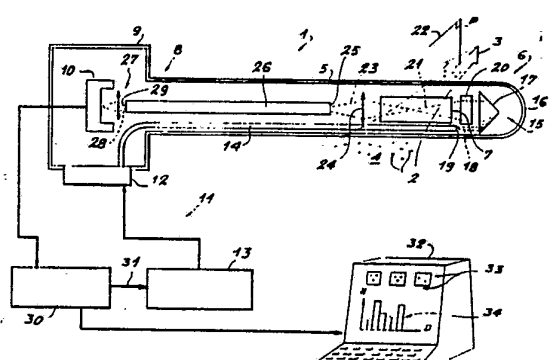


DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITE DE COOPERATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

<p>(51) Classification internationale des brevets ⁵ :</p> <p>G01P 3/38, 5/20, G01F 1/712 G01N 15/02</p>	<p>A1</p>	<p>(11) Numéro de publication internationale: WO 93/19376</p> <p>(43) Date de publication internationale: 30 septembre 1993 (30.09.93)</p>
<p>(21) Numéro de la demande internationale: PCT/FR93/00298</p> <p>(22) Date de dépôt international: 24 mars 1993 (24.03.93)</p> <p>(30) Données relatives à la priorité: 92/03535 24 mars 1992 (24.03.92) FR</p> <p>(71) Déposants (pour tous les Etats désignés sauf US): ELECTRICITE DE FRANCE-SERVICE NATIONAL [FR/FR]; 2, rue Louis-Murat, F-75008 Paris (FR). LHESA ELECTRONIQUE [FR/FR]; Zone d'activités des Béthunes, 7, rue du Limousin, F-95310 Saint-Ouen-l'Aumône (FR).</p> <p>(72) Inventeurs; et (75) Inventeurs/Déposants (US seulement): KLEITZ, Alain [FR/FR]; 6, allée de Pasargades-Bois-Persan, F-91400 Orsay (FR). ROBIN, Jean-Claude [FR/FR]; 28, boulevard du Lac, F-95800 Enghien-les-Bains (FR).</p>		<p>(74) Mandataires: GUTMANN, Ernest etc.; Ernest Gutmann-Yves Plasseraud S.A., 67, boulevard Haussmann, F-75008 Paris (FR).</p> <p>(81) Etats désignés: US, brevet européen (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).</p> <p>Publiée Avec rapport de recherche internationale.</p>
<p>(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR OPTICALLY MEASURING THE SIZE OR SPEED OF AN OBJECT MOVING THROUGH A FLUID</p>		
<p>(54) Titre: PROCÉDE ET DISPOSITIF DE MESURE OPTIQUE DES DIMENSIONS OU DE LA VITESSE D'UN OBJET EN MOUVEMENT DANS UN FLUIDE</p>		
<p>(57) Abstract</p>		
<p>A method and a device for optically measuring the size or speed of an object (1) or fluid moving through a field (4). According to the method, a first image of the moving object or fluid is taken, along an optical axis and for a first predetermined time (t_1), by a first sensor (36, 51) of a charge-coupled matrix camera; after a second predetermined time (t_2), a second image of the moving object or fluid is taken, along the same optical axis and for a third predetermined time (t_3) which may be the same as the first, by a second sensor (37, 52) of a charge-coupled matrix camera; and the two signals (60, 61) generated by said sensors are simultaneously processed in order to deduce the size or speed of the object by subtracting one signal from the other, or to deduce the speed of the fluid by autocorrelation.</p>		
<p>(57) Abrégé</p>		
<p>Il s'agit d'un procédé et d'un dispositif de mesure optique des dimensions ou de la vitesse d'un objet (1) ou d'un fluide en mouvement dans un champ (4). Le procédé est caractérisé en ce que l'on capte selon un axe de visée, pendant un premier temps déterminé t_1, une première image de l'objet ou du fluide en mouvement sur un premier capteur (36, 51) de caméra matricielle à couplage de charges; après un deuxième temps déterminé t_2, on capte selon le même axe de visée, pendant un troisième temps déterminé t_3, éventuellement égal au premier temps déterminé, une seconde image de l'objet ou du fluide en mouvement sur un second capteur (37, 52) de caméra matricielle à couplage de charges; puis on traite simultanément les deux signaux (60, 61) ainsi obtenus à partir des deux capteurs pour en déduire les dimensions ou la vitesse de l'objet par soustraction entre lesdits signaux ou la vitesse du fluide par auto-corrélation.</p>		

UNIQUEMENT A TITRE D'INFORMATION

Codes utilisés pour identifier les Etats parties au PCT, sur les pages de couverture des brochures publiant des demandes internationales en vertu du PCT.

AT	Autriche	FR	France	MR	Mauritanie
AU	Australie	GA	Gabon	MW	Malawi
BB	Barbade	GB	Royaume-Uni	NL	Pays-Bas
BE	Belgique	GN	Guinée	NO	Norvège
BF	Burkina Faso	GR	Grèce	NZ	Nouvelle-Zélande
BG	Bulgarie	HU	Hongrie	PL	Pologne
BJ	Bénin	IE	Irlande	PT	Portugal
BR	Brsil	IT	Italie	RO	Roumanie
CA	Canada	JP	Japon	RU	Fédération de Russie
CF	République Centrafricaine	KP	République populaire démocratique de Corée	SD	Soudan
CG	Congo	KR	République de Corée	SE	Suède
CH	Suisse	KZ	Kazakhstan	SK	République slovaque
CI	Côte d'Ivoire	LI	Liechtenstein	SN	Sénégal
CM	Cameroon	LK	Sri Lanka	SU	Union soviétique
CS	Tchécoslovaquie	LU	Luxembourg	TD	Tchad
CZ	République tchèque	MC	Monaco	TG	Togo
DE	Allemagne	MG	Madagascar	UA	Ukraine
DK	Danemark	ML	Mali	US	Etats-Unis d'Amérique
ES	Espagne	MN	Mongolie	VN	Viet Nam
FI	Finlande				

PROCEDE ET DISPOSITIF DE MESURE OPTIQUE DES DIMENSIONS OU DE LA VITESSE D'UN
OBJET EN MOUVEMENT DANS UN FLUIDE

La présente invention concerne un procédé et un dispositif de mesure optique des dimensions d'un objet ou de la vitesse d'un objet ou d'un fluide en mouvement dans un champ.

Elle trouve une application particulièrement importante, bien que non exclusive, dans le domaine de la mesure des vitesses de particules.

Elle peut également et notamment être utilisée pour mesurer les dimensions d'une particule, ou encore la vitesse d'un objet volant sur fond de ciel, ou plus généralement d'un objet ou d'une surface en mouvement dans un champ peu contrasté par rapport à l'objet.

Par dimensions il convient d'entendre en l'espèce les dimensions hors tout de l'objet ou de la particule dans le plan perpendiculaire à l'axe de visée.

On connaît déjà des dispositifs de mesure de particules du type granulomètre. Par exemple, il existe des appareils de mesure fonctionnant à partir de prélèvements d'échantillons. De tels appareils ne permettent cependant pas une mesure de la vitesse en temps réel, ce qui en limite l'intérêt.

On connaît également des dispositifs de mesure directe de la vitesse de particules. Ces dispositifs connus présentent aussi des inconvénients.

Ils sont en effet basés sur des lois optiques complexes telles que les lois sur la diffraction de la lumière.

Les nombreux paramètres à prendre en compte tels que la taille, l'indice de réfraction, et la forme des particules nécessitent alors un appareil complexe, en général réservé aux laboratoires.

L'utilisation de la vidéo, basée sur l'ombroscopie notamment, n'a pas non plus donné entière satisfaction à ce jour.

Pour obtenir un traitement en temps réel les images doivent en effet être de bonne qualité, c'est-à-dire contrastées sur un fond uniforme. Or malheureusement les sources d'éclairage classiques comme c'est le cas d'une diode laser par exemple, éclairent de façon peu homogène.

Pour pallier cette insuffisance, on a alors cherché à éliminer le fond d'image par soustraction entre signaux correspondants à deux images successives.

Une telle opération ne donne cependant pas satisfaction du fait notamment de l'impossibilité d'éliminer la présence d'objets parasites dus aux variations du champ d'une image à l'autre.

En conclusion les différents dispositifs et procédés connus de mesure de dimensions ou de vitesse présentent des inconvénients, car ils sont complexes, nécessitant par exemple la mise en oeuvre de logiciels de traitement de signaux sophistiqués, et/ou parce qu'ils ne permettent pas d'obtenir des résultats de bonne qualité.

La présente invention vise à fournir un procédé et un dispositif de mesure optique des dimensions ou de la vitesse d'un objet ou d'un fluide, répondant mieux que ceux antérieurement connus aux exigences de la pratique, notamment en ce qu'elle fait appel à des principes optiques simples, comme celui de

l'ombroscopie dans le cas d'une mesure nécessitant un éclairage du champ, qu'elle est aisée à mettre en oeuvre, notamment par des opérateurs non spécialisés en informatique, et qu'elle présente d'excellents résultats au niveau de la qualité des mesures obtenues.

Dans ce but l'invention propose notamment un procédé de mesure optique des dimensions ou de la vitesse d'un objet ou d'un fluide en mouvement dans un champ, caractérisé en ce que

- on capte selon un axe de visée, pendant un premier temps déterminé, une première image de l'objet ou du fluide en mouvement sur un premier capteur de caméra matricielle à couplage de charges,
- après un deuxième temps déterminé, on capte selon le même axe de visée, pendant un troisième temps déterminé, éventuellement égal au premier temps déterminé, une seconde image de l'objet ou du fluide en mouvement sur un second capteur de caméra matricielle à couplage de charges,
- puis on traite simultanément les deux signaux ainsi obtenus à partir des deux capteurs pour en déduire les dimensions ou la vitesse de l'objet par soustraction entre lesdits signaux ou la vitesse du fluide par auto-corrélation.

Le principe de l'invention repose sur l'utilisation de deux capteurs de caméras matricielles à couplage de charges (connues en terminologie anglosaxonne sous l'abréviation CCD) qui enregistrent l'une après l'autre l'image d'un phénomène en mouvement pendant un temps déterminé, avec un écart de temps faible et ajustable, entre les deux enregistrements.

L'ajustement de ce deuxième temps dépend de la vitesse de l'objet en mouvement.

En lisant ensuite simultanément le contenu des deux matrices à couplage de charges et par soustraction (ou auto-corrélation) des informations, on obtient une seule image présentant un fond uniforme sur lequel se détache bien le phénomène observé, par exemple dans le cas d'une mesure de vitesse de particules, pour chaque particule, un doublet formé d'une première image sombre et d'une deuxième image claire.

La distance entre les deux images permet ensuite de calculer très précisément le module de la vitesse de la particule dans un plan perpendiculaire à l'axe de visée, l'ordre du doublet noir/blanc ou blanc/noir donnant le sens de la vitesse de la particule.

L'invention permet l'élimination de la plupart des défauts du fond, l'enregistrement des deux images pouvant s'effectuer successivement très rapidement.

Le fond et ses défauts, dus par exemple à la présence de poussière, évoluent donc peu pendant ce temps.

La caméra se comporte en fait comme un double obturateur et ne voit le champ que pendant deux laps de temps très courts.

Du fait de l'excellent contraste obtenu, la mesure de dimensions de la particule est par ailleurs grandement facilitée.

Dans des modes de réalisation avantageux de l'invention on a, en outre, recours à l'une et/ou à l'autre des dispositions suivantes :

- pour capter les première et seconde images selon le même axe de visée, on sépare en deux parties sensiblement égales les rayons lumineux provenant de

l'objet ou du fluide à mesurer pour focaliser respectivement lesdites parties sur les premiers et seconds capteurs ;

- le premier temps déterminé est inférieur à de l'ordre de $5 \mu\text{s}$, et avantageusement à de l'ordre de $3 \mu\text{s}$;

- le deuxième temps déterminé est inférieur à de l'ordre de 50 millisecondes et avantageusement à de l'ordre de 20 millisecondes ;

- pendant qu'on capte les première et seconde images de l'objet pendant les premier et troisième temps déterminés, on éclaire le champ pendant un quatrième temps déterminé ;

- le quatrième temps déterminé est inférieur à 500 nanosecondes, et avantageusement est de l'ordre de 100 nanosecondes.

De façon inattendue, un temps d'éclairage aussi court permet en effet de faire sensiblement disparaître un défaut d'image appelé "smearing" en terminologie anglosaxonne et apparaissant parfois lors de l'utilisation de capteurs à couplage de charges ;

- on traite directement, en temps réel, les signaux analogiques issus des caméras à couplage de charges, pour en déduire la valeur absolue de la vitesse dans le champ perpendiculaire à l'axe de visée et/ou le sens de la vitesse de l'objet ou du fluide.

En permettant le décalage dans le temps de la fenêtre temporelle d'acquisition des images par les capteurs, tout en conservant le synchronisme de la lecture, on peut en effet effectuer la différence des informations vidéo par traitement analogique, en temps réel.

La caméra se comporte alors globalement comme une caméra classique, fournissant un signal vidéo unique,

directement visible sur un écran moniteur par un opérateur.

La présente invention propose également un dispositif de mesure optique des dimensions ou de la vitesse d'un objet ou d'un fluide en mouvement dans un champ, caractérisé en ce que il comprend :

- un premier capteur de caméra matricielle à couplage de charges,
- un second capteur de caméra matricielle à couplage de charges,
- des moyens optiques propres à être placés sur le trajet des rayons lumineux provenant de l'objet ou du fluide à mesurer, pour séparer lesdits rayons lumineux en deux parties sensiblement égales et focaliser respectivement lesdites parties sur lesdits premier et second capteurs,
- des moyens de déclenchement de l'exposition desdits capteurs pendant des temps déterminés, successivement et après un intervalle de temps déterminé,
- et des moyens de traitement simultané des signaux obtenus à partir des deux capteurs pour en déduire les dimensions ou la vitesse de l'objet par soustraction entre lesdits signaux, ou la vitesse du fluide par auto-corrélation.

Dans des modes de réalisation avantageux on a de plus recours à l'une et/ou à l'autre des dispositions suivantes :

- les moyens optiques comportent une lame semi-transparente et un miroir ;
- les moyens de traitement des signaux comportent des moyens de numérisation des signaux analogiques obtenus à partir des capteurs ;
- les capteurs de caméra à couplage de charges sont des capteurs à transfert de lignes ;

- les moyens de déclenchement de l'exposition des capteurs comportent des moyens de réglage des temps et des intervalles de temps déterminé ; une telle disposition permet notamment de définir l'intervalle de temps séparant les prises de vue par chaque capteur ;
- le dispositif comprend de plus des moyens d'éclairage du champ pendant un temps déterminé et des moyens de synchronisation dudit temps d'éclairage avec les temps d'exposition des capteurs ;
- le dispositif comprend un circuit de seuillage. Un tel circuit, permettant l'élaboration d'un ou de plusieurs seuils d'intensité du signal vidéo, autorise le codage direct en binaire des images obtenues et minimise ainsi les besoins en capacité mémoire du système de traitement d'image.

L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui suit de modes particuliers de réalisation, donnés à titre d'exemples non limitatifs.

La description se réfère aux dessins qui l'accompagnent dans lesquels :

- la figure 1 montre schématiquement un dispositif de mesure optique selon un mode de réalisation de l'invention ;
- la figure 2 est une vue schématique de la partie capteur du dispositif de la figure 1 ;
- la figure 3 est un schéma montrant sous forme de blocs les différents éléments d'un dispositif propre à mettre en oeuvre le procédé selon l'invention ;
- la figure 4a est un schéma montrant sous forme de blocs les éléments de la voie vidéo analogique de la figure 3 ;
- la figure 4b est une variante d'une partie du schéma de la figure 4a, pour traitement numérique ;

- la figure 5 est un schéma montrant sous forme de blocs les éléments du pilotage des capteurs de caméra à couplage de charges, et de leur obturation électronique ;
- la figure 6 est un chronogramme illustrant le fonctionnement d'un dispositif selon un mode de réalisation de l'invention, avec éclairage discontinu du champ ;
- la figure 7 est un exemple d'histogramme en niveau de gris d'un doublet correspondant à une particule, du type de ceux obtenus avec la présente invention.

La figure 1 montre un dispositif 1 selon un mode de réalisation de l'invention appliqué à la mesure de la vitesse de particules 2, par exemple des gouttelettes de liquide, en mouvement (flèche 3) dans un champ 4.

Le dispositif comprend un tube 5 propre à être introduit dans un appareil (non représenté) dans lequel transitent les particules, par exemple à l'intérieur d'une centrifugeuse ou d'une turbine en fonctionnement, de façon connue en soi.

Le tube, par exemple cylindrique de diamètre externe 25 mm, comporte à une extrémité 6 une ouverture 7 du type "chas d'aiguille", par exemple de longueur 30 mm et de largeur 15 mm, traversant transversalement le tube 5 de part en part.

Cette ouverture est à une distance axiale déterminée par rapport à l'autre extrémité 8 du tube sur laquelle est fixé le boîtier 9 de la caméra de mesure 10 et d'une partie d'un système d'éclairage 11 du champ 4.

Le système d'éclairage 11 comprend des moyens 12 d'émission de lumière comportant par exemple une diode

laser commandée par l'intermédiaire d'un boîtier 13, par exemple pour émettre la lumière de manière pulsée.

Le système 11 comprend également une fibre optique 14 connue en elle-même, de transmission de la lumière vers un premier système optique 15 d'éclairage du champ 4 par l'arrière, situé à l'extrémité distale 16 du tube 5, de l'autre côté de l'ouverture 7, par rapport au boîtier 9.

Dans ce mode de réalisation de l'invention, les principes de l'ombroscopie sont en effet utilisés.

Le premier système optique 15 comprend un prisme 17 de renvoi du faisceau 18 sortant de l'extrémité 19 de la fibre optique 14 vers un condenseur 20, connu en lui-même, qui focalise le faisceau d'éclairage 21 sur le plan de focalisation 22 perpendiculaire à l'ouverture 7 traversée par les particules 2 en mouvement.

Le rayon lumineux 23, correspondant à l'image de ces particules, est renvoyé vers l'objectif 24, situé entre l'ouverture 7 et le boîtier 9, à l'intérieur du tube, qui condense le rayon sur la face 25 d'entrée d'une fibre optique 26, de type connu, par exemple une multifibre dite de transport d'image.

Le dispositif comprend un deuxième système optique 27 de séparation en deux parties du rayon lumineux 28, issu de l'autre face d'extrémité 29 de la fibre 26, et de focalisation de ces deux parties de rayons lumineux sur la caméra 10 à deux capteurs.

Le dispositif comprend un boîtier de commande 30 de la caméra 10, connecté en 31 au boîtier 13 de commande de l'éclairage, permettant d'asservir les commandes de l'éclairage et de la caméra l'un à l'autre, pour synchronisation.

Le boîtier 30 est par ailleurs connecté à une unité 32 de traitement d'image comportant par exemple un micro-ordinateur du type PC ou une station de travail, comprenant notamment un écran de visualisation en temps réel des images 33 des doublets de particules, de l'histogramme 34 des particules mesurées (nombre de particules en fonction de leur diamètre) après traitement des images, etc.

La figure 2 est une vue schématique plus détaillée de la caméra 10 de la figure 1.

La caméra 10 comporte un boîtier 35, un premier capteur CCD 36 et un deuxième capteur CCD 37, avantageusement du type à transfert de lignes, par exemple de capteurs de la société SONY, correspondant aux références constructeur ICX 024 AL-3.

Les capteurs 36 et 37 sont chacun munis d'une électronique 38 et 39, dite de proximité, et sont connectés via les câbles 40 et 41 (par exemple de 5 m de longueur) au boîtier de commande 30 de la caméra.

La caméra 10 est par ailleurs associée aux moyens optiques 27 placés sur le trajet 42 des rayons lumineux provenant de l'objet ou du fluide à mesurer.

Les moyens optiques 27 comportent par exemple une lentille de focalisation 43, disposée sur le trajet du rayon lumineux sortant de la fibre optique, dans le prolongement de cette dernière.

Des moyens de séparation en deux des flux lumineux sont prévus et sont par exemple constitués par une lame semi-réfléchissante 44, située dans le prolongement du chemin optique 42, à la suite des moyens de focalisation 43.

La lame 44 laisse passer de l'ordre de 50% du flux vers le premier capteur 36, et réfléchit à 45° le flux restant vers le second capteur 37, par exemple

via un miroir 45 permettant une double inversion de l'image, ce qui va autoriser la soustraction directe des images analogiques sans opération d'inversion électronique.

Dans certains modes de réalisation, le flux lumineux peut être séparé en deux portions inégales.

Les capteurs 36 et 37, et les moyens 43 et 44 de séparation et de focalisation sont respectivement disposés de façon à permettre une bonne mise au point sur chacun desdits capteurs.

Les moyens 44 et 45 sont par ailleurs fixés au boîtier 35 via des montures mécaniques réglables 46 et 47, de façon connue en elle-même.

la figure 3 est un schéma général sous forme de blocs montrant les éléments du dispositif 50 selon le mode de réalisation de l'invention plus particulièrement décrit ici.

Le dispositif 50 comporte deux capteurs CCD 51 et 52 et des moyens 53 d'éclairage d'un champ de particules à mesurer.

Des moyens 54 de pilotage des caméras et de l'éclairage sont prévus. Ils comprennent des circuits 55 et 56 de pilotage, respectivement, des capteurs 51 et 52, et un circuit 57 de déclenchement ("shutter" en terminologie anglosaxonne) des caméras et de l'éclairage.

Des moyens 58, connus en eux-mêmes, générateurs de signaux TV sont par ailleurs prévus pour permettre le fonctionnement du dispositif.

Le dispositif 50 de la figure 3 comprend également des moyens 59 de traitement des signaux 60 et 61 issus respectivement des capteurs 51 et 52.

Les moyens 59 comportent des circuits 62 et 63 de traitement analogique ou numérique des signaux 61 et

62, circuits qui sont chacun avantageusement munis d'une sortie de contrôle analogique (visionneuse) 64 et 65.

Les signaux 66 issus du traitement sont soustraits ou auto-corrélés en 67 avant d'être dirigés vers un étage 68 de sortie vidéo pour restitution des mesures de vitesse des particules.

La figure 4A est un schéma bloc détaillé des moyens 59 de traitement analogique des signaux 60 et 61 issus des capteurs 51 et 52.

Les moyens 59 comprennent des circuits 62 et 63 de type connu, qui constituent respectivement les voies vidéo des capteurs CCD 51 et 52.

Les sorties vidéos 60 (respectivement 61) des capteurs CCD 51 (respectivement 52) sont connectés à un circuit 70 (respectivement 70') de double échantillonnage.

Les signaux sont ensuite amplifiés en 71 (71') avec un gain G en puissance variable (par exemple $G = 70$) ; puis ils sont filtrés dans un filtre passe-bas 72 (72'), avant d'attaquer un circuit 73 (73') de restitution de composante continue (circuit "clamp" en terminologie anglosaxonne).

Les signaux 74 (74') ainsi amplifiés et filtrés sont ensuite traités par le circuit 67.

Un étage de sortie vidéo 75 (respectivement 75') par exemple pour contrôle visuel par un opérateur, est également prévu.

Par ailleurs, une dérivation 76 (respectivement 76') comprenant un filtre passe bas 77 (77') et un circuit de contrôle de gain 78 (respectivement 78') connecté d'un côté à la sortie du circuit "clamp" 73 (respectivement 73') et raccordé de l'autre côté à l'amplificateur 71

(respectivement 71') est prévu pour permettre de faire varier le gain de l'amplificateur, de façon connue en elle-même.

Le réglage du gain peut bien entendu être également effectué manuellement, par un opérateur, grâce à un potentiomètre par exemple.

Les signaux 74 et 74' attaquent ensuite le circuit de soustraction 67 qui comprend par exemple un amplificateur 79 (pour les signaux 74), un amplificateur inverseur 80 (pour les signaux 74'), un circuit additionneur 81, et un étage 82 de sortie vidéo pour mesure des vitesses.

La figure 4B est une variante numérique du traitement des signaux issus des voies A et A' de la figure 4A, en sortie des circuits d'échantillonnage 70 et 70'.

Les signaux attaquent respectivement deux convertisseurs analogique/numérique 83 et 83', puis un circuit de soustraction numérique 84, soustraction qui est restituée en 85.

Un convertisseur numérique/analogique est prévu avec étage de sortie vidéo 87 pour contrôle 88.

La figure 5 est un schéma bloc détaillé des circuits 55, 56 et 57 de pilotage des capteurs CCD 51, 52 et de l'éclairage 53. Chacun des circuits 55 et 56 de pilotage des capteurs comporte, de façon connue, un oscillateur 89 (respectivement 89'), un générateur 90 (respectivement 90') de signaux de pilotage du capteur CCD attaqués en 91 (respectivement 91') et 92 (respectivement 92') par les signaux TV du générateur 58 et deux circuits 93 (respectivement 93') et 94 (respectivement 94') d'interface pour phases verticales et phases horizontales, qui attaquent le capteur CCD correspondant 51 (respectivement 52).

Le dispositif selon le mode de réalisation de l'invention plus particulièrement décrit ici comporte de plus un circuit "shutter" électronique 57.

Le circuit 57, attaqué par le signal TV (VD) issu du générateur 58, comprend un circuit retard 95, trois circuits générateurs de temps, à savoir un premier circuit générateur 96 d'un premier temps déterminé t_1 , de pose pour la première image captée par le capteur CCD 51, un deuxième circuit générateur 97 d'un troisième temps déterminé t_3 , (par exemple égal à t_1), de pose pour la deuxième image captée par le capteur CCD 52, et un troisième circuit générateur 98 d'un deuxième temps déterminé t_2 de retard entre la première pose et la deuxième pose.

Les générateurs 96 et 97 sont connectés respectivement à des circuits d'interface 99 et 100 de déclenchement des voies 101 et 102 des capteurs CCD 51 et 52.

Les signaux issus des générateurs 96 et 97 attaquent par ailleurs un circuit retard 103 de déclenchement du circuit d'éclairage 53, par exemple réglable d'une valeur allant de 0s à t_1 .

On va maintenant décrire le fonctionnement du dispositif mis en oeuvre dans le mode de réalisation de l'invention plus particulièrement décrit ici, appliqué à la mesure de particules en mouvement, en faisant notamment référence à la figure 3 et aux figures 6 et 7.

On règle tout d'abord les paramètres de temps déterminés t_1 , t_2 , t_3 et t_4 .

La gamme de réglage de t_2 , qui est le temps entre deux prises de vue, est par exemple comprise entre de l'ordre de 3 μ s et de l'ordre de 500 μ s, les temps de

poses t_1 et t_3 étant supérieurs ou égaux à $1 \mu\text{s}$, par exemple fixés à $2 \mu\text{s}$.

Comme on l'a vu, le circuit 57 génère par ailleurs la commande de la diode laser en synchronisme avec le fonctionnement des capteurs CCD pendant un temps t_4 très court, pris par exemple égal à 100 ns ; ce temps très court permet d'obtenir une image de particules parfaitement nette.

Les réglages se font de façon connue en soi, par exemple par l'intermédiaire de roues codeuses agissant sur le circuit 57.

On a représenté sur la figure 6 le chronogramme des signaux illustrant le fonctionnement du dispositif.

Les lignes 104 et 105 correspondent respectivement aux capteurs CCD 51 et 52.

Le capteur CCD 51 fonctionne pendant le temps t_1 , puis après le temps t_2 , le capteur CCD 52 est activé pendant le temps t_3 (ici égal à t_1).

Simultanément, pendant les intervalles de temps t_1 et t_3 de prises d'images sur chaque capteur, un "flash" d'éclairage est émis pendant un temps t_4 (ligne 106), par exemple à mi-période.

Le dispositif effectue ensuite la lecture simultanée des matrices des capteurs 51 et 52, pour soustraction pixel à pixel des informations issues des deux capteurs (ligne 107).

Pendant le fonctionnement du dispositif, les circuits 55 et 56 délivrent par ailleurs les signaux nécessaires pour lire correctement les matrices des capteurs CCD.

Les capteurs sont synchronisés l'un avec l'autre, le circuit 55 étant par exemple le circuit "maître" fournissant l'instant de début de suppression de trame

au circuit shutter 57, pour réinitialiser le processus d'exposition à chaque nouvelle mesure.

Les signaux issus de capteurs CCD sont ensuite traités de façon classique, analogique ou numérique, par amplification, ajout de suppressions, synchronisation, etc par les circuits 62 et 63.

La différence entre les deux signaux vidéo est effectuée par le circuit 67.

Dans le mode de réalisation plus particulièrement décrit, on effectue également un seuillage des signaux obtenus, de façon à obtenir une image binaire, pour faciliter le traitement.

On va maintenant se référer à la figure 7 qui montre en niveau de gris une image vidéo d'une particule obtenue avec un dispositif selon l'invention.

L'abscisse est en pixels, les niveaux de gris figurant en ordonnée.

Un premier seuillage 108 est effectué pour donner une première image binaire. Une analyse de cette image permet ensuite d'obtenir, de façon connue, un premier tableau de données qui représente pour chaque particule :

- les coordonnées du centre de gravité,
- la surface,
- le périmètre,
- un ou plusieurs facteurs de forme.

Ce premier tableau permet de construire l'histogramme 34.

Un deuxième seuillage 109 permet d'obtenir de la même manière un second tableau de données.

Le principe mis en oeuvre pour déterminer la vitesse est alors le suivant :

On cherche, pour chaque particule du premier tableau, le "double" de cette particule dans le deuxième tableau.

Après identification du double, la vitesse est déterminée par simple mesure de l'écart e entre les deux centres de gravité de la particule et de son double.

Pour éviter les confusions et bien identifier les "doublons", l'opérateur règle le temps t_2 entre deux prises de vue, de façon à obtenir des particules d'un même doublon assez proches l'une de l'autre.

Les sorties vidéo 64 et 65 permettent un contrôle simple et un ajustage aisé des réglages, en temps réel, par l'opérateur.

Comme il va de soi et comme il résulte de ce qui précède, la présente invention n'est pas limitée au mode de réalisation plus particulièrement décrit. Elle en concerne au contraire toutes les variantes et notamment celles où l'invention est appliquée à la mesure de la vitesse d'un fluide.

Dans ce cas, il n'y aura pas soustraction des images vidéo obtenues successivement mais auto-corrélation par des méthodes différentes, et donc avec des moyens programmés différents, de type connu.

On pourra se référer utilement aux ouvrages suivants décrivant de telles techniques, incorporés ici par référence :

- CHERMAN et COSTER - Précis d'analyse d'image - Presses du CNRS 1989
- MARION - Traitement d'images - Editions Masson
- J.W. GOODMAN - Introduction à l'optique de Fourier et à l'holographie - Editions Masson.

L'invention est également applicable en cas d'étude d'un phénomène pour lequel l'éclairage arrière

ou latéral est impossible (films liquide sur une paroi, milieu dispersé très dense, etc...).

La solution classique (microscope de métallurgiste) consistant à éclairer par l'avant en utilisant une lame semi réfléchissante et une partie de l'optique d'observation est en effet peu satisfaisante.

En effet pour obtenir un contraste suffisant de l'image par rapport au fond, il est indispensable d'éliminer les lumières parasites notamment celles provenant des réflexions sur tous les dioptres rencontrés par l'éclairage. De façon connue, ceci est partiellement obtenu par des traitements anti-reflet.

Cependant dans le cas où le phénomène à observer est dans un milieu agressif, le traitement anti-reflet du hublot de protection peut rapidement se détériorer (effet thermique, érosion par les particules, etc).

Le dispositif selon l'invention permet d'éliminer ces inconvénients.

D'une manière générale, le dispositif et le procédé selon l'invention permettent de faire ressortir d'un fond à évolution lente (par rapport au temps t_2) des phénomènes peu contrastés mais en mouvement. En modifiant les temps de prise d'image, les vitesses des phénomènes à étudier peuvent ainsi s'échelonner de quelques dixièmes de mètres par seconde aux vitesses supersoniques.

REVENDICATIONS

1. Procédé de mesure optique des dimensions ou de la vitesse d'un objet (1) ou d'un fluide en mouvement dans un champ (4), caractérisé en ce que

- on capte selon un axe de visée, pendant un premier temps déterminé t_1 , une première image de l'objet ou du fluide en mouvement sur un premier capteur (36, 51) de caméra matricielle à couplage de charges,

- après un deuxième temps déterminé t_2 , on capte selon le même axe de visée, pendant un troisième temps déterminé t_3 , éventuellement égal au premier temps déterminé, une seconde image de l'objet ou du fluide en mouvement sur un second capteur (37, 52) de caméra matricielle à couplage de charges,

- puis on traite simultanément les deux signaux (60, 61) ainsi obtenus à partir des deux capteurs pour en déduire les dimensions ou la vitesse de l'objet par soustraction entre lesdits signaux ou la vitesse du fluide par auto-corrélation.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que, pour capter lesdites première et seconde images selon le même axe de visée, on sépare en deux parties sensiblement égales les rayons lumineux (28) provenant de l'objet ou du fluide à mesurer pour focaliser respectivement lesdites parties sur lesdits premier et second capteurs.

3. Procédé selon la revendication 1 ou la revendication 2, caractérisé en ce que le premier temps déterminé t_1 est inférieur à de l'ordre de 5 micro-secondes, et avantageusement à de l'ordre de 3 micro-secondes.

4. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que le

deuxième temps déterminé t_2 est inférieur à de l'ordre de 50 ms et avantageusement à de l'ordre de 20 ms.

5. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que, pendant qu'on capte les première et seconde images de l'objet pendant les premier et troisième temps déterminés, on éclaire le champ pendant un quatrième temps déterminé t_4 .

6. Procédé selon la revendication 5, caractérisé en ce que le quatrième temps déterminé t_4 est inférieur à 500 ns, et avantageusement de l'ordre de 100 ns.

7. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que on traite directement en temps réel les signaux analogiques issus des caméras à couplage de charges, pour en déduire la valeur absolue de la vitesse dans le plan (22) perpendiculaire à l'axe de visée et le sens de la vitesse de l'objet ou du fluide.

8. Application du procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes à la mesure de la vitesse d'une particule (2).

9. Dispositif (1, 50) de mesure optique des dimensions ou de la vitesse d'un objet ou de la vitesse d'un fluide en mouvement dans un champ, caractérisé en ce que il comprend :

- un premier capteur (36, 51) de caméra matricielle à couplage de charges,
- un second capteur (37, 52) de caméra matricielle à couplage de charges,
- des moyens optiques (27) propres à être placés sur le trajet des rayons lumineux provenant de l'objet ou du fluide à mesurer, pour séparer lesdits rayons lumineux en deux parties sensiblement égales et

focaliser respectivement lesdites parties sur lesdits premier et second capteurs,

- des moyens de déclenchement (54) de l'exposition des dits capteurs pendant des temps et avec des intervalles de temps déterminés,

- et des moyens (59) de traitement simultané des signaux (60, 61) obtenus à partir des deux capteurs pour en déduire les dimensions ou la vitesse de l'objet par soustraction entre lesdits signaux, ou la vitesse du fluide par auto-corrélation.

10. Dispositif selon la revendication 9, caractérisé en ce que les moyens optiques comportent une lame semi-transparente (44) et un miroir (45).

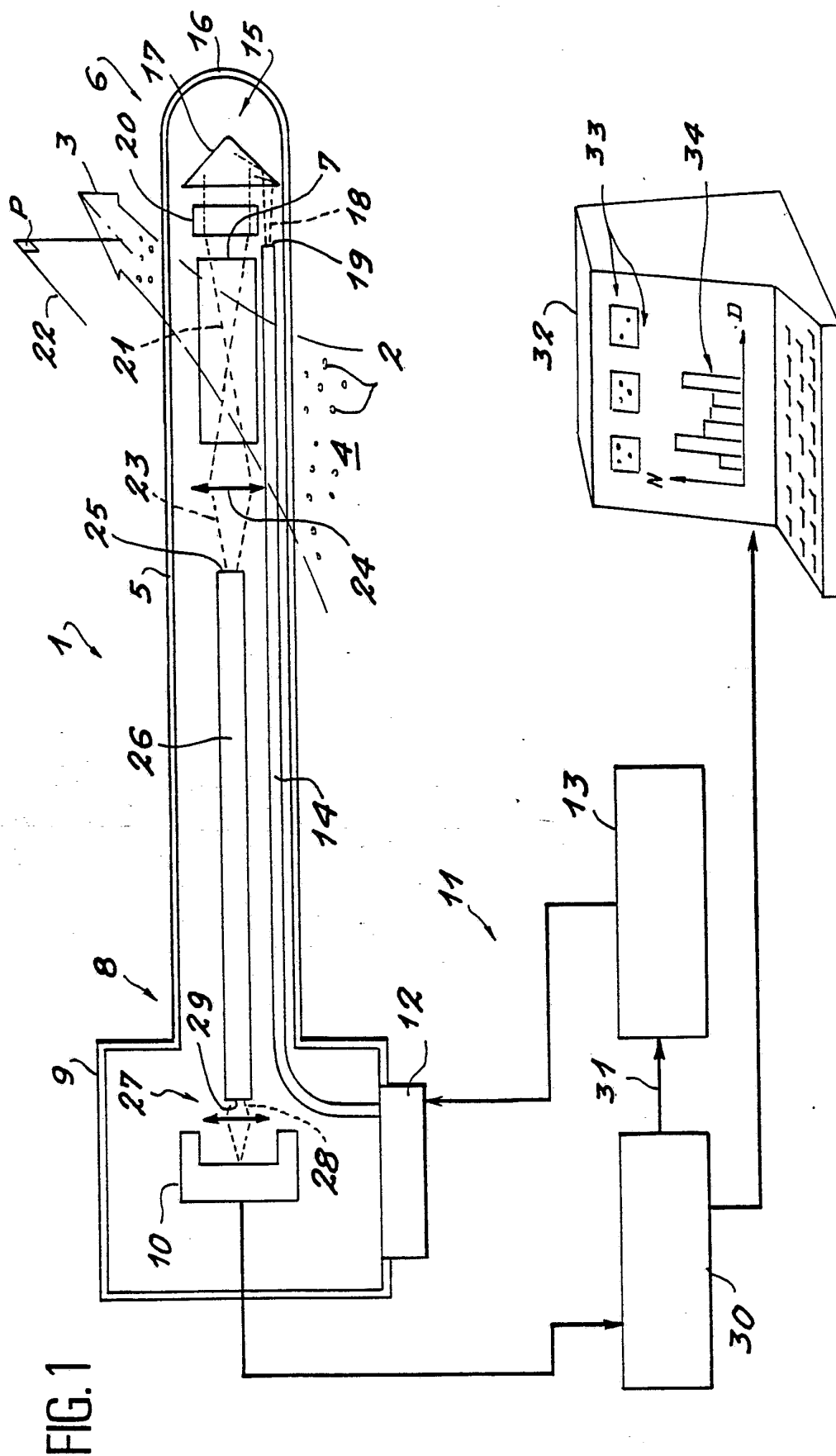
11. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 9 et 10, caractérisé en ce que les moyens (59) de traitement des signaux comportent des moyens (83, 83') de numérisation des signaux analogiques (60, 61) obtenus à partir des capteurs.

12. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 9 à 11, caractérisé en ce que les capteurs (36, 67, 51, 52) de caméra à couplage de charges sont des capteurs à transfert de ligne.

13. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 9 à 12, caractérisé en ce que les moyens (54) de déclenchement de l'exposition des capteurs comportent des moyens de réglage des temps et des intervalles de temps déterminés.

14. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 9 à 13, caractérisé en ce que il comprend de plus des moyens (11, 53, 57) d'éclairage du champ pendant un temps déterminé et des moyens de synchronisation du dit temps d'éclairage avec les temps d'expositions des capteurs.

15. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 9 à 14, caractérisé en ce que il comprend de plus un circuit de seuillage propre à élaborer au moins un seuil d'intensité des signaux vidéo pour permettre le codage direct en binaire des images obtenues sur les premier et second capteurs (36, 37, 51, 52) de caméra à couplage de charge.



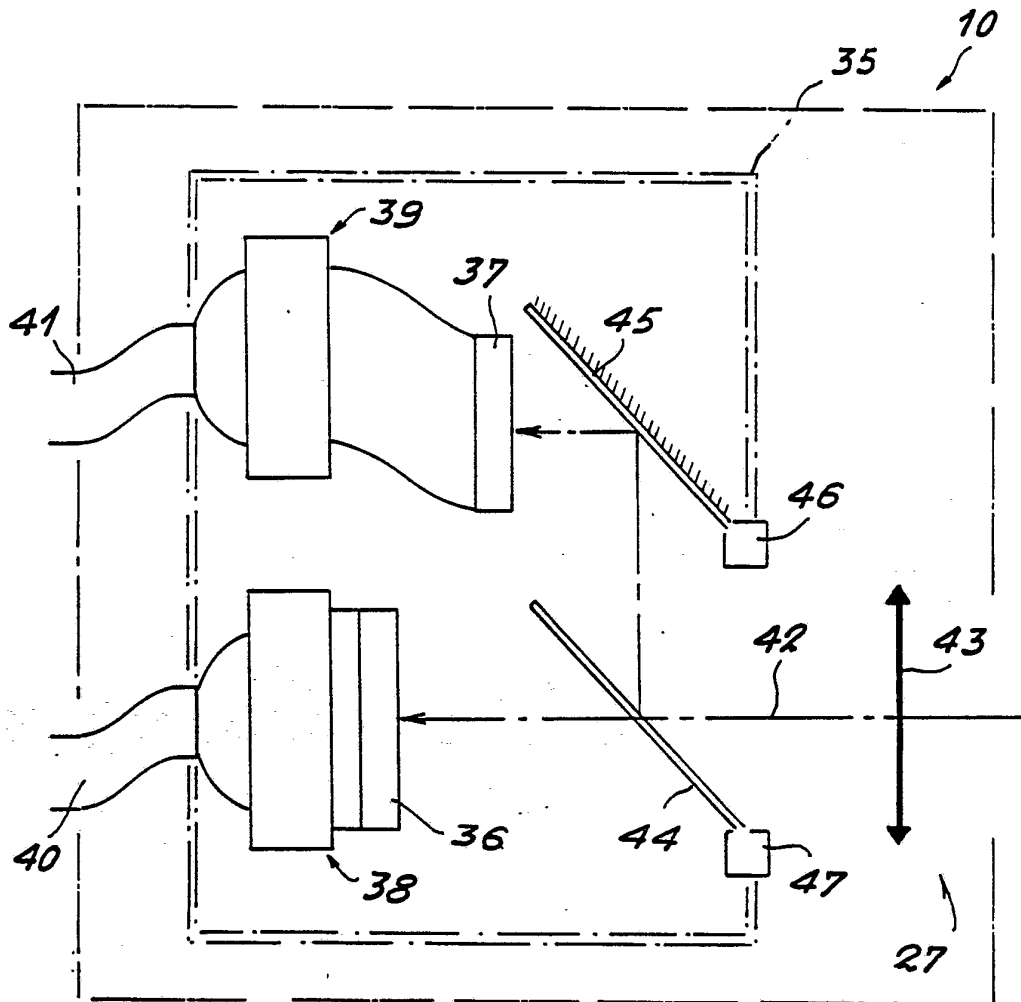
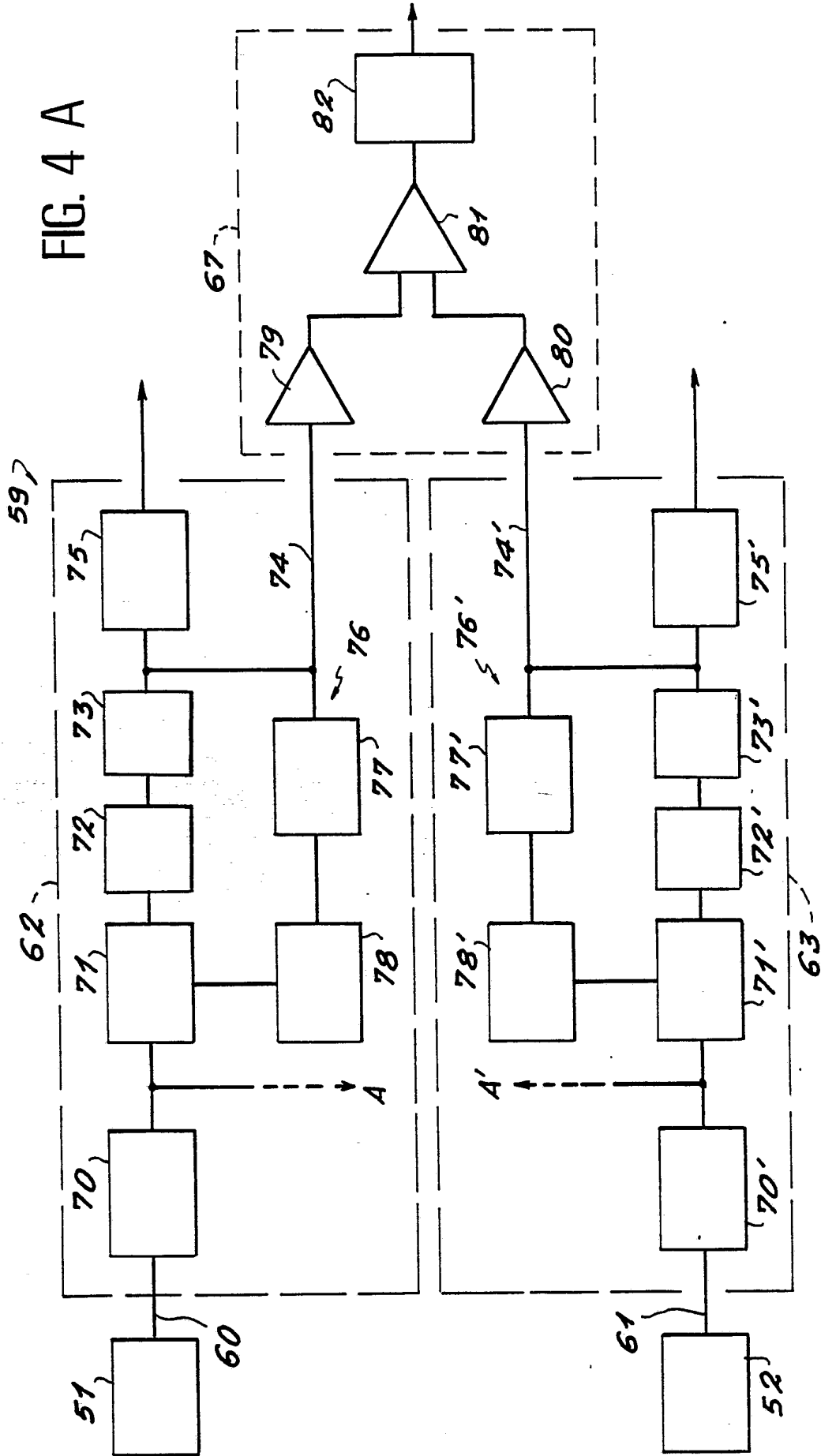


FIG. 2

FIG. 4 A



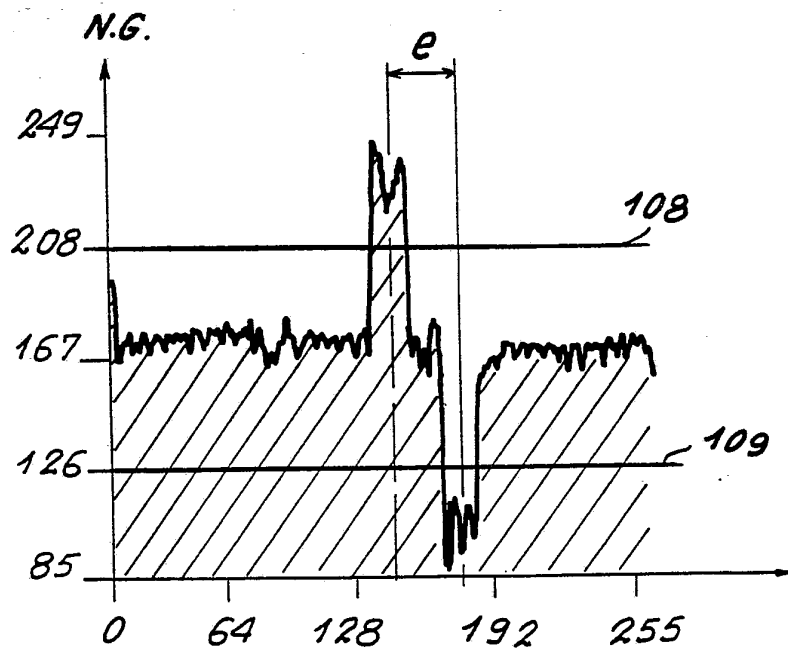
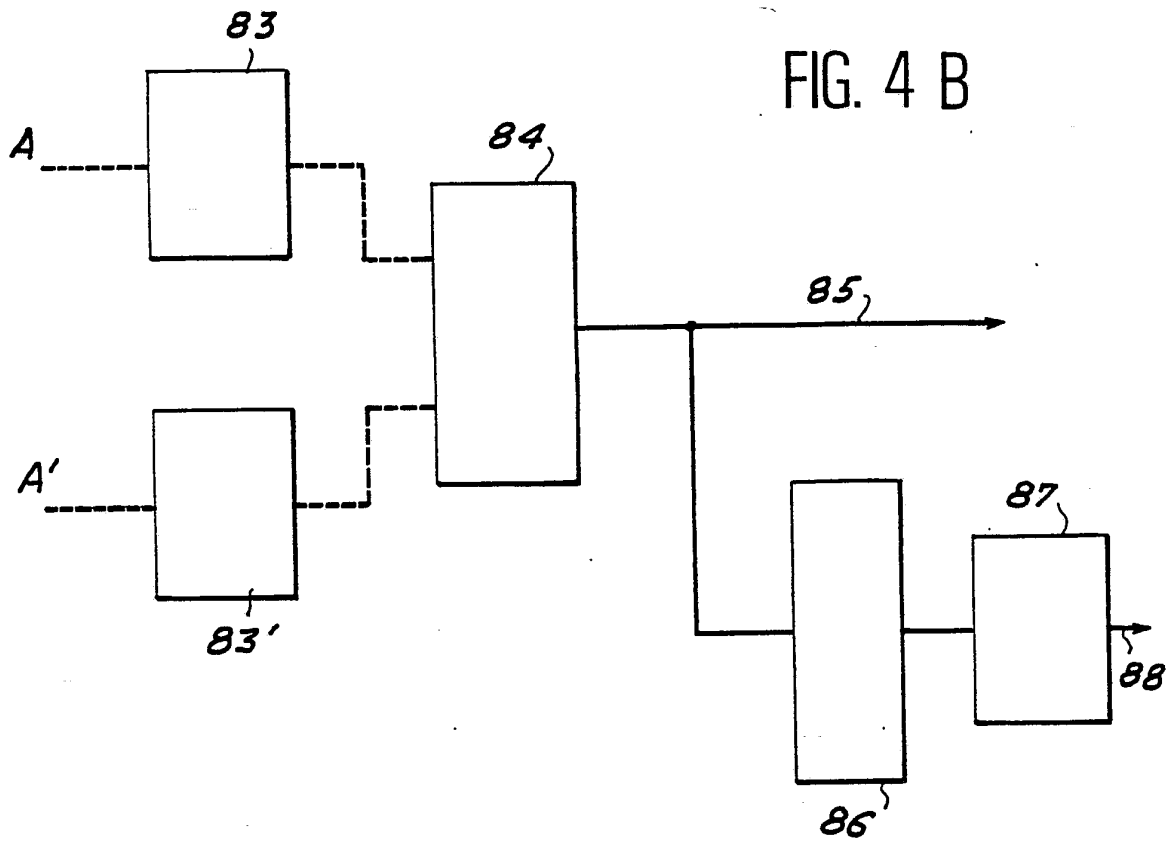
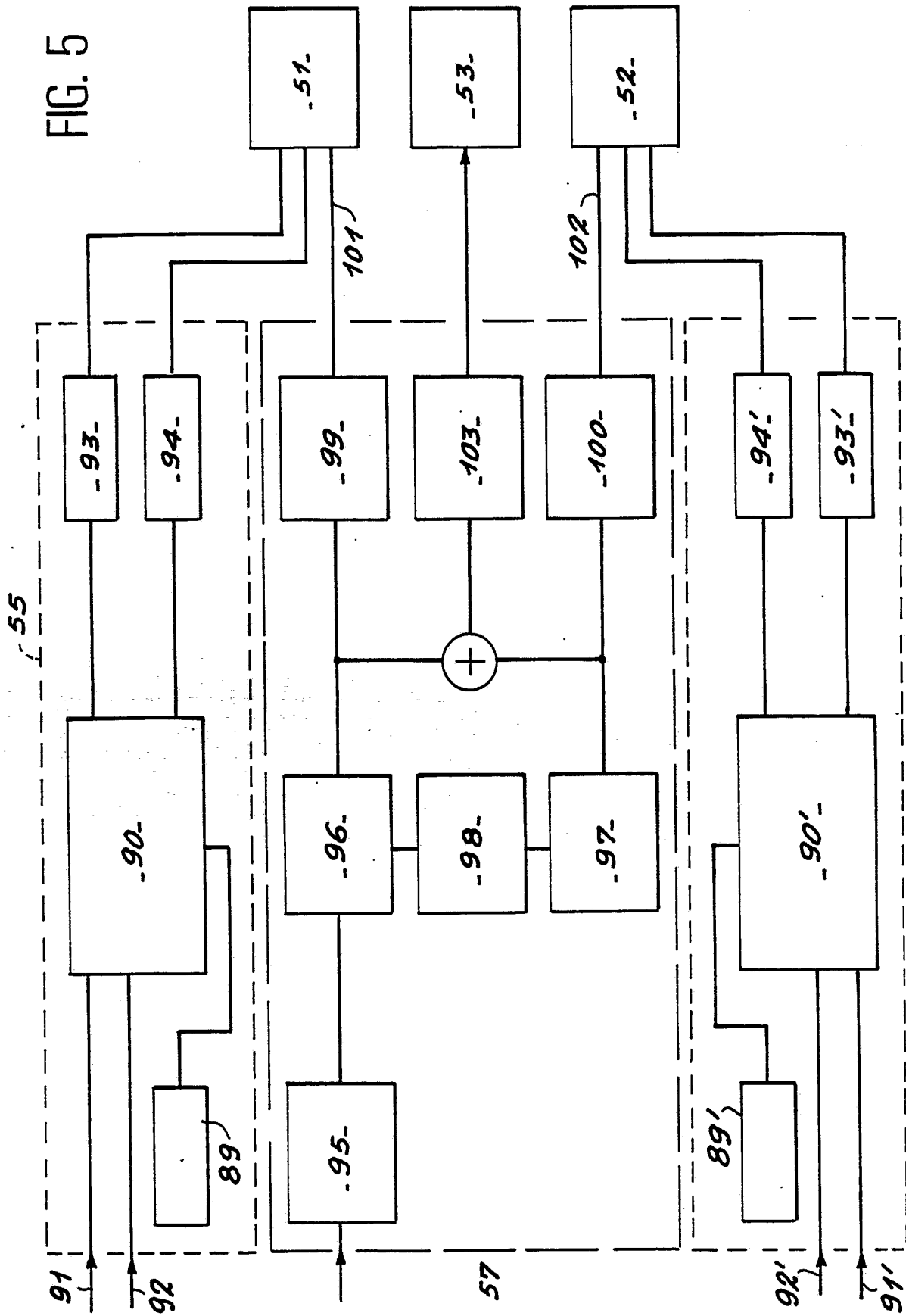


FIG. 7

FIG. 5



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/FR 93/00298

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl.⁵ G 01 P 3/38; G 01 P 5/20; G 01 F 1/712; G 01 N 15/02
 According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl.⁵ G 01 P; G 01 F; G 01 N; G 01 B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US, A, 4 251 733 (HIRLEMAN) 17 February 1981 see abstract; figure 1	1,9
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN volume 10, No 271(P-497)(2327) 16 September 1986 & JP, A, 61 095 252 (MITSUBISHI) 14 May 1986 see abstract	1,9
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN volume 9, No 262 (P-398)(1985) 19 October 1985 & JP, A, 60 111 165 (MITSUI ZOSEN) 17 June 1985 see abstract	1,9
A	EP, A, 0 324 413 (PACIFIC SCIENTIFIC) 19 July 1989 see abstract; figures 1,2	1,9

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claims or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance: the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance: the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

9 June 1993 (09.06.93)

Date of mailing of the international search report

18 June 1993 (18.06.93)

Name and mailing address of the ISA

European patent Office

Authorized officer:

Facsimile No

Telephone No.

**ANNEX TO THE INTERNATIONAL SEARCH REPORT
ON INTERNATIONAL PATENT APPLICATION NO.**

FR 9300298
SA 71763

This annex lists the patent family members relating to the patent documents cited in the above-mentioned international search report. The members are as contained in the European Patent Office EDP file on
The European Patent Office is in no way liable for these particulars which are merely given for the purpose of information. 09/06/93

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US-A-4251733	17-02-81	None	
EP-A-0324413	19-07-89	US-A- 4842406	27-06-89
		JP-A- 1216232	30-08-89

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

PCT/FR 93/00298

Demande Internationale No

I. CLASSEMENT DE L'INVENTION (si plusieurs symboles de classification sont applicables, les indiquer tous) ⁷	
Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB	
CIB 5 G01P3/38;	G01P5/20; G01F1/712; G01N15/02
II. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE	
Documentation minimale consultée ⁸	
Système de classification	Symboles de classification
CIB 5	G01P ; G01F ; G01N ; G01B
Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où de tels documents font partie des domaines sur lesquels la recherche a porté ⁹	
III. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS ¹⁰	
Catégorie ^o	Identification des documents cités, avec indication, si nécessaire, ¹² des passages pertinents ¹³
A	US,A,4 251 733 (HIRLEMAN) 17 Février 1981 voir abrégé; figure 1 ---
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 10, no. 271 (P-497)(2327) 16 Septembre 1986 & JP,A,61 095 252 (MITSUBISHI) 14 Mai 1986 voir abrégé ---
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 9, no. 262 (P-398)(1985) 19 Octobre 1985 & JP,A,60 111 165 (MITSUI ZOSEN) 17 Juin 1985 voir abrégé ---
	-/--
<p>^o Catégories spéciales de documents cités:¹¹</p> <p>"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent</p> <p>"E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date</p> <p>"L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)</p> <p>"O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens</p> <p>"P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée</p> <p>"T" document ultérieur publié postérieurement à la date de dépôt international ou à la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention</p> <p>"X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive</p> <p>"Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier.</p> <p>"&" document qui fait partie de la même famille de brevets</p>	
IV. CERTIFICATION	
Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée	Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale
09 JUIN 1993	1 8. 06. 93
Administration chargée de la recherche internationale	Signature du fonctionnaire autorisé
OFFICE EUROPEEN DES BREVETS	JONSSON P.O.

III. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS ¹⁴		(SUITE DES RENSEIGNEMENTS INDIQUES SUR LA DEUXIEME FEUILLE)
Catégorie ¹⁵	Identification des documents cités, ¹⁶ avec indication, si nécessaire des passages pertinents ¹⁷	No. des revendications visées ¹⁸
A	EP,A,0 324 413 (PACIFIC SCIENTIFIC) 19 Juillet 1989 voir abrégé; figures 1,2 -----	1,9

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE
RELATIF A LA DEMANDE INTERNATIONALE NO.**

FR 9300298
SA 71763

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche internationale visé ci-dessus.

Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

09/06/93

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US-A-4251733	17-02-81	Aucun	

EP-A-0324413	19-07-89	US-A- 4842406	27-06-89
		JP-A- 1216232	30-08-89

EPO FORM P0472

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82