

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété
Intellectuelle
Bureau international



(43) Date de la publication internationale
22 février 2001 (22.02.2001)

PCT

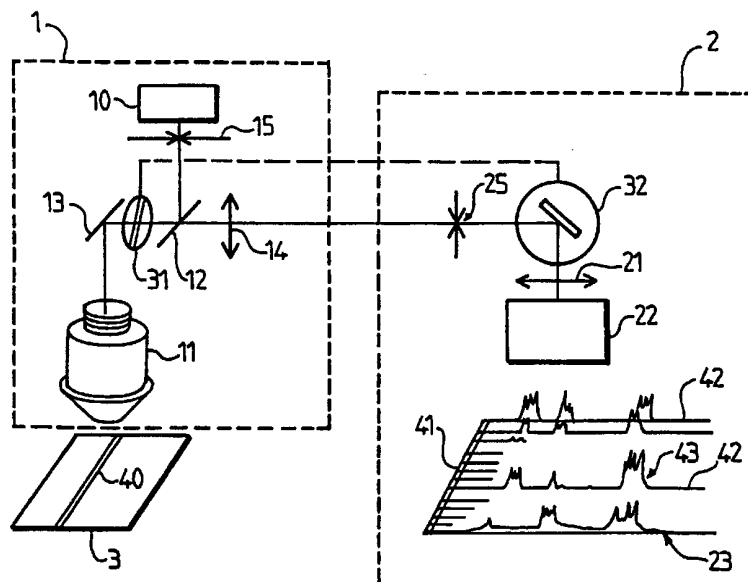
(10) Numéro de publication internationale
WO 01/13157 A1

- (51) Classification internationale des brevets⁷: G02B 21/00, G01J 3/44, G02B 26/10
- (21) Numéro de la demande internationale: PCT/FR00/02278
- (22) Date de dépôt international: 8 août 2000 (08.08.2000)
- (25) Langue de dépôt: français
- (26) Langue de publication: français
- (30) Données relatives à la priorité: 99/10406 11 août 1999 (11.08.1999) FR
- (71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US): JOBIN YVON S.A. [FR/FR]; 16-18 rue du Canal, F-91160 Longjumeau (FR).
- (72) Inventeurs; et
- (75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement): DA SILVA, Edouard [FR/FR]; 125, rue Royale, F-59800 Lille (FR). DELHAYE, Michel [FR/FR]; 80, rue Thiers, F-59493 Villeneuve d'Ascq (FR). LECLERCQ, Michel [FR/FR]; 37, rue A. Frot, F-77590 Bois Le Roi (FR). ROUSSEL, Bernard [FR/FR]; 12, rue Fleurie, F-59300 Valenciennes (FR).
- (74) Mandataires: CATHERINE, Alain etc.; Cabinet Harlé & Phelip, 7, rue de Madrid, F-75008 Paris (FR).
- (81) États désignés (national): JP, US.
- (84) États désignés (régional): brevet européen (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: SPECTROMETRIC IMAGING APPARATUS

(54) Titre: APPAREIL D'IMAGERIE SPECTROMÉTRIQUE



(57) Abstract: The invention concerns an inelastic diffusion spectrometric imaging apparatus. It comprises an illuminating and energising system including a confocal first aperture (15), a second confocal aperture (25) combined with the first. A first deflector assembly scanning the sample and a second deflector assembly (32) synchronised with the first, are placed respectively downstream and upstream of the second confocal aperture (25), and a spectrometer (2). The input aperture of the spectrometer merges with the second confocal aperture. Thus spectral data concerning the light flux diffused by the sample can be obtained. Scanning in a plane associated with scanning in depth enable volumetric exploration of the sample.

[Suite sur la page suivante]

WO 01/13157 A1

**Publiée:**

— Avec rapport de recherche internationale.

En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.

(57) Abrégé: L'invention est relative à un appareil d'imagerie spectrométrique de diffusion inélastique. Il comprend un système d'éclairage et d'excitation incluant une première ouverture (15) de confocalité, une seconde ouverture (25) de confocalité conjuguée de la première. Un premier ensemble déflecteur balaye l'échantillon et un second ensemble déflecteur (32) synchronisés, sont placés respectivement en aval et en amont de la seconde ouverture (25) de confocalité, et un spectromètre (2). L'ouverture d'entrée du spectromètre est confondue avec la seconde ouverture de confocalité. On peut ainsi obtenir les informations spectrales du flux lumineux diffusé par l'échantillon. Un balayage dans un plan associé à un balayage en profondeur permettent une exploration volumétrique de l'échantillon.

Appareil d'imagerie spectrométrique

La présente invention est relative à un appareil d'imagerie spectrométrique, en particulier du type Raman ou de fluorescence à bas niveau.

Dans la demande de brevet EP-A1-0.502.752, au nom de la demanderesse, il a été divulgué un dispositif de spectrométrie à balayage confocal, comprenant:

- un ensemble comportant:

- 10 • un système d'éclairage et d'excitation incluant une première ouverture de confocalité,
- un système optique,
- une seconde ouverture de confocalité conjuguée de la première et
- 15 • un premier et un second ensembles défecteurs synchronisés, placés respectivement en aval et en amont de la seconde ouverture de confocalité, et

- un spectromètre comportant:

- une fente d'entrée,
- 20 • un disperseur spectral et
- un détecteur multicanal bidimensionnel.

Une telle réalisation permet de réduire considérablement le temps d'analyse d'un échantillon par rapport à des dispositifs de spectrométrie confocale classiques. Le balayage ligne de l'objet
25 peut être exploité grâce au balayage de la fente d'entrée du spectromètre par le faisceau lumineux. Le dispositif de cette demande antérieure offre également un facteur d'agrandissement, dû à l'utilisation de deux défecteurs synchrones, qui permet de changer la dimension d'une image balayée dans un espace objet,
30 depuis la dimension maximale couverte par l'objectif de l'ensemble de microscopie confocale jusqu'à une dimension très réduite qui est uniquement limitée par le seuil d'énergie détectable.

Le contenu de cette demande antérieure EP-A1-0.502.752 doit être considéré comme faisant partie intégrante de la présente
35 demande, pour tout ce qui concerne la réalisation mentionnée ci-dessus.

La présente invention vise un appareil d'imagerie spectrométrique permettant d'étendre l'application du dispositif connu par la précédente demande à tout le domaine spectral utile à la spectroscopie Raman, et pouvant avoir une utilisation plus facile
5 que le dispositif antérieur.

A cet effet, l'invention concerne un appareil d'imagerie spectrométrique comprenant:

- un ensemble de microscopie confocale comportant:

- un système d'éclairage et d'excitation incluant une première
10 ouverture de confocalité,
- un système optique,
- une seconde ouverture de confocalité conjuguée de la première et
- un premier ensemble déflecteur capable de balayer sur un
15 échantillon des lignes et un second ensemble déflecteur synchronisés, placés respectivement en aval et en amont de la seconde ouverture de confocalité, éclairant un spectromètre comportant:
 - un disperseur spectral et
 - 20 • un détecteur multicanal bidimensionnel,

Selon l'invention, le spectromètre comporte une ouverture d'entrée qui est confondue avec la seconde ouverture de confocalité.

Le second ensemble déflecteur est ainsi disposé en aval de
25 l'entrée du spectromètre. Cette entrée est une ouverture de confocalité.

Les première et seconde ouvertures de confocalité sont préférentiellement constituées de trous ajustables, obtenus par des moyens tels que des diaphragmes par transmission ou réflexion.
30 Elles sont approximativement circulaires et de petites dimensions

Par rapport au dispositif connu, décrit dans la demande EP-A1-0.502.752, l'imageur de l'invention simplifie le montage en diminuant le nombre de pièces optiques, ce qui est un important avantage en particulier dans le domaine ultraviolet, et en
35 supprimant une ouverture de confocalité séparée.

De plus, l'appareil d'imagerie spectrométrique selon l'invention présente l'avantage de pouvoir être intégré dans un appareil dit à l'infini, qui met en jeu des faisceaux parallèles. Ainsi, les éléments de l'imageur de l'invention peuvent être insérés sous 5 forme de blocs dans des dispositifs préexistants comportant un microscope à l'infini et/ou dans un spectromètre à l'infini.

Préférentiellement, l'appareil d'imagerie spectrométrique de l'invention est prévu pour de la spectroscopie Raman ou de fluorescence à bas niveau.

10 Le spectromètre dispersif est préférentiellement stigmatique, c'est-à-dire qu'il donne, pour chaque point de l'ouverture d'entrée, une image spectrale couvrant une ligne de pixels d'un détecteur multicanal bidimensionnel.

De préférence, le premier ensemble défecteur comprend une 15 optique sensiblement afocale et est placé sur un faisceau parallèle.

Ainsi, ce premier ensemble défecteur n'introduit pas de perte de signal. Il permet d'assurer à la fois:

- une déflexion d'un faisceau,
- le report de pupilles.

20 Le premier ensemble défecteur peut être du type réfractif ou réflectif (c'est-à-dire fonctionnant respectivement en réfraction ou en réflexion).

Selon un premier mode de réalisation préféré de l'optique afocale, celle-ci comprend une lentille convergente, une lentille 25 divergente et un premier défecteur réfractif placé entre ces lentilles.

Dans un second mode de réalisation préféré de l'optique afocale, celle-ci comprend des miroirs et un premier défecteur en réflexion apte à recevoir de l'un de ces miroirs un faisceau 30 parallèle et à réfléchir ce faisceau parallèle vers un autre des miroirs.

Les miroirs comprennent avantageusement des miroirs sphériques.

Dans une forme de réalisation, le premier ensemble 35 défecteur comprend un premier défecteur qui, au moyen d'éléments optiques, est prévu pour effectuer un balayage à deux

dimensions sur un échantillon. Notamment, en combinaison avec le premier ou le second modes de réalisation préférés de l'optique afocale, le premier déflecteur est alors capable de balayer sur un échantillon des trames, dans une direction perpendiculaire aux 5 lignes.

Dans une autre forme de réalisation, obtenue à partir du premier ou du second mode de réalisation préférés de l'optique afocale:

- le premier ensemble déflecteur comprend des moyens 10 de translation des lentilles ou des miroirs, permettant de balayer cette ligne dans une direction perpendiculaire à cette ligne.

Le balayage de la ligne par le premier déflecteur est alors par exemple réalisé par la rotation d'un élément optique

On peut ainsi distinguer deux sous-formes des deux premiers 15 modes de réalisation de l'optique afocale:

- soit le premier déflecteur effectue un balayage de trame perpendiculaire à ces lignes,

- soit le premier déflecteur effectue un balayage d'une ligne et les éléments associés dans l'optique afocale effectuent un 20 balayage perpendiculaire à cette ligne; la déflexion obtenue par ces éléments, dite déflexion trame, est alors beaucoup plus lente que celle produite par le premier déflecteur, dite déflexion ligne (la fréquence de déflexion ligne est un multiple entier de la fréquence de déflexion trame).

25 La réalisation avec les moyens de translation des lentilles ou des miroirs permet de simplifier le système en réduisant le nombre de composants.

Dans une variante de réalisation, le premier déflecteur est capable de balayer une ligne sur un échantillon, par exemple par la 30 rotation d'un élément optique, et il est lui-même monté sur un dispositif mobile, permettant de déplacer cette ligne, sur l'objet, dans une direction perpendiculaire à cette ligne (balayage de trame).

Il est intéressant que le premier ensemble déflecteur produise 35 également un balayage selon une troisième dimension, parallèle au

faisceau (analyse en profondeur de l'échantillon) permettant ainsi la génération d'images confocales spectrales en trois dimensions.

Le second ensemble défecteur, placé dans le spectromètre, réalise une déviation constituant une déflexion ligne 5 (perpendiculaire aux lignes de réseau formées sur le détecteur multicanal), qui est synchrone avec celle effectuée par le premier ensemble défecteur. Ce second ensemble défecteur est préférentiellement réflectif. Il permet ainsi de réduire les effets de lumière parasites. Dans une variante de réalisation, le second 10 ensemble défecteur est réfractif.

Préférentiellement, les premier et second ensembles défecteurs produisent des déflexions synchrones ayant des amplitudes variables autorisant un changement de grossissement.

Avantageusement, un déplacement contrôlé dans l'axe du 15 microscope permet de générer des images confocales spectrales en trois dimensions.

Dans un premier mode préféré de placement du second ensemble défecteur, celui-ci est placé entre l'ouverture d'entrée du spectromètre et le détecteur multicanal.

20 Ainsi, dans une forme de ce premier mode de placement, le spectromètre comprend une première lentille ou collimateur et le second ensemble défecteur est disposé entre l'ouverture d'entrée et cette première lentille. Cette forme de réalisation est facile à mettre en oeuvre.

25 Dans une autre forme de ce mode de réalisation, le spectromètre comprend un premier miroir sphérique en amont du disperseur spectral et le second ensemble défecteur est placé entre l'ouverture d'entrée et ce miroir sphérique.

Dans un mode de placement particulier du second ensemble 30 défecteur, celui-ci est placé entre le disperseur spectral et le détecteur multicanal.

Dans un deuxième mode de placement du second ensemble défecteur, celui-ci est constitué par au moins une partie du disperseur spectral lui-même. La déflexion peut alors être obtenue 35 par une oscillation du disperseur spectral ou de l'un de ses éléments optiques ou par un dispositif croisé avec ce disperseur.

Selon un troisième mode de placement du second ensemble déflecteur, celui-ci est constitué par le détecteur multicanal. Le second ensemble déflecteur utilise alors le transfert des charges sur un circuit à couplage de charges (CCD) du détecteur multicanal. On prévoit avantageusement que le détecteur soit à commande séquentielle et que le premier ensemble déflecteur soit à commande "pas à pas", afin d'obtenir facilement une synchronisation des deux ensembles déflecteurs.

Selon une forme avantageuse de réalisation, l'imageur comprend une fibre optique placée entre le premier et le deuxième ensembles déflecteurs synchrones, couplée à l'ouverture d'entrée du spectromètre et destinée à transporter à distance les informations qui permettent de construire une image spatiale confocale.

Ainsi, la seconde ouverture de confocalité peut être projetée sur la fibre optique, qui transporte les informations. Il convient alors de transporter ou de contrôler la phase du balayage pour assurer la synchronisation des déflecteurs.

L'invention sera mieux comprise et illustrée à l'aide d'exemples non limitatifs en référence aux dessins annexés sur lesquels:

- la Figure 1 représente un schéma d'ensemble d'un premier mode de réalisation d'un appareil d'imagerie spectrométrique selon l'invention et son utilisation;
- la Figure 2 illustre un premier mode de réalisation du premier ensemble déflecteur de l'imageur de la Figure 1;
- la Figure 3 illustre un deuxième mode de réalisation réfléchitif du premier ensemble déflecteur de l'imageur de la Figure 1;
- la Figure 4 montre en perspective simplifiée le déflecteur du premier ensemble déflecteur de la Figure 3;
- la Figure 5 représente en vue frontale le déflecteur du premier ensemble déflecteur de la Figure 3;
- la Figure 6 montre en vue latérale le déflecteur du premier ensemble déflecteur de la Figure 3;
- la Figure 7 représente un troisième mode de réalisation du premier ensemble déflecteur de l'appareil de la Figure 1 et

- la Figure 8 illustre un second mode de réalisation d'un appareil d'imagerie spectrométrique selon l'invention.

Un appareil d'imagerie spectrométrique selon l'invention comprend un système d'éclairage microscopique 1 et un spectromètre 2. Le système d'éclairage microscopique 1 comporte une source d'excitation telle qu'un laser 10 associé à une première ouverture de confocalité, telle qu'un trou ajustable en taille et en position. Le système 1 comprend également un objectif de microscope 11, vers lequel est dirigé un faisceau laser émis par le laser 10 après filtrage spatial par l'ouverture 15, réflexion sur séparateur partiellement réfléchissant 12 et réflexion sur un miroir plan 13. Le système 1 comprend aussi un premier ensemble défecteur 31, permettant de balayer un échantillon 3 selon une, deux ou trois dimensions.

Le système 1 dispose également d'un second système optique conduisant un faisceau émis par l'échantillon 3, collecté par l'objectif de microscope 11 et transmis par le séparateur 12, vers le spectromètre 2. Ce second système optique comprend, par exemple, une optique convergente 14.

Le spectromètre 2 est un spectromètre multicanal équipé d'un détecteur bidimensionnel 23. Le plus souvent le détecteur bidimensionnel est associé à des moyens de traitement qui collectent les signaux qu'il produit en temps réel et peuvent en fournir une représentation soit en temps réel soit en temps différé. Dans la suite de ce texte on désignera généralement par détecteur le convertisseur photoélectrique lui même et les moyens de traitement associés. Le spectromètre comprend une ouverture d'entrée 25, qui constitue une seconde ouverture de confocalité conjuguée de la première ouverture 15 de confocalité. On appelle ouverture de confocalité un trou de faible dimension approximativement circulaire, formé dans un cache. La seconde ouverture de confocalité 25 tient donc ici, dans le spectromètre, le rôle habituellement dévolue à une fente dans les spectromètres à réseau.

Le spectromètre comprend aussi une première optique 21 ou collimateur et un disperseur spectral 22, sous forme de réseau de

diffraction. Un tel réseau de diffraction est formé de traits parallèles entre eux. Un faisceau lumineux parallèle incident sur le réseau est dispersé dans le plan de dispersion qui est perpendiculaire aux traits du réseau. Le spectromètre est équipé d'un second ensemble déflecteur 32, disposé dans l'exemple représenté entre l'ouverture d'entrée 25 et l'optique 21.

En fonctionnement, on envoie un faisceau laser émis par le laser 10 et dévié par l'ensemble déflecteur 31 vers l'échantillon 3. Ce faisceau balaie une ligne 40 de l'échantillon 3. Le flux lumineux Raman diffusé successivement par chacun des points de cette ligne 40 de l'échantillon est collecté par l'objectif du microscope 11 et focalisé, après passage par le premier ensemble déflecteur 31, en un point d'entrée du disperseur spectral 22.

Le second ensemble déflecteur 32, synchronisé avec le premier produit un balayage parallèle aux traits du réseau et adresse le spectre lumineux 43 issu de chaque point de la ligne 40 balayée sur une ligne du détecteur 23.

On obtient ainsi sur le détecteur 23 verticalement, par exemple, la répartition spatiale de la ligne 40 (ligne 41) et horizontalement, les données spectrales 43 (lignes 42).

Le second ensemble déflecteur 32 est en pratique ajusté pour que sa déflexion sur le détecteur 23 corresponde à la dimension verticale de ce dernier et le premier ensemble déflecteur 31, synchrone avec l'ensemble déflecteur 32, est ajusté entre zéro et une valeur maximale limitée par le champ de l'objectif (la valeur zéro correspondant à l'analyse d'un point).

Le premier ensemble déflecteur 31 comprend une optique afocale. Dans un premier mode de réalisation de cette optique afocale (Figure 2), ce premier ensemble déflecteur référencé 31A comprend un déflecteur réfractif 50 placé entre une lentille convergente 51 et une lentille divergente 52. Les lentilles 51 et 52 ont respectivement des distances focales voisines l'une de l'autre. Le premier ensemble déflecteur 31A est tel qu'un faisceau parallèle incident ressort sous la forme d'un faisceau quasi-parallèle dévié. Dans ce mode de réalisation, les lentilles 51 et 52 sont fixes et le déflecteur 50 produit les déflexions voulues.

Dans un deuxième mode de réalisation du premier ensemble déflecteur 31, référencé 31B (Figure 3), celui-ci comprend un déflecteur réflectif 60 et deux miroirs sphériques 61 et 62, disposés par exemple respectivement en amont et en aval du déflecteur 60. L'ensemble déflecteur 31B peut comprendre également deux miroirs plans 63 et 64 disposés respectivement en amont et en aval des miroirs sphériques 61 et 62. L'ensemble forme une optique afocale en association avec le déflecteur 60, et donne ainsi un faisceau parallèle 56 à partir d'un faisceau parallèle 55 en entrée.

10 Les miroirs 61-64 sont fixes, tandis que le déflecteur 60 effectue le ou les balayage(s) voulu(s).

De préférence, le déflecteur 60, qui comprend, par exemple, un miroir plan 70, est mobile en rotation autour d'un premier axe 71, permettant un balayage trame (c'est-à-dire parallèle aux traits du réseau de diffraction sur le déflecteur multicanal 23), et autour d'un second axe 72, permettant un balayage ligne (c'est-à-dire un balayage perpendiculaire aux traits du réseau de diffraction sur le détecteur multicanal 23) (voir Figure 4). Dans un exemple de réalisation de ce déflecteur 60 (Figures 5 et 6), celui-ci comprend un moteur 73 actionnant en rotation le miroir 70 autour de l'axe 71 par l'intermédiaire d'un arbre 74, et un second moteur 76 actionnant le miroir 70 en rotation autour du second axe 72, par exemple au moyen de billes 77 et 78 disposées latéralement par rapport au miroir 70, et d'un dispositif de rappel élastique agissant sur une pièce 75 disposée au-dessus du miroir 70. Ce moteur 76 est alors préférentiellement un moteur pas à pas.

Lorsque le premier déflecteur assure un balayage de l'objet dans deux dimensions, le deuxième déflecteur est toujours synchronisé sur le balayage de cet objet dans une direction, par exemple le balayage ligne. Le détecteur produit alors successivement les informations spectrales provenant des différentes lignes. Ces informations sont acquises par une unité de traitement qui y est associée et qui est donc à même de présenter les informations du spectre diffusé par les points des deux dimensions de l'échantillon sous toute forme voulue. On comprend que tout moyen permettant le balayage de l'objet dans trois

dimensions peut être exploité de façon analogue. Le balayage du plan transverse a été décrit sous forme de ligne et trame, ce qui est préférable mais n'importe quel balayage, du plan entier permet d'obtenir la réalisation d'une image.

5 Dans un troisième mode de réalisation du premier ensemble défecteur 31, référencé 31C (Figure 7), celui-ci comprend un défecteur réfractif 80 placé entre deux lentilles 81 et 82, respectivement convergente et divergente. Les lentilles 81 et 82 et le défecteur 80 étant alignés selon un axe 84, le défecteur 80 est
10 mobile en rotation autour d'un axe de rotation 85 perpendiculaire à l'axe d'alignement 84, de manière à permettre un balayage ligne. De plus, le premier ensemble défecteur 31C comprend des moyens de translation 83 des lentilles 81 et 82 selon une direction 86 parallèle à l'axe de rotation 85, pour le balayage trame, qui est
15 beaucoup plus lent que le balayage ligne (la fréquence de déflexion ligne est un multiple entier de la fréquence de déflexion trame). Ce premier ensemble défecteur 31C forme ainsi un système compact afocal comprenant un nombre de composants réduit, et donnant un faisceau parallèle 56 à partir d'un faisceau parallèle d'incident 55.

20 Dans un quatrième mode de réalisation du premier ensemble défecteur (non représenté), le deuxième mode de réalisation 31B du premier ensemble défecteur est adapté de manière similaire, en rendant les miroirs sphériques 61 et 62 mobiles, ce qui permet de limiter les mouvements de déflexion du défecteur 60 au balayage
25 ligne seulement.

Dans un second mode de réalisation de l'Appareil d'imagerie spectrométrique (Figure 8), des éléments identiques ou similaires étant désignés par les mêmes références, cet appareil comprend un système de microscopie confocale 101 et un spectromètre 102.
30 Le spectromètre 102 comprend, outre l'ouverture d'entrée 25, le collimateur 21, le disperseur spectral 22 et le détecteur multicanal 23, une fibre optique 26 couplant le collimateur 21 à une seconde lentille 27 en sortie de la fibre optique 26, un diaphragme 28 et le second ensemble défecteur 32, disposé entre le disperseur
35 spectral 22 et le détecteur 23.

Ainsi la fibre optique, placée entre le premier et le deuxième ensembles défecteurs transporte à distance les informations qui permettent de construire une image spectrale confocale.

Le second ensemble défecteur 32, synchrone avec le premier ensemble défecteur 31, est placé en aval de l'ouverture d'entrée 25. Dans des variantes de réalisation, il est placé entre l'ouverture d'entrée 25 et le disperseur 22, sur le disperseur 22 ou confondu avec lui, entre le disperseur 22 et le détecteur 23 ou sur le détecteur 23 ou confondu avec lui.

10 Des modes de réalisation particulièrement avantageux sont donnés par les combinaisons suivantes. Dans les cas où le second ensemble défecteur 32 est placé entre l'ouverture d'entrée 25 et le disperseur 22 ou sur le disperseur 22, ou encore entre le disperseur 22 et le détecteur 23 ou sur le détecteur 23, on choisit
15 préférentiellement le premier mode de réalisation de l'imageur (figure 1), qui permet de travailler sur un faisceau plus petit que le second mode de réalisation (figure 8), et on utilise de préférence des défecteurs par réflexion (figures 3 à 6).

Dans le cas où le second ensemble défecteur 32 est
20 confondu avec le disperseur 22, on utilise de préférence des défecteurs mécaniques ou piézo-électriques. En effet, la déflexion angulaire est alors faible.

REVENDICATIONS

1. Appareil d'imagerie spectrométrique comprenant:
un ensemble d'éclairage microscopique comportant:
- un système d'éclairage et d'excitation incluant une première
5 ouverture (15) de confocalité,
 - un système optique,
 - une seconde ouverture (25) de confocalité conjuguée de la
première (15) et
 - un premier ensemble défecteur (31) capable de balayer sur
10 un échantillon (3) des lignes (40) et un second ensemble
défecteur (32) synchronisé, placés respectivement en aval et
en amont de la seconde ouverture (25) de confocalité,
éclairant
un spectromètre (2, 102) comportant:
- 15 • une ouverture d'entrée
 - un disperseur spectral (22) et
 - un détecteur multicanal (23) bidimensionnel,
caractérisé en ce que l'ouverture d'entrée du spectromètre (2,
102) est confondue avec la seconde ouverture (25) de confocalité.
- 20 2. Appareil d'imagerie spectrométrique selon la revendication
1, caractérisé en ce qu'il est prévu pour de la spectroscopie Raman
ou de fluorescence à bas niveau.
3. Appareil d'imagerie spectrométrique selon l'une des
revendications 1 et 2, caractérisé en ce que le premier défecteur
25 (50, 60) est capable de balayer sur un échantillon (3) des trames
dans une direction perpendiculaire auxdites lignes (40).
4. Appareil d'imagerie spectrométrique selon l'une
quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que le
premier ensemble défecteur (31) comprend une optique
30 sensiblement afocale et est placé sur un faisceau parallèle (55,
56).
5. Appareil d'imagerie spectrométrique selon la revendication
4, caractérisé en ce que ladite optique afocale (31A) comprend une
lentille convergente (51), une lentille divergente (52) et un premier
35 défecteur (50) en réfraction placés entre lesdites lentilles (51, 52).

6. Appareil d'imagerie spectrométrique selon la revendication 4, caractérisé en ce que ladite optique afocale (31B) comprend des miroirs (61-64) et un premier déflecteur (60) en réflexion apte à recevoir de l'un desdits miroirs (61) ledit faisceau parallèle (55) et à le réfléchir vers l'autre desdits miroirs (62).

7. Appareil d'imagerie spectrométrique selon l'une des revendications 5 et 6, caractérisé en ce que:

- le premier ensemble déflecteur (31) comprend des moyens de translation (83) desdits lentilles (81, 82) ou miroirs, permettant de balayer ladite ligne (40) dans une direction perpendiculaire à ladite ligne (40).

8. Appareil d'imagerie spectrométrique selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que les premier et second ensembles déflecteurs (31, 32) produisent des déflexions synchrones ayant des amplitudes variables autorisant un changement de grossissement.

9. Appareil d'image spectrométrique selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'un déplacement contrôlé dans l'axe du microscope permet de générer des images confocales spectrales en trois dimensions.

10. Appareil d'imagerie spectrométrique selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que le second ensemble déflecteur (32) est placé entre l'ouverture d'entrée (25) du spectromètre (2) et le détecteur multicanal (23).

11. Appareil d'imagerie spectrométrique selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, caractérisé en ce que le second ensemble déflecteur est constitué par au moins une partie du disperseur spectral.

12. Appareil d'imagerie spectrométrique selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, caractérisé en ce que le second ensemble déflecteur est constitué par le détecteur multicanal (23).

13. Appareil d'imagerie spectrométrique selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comprend une fibre optique (26) placée entre le premier et le

deuxième ensembles défecteurs (31, 32), couplée à l'ouverture d'entrée (25) du spectromètre (102) et destinée à transporter à distance les informations qui permettent de construire une image spatiale confocale.

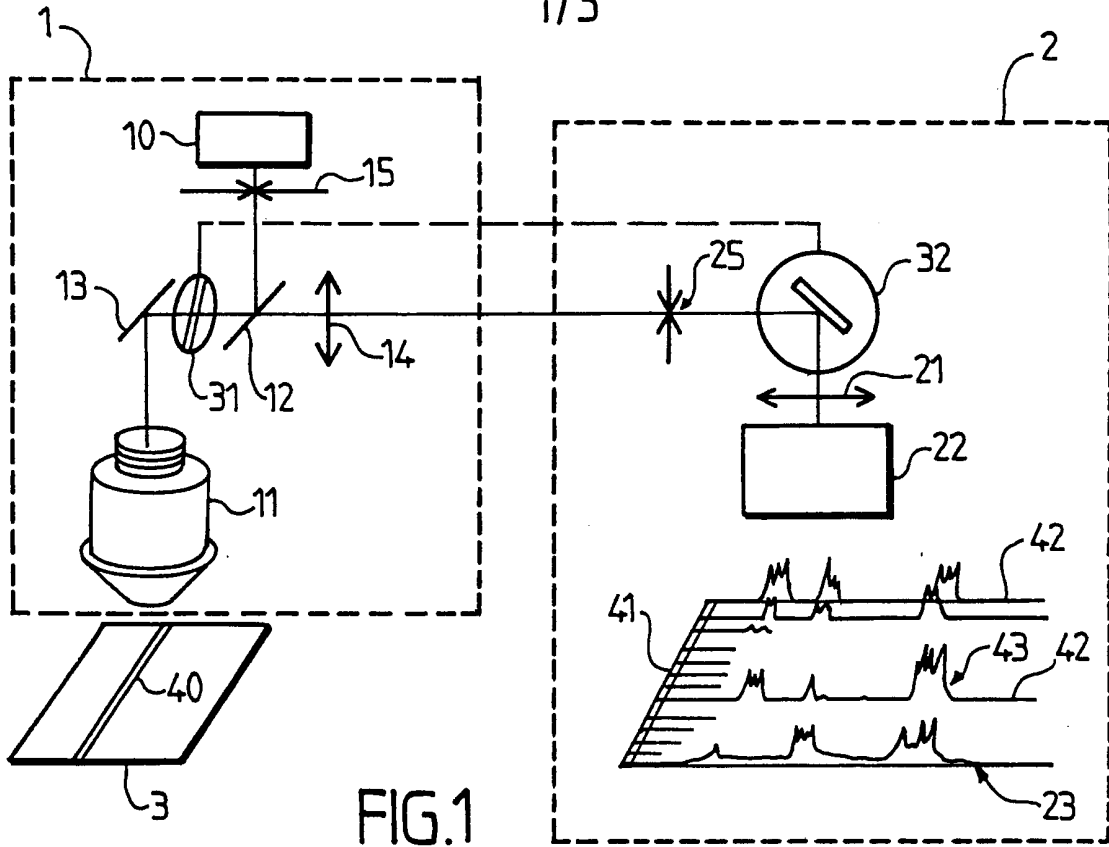


FIG. 1

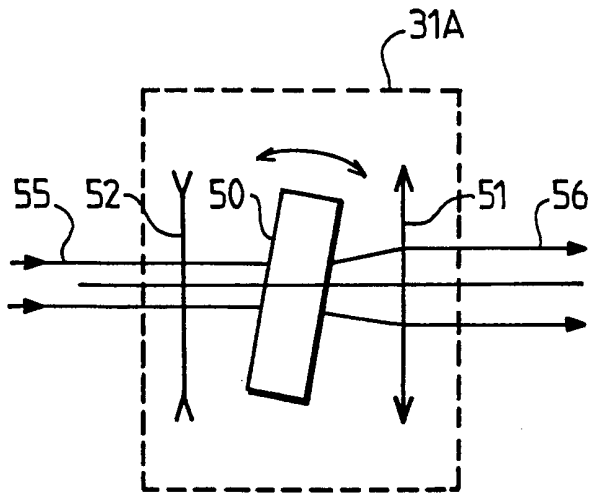


FIG. 2

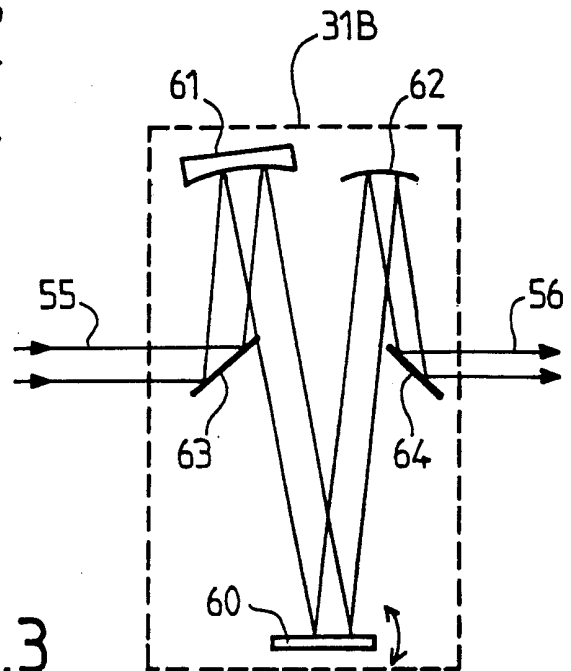


FIG. 3

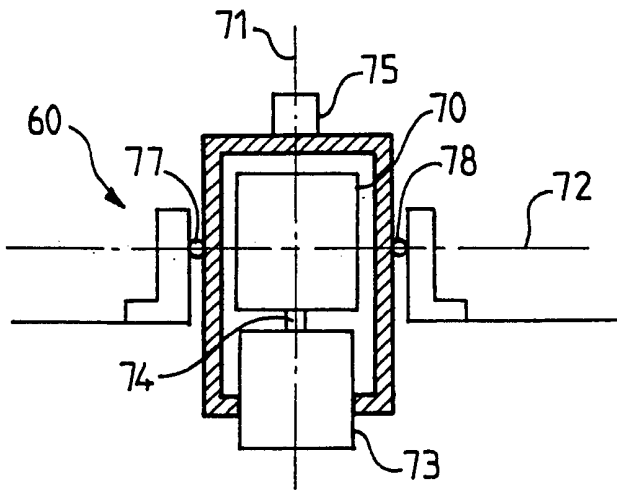
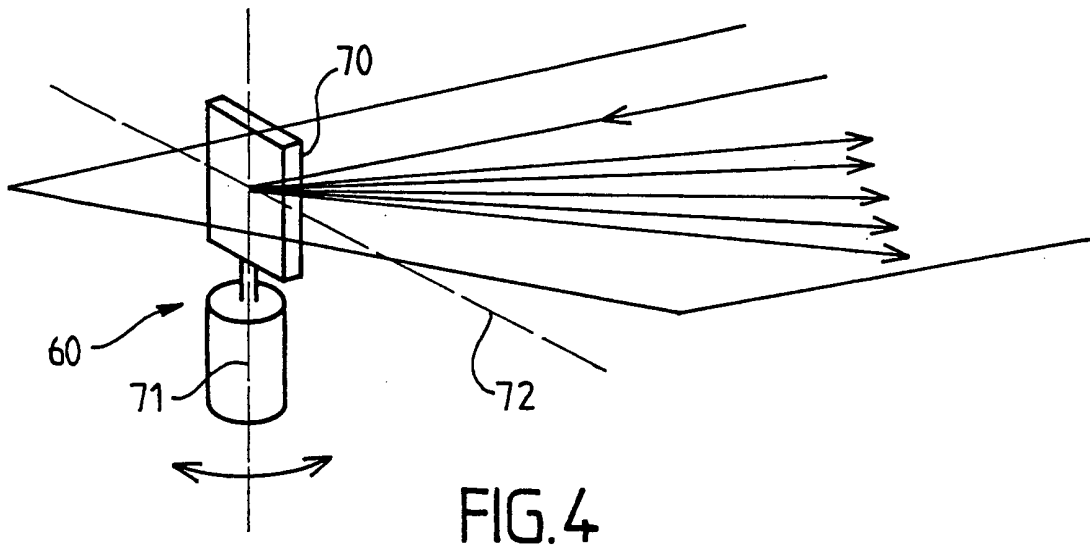


FIG. 5

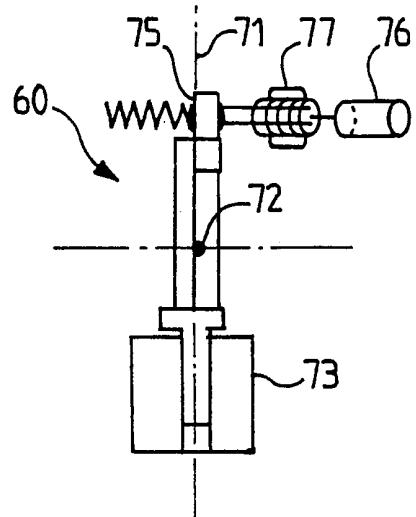


FIG. 6

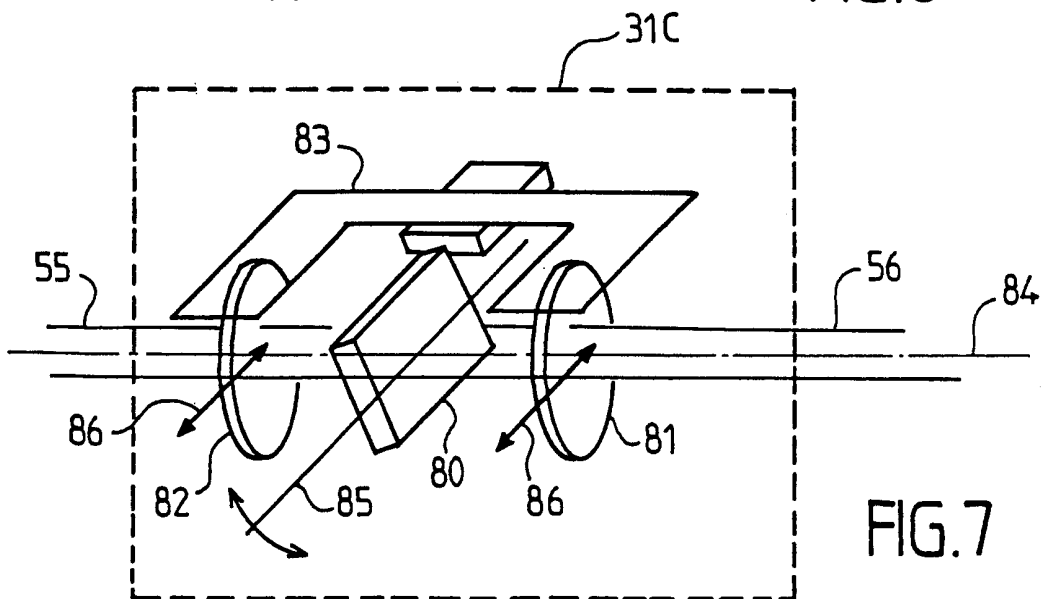


FIG. 7

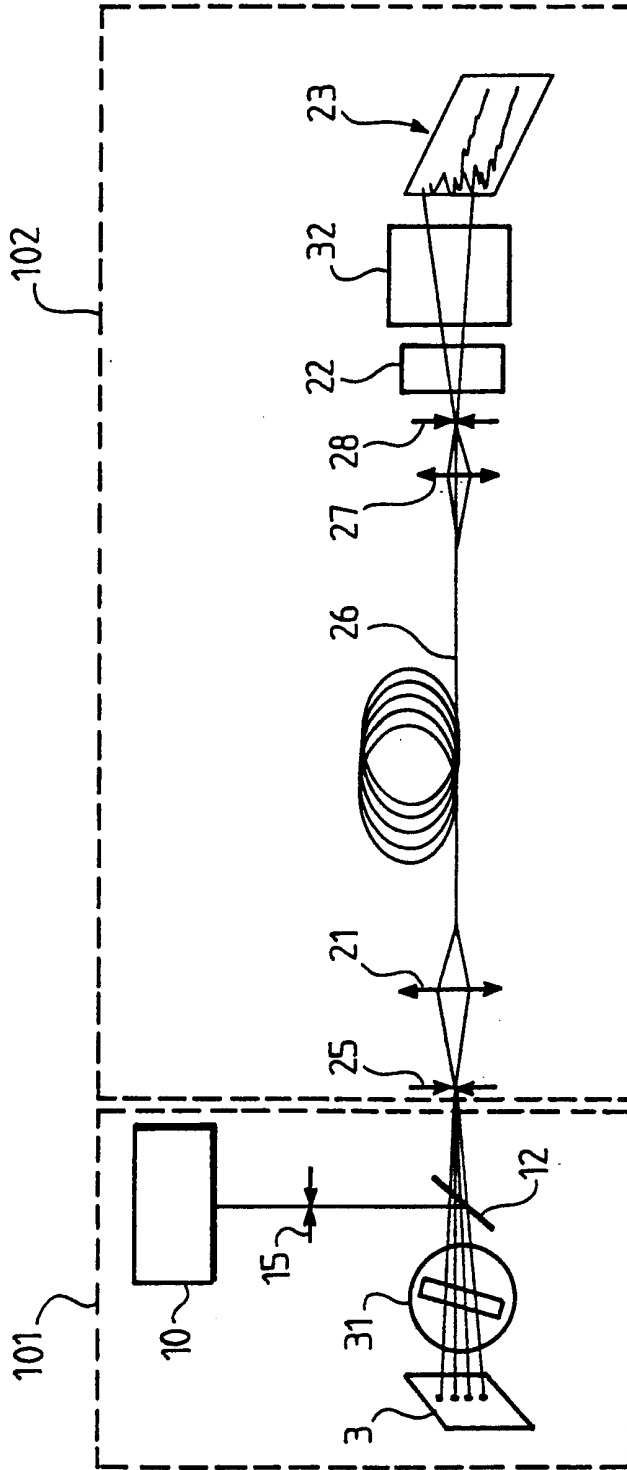


FIG. 8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/FR 00/02278

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 G02B21/00 G01J3/44 G02B26/10

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)

IPC 7 G02B G01J

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 practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category * | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|------------|---|-----------------------|
| Y | EP 0 502 752 A (DILOR) 9 September 1992 (1992-09-09) cited in the application column 12, line 41 -column 17, line 35 figure 7 --- | 1-3,8-11 |
| Y | US 5 192 980 A (DIXON ARTHUR E ET AL) 9 March 1993 (1993-03-09) column 3, line 15 - line 23 --- | 1-3,8-11 |
| A | FR 2 754 341 A (DILOR) 10 April 1998 (1998-04-10) page 12, line 23 -page 13, line 7 page 14, line 8 -page 16, line 8 figures 4,8 --- -/-- | 4,6,13 |

Further documents are listed in the continuation of box C.

Patent family members are listed in 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 claim(s) 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

6 October 2000

Date of mailing of the international search report

13/10/2000

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Jacquin, J

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/FR 00/02278

| C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT | | |
|--|---|-----------------------|
| Category ° | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
| A | US 4 523 799 A (DELHAYE MICHEL M ET AL) 18 June 1985 (1985-06-18) column 5, line 22 - line 50 figure 2 <p style="text-align: center;">-----</p> | 5,7 |

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

| |
|---|
| International Application No PCT/FR 00/02278 |
|---|

| Patent document cited in search report | Publication date | Patent family member(s) | Publication date |
|--|------------------|--|--|
| EP 0502752 A | 09-09-1992 | FR 2673718 A DE 69213789 D DE 69213789 T | 11-09-1992 24-10-1996 27-03-1997 |
| ----- | | | |
| US 5192980 A | 09-03-1993 | NONE | |
| ----- | | | |
| FR 2754341 A | 10-04-1998 | WO 9815867 A | 16-04-1998 |
| ----- | | | |
| US 4523799 A | 18-06-1985 | FR 2517837 A DE 3244484 A JP 58113906 A | 10-06-1983 16-06-1983 07-07-1983 |
| ----- | | | |

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Derrière Internationale No
PCT/FR 00/02278

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
CIB 7 G02B21/00 G01J3/44 G02B26/10

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)

CIB 7 G02B G01J

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

| Catégorie ° | Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents | no. des revendications visées |
|-------------|--|-------------------------------|
| Y | EP 0 502 752 A (DILOR) 9 septembre 1992 (1992-09-09) cité dans la demande colonne 12, ligne 41 -colonne 17, ligne 35 figure 7 | 1-3,8-11 |
| Y | US 5 192 980 A (DIXON ARTHUR E ET AL) 9 mars 1993 (1993-03-09) colonne 3, ligne 15 - ligne 23 | 1-3,8-11 |
| A | FR 2 754 341 A (DILOR) 10 avril 1998 (1998-04-10) page 12, ligne 23 -page 13, ligne 7 page 14, ligne 8 -page 16, ligne 8 figures 4,8 | 4,6,13 |
| | --- -/-- | |

Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

° Catégories spéciales de documents cités:

- "A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
- "E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date
- "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)
- "O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens
- "P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

- "T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou 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
- "X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément
- "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
- "&" document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

6 octobre 2000

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

13/10/2000

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale

Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Jacquin, J

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Dep. No Internationale No
PCT/FR 00/02278

C.(suite) DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

| Catégorie | Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents | no. des revendications visées |
|-----------|---|-------------------------------|
| A | US 4 523 799 A (DELHAYE MICHEL M ET AL) 18 juin 1985 (1985-06-18) colonne 5, ligne 22 - ligne 50 figure 2 ----- | 5,7 |

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Der ^{te} Internationale No

PCT/FR 00/02278

| Document brevet cité au rapport de recherche | Date de publication | Membre(s) de la famille de brevet(s) | Date de publication |
|---|------------------------|--|--|
| EP 0502752 A | 09-09-1992 | FR 2673718 A DE 69213789 D DE 69213789 T | 11-09-1992 24-10-1996 27-03-1997 |
| US 5192980 A | 09-03-1993 | AUCUN | |
| FR 2754341 A | 10-04-1998 | WO 9815867 A | 16-04-1998 |
| US 4523799 A | 18-06-1985 | FR 2517837 A DE 3244484 A JP 58113906 A | 10-06-1983 16-06-1983 07-07-1983 |