

①2 **DEMANDE DE BREVET D'INVENTION**

A1

②2 Date de dépôt : 13 février 1984.

③0 Priorité US, 15 février 1983, n° 466.757.

④3 Date de la mise à disposition du public de la
demande : BOPI « Brevets » n° 33 du 17 août 1984.

⑥0 Références à d'autres documents nationaux appa-
rentés :

⑦1 Demandeur(s) : *GENERAL ELECTRIC COMPANY.* — US.

⑦2 Inventeur(s) : Emmet Mitchell Fulkerson.

⑦3 Titulaire(s) :

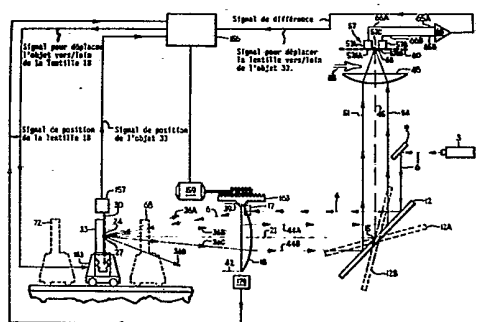
⑦4 Mandataire(s) : Alain Catherine.

⑤4 Système d'inspection optique.

⑤7 Système utilisant des principes de triangulation et une
seule lentille pour la projection et la réception.

Il comprend *a* une première lentille 18 ayant un premier axe
optique 21 pour focaliser un faisceau lumineux vers un objet
33 situé à un premier plan focal 30 et pour recueillir et
collimater la lumière réfléchi de la direction du premier plan
focal, et *b* des moyens 57 pour détecter l'apparition d'un type
prédéterminé de collimation de *a*.

Application à l'inspection des aubes de moteur à turbine à
gaz.



La présente invention concerne des systèmes optiques de triangulation et, plus particulièrement, des systèmes de ce type qui utilise une unique lentille pour projeter un faisceau lumineux d'indexation vers un objet ainsi que
5 pour recueillir la lumière réfléchie par l'objet.

Dans pratiquement toutes les opérations de fabrication, on souhaite faire des mesures de pièces soumises au procédé de fabrication. La mesure peut être très longue, spécialement lorsque des êtres humains effectuent la
10 mesure de sorte que, en général, il est souhaitable d'utiliser des machines automatisées pour effectuer la mesure. Les machines qui effectuent une mesure utilisent communément des palpeurs ou des micromètres qui viennent physiquement en contact avec une pièce à mesurer. Dans ce
15 cas, une force petite mais finie, est appliquée à la pièce par suite de ce contact et cette force peut perturber la position de la pièce ou déformer la pièce, altérant ainsi une caractéristique de la pièce elle-même pendant la mesure. De plus, les palpeurs mécaniques sont eux-mêmes
20 sujets à l'usure et ils engendrent eux-mêmes leurs propres imprécisions au fur et à mesure de leur utilisation. Par conséquent, on a fait une utilisation croissante de systèmes optiques de mesure sans contact et, en particulier, de systèmes optiques de triangulation. Ces derniers systèmes
25 communément projettent un faisceau de lumière (un faisceau d'indexation) vers un objet en utilisant un premier système de lentilles et recueille la lumière réflé-

chie en utilisant un second système de lentilles.

La présente invention a pour objet de fournir un nouveau système perfectionné d'inspection optique.

5 La présente invention a encore pour objet de fournir un nouveau système perfectionné d'inspection optique qui inspecte des objets sans contact physique avec ceux-ci.

10 La présente invention a enfin pour objet de fournir un nouveau système perfectionné d'inspection optique qui utilise des principes de triangulation, et une seule lentille à la fois comme lentille de projection et lentille de réception.

15 Une forme de l'invention projette un faisceau de lumière à travers une lentille vers un objet situé dans un plan focal de la lentille, recueille la lumière réfléchie par l'objet en utilisant la même lentille, et détecte un type prédéterminé de collimation de la lumière recueillie par la lentille. L'apparition du type prédéterminé de collimation indique que la réflexion a lieu sur l'objet à une distance prédéterminée de la lentille.

20 La suite de la description se réfère aux figures annexées qui représentent, respectivement :

Figure 1, une forme de la présente invention ;

25 Figure 2, des trajets optiques de faisceaux lumineux différemment réfléchis dans l'invention de la figure 1 ;

Figure 3, des images sur des photodétecteurs ;

Figure 3 A, une répartition de l'intensité de la section droite d'un faisceau lumineux qui forme une image 63A sur la figure 3 ;

30 Figures 4 A-C, différents trajets optiques de la lumière réfléchie par un miroir en lame de couteau ;

Figure 5, une caractéristique de balayage de la présente invention ;

Figure 6, une aube de moteur à turbine à gaz ; et

35 Figure 6A, un faisceau lumineux focalisé vers une

aube de moteur à turbine à gaz.

On a représenté sur la figure 1 une forme de la présente invention dans laquelle une source lumineuse 3, qui est de préférence un laser néon-hélium (laser He Ne), projette un faisceau lumineux d'indexation 6 vers un diviseur de faisceau ou miroir 9 qui réfléchit le faisceau lumineux d'indexation 6 vers un miroir de balayage 12. Le miroir de balayage 12 pivote de préférence autour d'un point 15 afin de pouvoir tourner et ainsi occuper sélectivement des positions indiquées par les traits en tirets 12A et 12B, ainsi que des positions intermédiaires choisies entre ces positions en traits interrompus. Cette caractéristique de rotation de l'invention est utilisée dans une fonction de balayage et est discutée plus en détails ci-dessous.

Le faisceau lumineux d'indexation 6 est réfléchi par le miroir de balayage 12 vers une région périphérique 17 (c'est-à-dire, une région près d'un bord) d'une lentille de projection 18 ayant un axe optique 21 désigné ici par un premier axe 21. Le faisceau lumineux d'indexation 6 arrive sur la lentille de projection 18 parallèlement au premier axe 21. La lentille de projection 18 focalise le faisceau lumineux d'indexation 6 le long, mais sans y être parallèle, du premier axe 21 de sorte que le faisceau lumineux d'indexation 6 se propage depuis la région périphérique 17 vers un premier point focal 27 sur un objet 33 situé près d'un premier plan focal 30. C'est-à-dire, le faisceau lumineux d'indexation 6, après avoir été réfracté par la lentille, se propage hors de l'axe par rapport au premier axe 21. (On distingue dans la présente description un point focal, qui est un point théorique dans l'espace auquel une lentille focalise la lumière, et un point de réflexion, qui est une région d'un objet à partir duquel la lumière est réfléchie).

Un objet 33, présent au premier point focal 24, réfléchira le faisceau lumineux d'indexation 6 (faisant

ainsi du premier point focal 24 un point de réflexion)
dans de nombreuses directions indiquées par les flèches
36 A-D. En conséquence, la réflexion apparaissant au
premier point focal, en fait, produit de la lumière éma-
nant d'un point source, à savoir, le premier point focal
24. C'est une réflexion diffuse. De cette lumière réflé-
chie, la lumière atteignant la lentille de projection 18
à l'intérieur de son ouverture, à savoir entre les lignes
39 et 42, sera recueillie et focalisée en retour vers le
miroir de balayage 12. Cette lumière recueillie, telle
celle indiquée par les rayons 44A et 44B, est réfléchie
par le miroir de balayage 12 le long d'un second axe 45
vers une lentille de formation d'image 48 sous forme des
rayons 51 et 54. Le second axe 45 est de préférence per-
pendiculaire au premier axe 21 et est l'axe optique de
la lentille de formation d'image 48. La lentille de
formation d'image 48 focalise les rayons 51 et 54 vers
un photodétecteur 57 situé dans un second plan focal 60,
qui est un plan focal de la lentille de formation d'image
48. Les rayons 51 et 54 sont focalisés sous forme d'une
image 63A sur la figure 3 à un second point focal 63 sur
la figure 1. Le photodétecteur 57 peut se composer de
deux photodétecteurs distincts 57 A-B placés à côté l'un
de l'autre, et séparés par un espace 57 C. Les photo-
détecteurs 57 A-B répondent principalement à la lumière
frappant les surfaces 57 AA et 57 BB.

Les sorties 66 A-B des photodétecteurs 57 A-B sont
de préférence reliées aux entrées 65 A-B d'un amplifica-
teur différentiel à deux entrées 68 qui compare les
signaux des sorties 66A et 66B l'un avec l'autre et ampli-
fie la différence entre ces signaux. Lorsque la différence
est zéro, des quantités égales de lumière frappent chaque
photodétecteur 57 A-B. L'objet 33 est alors supposé être
situé au premier point focal 24 de la lentille de pro-
jection 18 et, comme la position de la lentille de

projection 18 est connue d'avance, on sait que l'objet 33 est situé à une distance focale le long du premier axe 21, c'est-à-dire, le fait que l'objet 33 soit situé au premier point focal 24 est connu par le signal de différence zéro produit par les photodétecteurs 57. Le signal de différence zéro est lui-même un signal de focalisation qui indique que la lumière reçue par la lentille de projection 18 a été réfléchie par l'objet 33 au premier point focal 24.

Ainsi, la lumière réfléchie au premier point focal 24 sera collimatée par la lentille de projection 18, réfléchie par le miroir de balayage 12, et focalisée par la lentille de formation d'image 48 au second point focal 63. Dans ces circonstances, seule la lumière qui est réfléchie précisément au premier point focal 24 sera précisément focalisée au second point focal 63. La lumière réfléchie par un objet placé loin du premier point focal, tel que l'objet 68 sur la figure 2, sera focalisée différemment, sur le second plan focal 60.

Par exemple, comme le montre plus en détail la figure 2, lorsqu'un objet se déplace aux positions 72, 33 et 68, le faisceau lumineux d'indexation 6 est réfléchi à partir des points de réflexion respectifs 72A, 33A (qui coïncide avec le premier point focal 24 sur la figure 1), et 68A. Par suite, les faisceaux lumineux 75, 77 et 78 sont décalés dans la direction verticale (la direction de la flèche 81). Pour des raisons de simplification, les faisceaux lumineux 75, 77 et 78 sont tronqués dans la région 82 et illustrés sous forme de rayons uniques 75A, 77A et 78A. Après réflexion par le miroir de balayage 12, les rayons 75B, 77B, et 78B occupent les positions représentées et ces rayons sont ensuite représentés comme reconstruits en faisceaux lumineux 75C, 77C et 78C. Ainsi, la réflexion de la lumière par des objets 72, 33 et 68 se traduit par une translation des faisceaux lumineux 75C, 77C et 78C dans la direction de la flèche

83. En conséquence, ces faisceaux lumineux se translatent à travers le photodétecteur 57, au fur et à mesure que l'objet 33 se déplace par rapport à la lentille de projection 18 le long du premier axe 21.

5 En outre, les faisceaux lumineux 75C, 77C et 78C sont focalisés par la lentille de formation d'image 48 aux points respectifs 94A, B et C. Comme cela est bien connu, dans ces conditions, la lumière de chaque faisceau 75C, 77C, et 78C qui frappe le plan image 60 contiendra
10 des images ayant différents degrés de focalisation en fonction de la position de l'objet 33. Ceci est encore illustré à la figure 3 où on a représenté une image 94AA comme étant celle projetée sur le photodétecteur 57 par le faisceau lumineux 75C sur la figure 2. (On n'a pas
15 représenté pour des raisons de simplicité les rayons lumineux qui se propagent réellement du point 94A vers le photodétecteur 57). De même, l'image 63A de la figure 3 correspond au point 94B sur la figure 2, et l'image 63A de la figure 3 correspond au point 94B sur la figure 2, et
20 l'image 94CC est projetée sur le photodétecteur 57 par le faisceau lumineux 78C.

Il est à noter que les faisceaux lumineux 75A, 77A et 78A sur la figure 2 peuvent tous apparaître être parallèles au premier axe 21 et, de même, que les fais-
25 ceaux lumineux 75B, 77B, et 78B, peuvent apparaître être parallèles à l'axe 45. Cependant, il est connu dans la technique que, dans les circonstances décrites, seuls les faisceaux 77A et 77B possèdent ces propriétés de parallélisme. Les autres faisceaux lumineux 75A, 78A, 75B et
30 78B apparaissent seulement ainsi pour la commodité de la représentation. En fait, les faisceaux 75 A-B convergeront vers les axes 21 et 45 en se propageant vers la lentille de formation d'image 48 et les faisceaux lumineux 78 A-B divergeront de ces axes.

35 En conséquence, d'un point de vue, l'image 63A,

vue par le photodétecteur 57, en termes à la fois de position et de foyer, dépend de la position de l'objet 33 qui réfléchit le faisceau d'indexation 6. Les signaux produits par les photodétecteurs 57 A-B indiquent quand l'image 63A de la figure 3 vue par les photodétecteurs 57 A-B est focalisée car lorsque l'image 63A éclaire exclusivement l'espace 57C, l'amplificateur différentiel 68 produit un signal de sortie zéro (le signal de focalisation). De plus, la question de savoir si la réflexion a lieu au premier point focal 24 est constatée, en fait, par la détection du parallélisme du faisceau lumineux 77 avec le premier axe 21 (qui est l'axe optique de la lentille de projection 18). La focalisation du faisceau lumineux 77 au point 94B entre les photodétecteurs 57 A-B indique ce parallélisme, qui est, bien sûr, un type particulier de collimation du faisceau lumineux 77 par la lentille de projection 18.

Comme le montrent les figures 4A-C, les photodétecteurs 57 A-B (représentés en traits en tirets seulement sur la figure 4A) sont remplacés par un miroir en lame de couteau 95 (dont la pointe seulement est représentée) et par deux autres photodétecteurs 57 D-E. L'arête 95A du miroir en lame de couteau 95 est située au second plan focal 60. Le miroir en lame de couteau 95 réfléchit la lumière projetée vers lui par la lentille de formation d'image 48 (non représentée sur les figures 4 A-C) vers l'un ou l'autre ou les deux photodétecteurs 57D et 57E situés de chaque côté du miroir en lame de couteau 95. La quantité de lumière reçue par chaque photodétecteur 57 D-E dépend de la position de l'objet 33 sur la figure 1. C'est-à-dire, au fur et à mesure que les faisceaux lumineux 75B, 77B et 78B se translatent dans le sens de la flèche 83 sur la figure 2, ils frappent le miroir en lame de couteau 95, sur les figures 4 A-C à des positions différentes.

En particulier, sur la figure 4A, le faisceau lumineux 75C est réfléchi vers le photodétecteur 57D. Sur la figure 4B, le faisceau lumineux 77C est divisé en deux

parties 77F et 77G réfléchies vers les deux photodétecteurs 57D et 57E. Sur la figure 4C, le faisceau lumineux 78C est réfléchi vers le photodétecteur 57E. Une raison à l'utilisation d'un miroir en lame de couteau 95 plutôt que les deux photodétecteurs adjacents 57 A-B de la figure 1 est que ce miroir en lame de couteau 95 permet à l'espace 57 d'être, en fait, défini par l'arête 95 C de ce miroir en lame de couteau. Ainsi, on définit en fait, un espace 57C très étroit et on obtient une meilleure résolution et précision de détection de conditions d'écart par rapport au foyer.

En conséquence, en théorie et en pratique, au degré possible avec l'équipement utilisé, lorsque la réflexion par l'objet 33 engendre l'image 63A sur la figure 3 précisément au point focal 24 de la lentille de projection 18 sur la figure 1, la lumière transportant l'image 63A se propage exactement le long des axes 21 et 45, est précisément divisée par moitié par le miroir en lame de couteau 95 sur la figure 4B, et chaque moitié est projetée vers un des photodétecteurs 57D et 57E. Dans le cas d'un laser comme le laser He Ne 3, l'image sera un cercle lumineux de 0,02 à 0,05 mm de diamètre (représentant la répartition de Gauss) focalisé sur l'arête 95C du miroir en deux demi-cercles projetés vers les photodétecteurs 57D et 57E.

On va maintenant discuter le balayage de la surface de l'objet 33. Le miroir 12 de la figure 1 peut tourner pour occuper des positions 12A et 12B comme indiqué ci-dessus. Ceci est en outre représenté sur la figure 5. Lorsque le miroir de balayage 12 tourne dans le sens des aiguilles d'une montre, le faisceau lumineux d'indexation est réfléchi sous forme de faisceaux lumineux 106A, 106B et 106C vers la lentille de projection 18. Les faisceaux focalisés par la lentille de projection 18 sous forme de faisceaux 108 A-C passent par les points de réflexion 110 A-C dans le plan focal 30. La lumière réfléchie par l'objet 33 en ces points sera collimatée par la lentille de projection

18 sous forme de lumière collimatée telle que le faisceau 112, qui est réfléchi par le miroir de balayage 12 le long du second axe 45 sous forme du faisceau 114.

Si on considère le parallélisme au second axe 45,
5 une analyse géométrique montrera que, si les axes 21 et 45 sont perpendiculaires, si la surface du miroir de balayage 12 pivote au point d'intersection 15 des axes, et si la partie 6 du faisceau laser est parallèle au second axe 45, alors tous les rayons tels que les rayons 114 qui
10 proviennent de la réflexion au premier plan focal 30 seront parallèles au second axe 45. Les rayons émanant de réflexions hors du premier plan focal 30 ne seront pas parallèles au second axe 45. De plus, lorsque les points de réflexion 110 A-C se déplacent le long du premier plan focal 30, les
15 rayons résultants comme 114 se déplacent vers et loin de ce second axe 45, mais restent parallèles à cet axe. Comme cela est bien connu, ce déplacement latéral du rayon 114 par rapport au second axe 45 ne change pas le point auquel la lentille de formation d'image 48 sur les figures 1 et
20 2 focalise le rayon 114. Cependant, si on éloigne l'objet 33 sur la figure 5 du premier plan focal 30 (comme le sont les objets 68 et 72 sur la figure 2), la lumière réfléchie par l'objet déplacé sur la figure 5 (non représenté comme déplacé sur la figure 5) à partir des fais-
25 ceaux lumineux 108 A-C (non représentés déplacés) se comportera, car elle est réfléchie soit vers la gauche soit vers la droite du premier plan focal 30, comme les fais- ceaux lumineux 75, 77 et 78 sur la figure 2. Par consé- quent, les positions à gauche et à droite des points de
30 réflexion 110 A-C par rapport au premier plan focal 30 sont constatées de la même manière que le sont les posi- tions à gauche et à droite des points de réflexion 72A, 33A et 68 A sur la figure 2 par rapport au premier point focal 24 sur la figure 1. De plus, la constatation de la
35 figure 2 lorsqu'elle est appliquée à l'objet tel que

balayé à la figure 5 n'est pas affectée de façon significative par le fait que les points de réflexion 110B et 110C sur la figure 5 se trouvent hors du premier axe 21. Par conséquent, on peut balayer l'objet 33 et retracer le contour de sa surface.

Dans une forme recommandée de représentation de contour de la présente invention, on place tout d'abord l'objet 33 sur un chariot mobile 153 sur la figure 1 et on l'amène dans la région du premier plan focal 30 sous la commande de l'équipement de commande numérique 156. Comme discuté en liaison avec les figures 2 et 4A-C, les photodétecteurs 57 A-B produisent des signaux de position indiquant si l'objet 33 est plus près ou plus loin de la lentille de projection 18 que le premier plan focal 30. En variante, on peut utiliser un capteur de position du chariot 157 pour indiquer l'arrivée du chariot 153 près du premier plan focal 30. En réponse à ces signaux de position, l'équipement de commande numérique 156 délivre un signal à un moteur 159 pour déplacer la lentille de projection 18 soit vers, soit loin de l'objet 33, selon les signaux des photodétecteurs comme traités par l'amplificateur différentiel 68. Le déplacement de la lentille de projection 18 se poursuit jusqu'à ce que les signaux des photodétecteurs indiquent l'obtention de la focalisation du faisceau d'indexation 6 sur l'objet 33.

Le déplacement de la lentille de projection 18 le long de l'axe 21 s'effectue de préférence en faisant tourner un montage fileté 163 pour déplacer la lentille de projection 18 par rapport à l'objet 33. Ceci oblige les faisceaux lumineux 75C, 77C et 78C sur la figure 2 à balayer le miroir en lame de couteau 95 sur les figures 4 A-C et oblige l'amplificateur différentiel 68 à délivrer un signal de focalisation lorsque l'image reçue par les photodétecteurs 57A et 57B sont d'intensités égales (c'est-à-dire, lorsque la lumière reçue par les photodé-

tecteurs 57A-B est réfléchi au premier point focal 24). L'équipement de commande numérique 156 reçoit des signaux relatifs à la position de la lentille de projection 18 d'un capteur de position 170 et est alors capable de

5 calculer la position du point focal 24 sur l'objet 33 lorsque le comparateur délivre un signal de focalisation : Le point focal 24 est situé à une distance focale plus loin de la lentille de projection 18 le long du premier axe 21. Bien évidemment, on pourrait déplacer l'objet 33 en même

10 temps que le chariot, plutôt que de déplacer la lentille de projection 18, mais il est généralement plus facile pour changer rapidement la distance entre l'objet 33 et la lentille de projection 18 de déplacer la lentille de projection 18 plutôt que le chariot car la masse de la

15 lentille de projection 18 est généralement beaucoup moindre que celle du chariot 153.

La représentation du contour d'un objet peut s'effectuer de la façon suivante. L'objet, qui peut être une aube de moteur à turbine à gaz 172 sur la figure 6 (ou

20 un moulage maître à partir duquel on peut fabriquer une série de moules pour de telles aubes) et qui est représenté en coupe sur la figure 6A est placé près du plan focal 30 de la lentille de projection 18. Une partie d'une paroi 175 de l'aube 172 a été arrachée pour permettre au

25 faisceau d'indexation 6 de frapper les membrures internes 170 de l'aube 172. L'aube 172 est balayée par le faisceau d'indexation 6 dans le sens vertical (flèche 174 par rotation du miroir de balayage 12 comme décrit en liaison avec la figure 5 et si la surface de l'aube 172 dévie du

30 plan focal 30 (comme elle le fera à cause des membrures 170), l'image 63 du faisceau laser se déplace sur le miroir en lame de couteau 95 à la manière décrite en liaison avec les figures 3 et 4 A-C, induisant ainsi des signaux que

35 produiront les photodétecteurs 37 A-B. En réponse à cela, l'équipement de commande numérique 156 sur la figure 1.

déplace la lentille de projection 18 le long du premier axe 21 comme décrit ci-dessus jusqu'à obtention du signal de focalisation. Ainsi, on peut voir que l'équipement de commande numérique 156 ajuste la lentille de projection 18 afin de maintenir le plan focal toujours à la surface de l'aube 172. Le déplacement vers la gauche et vers la droite de la lentille de projection 18 le long du premier axe 21 correspond aux modifications vers la gauche et vers la droite du contour de l'aube 172 Lorsqu'elle est balayée.

En un sens, on maintient constante la distance entre la lentille de projection 18 et l'aube 172 comme si une came mécanique fixée à la lentille de projection 18 suivait la surface de l'aube 172. Ainsi, l'enregistrement des déplacements vers la gauche et vers la droite de la lentille de projection 18 et le report de l'amplitude de ces déplacements en fonction du balayage vertical des faisceaux laser 108 A-C sur la figure 5 est équivalent à l'enregistrement du contour de la surface d'une bandelette (c'est-à-dire la région éclairée par le faisceau d'indexation 6) sur l'aube 172. Après ce balayage vertical, on déplace l'aube 172 dans le plan de la figure 6A et une autre bandelette, verticale, adjacente est balayée. Ainsi, on balaye des bandelettes parallèles de la surface de l'aube 172 et on enregistre le contour de la surface.

On a décrit un système d'inspection optique qui utilise une seule lentille (la lentille de projection 18 décrite ci-dessus) pour projeter un faisceau lumineux d'indexation vers, ainsi que pour capter la lumière réfléchie par un point de réflexion situé sur un objet à inspecter. (Bien évidemment, la lentille unique peut se composer d'une série de lentille coaxiales et ainsi être une lentille composée). On détecte le degré de focalisation de la lumière réfléchie et on déplace la lentille par rapport à l'objet pour amener la lumière réfléchie au foyer. Lorsque le foyer est atteint, le point focal est connu comme étant situé à une distance focale de la

lentille et la position du point focal dans l'espace est ainsi vérifiée à partir de la position de la lentille. On peut entreprendre le balayage de l'objet avec la lumière projetée et le système maintient une distance constante
5 entre la lentille et la surface de l'objet situé au point focal de la lentille, permettant ainsi de déterminer le contour de l'objet.

Il faut noter que l'on peut mesurer la distance du premier point focal 24 à la lentille de projection 18 sur
10 la figure 1 à de nombreux points différents sur la lentille de projection 18. Cependant, on détermine des distances comme la distance focale de cette lentille d'une manière connue dans la technique, en choisissant des points particuliers sur une lentille pour mesure de distance.

15 L'espace 57C est de préférence infinitésimement étroit. Cependant, en pratique, l'espace le plus étroit que l'on pense pouvoir obtenir dans un ensemble commercial comme le dispositif UDT spot 2D, disponible auprès de United Detector Technology, Cuber City, California, est
20 d'environ 0,125 mm. Aussi, l'image 63A sur la figure 3 n'est pas un cercle discret comme représenté mais est réellement une répartition circulaire de l'intensité lumineuse dans l'espace comme représenté par la répartition gaussienne de la figure 3A. Ainsi, comme dans une telle
25 répartition le niveau d'intensité n'atteint jamais en théorie zéro à n'importe quelle distance de l'axe centrale 63C de l'image, un certain éclairage, en théorie, frappera les photodétecteurs 57A-B sur la figure 3 même lorsque l'image 63A est précisément focalisée au point médian
30 entre eux. Ceci, cependant, ne pose pas en pratique un problème important, mais provoque une certaine dégradation du pouvoir de résolution théoriquement disponible dans l'ensemble de photodétecteurs. L'image focalisée peut en conséquence être traitée comme un cercle de lumière ayant
35 des limites 63D sur la figure 3A situées aux points où la

répartition gaussienne a diminué à une fraction choisie 63F (telle que 10%) de la valeur de pic 63E.

5 Un aspect important de la présente invention réside dans le fait que la mesure de la distance de la lentille de projection 18 à l'objet peut se faire par déplacement de la lentille de projection 18 seule. On déplace la lentille de projection 18 le long du premier axe 21, mais le reste des composants sur la figure 1 peut rester fixe.

10 Bien que l'on a décrit des réalisations particulières de la présente invention, on peut y apporter de nombreuses substitutions et modifications. En particulier, on peut faire tourner le miroir de balayage 12 dans une seconde direction, comme autour du second axe 45, pour obtenir un balayage bi-dimensionnel.

REVENDICATIONS

1. Système d'inspection optique caractérisé en ce qu'il comprend :

- 5 (a) une première lentille (18) ayant un premier axe optique (21) pour focaliser un faisceau lumineux vers un objet (33) situé à un premier plan focal (30) et pour recevoir et collimater la lumière réfléchie de la direction du premier plan focal, et
- 10 (b) des moyens (57) pour détecter l'apparition d'un type prédéterminé de collimation de (a).

2. Système selon la revendication 1, dans lequel le premier type de collimation comprend la collimation de la lumière réfléchie parallèle au premier axe optique (21)

15 3. Système d'inspection optique, caractérisé en ce qu'il comprend :

- (a) une source lumineuse (3) pour fournir un faisceau lumineux ;
- 20 (b) une première lentille (18) ayant un premier axe optique (21) pour :
- (i) recevoir le faisceau lumineux parallèle au premier axe optique,
- (ii) projeter le faisceau lumineux vers une région renfermant un premier plan focal (30) de la première lentille (18),
- 25 (iii) recevoir la lumière réfléchie par un objet (33) dans la région renfermant le premier plan focal,
- (iv) diriger la lumière reçue vers une seconde lentille (48) pour focaliser la lumière vers un second plan focal (60) de la seconde lentille ;
- 30 et
- (c) un moyen de détection (57) situé dans la région du second plan focal pour recevoir la lumière de la seconde lentille et pour engendrer un signal lorsque la
- 35

réflexion du faisceau d'indexation (6) par l'objet a lieu à une position prédéterminée.

4. Système selon la revendication 1, caractérisé en ce que la source lumineuse est un laser.

5 5. Système d'inspection optique caractérisé en ce qu'il comprend :

(a) une lentille de projection (18) ayant un premier plan focal (30) et un premier axe optique (21) ;

10 (b) une lentille de formation d'image (48) ayant second plan focal (60) et un second axe optique (45), un second axe optique qui coupe perpendiculairement le premier axe optique ;

(c) des moyens pour projeter un faisceau lumineux parallèle au second axe optique ;

15 (d) un miroir de balayage (12) tournant autour du point d'intersection du premier et du second axe optique pour :

(i) recevoir le faisceau lumineux (c)

20 (ii) tourner pour réfléchir le faisceau lumineux vers différents endroits sur la lentille de projection de (a) pour

(A) focaliser le faisceau lumineux au moyen de la lentille de projection vers différents endroits dans le premier plan focal (30)

25 (B) recevoir, au moyen de la lentille de projection, la lumière réfléchie par un objet (33) situé près du premier plan focal pour focaliser la lumière reçue vers le miroir de balayage, et pour

30 (C) réfléchir la lumière focalisée de (ii) B vers la lentille de formation d'image (48) pour focalisation vers le second plan focal (60) ; et

35 (e) un détecteur (57) placé près du second plan focal pour recevoir la lumière réfléchie de (d) (ii) (C)

et pour produire un signal lorsque la lumière de (d) (ii) (C) est réfléchi au premier plan focal (30).

6. Système selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce qu'il comprend en outre :

- 5 - des moyens de détection (57 A-C) pour détecter une déviation angulaire du faisceau lumineux par rapport à une référence prédéterminée, et pour en réponse engendrer un signal d'erreur, et

10 des moyens de correction (156, 159, 163, 170) couplés aux moyens de détection pour supprimer en réponse au signal d'erreur l'influence de la déviation angulaire dans un faisceau lumineux dérivé du faisceau lumineux.

15 7. Procédé d'inspection optique d'un objet (33) situé près d'un premier plan focal (30) caractérisé en ce qu'il consiste à :

- (a) projeter un faisceau lumineux d'indexation (6) vers une première lentille (18),
(b) utiliser la première lentille (18) pour focaliser le faisceau lumineux d'indexation (6)
20 vers le premier plan focal (30) ;
(c) recevoir et collimater avec la première lentille (18) de la lumière réfléchi par l'objet ;
et
(d) produire un signal de focalisation en réponse
25 à la lumière collimatée de (c) lorsque l'objet (33) réfléchit le faisceau d'indexation (6) en premier plan focal (30).

30 8. Procédé selon la revendication 7, caractérisé en ce que l'étape (d) comprend les étapes de (i) focalisation de la lumière collimatée vers un second plan focal (60) en utilisant une seconde lentille (48) et (ii) engendrer le signal de focalisation en réponse à la lumière focalisée au second plan focal.

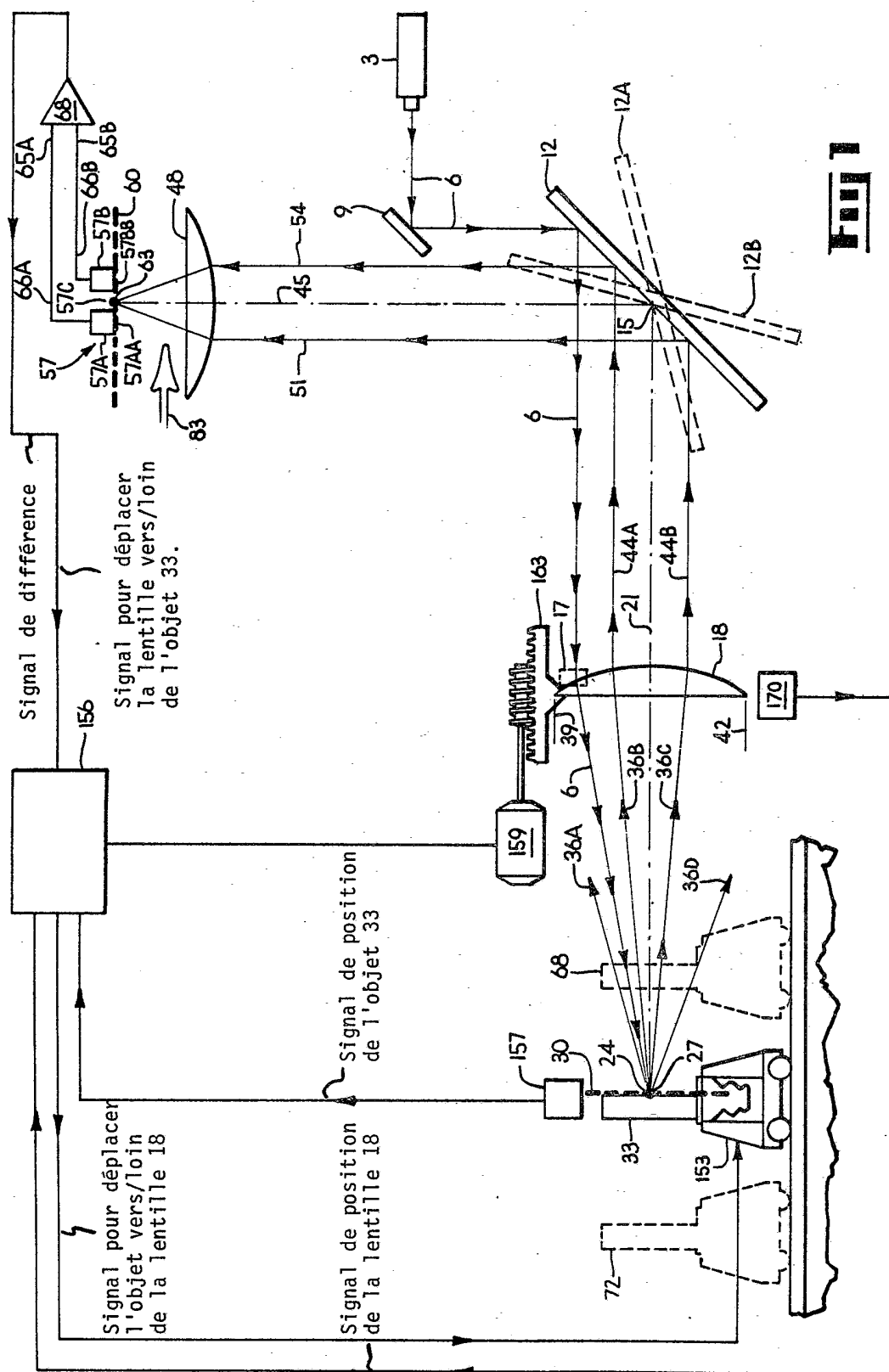
35 9. Procédé selon la revendication 7 ou 8, caractérisé en ce qu'il comprend en outre les étapes de stabilisation

du faisceau lumineux d'indexation par

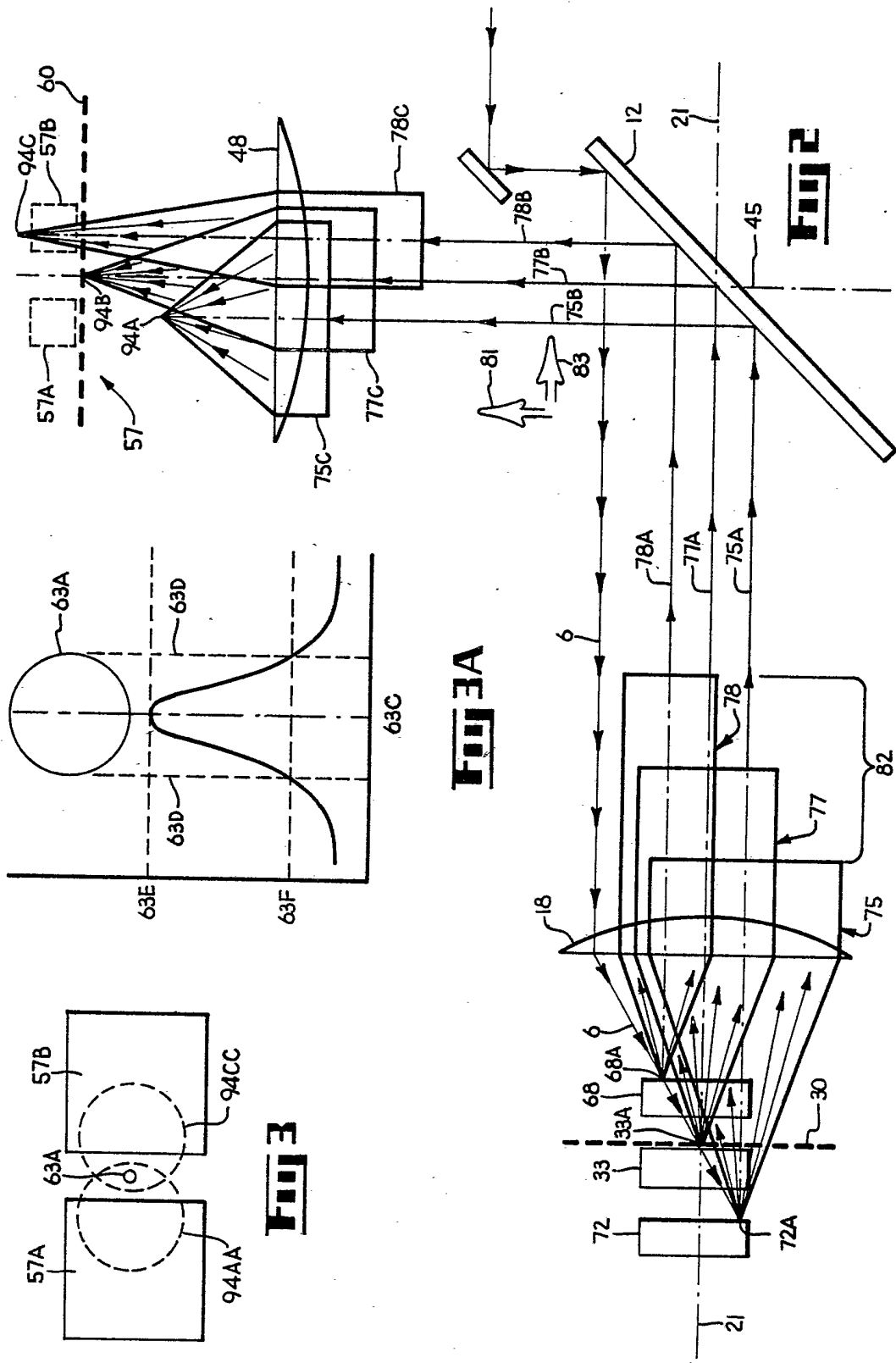
(a) focalisation du faisceau lumineux d'indexation
(6) par une plaque (12) en utilisant un premier moyen à
lentille vers un point sur un plan focal et ensuite vers
5 un second moyen à lentille pour la projection vers la
lentille de projection (18),

(b) détection d'une déviation du point par rapport
à un point prédéterminé, et

(c) rotation de la plaque (12) en réponse à la
10 déviation pour réduire cette déviation.



2541002



2541002

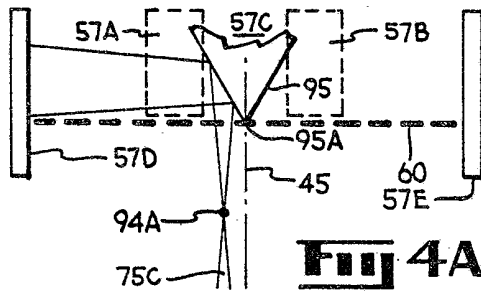


Fig 4A

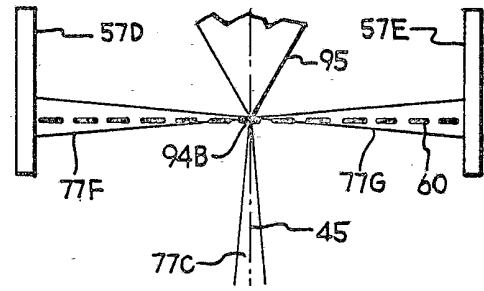


Fig 4B

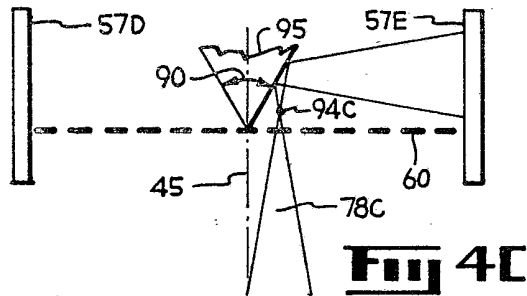


Fig 4C

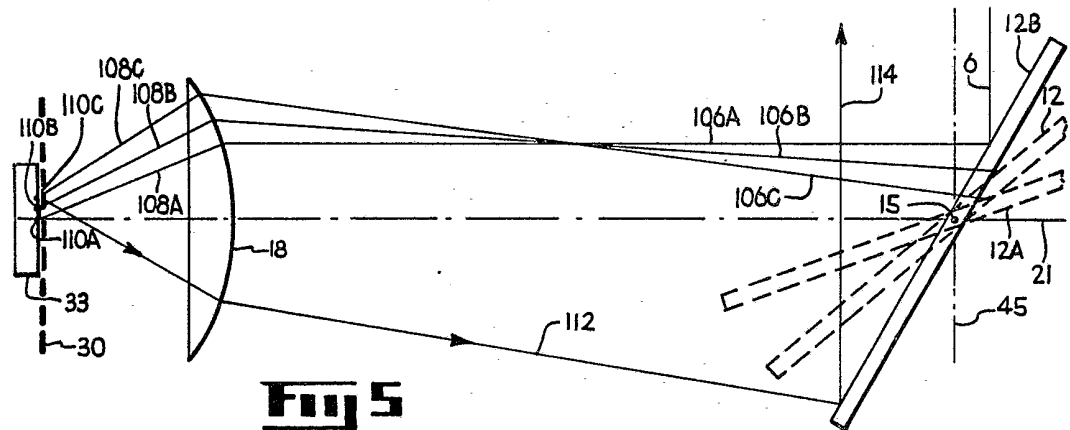


Fig 5

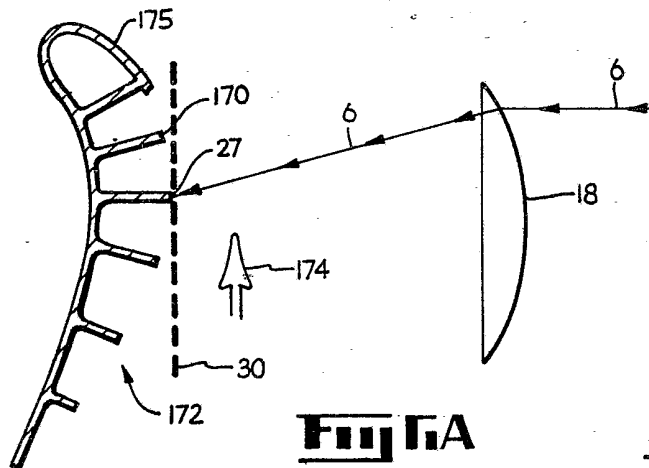


Fig 6A

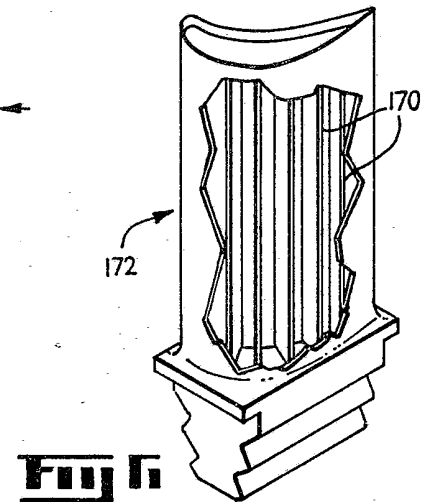


Fig 6