

12)

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22) Date de dépôt : 21.03.97.

30) Priorité :

43) Date de mise à la disposition du public de la demande : 25.09.98 Bulletin 98/39.

56) Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du présent fascicule*

60) Références à d'autres documents nationaux apparentés :

71) Demandeur(s) : BUCOURT SAMUEL — FR et LEVECQ XAVIER — FR.

72) Inventeur(s) : BUCOURT SAMUEL et LEVECQ XAVIER.

73) Titulaire(s) :

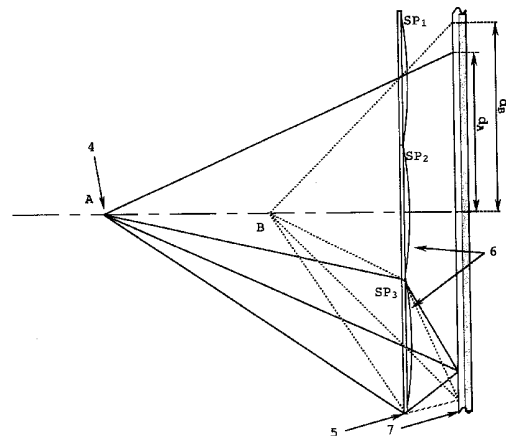
74) Mandataire(s) :

54) SYSTEME OPTRONIQUE DE MESURE DE DISTANCE SANS CONTACT D'UNE SOURCE LUMINEUSE PAR ANALYSE DE LA COURBURE DU POINT D'ONDE ISSU DE CELLE-CI.

57) Système optronique de mesure de distance sans contact d'une source lumineuse par analyse de la courbure du front d'onde issu de celle-ci.

L'invention concerne un dispositif pour lesquels interviennent une source lumineuse (4) dont on veut mesurer la distance au système, une matrice (5) de sous-pupilles (SP₁, SP₂, SP₃), au moins deux moyens d'imagerie (6) placés dans les sous-pupilles et des moyens de détection (7). La source lumineuse placée en A (respectivement B) vient s'imager à l'aide des moyens d'imagerie au travers de la matrice de sous-pupilles en un ensemble de tâches lumineuses ayant une distribution particulière. Pour obtenir la mesure de distance, le système calcule un ou plusieurs paramètres caractéristiques (dA (respectivement dB)) de cette distribution.

Le dispositif de mesure selon l'invention est destiné en particulier au secteur de la mesure industrielle (mesure de cotes, de texture, de position, de vibrations, de déplacement). Il pourra aussi être utilisé pour l'alignement longitudinal de faisceau laser et plus généralement dans l'industrie optique pour mesurer des courbures.



La présente invention concerne un dispositif de mesure de distance sans contact d'une source lumineuse par analyse de la courbure du front d'onde issu de celle-ci.

Il existe différents types de systèmes capables de faire
5 de la mesure de distance sans contact: systèmes ultrasoniques, inductifs, capacitifs ou encore optiques. Dans ce dernier domaine, on distingue principalement les systèmes à triangulation et les systèmes interférométriques, ayant des applications variées, souvent complémentaires.

10 Les systèmes à triangulation mesurent la distance en calculant l'angle sous lequel est vu l'objet. Un point ou une ligne lumineux projetés hors axe (c'est à dire suivant un axe différent de l'axe optique du système) sur l'objet sont réimagés sur un détecteur; la position de l'image sur ce détecteur est
15 proportionnelle à la tangente de l'angle sous lequel est vu le point ou la ligne projetés. Un des principaux désavantages de cette méthode est la projection hors axe par un système d'éclairage de la source lumineuse, qui a pour effet de créer des zones d'ombre non mesurables, en particulier lorsque l'objet mesuré
20 contient des fréquences spatiales élevées (c'est à dire de fortes pentes). De plus, les dimensions d'un tel système augmente notablement avec la distance de travail, du fait de l'angle nécessaire entre la voie d'émission et la voie de réception.

Les systèmes interférométriques analysent un réseau de
25 franges dont la phase contient des paramètres permettant de déduire la distance à laquelle se trouve le point, la ligne ou la surface analysée de l'objet. Les désavantages de cette méthode sont liés d'une part à ce que la mesure n'est possible que sur des matériaux réfléchissants et d'autre part à ce qu'elle re-
30 quiert des conditions de mise en œuvre contraignantes (stabilité, environnement).

Le dispositif selon la présente invention permet de remédier aux inconvénients cités tout en apportant un gain notable en performance par rapport aux systèmes à triangulation qui sont
35 les plus répandus. Il peut fonctionner sur l'axe (la source lumineuse est projetée suivant l'axe optique du système; celui-ci est dit colinéaire) ou hors axe sans contrainte de position en angle entre l'axe de projection et l'axe optique du système (c'est à dire que l'axe de projection peut être quasiment paral-

lèle à l'axe optique du système). Cette dernière configuration est facile à mettre en œuvre dans les applications de mesure de distance de l'ordre de 2 mètres par exemple (à cette distance, les zones d'ombres sont négligeables). Par ailleurs, le dispositif selon la présente invention est capable de mesurer
5 indifféremment sur des matériaux diffusants ou réfléchissants.

Cette nouvelle approche de mesure de distance sans contact trouve son origine dans une méthode particulière d'analyse de front d'onde. En effet, le front d'onde contient de nombreuses
10 informations relatives à la source lumineuse et aux systèmes optiques traversés. Notamment, lorsque le front d'onde provient d'une source ponctuelle, il est sphérique et présente une courbure qui est liée à la position de la source. C'est cette courbure qui est analysée et traduite en distance. Le dispositif
15 selon l'invention s'inspire d'une analyse de type Shack-Hartmann pour calculer un paramètre caractérisant la courbure moyenne du front d'onde.

Le dispositif de mesure de distance sans contact selon l'invention est remarquable en ce que:

20 - il permet de mesurer la distance entre une source lumineuse et le système.

- ladite source lumineuse qui peut être ponctuelle, quasi ponctuelle, ligne, composée d'un ensemble de sources ponctuelles ou quasi ponctuelles agencées suivant une ligne, envoie des
25 rayons lumineux dans le système.

- ladite source lumineuse est imagée à l'aide d'au moins deux moyens d'imagerie à travers un ensemble de sous-pupilles sur des moyens de détection en un ensemble d'au moins deux tâches lumineuses.

30 - un circuit de localisation spatiale desdites tâches lumineuses permet de déterminer la position de chacune d'elle.

- un circuit de calcul permet de déterminer la distance de la source lumineuse à partir de la mesure d'un ou plusieurs paramètres caractéristiques de la distribution des positions des
35 tâches lumineuses et à partir d'une table de calibration fournissant les valeurs dudit ou desdits paramètres caractéristiques étalonnés pour certaines distances de la source lumineuse.

Selon des choix particuliers de mise en œuvre:

- les moyens d'imagerie peuvent être des lentilles;
 - les moyens d'imagerie peuvent être des microlentilles;
 - ces lentilles ou microlentilles peuvent être sphériques, asphériques ou cylindriques.
- 5 - les moyens de détection peuvent se réduire à une barrette de photodétecteurs (photodiodes ou CCD par exemple);
- les moyens de détection utilisés peuvent être une ou plusieurs caméras linéaires, une ou plusieurs caméras matricielles, ou une combinaison de caméras linéaires et matricielles;
- 10 - la source lumineuse peut être une source lumineuse secondaire créée par un système d'éclairage adapté;
- ce système d'éclairage peut être disposé sur l'axe ou hors axe (la source lumineuse secondaire est colinéaire ou non avec le système);
- 15 - un système de transport d'image peut être placé entre la source lumineuse et les moyens d'imagerie pour adapter le champ de mesure de distance de la source lumineuse;
- la distribution des positions des tâches lumineuses peut être une droite; le paramètre caractéristique de cette distribution est alors la pente de cette droite
- 20 Les dessins figurant en annexe illustrent l'invention:
- La figure 1 représente un premier dispositif possible de l'invention.
 - Les figures 2-1, 2-2, 2-3 et 3 représentent des propriétés de l'invention.
 - Les figures 4-1 et 4-2 illustrent des moyens d'imagerie possibles pour la mise en œuvre du dispositif.
 - La figure 5-1 représente une variante du dispositif avec un système d'éclairage placé hors axe.
 - 30 • La figure 5-2 représente une variante du dispositif avec un système d'éclairage placé sur l'axe.
 - La figure 6 représente une variante du dispositif mettant en œuvre un système d'éclairage placé hors axe et un objectif de mise en forme.

- Les figures 7-1 et 7-2 représentent une variante du dispositif dans une configuration particulière où la source lumineuse secondaire est une ligne.
- La figure 8 représente sous forme de diagramme la procédure calculatoire.

La figure 1 illustre le dispositif dans une configuration quasi-minimale. Le système décrit comprend une matrice (5) de 3 x 1 sous-pupilles (SP_1 , SP_2 et SP_3), correspondant chacune par exemple à une lentille. Une source lumineuse (4) envoie des rayons dans le système depuis successivement les positions A et B quelconques (A et B se situe dans le champs de mesure explicité ci-après). Cette source peut être soit naturelle (une molécule fluorescente par exemple), soit une source secondaire constituée par un objet éclairé à l'aide d'un système d'éclairage (projection d'un émetteur de lumière: une diode laser par exemple).

Les rayons issus de la source lumineuse (en positions successives A et B) traversent le plan (5) de sous-pupilles (6). Par conséquent, le faisceau est décomposé suivant les sous-pupilles (6). Chaque sous-pupille peut être confondue avec une lentille. Les lentilles réimagent la source dans le plan du détecteur (7) pour une position nominale de la source (il y a alors conjugaison entre la source et le détecteur) et dans un plan voisin pour une position autre (il y a défocalisation dans le plan du détecteur). Dans tous les cas, il se forme sur le détecteur un ensemble de tâches lumineuses, chacune d'entre elle correspondant à une sous-pupille. Chaque sous-pupille a sa propre identité (SP_1 , SP_2 , ...).

Ces tâches lumineuses sont centrées sur les rayons provenant de la source et passant par le centre optique O_n de la lentille (identique au centre de la sous-pupille SP_n correspondante), comme illustré en figure 1 (les rayons en trait plein concernent la position A et ceux de la position B sont en pointillé). Sur cette figure on néglige volontairement la défocalisation (A et B se réimagent dans le plan du détecteur) dont la seule conséquence est un étalement plus ou moins important de la tâche lumineuse (mais celle-ci reste centrée sur le rayon défini ci-dessus). Dans le cas particulier exposé en fi-

gure 1, la position de la tâche lumineuse correspondant à la sous-pupille SP_2 est invariable, car l'axe optique de la lentille inscrite dans SP_2 est confondu avec l'axe de déplacement de la source lumineuse (axe défini par (AB)). Lors de la mise en œuvre pratique du dispositif, la sous-pupille centrale n'est pas nécessairement bien centrée, mais elle est néanmoins proche du centre et par conséquent, la position de la tâche lumineuse évolue très peu.

Dans cette configuration, la pente de la droite définie par la position des tâches lumineuse en fonction du numéro de la sous-pupille est aisément exprimable: SP_1 et SP_3 sont symétriques et la position de la tâche dans SP_2 est toujours 0 (valeur constante fixée arbitrairement). La pente de la droite est donc d_A pour la position A de la source et d_B pour la position B.

Une seconde approche consiste à caractériser la distribution des positions des tâches lumineuses par l'écart spatial moyen séparant les tâches lumineuses successives deux à deux. Les mesures successives de d_A et d_B se confondent avec la mesure de pente dans cette configuration particulière. Cette approche est possible car dans de nombreux cas particuliers de mise en œuvre, les tâches lumineuses sont équidistantes les unes des autres (ce qui est assimilable à une distribution linéaire des positions des tâches lumineuses). Cette approche met en évidence la redondance des informations fournies par le système (on mesure deux fois d_A et deux fois d_B dans cette configuration). De manière générale, une distribution linéaire des tâches lumineuses est obtenue lorsque celles-ci sont équidistantes les unes des autres. C'est le cas lorsque les moyens d'imagerie sont identiques.

Le calcul des écarts d_A et d_B peut se faire géométriquement; il conduit à :

$$d_A = \frac{[AD]}{[AD]-[DP]}[O_1O_2] \quad \text{et} \quad d_B = \frac{[BD]}{[BD]-[DP]}[O_1O_2]$$

$[O_1O_2] = p$ est le pas des sous-pupilles et $[DP] = f$, distance séparant le plan de sous-pupilles du détecteur, est un paramètre géométrique du système (l'appellation f comme focale sera justifiée par la suite).

D'où il est possible d'extraire les paramètres [AD] et [BD] à déterminer :

$$[AD] = \frac{f \times d_A}{d_A - p} \quad \text{et} \quad [BD] = \frac{f \times d_B}{d_B - p}$$

La figure 2-1 détaille la répartition d'énergie sur le détecteur dans les sous-pupilles SP_1 et SP_2 . L'écart séparant les centres (plus exactement les barycentres) des tâches lumineuses formées (trait épais pour la source placée en A et trait fin pour la source placée en B) différent du fait du déplacement longitudinal de la source. Cette figure permet de comprendre pourquoi le système peut tolérer une défocalisation : la tâche s'étalera plus, mais son centre restera inchangé.

Les fonctions explicitées ci-dessus montrent que l'écart mesuré est une fonction bijective de la position longitudinale de la source. Il en est de même pour la pente. La définition du champ de mesure nominal (ou de la profondeur de champ) dépend des paramètres géométriques choisis (nombre de sous-pupilles, diamètre et focale des lentilles) : il faut que l'ensemble des tâches lumineuses formées sur le détecteur reste exploitable, c'est à dire que chacune des tâches lumineuses conserve un profil satisfaisant (pas trop d'aberration et pas de défocalisation trop importante) et que les tâches lumineuses en bord de détecteur ne sortent pas de leur sous-pupille correspondante, comme illustré en figure 2-2. Dans ce cas particulier, la position A est mesurable (calcul de d_A), mais la position B se situe hors champ de mesure. Cette situation n'est gênante que dans le cas d'un faible nombre de sous-pupille. La mesure de la pente nécessite de disposer d'au moins deux tâches lumineuses correctement positionnées sur le détecteur.

En ce qui concerne le champ de mesure, il est possible de définir plus généralement un volume de mesure. La source lumineuse doit se situer dans ce volume pour pouvoir être mesurée. Ledit volume est défini en fonction de la position et de la qualité des tâches lumineuses: suivant l'axe X, il faut que les tâches lumineuses restent sur le détecteur; suivant l'axe Y, il faut que les tâches restent de bonne qualité et en nombre suffisant (elles s'imagent sur les sous-pupilles voisines, donc hors

axe); suivant l'axe Z, il s'agit de la profondeur de champ, discutée préalablement. Par conséquent, le volume de mesure évolue en fonction des caractéristiques du système.

Il est possible de remplacer les lentilles permettant la focalisation en tâches lumineuses par des systèmes optiques (objectifs par exemple). Il est possible aussi de remplacer la matrice de lentilles par une matrice (ou une barrette) de microlentilles ou par un réseau lenticulaire pour être plus performant: le dispositif selon l'invention pourra alors utiliser un grand nombre de sous-pupilles, afin de déterminer plus précisément l'écart moyen entre chaque tâche lumineuse ou la pente de la droite. Les figures 4-1 et 4-2 illustrent des moyens d'imagerie adaptés: respectivement une barrette de microlentilles sphériques (12) et une barrette de microlentilles cylindriques (13) placée devant un détecteur linéaire (barrette CCD).

Par exemple, on pourra utiliser une barrette CCD de 28 mm de long comprenant 2048 pixels de 14 μm (format standard); on pourra alors choisir de travailler avec une matrice de 100 microlentilles de diamètre 280 μm ; chacune des sous-pupilles aura alors environ 20 pixels sur le détecteur; on choisira par exemple une focale de 10 mm relativement grande par rapport à l'ouverture de la microlentille pour que le profil de la tâche lumineuses reste en limite de diffraction; dans l'exemple décrit, la limite de diffraction est d'environ 50 μm , ce qui correspond à 3-4 pixels. La figure 2-3 montre le profil des tâches lumineuses obtenues expérimentalement sur le détecteur (dans ce cas particulier, une barrette CCD).

Du point de vue algorithmique, la mesure s'effectue en 3 étapes : on effectue dans un premier temps le calcul des positions sur le capteur des centres de chacune des tâches; on détermine la pente de la droite des positions des tâches lumineuses en fonction du numéro des sous-pupilles; enfin, on compare cette mesure de pente obtenue à une table de calibration qui aura été déterminée au préalable de manière expérimentale ou théorique (c'est-à-dire des valeurs de pentes mises en correspondance avec des positions connues de la source lumineuse). La figure 8 décrit cet algorithme sous forme de diagramme.

En ce qui concerne le calcul du centre de chaque tâche, différentes techniques existent: on calcule par exemple le barycentre des quelques pixels composant la tâche en affectant à chaque pixel un coefficient lié à son niveau d'éclairement; on
5 peut aussi interpoler la tâche par sa forme théorique ou par une fonction mathématique s'en approchant (un sinus cardinal ($\sin(x)/x$), une gaussienne ($\exp(-x^2)$,...), technique connue et pratiquée dans le domaine astronomique.

La position du centre de chacune desdites tâches lumineu-
10 ses peut être mesurée en considérant diverses origines: par rapport à une extrémité du détecteur, par rapport à l'extrémité ou au centre de chacune des projections géométriques des sous-pupilles correspondantes sur les moyens de détection. De la même manière, la position des sous-pupilles peut être mesurée en con-
15 sidérant tout simplement le numéro de la sous-pupille (la sous-pupille numéro 0 ou 1 étant choisi indifféremment parmi l'ensemble des sous-pupilles. La figure 3 illustre la distribution suivant une droite des points définis par les couples position de sous-pupille et position du centre de chacune des tâches lu-
20 mineuses. La dispersion autour de cette droite est liée aux défauts du système, notamment aux défauts de fabrication de la matrice de microlentilles.

Le calcul de la pente de cette droite peut se faire par exemple par une méthode de régression linéaire classique
25 (méthode des moindres carrés): on minimise la somme des carrés des écarts entre les mesures et les valeurs correspondantes de la droite estimée (on obtient alors la droite des moindres carrés).

Les dispositifs illustrés figures 5-1, 5-2, 6, 7-1 et 7-2
30 comportent un dispositif d'éclairage (1, 2) permettant de projeter un point lumineux sur l'objet dont on souhaite mesurer la distance au système. Ce point lumineux sert de source lumineuse secondaire telle que définie pour la mise en œuvre du dispositif; l'émetteur (1) de lumière utilisé pour l'éclairage peut
35 être une diode laser couplée avec un objectif (2) assurant la focalisation (4) à la distance nominale de travail. Cette focalisation peut se faire suivant un point (figures 5-1, 5-2 et 6 par exemple) ou suivant une ligne (comme illustré en figures 7-1 et 7-2). Le dispositif d'éclairage peut être aligné (figure 5-2)

avec l'axe optique de la voie de réception du système (9); dans ce cas, la colinéarité permet de s'affranchir des risques de zones d'ombre non mesurables. L'alignement du système d'éclairage sur l'axe peut se faire à l'aide d'une lame séparatrice (3). Le dispositif d'éclairage peut être hors axe (figure 5-1), ce qui simplifie le système; cette configuration sera utilisée notamment pour les applications "grande distance" pour lesquelles les zones d'ombre sont négligeables. Il n'y a pas de contrainte angulaire de positionnement du système d'éclairage dans une configuration non colinéaire.

Si l'objet est diffusant, la source lumineuse renvoie la lumière dans toutes les directions dont une partie revient dans le système de réception.

Si l'objet est réfléchissant, la source lumineuse renvoie la lumière dans un cône dont l'ouverture est définie par le dispositif d'éclairage et dont la direction de l'axe dépend de l'orientation de l'objet. Il est par conséquent nécessaire de prévoir l'adaptation adéquate: soit une orientation physique de l'objet, soit une forte ouverture optique du dispositif d'éclairage comme on en rencontre en microscopie.

Dans le plan (5) des sous-pupilles, le faisceau est décomposé suivant les sous-pupilles (6). Chaque sous-pupille peut être une lentille qui crée en son foyer une image (8) de la source lumineuse. Suivant la position de chaque lentille et suivant la position longitudinale de l'objet, la source s'image plus ou moins hors axe. On obtient donc dans le plan du détecteur (7) placé au voisinage du foyer des lentilles un ensemble de tâches lumineuses. Le détecteur peut être une caméra linéaire ou plusieurs caméras linéaires.

La figure 6 décrit une variante du dispositif comprenant un objectif de transport d'image (10). Celui-ci permet de définir une position nominale de la source à mesurer (au foyer de cet objectif de transport d'image) à laquelle correspond une distribution spécifique des tâches lumineuses (le système mesure alors une pente nominale). Lorsque la source se déplace de part et d'autre de cette position nominale, la pente varie de part et d'autre de la pente nominale. Cet objectif de transport d'image peut être une lentille simple ou une combinaison de lentilles. Cet objectif peut en outre comprendre une lentille cylindrique

permettant de condenser la lumière sur un détecteur linéaire (car ce dernier n'est pas très large: de quelques microns à quelques centaines de microns); cette configuration est intéressante dans le cas où le système utilise une matrice de lentilles
5 cylindriques comme moyens d'imagerie.

L'avantage d'utiliser un objectif de transport d'image est d'une part de pouvoir adapter la distance de travail aisément (en changeant l'objectif de transport d'image) et d'autre part de pouvoir disposer de toute la dynamique possible du système.
10 En effet, la figure 1 montre que, sans objectif de mise en forme, la tâche lumineuse sera toujours décentrée et une moitié de sous-pupille lui reste inaccessible. Au contraire, la figure 5-2 montre qu'à la distance nominale, la tâche lumineuse est centrée dans la sous-pupille (foyer de la lentille). Lorsque le
15 système optique de mise en forme (10) est omis, la matrice de lentilles assure alors à la fois la décomposition du faisceau suivant des sous-pupilles et sa focalisation en tâches lumineuses sur le détecteurs.

Les figures 7-1 et 7-2 représentent une variante du dispositif décrit précédemment mettant en œuvre le procédé selon la
20 présente invention.

L'émetteur de lumière (1) et son objectif (2) ne sont pas nécessairement alignés avec l'axe optique (9) du système de réception. La source lumineuse secondaire est créée par l'émetteur
25 de lumière projeté suivant une ligne lumineuse (4 et 4bis). La figure 7-1 (vue de dessus) est une vue suivant un plan perpendiculaire à la ligne (4) projetée; la figure 7-2 (vue de côté) représente le système dans un plan contenant la ligne projetée (4bis). Le détecteur utilisé peut être une caméra CCD matricielle (7) ou plusieurs caméras CCD matricielles.
30

La lumière en retour est collectée par un système optique de mise en forme (10). Le faisceau est alors décomposé (comme dans le cas du premier dispositif décrit) dans le plan (5) des sous-pupilles suivant les sous-pupilles (6), puis focalisé sur
35 le détecteur (7). La figure 7-1 met en évidence la similitude de mesure entre un dispositif mesurant la distance d'une source lumineuse ponctuelle ou quasi ponctuelle et un dispositif mesurant la distance d'une source lumineuse composée d'un ensemble de sources ponctuelles ou quasi ponctuelles agencées suivant une

ligne (la comparaison avec la figure 7 est immédiate). En effet, dans chaque plan perpendiculaire à la ligne, on retrouve les mêmes éléments du premier dispositif décrit: une source lumineuse (intersection de la ligne et du plan perpendiculaire
5 considéré), une matrice de sous-pupilles, l'équivalent d'un détecteur linéaire (la ligne (11) du détecteur matriciel dans le plan perpendiculaire considéré): la distance séparant ladite source lumineuse du dispositif est fonction de l'écart mesuré entre les barycentres des tâches lumineuses correspondantes se
10 trouvant sur ledit détecteur linéaire (ligne (11) du détecteur matriciel (7)).

Le dispositif selon l'invention est destiné à se substituer à toute une gamme de capteurs (en particulier les capteurs à triangulation) dans le milieu industriel pour le contrôle de
15 cotes. De plus, ce dispositif ouvre des champs d'applications nouvelles dans des domaines tels que la vision industrielle (pour le contrôle non destructif), la biologie (par exemple, suivi de trajectoire d'objet fluorescent), la robotique...

Ce dispositif pourra aussi être utilisé pour l'alignement
20 longitudinal de faisceau laser: le dispositif mesure successivement la position longitudinale du waist du laser (distance séparant le waist laser du dispositif) puis la position longitudinale du diaphragme (qui lorsque le laser est aligné devrait être situé dans le plan du waist). Le différentiel entre ces
25 deux mesures permet à l'opérateur de replacer le diaphragme dans le plan du waist.

Ce type de système pourra être aisément déclinable: couplage avec une vidéo pour étendre entre autre ses capacités de mesure dimensionnelle; couplage avec un microscope pour les me-
30 sure de très petite dimension; couplage de deux systèmes entre eux pour le suivi de trajectoire dans un volume complet.

REVENDICATIONS

1) Dispositif de mesure de distance sans contact d'une source lumineuse caractérisé en ce qu'il comporte:

- au moins un moyen de détection optique (7) permettant de détecter les positions des centres d'au moins deux tâches lumineuses;

- au moins deux moyens d'imagerie (6) permettant d'imager la source lumineuse sur le moyen de détection fournissant ainsi lesdites tâches lumineuses;

- un circuit de localisation spatiale des positions desdites tâches lumineuses

- un circuit de calcul déterminant la distance de la source lumineuse à partir de la courbure du front d'onde issu de ladite source lumineuse obtenue à partir des positions relatives des tâches lumineuses.

2) Dispositif de mesure selon la revendication 1, caractérisé en ce que le circuit de calcul mesure l'écartement entre deux tâches lumineuses; il possède en outre une table de calibration fournissant une valeur de distance de la source lumineuse pour chaque valeur d'écartement entre deux tâches lumineuses, ce qui lui permet de fournir une valeur de distance correspondant à un écartement mesuré.

3) Dispositif de mesure selon la revendication 1, caractérisé en ce que:

- le circuit de localisation mesure la position (dA) de chaque tâche lumineuse par rapport à une origine de référence;

- chaque moyen d'imagerie possède une identité (SP1, SP2,...);

- le circuit de calcul calcule le ou les paramètres caractéristiques de la courbe représentant la fonction position de chaque tâche lumineuse en fonction des identités des moyens d'imagerie ($dA = f(SP1, SP2, \dots)$) et compare ce ou ces paramètres caractéristiques à une table de calibration contenant le ou les paramètres caractéristiques étalonnés pour certaines distances de la source lumineuse.

4) Dispositif de mesure selon la revendication 3, caractérisé en ce que ladite courbe est une droite et en ce que le

circuit de calcul calcule la pente de la droite, ladite table de calibration contenant des valeurs de pentes en fonction de certaines distances de la source lumineuse, le circuit de calcul recherchant dans la table de calibration la distance de l'objet
5 correspondant à la valeur de pente calculée.

5) Dispositif de mesure selon la revendication 1, caractérisé en ce que chaque moyen de détection comporte une barrette ou une matrice de détecteur et que chaque moyen d'imagerie comporte une lentille.

10 6) Dispositif de mesure selon la revendication 5, caractérisé en ce que l'ensemble des moyens de détection est une barrette CCD et en ce que l'ensemble des moyens d'imagerie est une matrice de microlentilles sphériques, asphériques ou cylindriques.

15 7) Dispositif de mesure selon la revendication 1, caractérisé en ce que ladite source lumineuse est une source lumineuse secondaire, et en ce qu'il comporte un système d'éclairage permettant de créer ladite source lumineuse secondaire.

20 8) Dispositif de mesure selon la revendication 7 caractérisé en ce qu'il comporte un séparateur de faisceau placé entre la source lumineuse et les moyens d'imagerie, ce séparateur transmettant la lumière provenant du système d'éclairage et transmettant aux moyens d'imagerie la lumière provenant de la source lumineuse.

25 9) Dispositif de mesure selon l'une des revendications 1 ou 8 caractérisé en ce qu'il comporte un système de transport d'image placé entre la source lumineuse et les moyens d'imagerie pour adapter le champ de mesure de distance de la source lumineuse.

30

figure 1

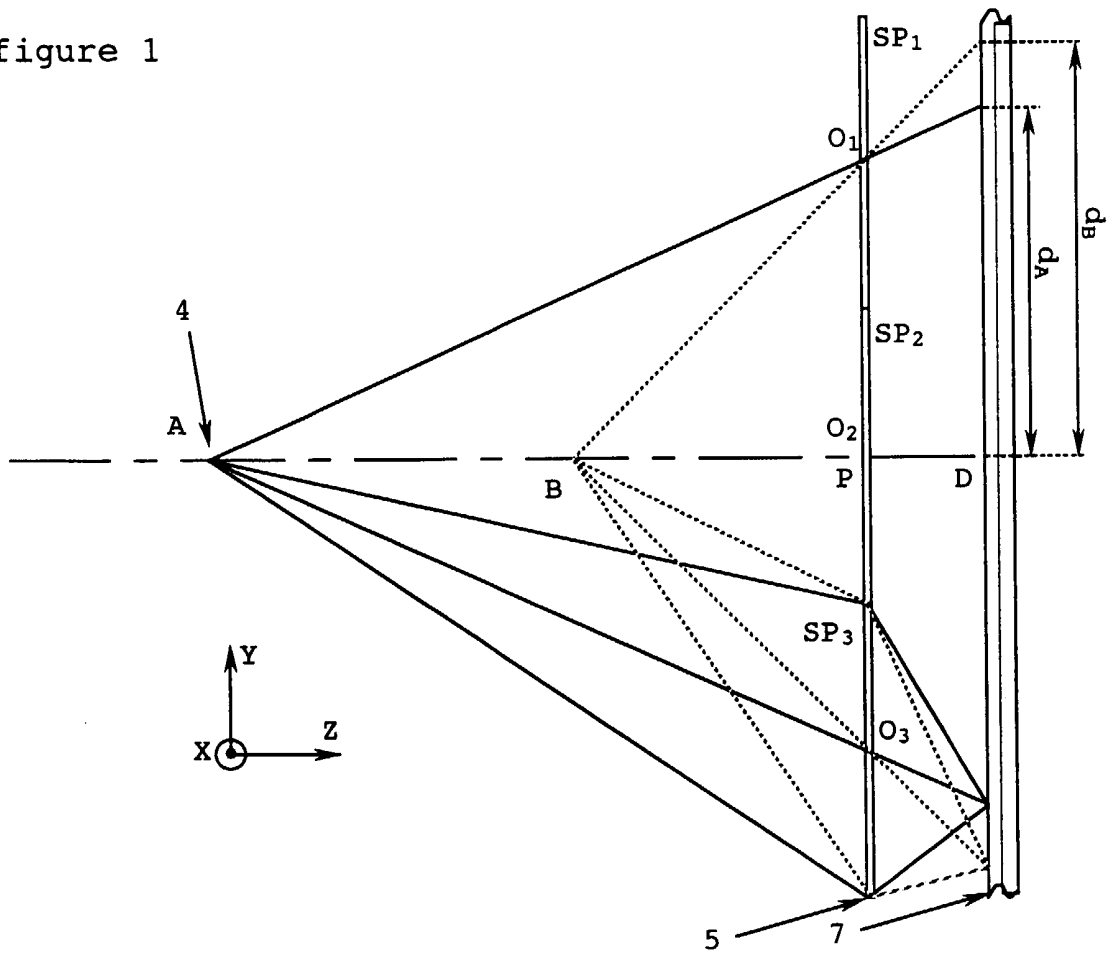


figure 2-1

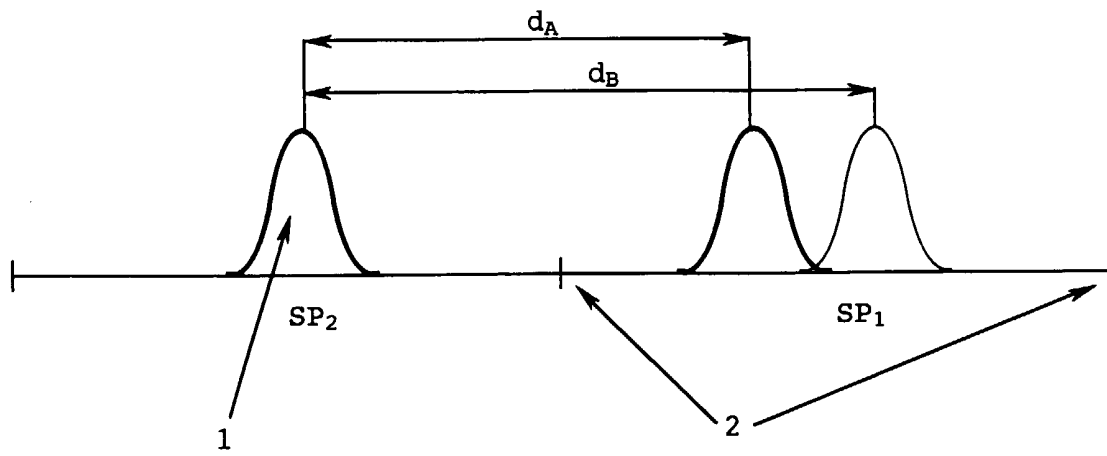


figure 2-2

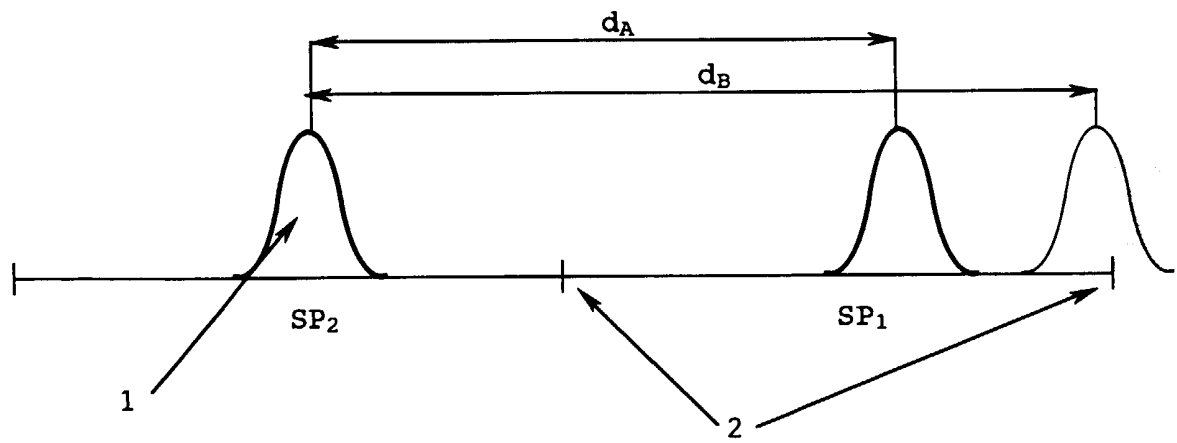


figure 2-3

profil de 12 tâches

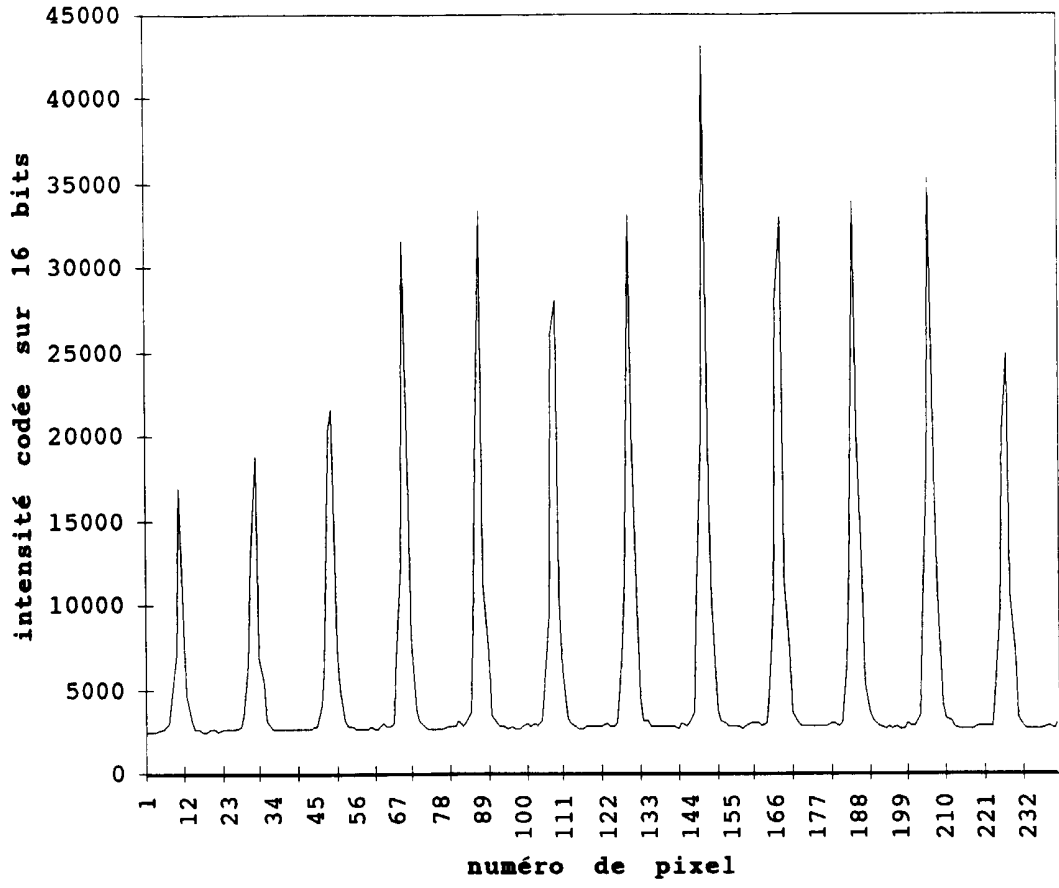


figure 3

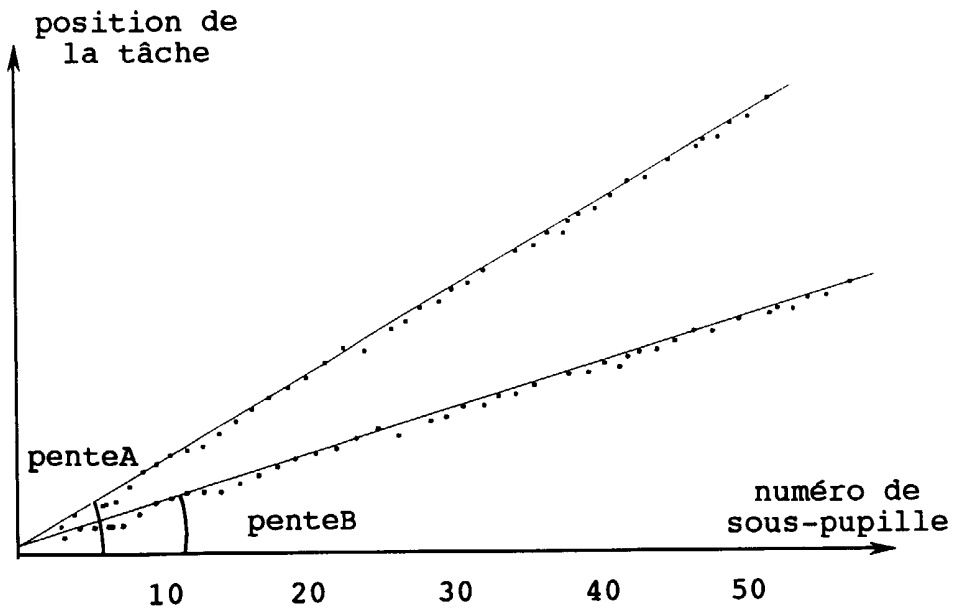


figure 4-1

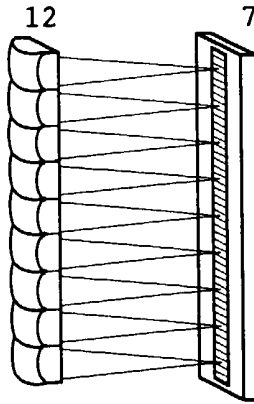


figure 4-2

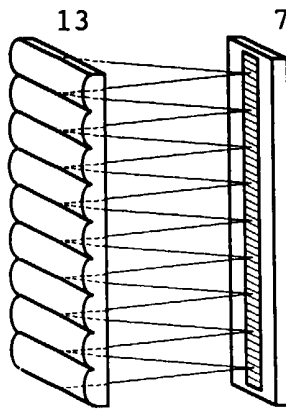


figure 5-1

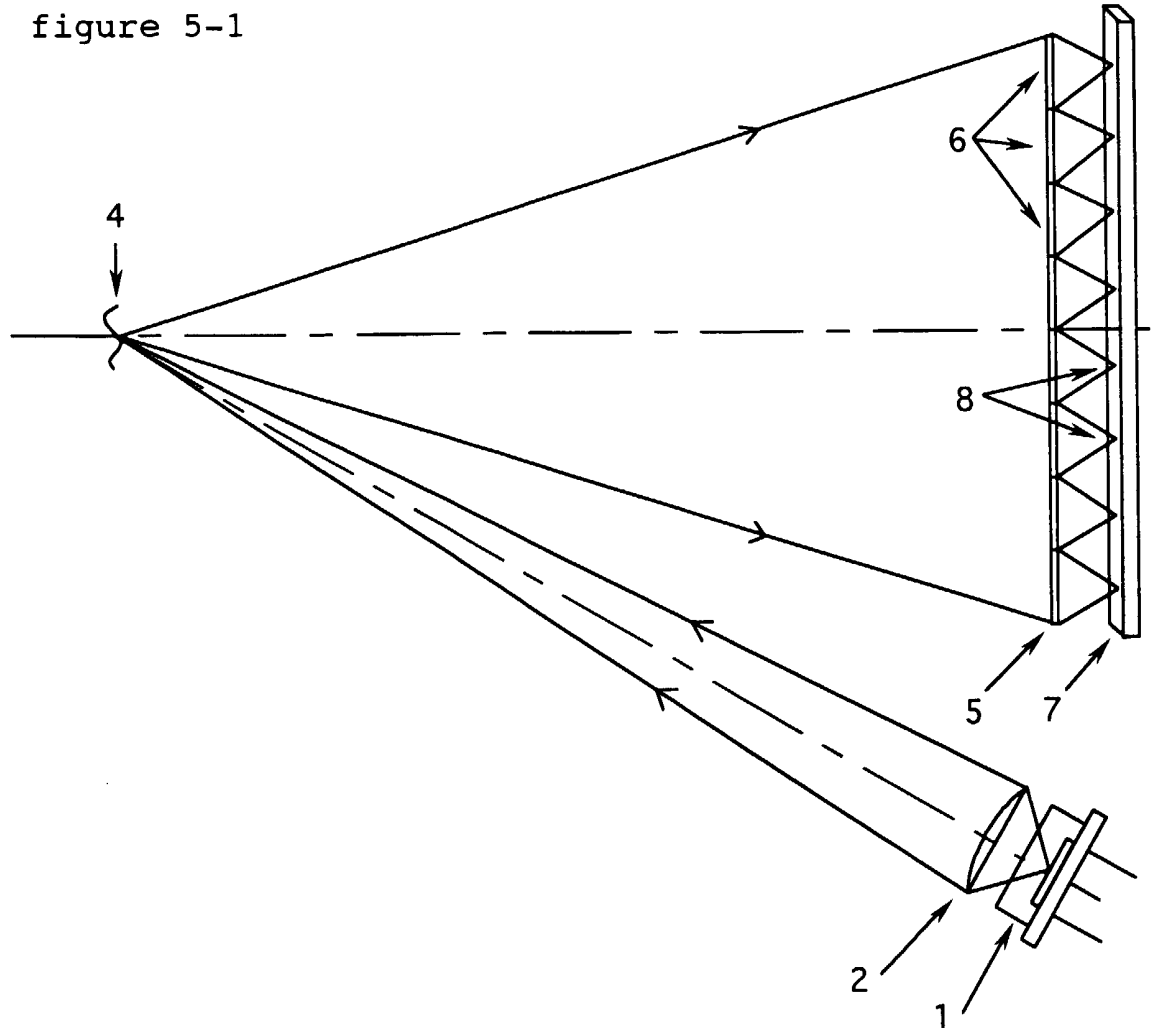


figure 5-2

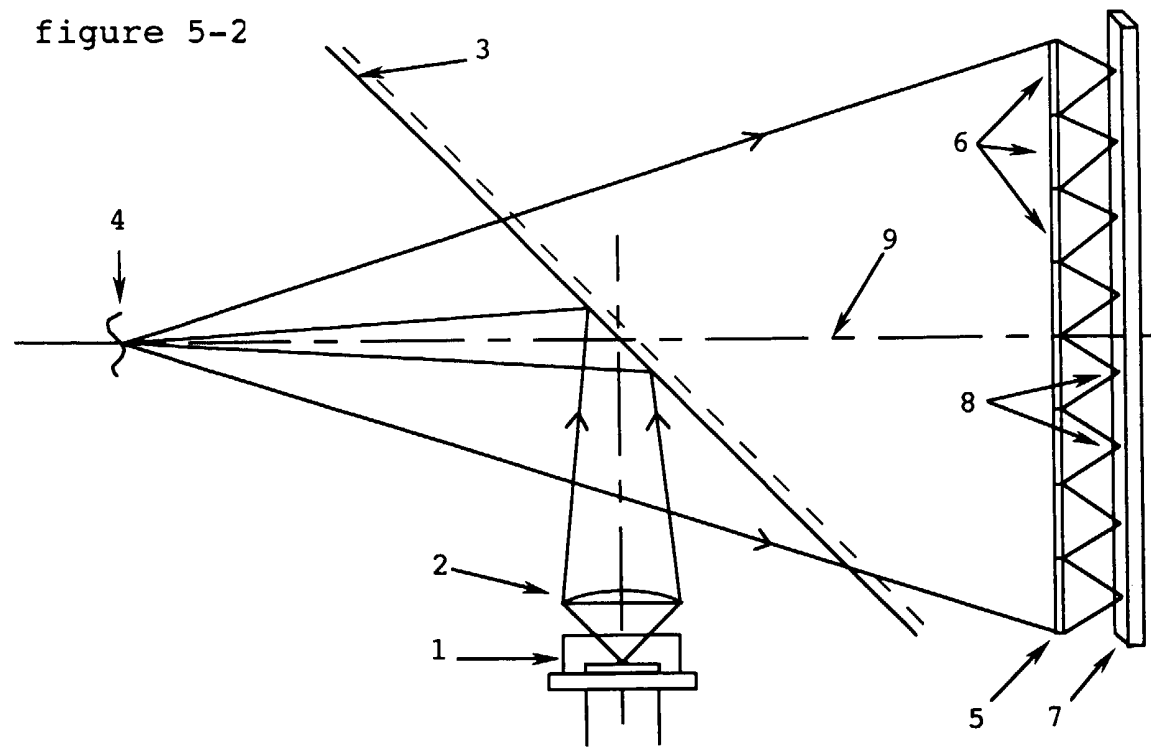


figure 6

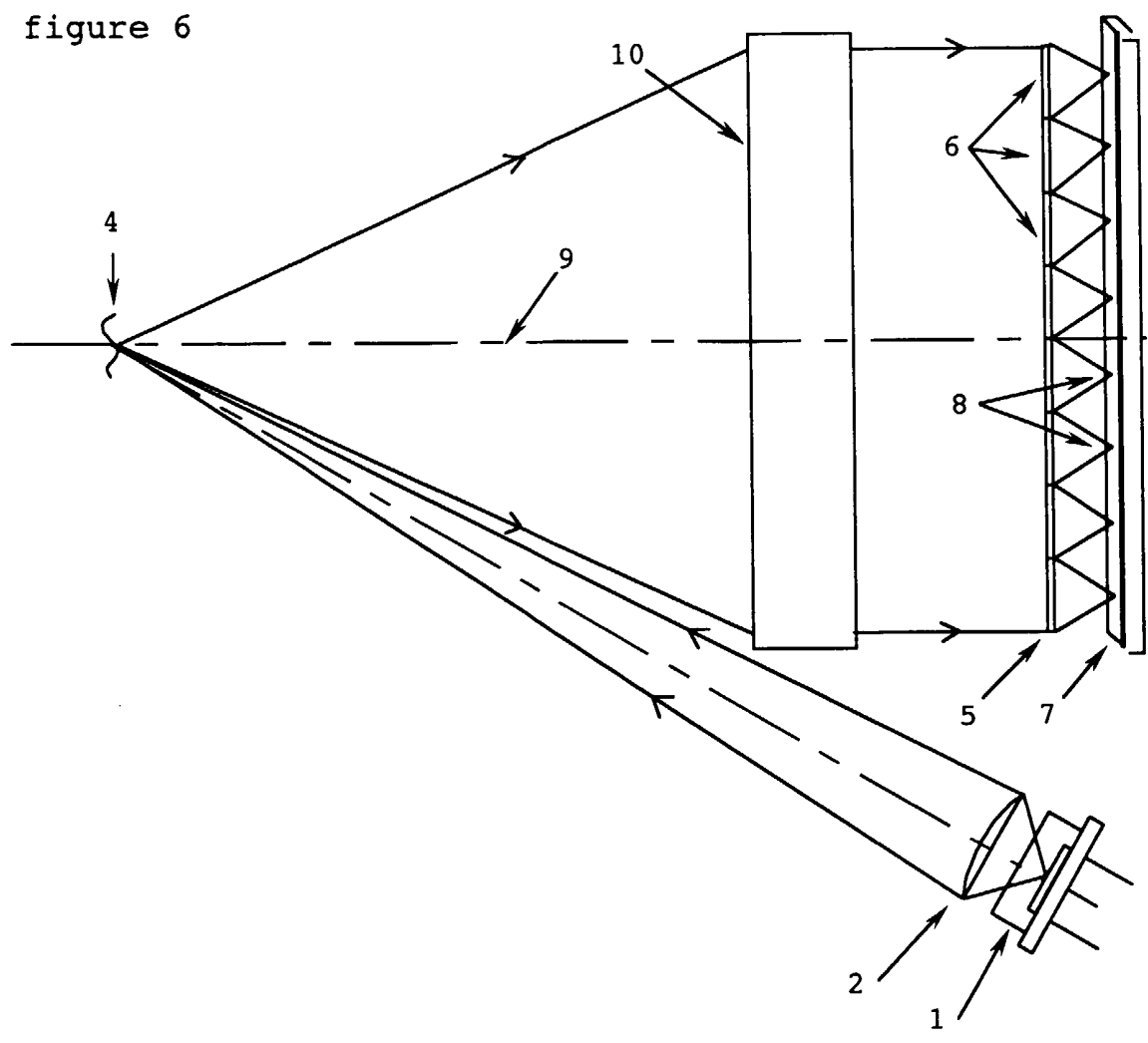


figure 7-1
vue de dessus

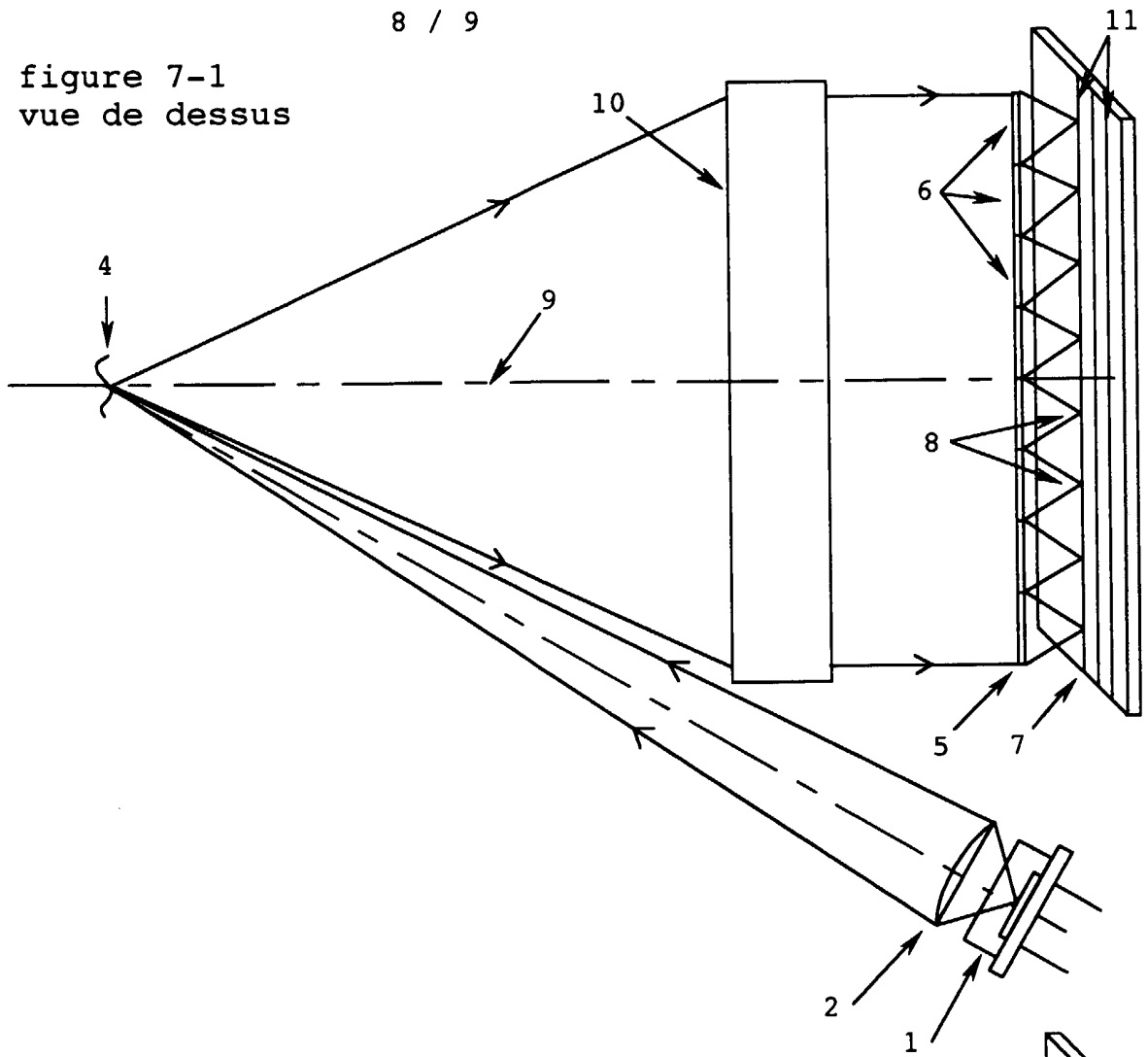


figure 7-2
vue de coté

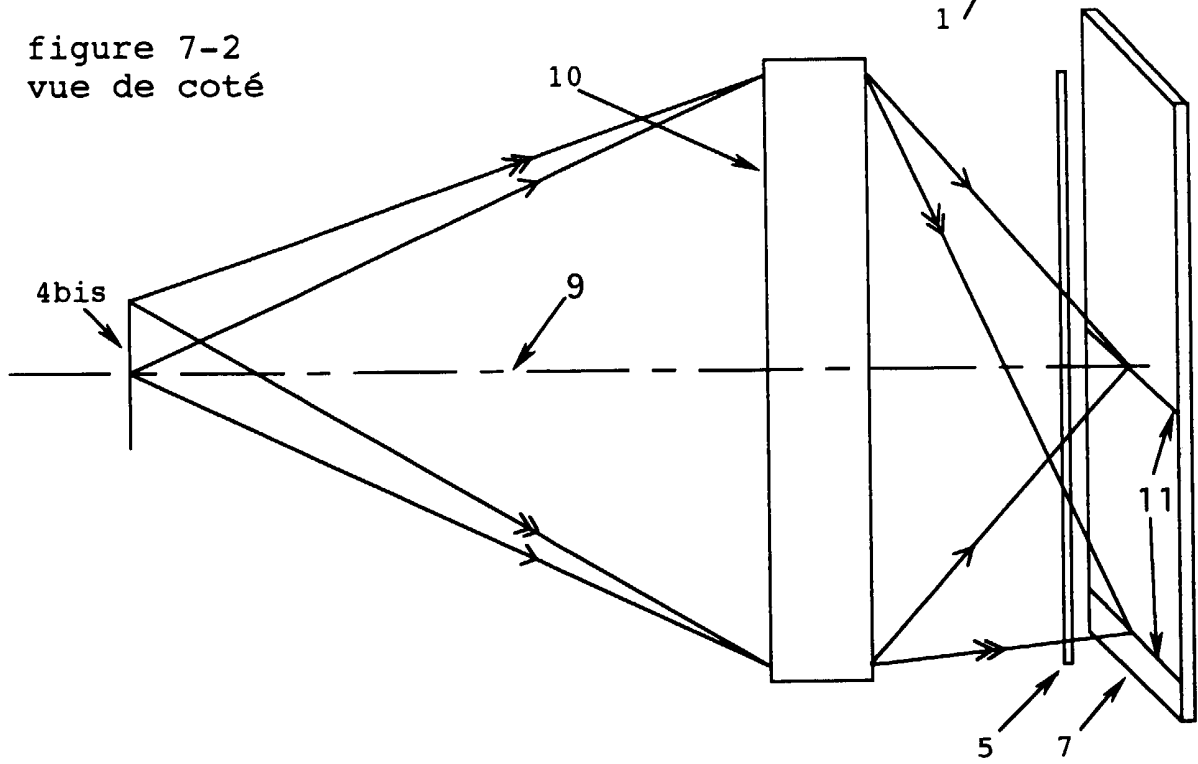
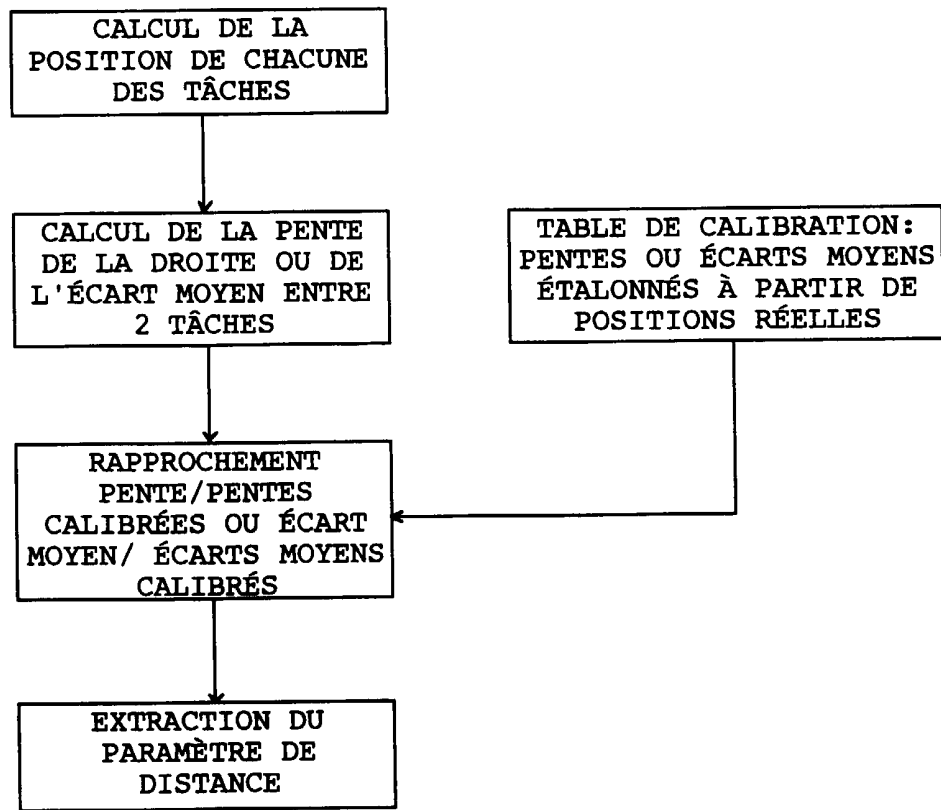


figure 8



INSTITUT NATIONAL
de la
PROPRIETE INDUSTRIELLE

RAPPORT DE RECHERCHE
PRELIMINAIRE

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement
national

FA 540871
FR 9703457

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		Revendications concernées de la demande examinée
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	
X	US 5 361 127 A (DAILY MICHAEL J) * le document en entier *	1-4
X	EP 0 558 026 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP) * colonne 3, ligne 14 - colonne 4, ligne 47; figures 1,7 *	1,5-8
X	EP 0 561 353 A (ROCKWELL INTERNATIONAL CORP) * colonne 6, ligne 4 - colonne 7, ligne 24; figures 3,4 *	1,5,6,9
X	US 5 493 391 A (NEAL DANIEL R ET AL) * colonne 4, ligne 7 - colonne 5, ligne 67; revendication 1; figures 3,5 *	1,3,4
X	DE 36 42 196 A (MEL MIKRO ELEKTRONIK GMBH) * colonne 3, ligne 33 - colonne 4, ligne 44; figures 1,3 *	1,5,6
X	US 4 749 848 A (SORIMACHI KANEHIRO) * colonne 1, ligne 9 - colonne 5, ligne 50; figures 1-3 *	1,5,6
X	DE 44 44 593 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP) * colonne 1, ligne 3-55 * * colonne 4, ligne 7-38; figures 1,6 *	1,5
X	ADELSON E H ET AL: "SINGLE LENS STEREO WITH A PLENOPTIC CAMERA" IEEE TRANSACTIONS ON PATTERN ANALYSIS AND MACHINE INTELLIGENCE, vol. 14, no. 2, 1 février 1992, pages 99-106, XP000248474 * partie IV; figure 6 *	1,9
-/--		
Date d'achèvement de la recherche		Examineur
2 décembre 1997		Van Dooren, G
<p>CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES</p> <p>X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : pertinent à l'encontre d'au moins une revendication ou arrière-plan technologique général O : divulgation non-écrite P : document intercalaire</p> <p>T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant</p>		

1

EPO FORM 1500 03.82 (P04C13)

INSTITUT NATIONAL
de la
PROPRIETE INDUSTRIELLE

**RAPPORT DE RECHERCHE
PRELIMINAIRE**
établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement
national

FA 540871
FR 9703457

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		Revendications concernées de la demande examinée
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	
X	US 5 233 174 A (ZMEK WILLIAM) * colonne 2, ligne 14 - colonne 3, ligne 68; figures 1-3,5 *	1
A	EP 0 762 143 A (ROBOTIC VISION SYSTEMS) * colonne 7, ligne 58 - colonne 10, ligne 34; figures 1-6 * -----	1,8
		DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.CL.6)
Date d'achèvement de la recherche		Examineur
2 décembre 1997		Van Dooren, G
<p>CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES</p> <p>X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : pertinent à l'encontre d'au moins une revendication ou arrière-plan technologique général O : divulgation non-écrite P : document intermédiaire</p> <p>T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant</p>		

1
EPO FORM 1503 03.82 (P04C13)