première et leur deuxième coordonnées prédéterminées ;

e) on introduit successivement dans le calculateur les coordonnées des positions bidimensionnelles incrémentielles successives de façon à calculer, pour chaque position sur le trajet, la valeur de la troisième coordonnée à partir des équations spécifiques et des première et deuxième coordonnées introduites,déterminant ainsi le trajet dans l'espace

à trois dimensions; et

f) on déplace cet élément le long du trajet prédéterminé.

2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel l'élément est déplacé par trois moteurs adaptés pour le déplacer dans les directions des trois coordonnées respectivement, caractérisé en ce qu'en outre on transforme les valeurs numériques déterminant le trajet en signaux de commande et on alimente ces moteurs par les signaux de commande pour déplacer l'élément selon le trajet.

3. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'en outre on stocke dans une mémoire les valeurs numériques déterminant le trajet et qu'on reproduit ensuite ces valeurs numériques extraites de la mémoire, et on déplace l'élément en fonction des valeurs numériques reproduites.

2514912

FIG. 1

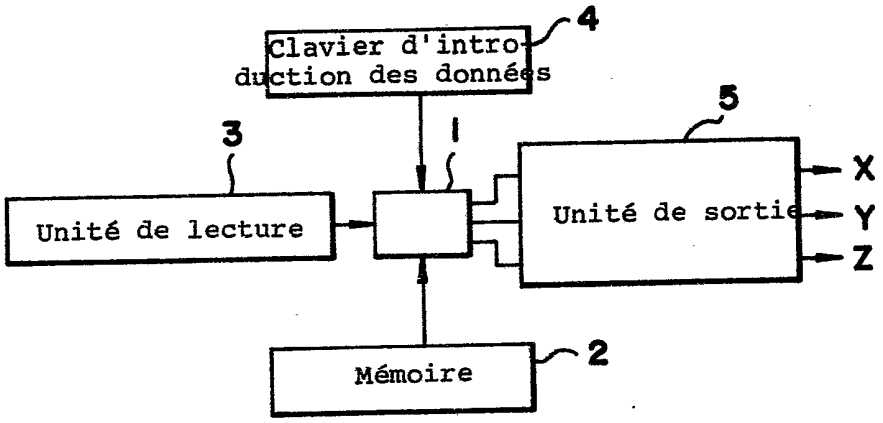


FIG. 3

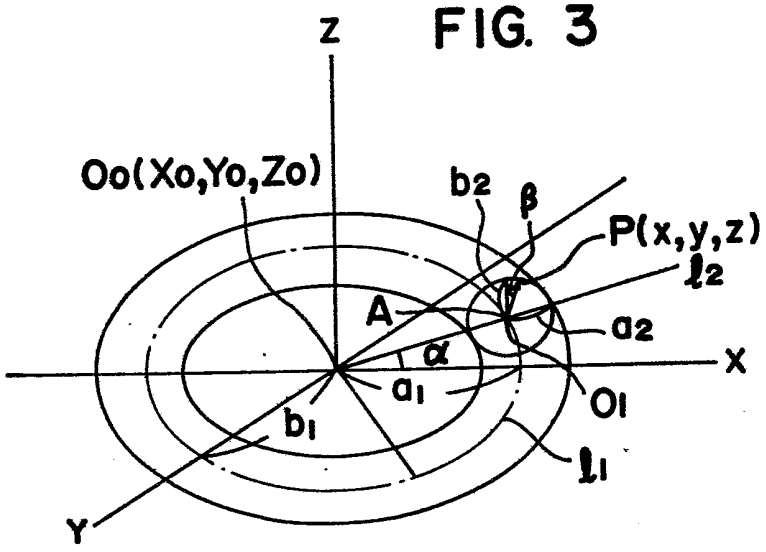
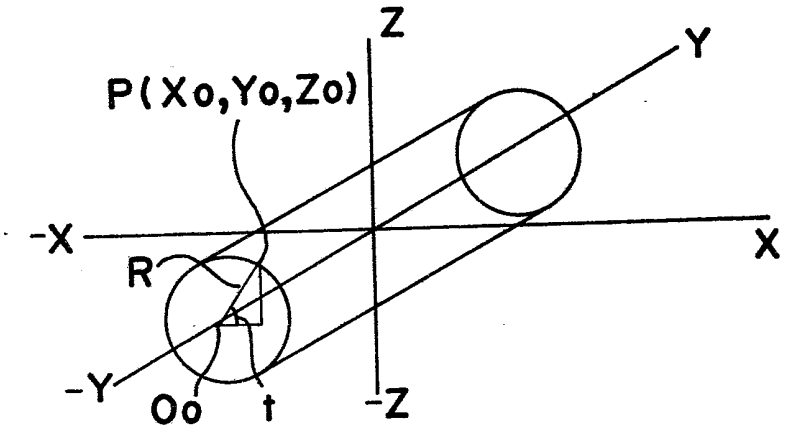


FIG. 4



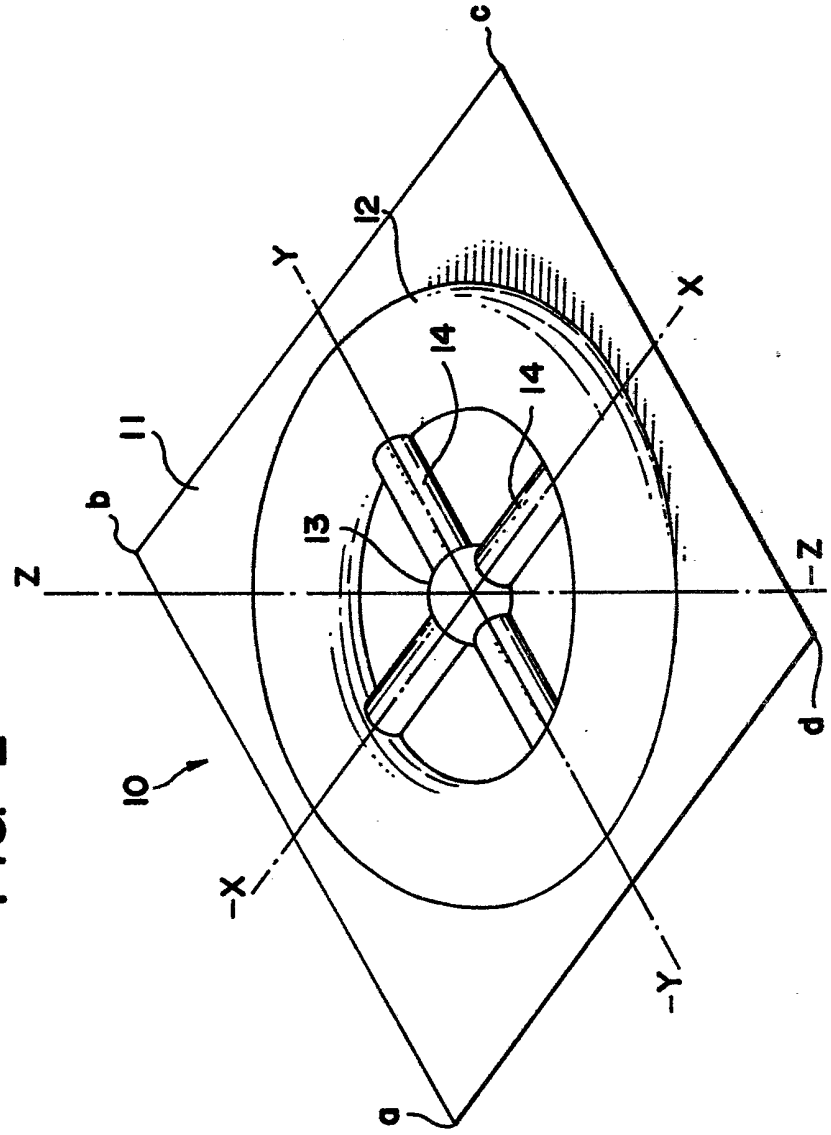


FIG. 2

FIG. 5

