(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
21 décembre 2007 (21.12.2007)

PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2007/144542 A1

(51) Classification internationale des brevets :
A61B 5/00 (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2007/051433

(22) Date de dépôt international : 13 juin 2007 (13.06.2007)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
0652517 14 juin 2006 (14.06.2006) FR

(71) Déposant *(pour tous les États désignés sauf US)* : **QUIDD** [FR/FR]; 44 rue Edouard Fortier, F-76130 Mont Saint Aignan (FR).

(72) Inventeurs; et

(75) Inventeurs/Déposants *(pour US seulement)* : **MASSONNEAU, Marc** [FR/FR]; 7 rue des Ecoles, F-27570 Tillieres Sur Avre (FR). **PARREIN, Pascale** [FR/FR]; 29 bis rue de l'Abbé Vincent, F-38600 Fontaine (FR).

(74) Mandataire : **TANTY, François**; Nony & Associes, 3 rue de Penthièvre, F-75008 Paris (FR).

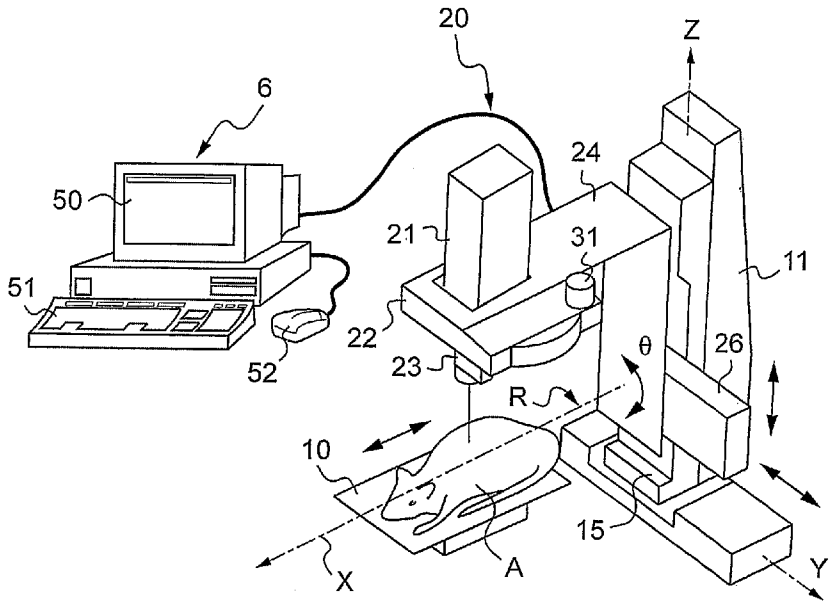
(81) États désignés *(sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible)* : AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) États désignés *(sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible)* : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, PL,

[Suite sur la page suivante]

(54) **Title:** OPTICAL IMAGING DEVICE

(54) **Titre :** DISPOSITIF D'IMAGERIE OPTIQUE



(57) **Abstract:** The invention concerns an optical imaging device for a human or animal body, including: - an optical sensing system (21), - a drive system (24, 26) of at least one light collector from the optical sensing system, permitting modification of at least the position and/or direction, - a control system (6) from the drive system, arranged so as to lead the light collector from the optical sensing system (21) to at least one observation situation of at least one chosen region of the body (A) to be examined, based on data concerning its topology.

[Suite sur la page suivante]

WO 2007/144542 A1

PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée :

— *avec rapport de recherche internationale*

— *avant l'expiration du délai prévu pour la modification des revendications, sera republiée si des modifications sont reçues*

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 : La présente invention concerne un dispositif d'imagerie optique du corps humain ou animal, comportant : un système de détection optique (21); un système d'entraînement (24, 26) d'au moins un collecteur de lumière du système de détection optique, permettant d'en modifier au moins la position et/ou l'orientation; un système de commande (6) du système d'entraînement, agencé de manière à amener le collecteur de lumière du système de détection optique (21) dans au moins une situation d'observation d'au moins une région choisie du corps (A) à examiner, en fonction de données concernant la topologie de celui-ci.

Dispositif d'imagerie optique

La présente invention concerne les dispositifs d'imagerie optique et plus particulièrement mais non exclusivement ceux destinés à l'imagerie du petit animal.

L'invention concerne notamment les dispositifs dans lesquels le corps à observer reçoit une ou plusieurs sondes photoluminescentes, la détection s'effectuant au moyen d'un système de détection optique alors que le corps est éventuellement illuminé de manière à provoquer la fluorescence des sondes.

De nombreux dispositifs d'imagerie optique pour le petit animal ont déjà été proposés.

Le brevet US 6,894,289 divulgue un dispositif d'imagerie dans lequel une caméra est montée fixement sur le dessus d'un caisson à l'intérieur duquel est disposé l'animal.

La demande internationale WO 03/006966 A1 divulgue un dispositif d'imagerie dans lequel l'animal est placé sur un support allongé, mobile selon deux axes, l'observation s'effectuant au moyen d'une caméra par l'intermédiaire d'un miroir, rotatif autour d'un axe parallèle à l'axe longitudinal du support. Une acquisition de la topologie de l'animal est également effectuée. La présence d'un miroir ne permet pas une acquisition en champ proche et de plus celle-ci ne s'effectue pas toujours avec l'orientation la plus favorable pour la détection.

D'autres dispositifs d'imagerie sont divulgués dans les publications WO 2005/043138 A1 et WO 02/41760 A2. Dans cette dernière demande, la lumière recueillie est acheminée par un faisceau de fibres optiques jusqu'à une caméra. L'animal est immergé dans un liquide entre deux plaques transparentes, ce qui s'avère peu pratique.

WO 2006/033064 divulgue un dispositif d'imagerie du crâne humain dans lequel une reconstruction 3D a lieu à partir d'images acquises par le dispositif.

Il existe un besoin pour bénéficier d'un nouveau dispositif d'imagerie optique présentant des sensibilité et résolution satisfaisantes, et pratique à utiliser.

L'invention a pour objet, selon l'un de ses aspects, un dispositif d'imagerie optique du corps humain ou animal, comportant :

- un support pour recevoir le corps à examiner,
- un système de détection optique, notamment une caméra,

- un système d'entraînement d'au moins un collecteur de lumière du système de détection optique, permettant d'en modifier au moins la position et/ou l'orientation,
- un système de commande du système d'entraînement, agencé de manière à amener, notamment automatiquement, le collecteur de lumière du système de détection optique dans au moins une situation d'observation d'au moins une région choisie du corps, en fonction de données concernant la topologie de celui-ci.

Lorsque le système de détection optique comporte une caméra, celle-ci peut être entièrement mobile et déplaçable par le système d'entraînement, étant par exemple portée par un bras du système d'entraînement.

Le collecteur de lumière du système de détection optique peut être défini par une entrée de la lumière dans le système de détection, par exemple une face d'entrée de la lumière dans un objectif de la caméra ou par une extrémité d'au moins un guide optique collectant la lumière à analyser.

Le système de commande peut être agencé de manière à amener le système de détection optique à couvrir une surface de la région à examiner comprise entre 1 et 5 cm^2, par exemple. Ainsi, une image relativement précise de la région sélectionnée peut être obtenue.

De plus, la mobilité du système de détection optique peut notamment permettre au système de commande de positionner le collecteur de lumière relativement près du corps à observer, par exemple à une distance de moins de 9 cm de celui-ci, ce qui est favorable du point de vue de la résolution et de la sensibilité.

Le système d'entraînement peut comporter trois axes de déplacement perpendiculaires deux à deux.

Enfin, la mobilité du système de détection optique peut faciliter l'observation de régions jusque-là difficilement observables avec les dispositifs d'imagerie connus.

Le système de commande peut être agencé de manière à positionner automatiquement le système de détection optique avec un axe optique de celui-ci sensiblement perpendiculaire à la région du corps à examiner. Cette opération de positionnement peut s'effectuer grâce à la connaissance de données topologiques concernant la topologie du corps à observer.

Le système de commande peut être agencé pour calculer automatiquement la position et l'orientation à donner à l'entrée de la lumière dans le système de détection optique, pour observer une région sélectionnée du corps.

Le système de détection optique peut comporter une caméra, comme mentionné ci-dessus, ou tout autre détecteur photosensible, éventuellement en association avec un ou plusieurs guides optiques et/ou amplificateurs de lumière. Le système de détection peut comporter plusieurs amplificateurs de lumière juxtaposés.

Le dispositif d'imagerie peut comporter au moins un filtre placé sur le trajet de la lumière entre l'animal et au moins une partie du système de détection optique, notamment une pluralité de filtres, par exemple une pluralité de filtres portés par une roue, ce qui peut permettre de remplacer facilement un filtre par un autre. La roue peut être contrôlée par le système de commande, par exemple grâce à un entraînement motorisé.

Le ou les filtres peuvent être de type interférentiel. Dans une variante, au moins un filtre accordable en longueur d'onde, par exemple accordable à cristaux liquides (LCTF) ou du type accordable acousto-optique, est utilisé.

Le ou les filtres peuvent être du type passe-bas, passe-haut ou passe-bande.

Le ou les filtres utilisés peuvent être choisis de manière à ne laisser passer sélectivement que la lumière émise par une ou plusieurs sondes, et non la lumière éventuelle d'excitation de la fluorescence.

Le cas échéant, la détection peut être synchrone avec l'illumination, de manière à améliorer le rapport signal/bruit.

Dans le cas où le système de détection optique comporte une caméra, le ou les filtres peuvent être placés avant l'objectif de la caméra ou entre l'objectif et la caméra ou encore être intégrés à l'objectif. Lorsque le filtre est placé entre l'objectif et la caméra, cela peut permettre de réduire l'encombrement ainsi que la distance entre l'objectif et la région du corps à examiner.

Lorsque le système de détection optique comporte une caméra, celle-ci peut être équipée d'un objectif télécentrique.

La caméra peut être équipée d'un objectif ayant une profondeur de champ supérieure à celle des objectifs conventionnels, par exemple supérieure ou égale à 0,5 cm, et un grandissement constant sur une large plage de travail.

L'utilisation d'un objectif télécentrique peut permettre de combiner plusieurs images acquises séquentiellement, de régions adjacentes du corps de l'animal. L'utilisation d'un objectif télécentrique permet aussi de privilégier la collection des rayons parallèles à l'axe optique et limite les fuites de filtrage du ou des filtres utilisés.

Le support du corps à observer peut être mobile ou fixe, étant de préférence mobile selon un axe, ce qui peut faciliter la construction de la structure de support du système de détection optique.

Lorsque ce dernier comporte une caméra, celle-ci peut faire partie d'un bloc de vision comprenant également l'objectif, le système de filtrage éventuel et tout ou partie d'un système d'illumination éventuel.

Au moins la caméra et mieux l'ensemble du bloc de vision est mobile, par exemple selon au moins deux axes de translation sensiblement perpendiculaires entre eux et autour d'un axe de rotation par exemple sensiblement parallèle à l'axe de déplacement du support sur lequel est placé l'animal.

Le dispositif d'imagerie optique peut comporter en outre un système d'acquisition topologique, permettant de fournir des données décrivant la topologie du corps observé au système de commande du système d'entraînement.

Le système d'acquisition topologique peut comporter une caméra, laquelle est par exemple la même que celle du dispositif d'imagerie optique ou en variante une caméra différente.

Le cas échéant, le système d'acquisition topologique comporte des moyens d'entraînement pour déplacer le support sur lequel l'animal est placé, relativement à un système d'analyse de la topologie.

Ces moyens d'entraînement sont par exemple les mêmes que ceux utilisés par le dispositif d'imagerie, le support sur lequel est placé l'animal étant par exemple mobile entre le système d'acquisition topologique et le système d'imagerie.

Le support sur lequel est placé l'animal peut comporter au moins un détecteur sensible à un mouvement de l'animal relativement au support.

Le dispositif d'imagerie peut être agencé pour prévenir l'utilisateur d'un déplacement de l'animal relativement au support, par exemple en générant une alarme sonore ou visuelle. Le cas échéant, le dispositif d'imagerie peut être agencé pour déclencher automatiquement un nouveau cycle d'acquisition de la topologie de l'animal

et/ou de mise en correspondance de données topologiques avec des données observées, en cas de détection d'un mouvement de celui-ci relativement au support.

Le détecteur sensible au mouvement de l'animal peut comporter un ou plusieurs coussinets sur lesquels repose l'animal, muni d'au moins un capteur de pression. Le ou les coussinets peuvent servir, le cas échéant, au transport d'un fluide permettant de réchauffer le support.

Le système de commande peut être agencé de manière à permettre une analyse étendue du corps observé, en commandant le système de détection optique de manière à effectuer une séquence d'observation à champ réduit, avec un mouvement du système de détection optique entre chacune des observations.

Lorsque le système de détection optique comporte une caméra, le système de commande peut être agencé pour contrôler la caméra afin de prendre automatiquement plusieurs vues successives du corps, afin de recomposer une vue plus globale.

Le dispositif d'imagerie peut comporter au moins une source pour illuminer le corps avec un rayonnement présentant une caractéristique spectrale prédéfinie.

La ou les sources utilisées peuvent être des sources monochromatiques ou polychromatiques, de type laser, à électroluminescence ou à décharge, par exemple xénon-mercure, éventuellement de puissance réglable.

La lumière issue d'une source au moins peut être acheminée vers le corps à examiner par l'intermédiaire d'au moins un guide optique, notamment une ou plusieurs fibres optiques. La ou les sources et/ou le ou les guides optiques éventuels peuvent être solidaires du bloc de vision précité.

La lumière peut être injectée dans le ou les guides optiques par l'intermédiaire d'un système de focalisation.

Au moins un filtre peut être placé sur le trajet de la lumière destinée à éclairer le corps, par exemple afin d'éliminer le rayonnement infrarouge et/ou ne laisser passer essentiellement que la lumière destinée à exciter la fluorescence.

Une roue à filtre automatisée comportant plusieurs filtres interférentiels peut être intercalée entre la ou les sources et le système de focalisation précité. La lumière en sortie de la ou des fibres optiques peut être collimatée, focalisée ou divergente, selon les besoins.

Le corps à observer peut être éclairé depuis plusieurs endroits.

Le corps peut par exemple être éclairé à partir des extrémités de plusieurs fibres optiques orientées dans des directions différentes, ces fibres optiques pouvant par exemple se rejoindre en un faisceau commun éclairé par une source commune.

Le système d'illumination peut accompagner au moins partiellement le système de détection optique dans son mouvement, assurant un éclairage sensiblement homogène et constant sur une région donnée. Lors de l'utilisation d'une caméra, un système mécanique de positionnement de la ou des sources et/ou du ou des guides optiques éventuels peut assurer l'adaptabilité de l'illumination au grandissement de l'objectif de la caméra et la répétabilité de l'illumination entre les expériences.

Le dispositif d'imagerie peut comporter une interface utilisateur configurée pour permettre à l'utilisateur de sélectionner au moins une région d'observation sur le corps.

Cette interface utilisateur peut comporter un écran permettant à une image 3D du corps d'être affichée et des moyens de sélection permettant de sélectionner la région à observer, laquelle peut être rendue apparente sur l'image 3D du corps.

L'interface utilisateur peut permettre à l'utilisateur de sélectionner un mode de fonctionnement parmi les trois modes suivants :

- déplacement du collecteur de lumière automatique en fonction des données concernant la topologie,
- déplacement du collecteur de lumière en fonction de coordonnées entrées manuellement,
- déplacement du collecteur de lumière en réponse à l'actionnement d'un organe de commande manuelle du déplacement, selon au moins un axe.

Le dispositif peut comporter une source d'éclairage sensiblement monochromatique pour éclairer le corps humain ou animal, le dispositif étant dépourvu d'enceinte fermée étanche à la lumière disposée entre l'utilisateur et le corps humain ou animal.

L'image 3D peut être générée à partir des données de topologie de l'animal.

Le dispositif d'imagerie optique peut, dans un exemple de mise en œuvre de l'invention, exercer au choix l'une au moins des fonctionnalités suivantes :

- permettre l'imagerie par fluorescence par réflectance ou de bioluminescence,

- permettre l'imagerie tomographique.

L'invention a encore pour objet, selon un autre de ses aspects, un procédé d'imagerie, par exemple de tomographie, notamment du petit animal, comportant l'étape consistant à :

- procéder à l'acquisition d'au moins une image d'une photoluminescence avec le système de détection optique du dispositif tel que défini plus haut.

L'acquisition de l'image peut être précédée par ou être concomitante à l'illumination d'au moins une région du corps de manière à provoquer la photoluminescence.

Le corps peut être celui d'un petit animal tel qu'un rongeur, l'observation s'effectuant après injection dans celui-ci d'au moins une sonde fluorescente ou après l'expression d'un gène codant une protéine photoluminescente, par exemple fluorescente.

Préalablement à l'acquisition de la photoluminescence, une acquisition topologique du corps peut être effectuée.

L'invention a encore pour objet, selon un autre de ses aspects, indépendamment ou en combinaison avec ce qui précède, un dispositif d'imagerie du corps humain ou animal, comportant :

- un support pour recevoir le corps à examiner,
- une caméra, par exemple une caméra appartenant à un bloc de vision comportant également un objectif, un système de filtrage et éventuellement un système d'illumination,
- un système d'entraînement permettant de modifier au moins la position et/ou l'orientation du corps relativement à la caméra, soit par un déplacement du support, soit de la caméra, soit des deux,
- un système de commande du système d'entraînement,
- une interface utilisateur comportant un écran sur lequel peut être affichée une image 3D représentant au moins partiellement l'animal, l'interface permettant la sélection d'une région sur cette image, et le dispositif de commande étant agencé pour amener automatiquement la caméra à observer la région sélectionnée sur l'image.

La région sélectionnée peut notamment apparaître en surbrillance ou d'une autre couleur sur l'image.

L'invention a encore pour objet, selon un autre de ses aspects, indépendamment ou en combinaison avec ce qui précède, un dispositif d'imagerie du corps humain ou animal, comportant :

- un support pour recevoir le corps à examiner, ce dernier ayant reçu au moins une sonde,
- un système d'illumination pour exciter la sonde,
- un système de détection optique, notamment comportant une caméra, le système de détection optique étant associé à un système de filtrage de la lumière provenant du corps à examiner,
- un système d'entraînement permettant de modifier au moins la position et/ou l'orientation du corps relativement à une partie au moins du système de détection optique,
- un système de commande du système d'entraînement,
- une interface utilisateur agencée pour afficher simultanément sur un même écran :
- le spectre de la lumière d'excitation de la sonde émise par le système d'illumination,
- le spectre d'émission de la sonde, et
- le spectre du système de filtrage.

Un tel affichage aide à l'interprétation des résultats en permettant à l'utilisateur d'avoir une vision globale des conditions spectrales d'acquisition des images.

L'invention a encore pour objet, selon un autre de ses aspects, indépendamment ou en combinaison avec ce qui précède, un dispositif d'imagerie du corps humain ou animal, comportant :

- un support pour recevoir le corps à examiner,
- un système de détection optique, notamment comprenant une caméra,
- un système d'entraînement permettant de modifier au moins la position et/ou l'orientation du corps relativement à une partie au moins du système de détection optique,
- un système de commande du système d'entraînement,

- un système d'illumination de la région observée, comportant un système de focalisation, qui peut être automatique, de la lumière sur la région observée en fonction d'un champ d'observation du système de détection optique.

Par exemple, le système d'illumination comporte au moins une tête de projection de lumière dont l'orientation est contrôlée automatiquement en fonction par exemple d'un grossissement sélectionné ou de la distance à la région observée d'une entrée de la lumière dans le système de détection optique.

L'invention pourra être mieux comprise à la lecture de la description détaillée qui va suivre, d'exemples de mise en œuvre non limitatifs de celle-ci, et à l'examen du dessin annexé, sur lequel :

- la figure 1 est une vue schématique d'ensemble d'un exemple de dispositif selon l'invention,
- la figure 2 représente partiellement un exemple de système d'illumination,
- la figure 3 représente isolément un exemple de système d'acquisition topologique,
- les figures 4 à 8 sont des exemples de pages affichées par l'écran de l'interface utilisateur,
- la figure 9 est un schéma pour illustrer le calcul du flux de lumière collecté, et
- la figure 10 représente un détail de réalisation d'une variante du dispositif.

On a représenté à la figure 1 un dispositif d'imagerie 1 selon un exemple de mise en œuvre de l'invention.

Ce dispositif 1 comporte un système d'imagerie 20 et un système informatique 6 qui comprend, dans l'exemple illustré, un micro-ordinateur, par exemple de type PC, mais qui pourrait comporter d'autres moyens de traitement des données, par exemple une ou plusieurs cartes électroniques spécialisées, éventuellement intégrées au système d'imagerie 20.

Le dispositif 1 peut nécessiter de travailler dans un environnement obscur ou incluant une lumière inactinique, ne venant pas perturber l'acquisition de la photoluminescence. Par exemple, le dispositif peut comporter un éclairage à diodes LED bleues, de longueur d'onde 470 nm, de la pièce dans laquelle est placé le système

d'imagerie 20, ce dernier étant dépourvu de caisson étanche à la lumière dans lequel serait placé l'animal. Cela peut faciliter le raccordement de l'animal A à des instruments.

Dans l'exemple considéré, le dispositif 1 est destiné à l'imagerie d'un petit animal A, par exemple un rongeur, et ce dernier peut être disposé, comme illustré à la figure 1, sur un support 10, lequel peut être mobile en translation selon un axe X. Son déplacement peut être contrôlé par le système informatique 6.

L'animal A peut être connecté à des instruments non représentés, d'assistance du type respirateur, à un système d'anesthésie gazeuse, à un cathéter, ou à des capteurs du type thermomètre, électrocardiographe …

Le support 10 peut éventuellement comporter un système de chauffage afin d'être maintenu à une température prédéfinie, par exemple proche de celle de l'animal A, dans le cas où celui-ci est vivant.

Le support 10 peut comporter au moins un détecteur permettant de détecter un mouvement de l'animal A, par exemple un ou plusieurs coussinets pourvus d'au moins un capteur de pression et sur lesquels l'animal A repose. Un mouvement de l'animal A relativement au support peut ainsi être détecté et le dispositif d'imagerie peut en avertir l'utilisateur et/ou effectuer une mise à jour des données topologiques et/ou procéder à une nouvelle mise en correspondance des données topologiques et des données d'imagerie.

Le système d'imagerie 20 comporte, dans l'exemple considéré, une colonne verticale 11 d'axe Z, portée par un chariot 15 qui peut coulisser horizontalement selon un axe Y perpendiculaire à l'axe X précité.

Le système d'imagerie 20 comporte également un système de détection optique composé dans l'exemple considéré par un bloc de vision porté par un bras 24 qui peut tourner autour d'un axe de rotation R horizontal, porté par un chariot 26 mobile selon l'axe Z sur la colonne 11.

L'axe de rotation R est avantageusement parallèle à l'axe X de déplacement du support 10.

Le système d'imagerie 20 pourrait, sans que l'on sorte du cadre de la présente invention, offrir davantage de degrés de liberté de déplacement et/ou d'orientation. Le support 10 pourrait être fixe et la colonne être portée par un chariot additionnel, mobile selon l'axe X.

Les déplacements selon les axes X, Y et Z et en rotation autour de l'axe R sont motorisés et commandés par le système informatique 6. Ainsi, ce dernier peut connaître les positions relatives du support 10 et du bloc de vision.

Celui-ci comporte, dans l'exemple considéré, une caméra 21, un objectif 23 et un système de filtrage 22.

La position et l'orientation de la caméra 21 sont connues du système informatique 6 et les mouvements de la caméra 21 peuvent être commandés par celui-ci.

Le système de filtrage 22 comporte, par exemple, une roue 27 à filtres qui permet de placer sélectivement un filtre choisi parmi plusieurs sur le trajet de la lumière analysée par la caméra 21.

Dans l'exemple considéré, la mise en place du filtre sélectionné s'effectue de manière automatisée, la roue 27 étant mise en rotation par un moteur pas à pas 31 commandé par le système informatique 6, un capteur permettant de renseigner le système informatique sur la position angulaire de la roue 27.

Le système de filtrage 22 peut comporter, par exemple, cinq filtres ayant par exemple 5 cm de diamètre. Dans le cas où la roue est placée entre l'objectif et la caméra, celle-ci peut comporter, par exemple, 7 filtres de 2,5 cm de diamètre.

L'invention n'est pas limitée à un système de filtrage particulier et l'on peut remplacer la roue à filtres illustrée par un filtre accordable en longueur d'onde.

La caméra 21 peut être une caméra CCD, de préférence « *back thinned* », présentant une résolution supérieure ou égale à un million de pixels et des pixels de taille supérieure à 10 µm. La caméra 21 peut être équipée d'un système de thermorégulation, par effet Peltier par exemple.

L'objectif 23 présente par exemple un grossissement allant de x1 à x0.5 et une focale par exemple égale à 50 mm, de façon à permettre de placer dans le champ d'observation une région relativement peu étendue de l'animal A, par exemple de surface comprise entre 1 et 2,3 cm de côté.

L'objectif 23 est avantageusement un objectif télécentrique.

Le système d'imagerie 20 peut comporter également un système d'illumination pour éclairer l'animal A afin de permettre la détection d'une fluorescence provenant d'une ou plusieurs sondes fluorescentes intérieures à celui-ci.

La longueur d'onde de la lumière éclairant l'animal A ainsi que les caractéristiques spectrales du système de filtrage seront choisies en fonction de la sonde à détecter.

L'animal A est éclairé par exemple dans au moins deux directions à partir de guides optiques, par exemple des fibres optiques, qui peuvent recevoir la lumière d'une source unique.

Ces guides optiques aboutissent par exemple à des têtes 60 et 61 portées par le bras 24 comme illustré à la figure 2, et qui peuvent être orientées par l'utilisateur afin d'éclairer l'animal sous une incidence particulière α avec une possibilité, le cas échéant, de réglage de l'orientation pour modifier l'angle d'incidence α et focaliser la lumière sur la région observée.

Le cas échéant, l'angle d'incidence α est modifié en fonction de la distance de la région observée et/ou du grossissement, de façon automatique par le système informatique 6, grâce à une motorisation des têtes d'éclairage 60 et 61. Cela peut permettre, de façon automatisée, de concentrer la lumière sur la région observée.

Un système de filtrage de la lumière peut être associé à la ou aux sources du système d'illumination afin de contrôler les caractéristiques spectrales de la lumière éclairant l'animal A.

Le dispositif d'imagerie peut également comporter, le cas échéant, plusieurs sources lumineuses qui sont allumées sélectivement en fonction de la position de la caméra relativement à l'animal, afin par exemple de ne pas éclairer l'animal avec des sources qui pourraient gêner la détection de la luminescence.

Le positionnement de la caméra 21 peut s'effectuer automatiquement grâce à des données topologiques de l'animal A, afin de placer la région à observer dans le champ de celle-ci.

Ces données topologiques peuvent être obtenues de diverses façons et par exemple au moyen du système d'acquisition topologique 30 illustrée à la figure 3. Ce système 30 comporte un dispositif 31 de projection d'une lumière structurée sur l'animal A et au moins une caméra 32 pour procéder à l'acquisition du relief de l'animal ainsi éclairé.

Ce dernier peut être monté lors de l'acquisition des données topologiques sur le même support 10 que celui servant à l'imagerie.

Dans l'exemple illustré, le support 10 est déplacé de façon contrôlée selon l'axe X et le système de projection 31 permet de projeter sur l'animal une raie lumineuse orientée transversalement à l'axe X.

Pour chaque position du support 10 selon l'axe X, une image du profil éclairé par la raie projetée est acquise et la topologie de l'animal peut être ensuite reconstruite par un logiciel, par exemple par le système informatique 6 qui dispose alors directement d'au moins un fichier contenant les données topologiques de l'animal.

Dans l'exemple illustré, le système d'acquisition topologique 30 est distinct du système d'imagerie 20, le support 10 passant de l'un à l'autre par un déplacement selon l'axe X, mais dans une variante non illustrée, on utilise la même caméra pour à la fois effectuer l'acquisition de la topologie et l'imagerie, un dispositif de projection de lumière structurée étant alors ajouté au système d'imagerie 20.

Dans une autre variante, l'acquisition des données topologiques a lieu alors que le support 10 a été retiré du dispositif d'imagerie 20 et placé dans un système d'acquisition topologique qui dispose de moyens d'entraînement du support 10 distincts de ceux du dispositif d'imagerie 20.

Le support 10 peut être réalisé avec au moins un repère qui peut être identifié par la caméra 21 afin de faciliter par exemple la mise en correspondance des données de topologie avec celles provenant du système d'imagerie.

L'acquisition topologique peut encore s'effectuer par triangulation laser.

Le système informatique 6 est avantageusement muni d'une interface utilisateur qui permet à ce dernier de commander le positionnement de la caméra 21 afin d'observer une région prédéfinie de l'animal A.

L'interface utilisateur peut comporter un écran 50 et au moins un système d'entrée des informations pouvant comporter une souris 52, un joystick, un clavier 51, une tablette graphique, un stylet ou un écran tactile.

Le système informatique 6 peut être agencé de manière à permettre l'ouverture d'une ou de plusieurs fenêtres sur l'écran 50, par exemple une fenêtre 42 concernant le pilotage de la caméra et une fenêtre 44 concernant les images acquises lors de l'imagerie, comme illustré à la figure 4,

Peuvent encore être affichées une fenêtre 43 concernant la topologie de l'animal A, comme illustré sur les figures 7 et 8, et une fenêtre non représentée dans laquelle peut apparaître un menu déroulant concernant l'historique des images acquises.

La fenêtre 42 précitée peut contenir des champs pour rentrer des coordonnées qui peuvent être renseignés par l'utilisateur, et le système informatique 6 peut être agencé pour amener automatiquement la caméra 21 à observer la région centrée sur le point dont les coordonnées ont été entrées, l'axe optique de la caméra étant par exemple sensiblement perpendiculaire à ce point.

La fenêtre 42 peut permettre de modifier, le cas échéant, la résolution de la caméra, le temps d'exposition, les filtres sélectionnés pour la source et pour la caméra, l'agrandissement, la distance à l'animal, et peut éventuellement permettre à l'utilisateur de commander manuellement le déplacement de la caméra dans au moins une direction relativement par rapport à la région observée.

La fenêtre 44 peut comporter l'image observée par la caméra en temps réel et un histogramme faisant apparaître le nombre de pixels pour chaque niveau de gris.

La fenêtre 43 peut permettre de déclencher une séquence d'acquisition de la topologie de l'animal, et peut permettre l'ouverture d'une fenêtre permettant de commander le positionnement de la caméra.

La fenêtre 43 peut comporter une image 3D de synthèse de l'animal. La région couverte par le champ d'observation de la caméra peut être matérialisée sur cette image 3D, par exemple par une surbrillance et/ou en faisant apparaître le contour 48 de la région couverte par le champ d'observation de la caméra, comme illustré à la figure 7.

Le système informatique 6 peut être agencé de manière à permettre de mémoriser, en fonction d'une sonde, le filtre adapté et éventuellement les particularités de la source, comme illustré à la figure 5. Les spectres de la lumière incidente, de la lumière émise par la source et du filtre recevant cette lumière peuvent être affichés simultanément, comme illustré à la figure 5.

Le cas échéant, les données topologiques peuvent être importées sous un format prédéfini dans le système informatique 6, comme illustré à la figure 6, ces données topologiques ayant par exemple été obtenues à l'aide d'un autre système d'acquisition que celui illustré à la figure 3, au cours d'une autre expérience.

Une fois les images de luminescence acquises, le système informatique 6 peut être agencé pour effectuer, si on le souhaite, une reconstruction tomographique. Cette reconstruction peut faire appel aux paramètres optiques du système et reposer sur un ou plusieurs modèles permettant de décrire la propagation de la luminescence au sein de l'animal jusqu'à sa surface.

Sans être lié à une théorie particulière, la propagation lumineuse, dans un milieu turbide et d'une géométrie complexe, peut être décrite notamment par un modèle direct. La reconstruction de la position et de l'intensité de la source lumineuse à partir des données acquises se réalise en résolvant un problème inverse. Une calibration photométrique peut permettre de faire un lien entre les données acquises par la caméra et celles issues de la modélisation.

Cette calibration peut permettre une mise en correspondance de l'éclairement local E_s ($W.m^{-2}$) à la surface de l'échantillon obtenu par la modélisation avec le flux détecté au niveau du pixel.

L'émission à la surface de l'échantillon diffusant peut être supposée lambertienne et peut être reliée à la luminance de la source L_s ($W.m^{-2}.sr^{-1}$) par :

$$E_s = \pi \cdot L_s \qquad \text{(eq.1)}$$

Le flux reçu par un pixel vaut, en W :

$$F(\lambda, x, y) = \frac{q \cdot D(x, y) \cdot h \cdot c}{\eta(\lambda) \cdot \lambda \cdot T} \qquad \text{(eq.2) où}$$

q est le pas de quantification de la caméra en e-/niveau

h est la constante de Planck $h=6.626\ 10^{34}$J.s

c est la vitesse de la lumière dans le vide $c=3\ 10^{8}$ $m.s^{-1}$

λ est la longueur d'onde

η est le rendement quantique

T est le temps d'intégration

D est le niveau de gris maximal – D_{Offset}, et

x et y sont les coordonnées du pixel mesuré.

Le flux mesuré par un pixel (eq. 2) peut être considéré comme égal au flux émis par la surface A_s (eq.3) et collecté par le système optique d'ouverture égale à A_r.

$$A_s = \left(\frac{u}{m \cdot \cos(\theta_r - \theta_s)} \right)^2 \qquad \text{(eq.3)}$$

u est la taille d'un pixel, et

m est le grandissement du système optique.

Le flux collecté selon un angle θ_r, comme illustré à la figure 9, est relié à la luminance de la source L_s par :

$$F_{\theta r} = L_s \cdot G_o \cdot \cos^4(\theta_r) = \frac{L_s \cdot A_s \cdot A_r \cdot \cos^4(\theta_r)}{d^2} \qquad \text{(eq.4)}$$

où G_o est l'étendue géométrique définie sur l'axe optique du système

$$\frac{A_r}{d^2} = \frac{1}{N^2} \qquad \text{(eq.5)}$$

où N est le nombre d'ouverture du système.

Le flux mesuré est relié à l'éclairement local Es par la formule suivante (eq.6) :

$$F_{\theta r} = \frac{E_s \cdot u^2 \cdot \cos^4(\theta_r)}{\pi \cdot (m \cdot N \cdot \cos(\theta_r - \theta_s))^2} \qquad \text{(eq.6)}$$

L'invention n'est pas limitée aux exemples qui viennent d'être décrits.

Le dispositif d'imagerie peut notamment être utilisé pour détecter une photoluminescence qui ne serait pas induite par l'illumination de l'animal par une lumière particulière.

Le dispositif d'imagerie peut éventuellement comporter un caisson permettant d'isoler l'animal de l'éclairage ambiant.

Diverses modifications peuvent être apportées au système informatique et la liaison entre celui-ci et la caméra peut être totalement filaire ou non.

Le dispositif d'imagerie peut comporter d'autres moyens de positionnement de la caméra, par exemple un bras manipulateur.

L'invention peut s'appliquer également à l'imagerie d'un animal de taille plus importante, voire d'un homme.

Le dispositif d'imagerie peut comporter, le cas échéant, au moins une deuxième caméra dont le positionnement peut être contrôlé par le système informatique afin par exemple d'affiner la localisation de la sonde dans le corps de l'animal.

Dans la variante illustrée à la figure 10, les axes motorisés X et Y sont portés par des pièces 70 et 71 rigidement accouplées l'une à l'autre.

L'axe X est surélevé par rapport à l'axe Y, de façon à approcher le système d'acquisition du sujet A, limitant ainsi les déplacements selon l'axe Z.

Les pièces 70 et 71 permettent également d'accroître la stabilité du dispositif.

Le cas échéant, le traitement des images et des données de topologie peut être effectué de manière délocalisée par un serveur auquel serait relié le système informatique 6, la fonction de celui-ci étant par exemple limitée au pilotage du système de positionnement de la caméra et à l'acquisition des images provenant de la caméra.

La caméra du dispositif d'imagerie peut être remplacée par un autre système de détection optique, par exemple un ou plusieurs détecteurs photosensibles éventuellement associés à un ou plusieurs amplificateurs de lumière.

Le cas échéant, le système de détection optique peut comporter une partie fixe et une partie mobile définissant une entrée pour la lumière provenant de l'animal et dont la position et/ou l'orientation peut être modifiée par le système d'entraînement.

La partie mobile peut comporter un guide optique, par exemple à une ou plusieurs fibres optiques, dont l'extrémité distale qui définit l'entrée précitée est orientable de façon à être positionnée de la manière souhaitée relativement à l'animal et dont la partie proximale est par exemple fixe et reliée à une caméra ou tout autre système de détection optique.

L'expression « comportant un » doit être comprise comme étant synonyme de « comportant au moins un », sauf si le contraire est spécifié.

REVENDICATIONS

1. Dispositif d'imagerie optique du corps humain ou animal, comportant :

- un système de détection optique (21),
- un système d'entraînement (24, 26) d'au moins un collecteur de lumière du système de détection optique, permettant d'en modifier au moins la position et/ou l'orientation,
- un système de commande (6) du système d'entraînement, agencé de manière à amener le collecteur de lumière du système de détection optique (21) dans au moins une situation d'observation d'au moins une région choisie du corps (A) à examiner, en fonction de données concernant la topologie de celui-ci.

2. Dispositif selon la revendication 1, le système de détection optique comportant une caméra (21).

3. Dispositif selon la revendication précédente, la caméra (21) étant équipée d'un objectif télécentrique.

4. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, le système de commande (6) étant agencé de manière à positionner le collecteur de lumière du système de détection (21) à une distance inférieure à 9 cm de la région du corps (A) observée.

5. Dispositif selon la revendication 2, le système de commande (6) étant agencé de manière à positionner la caméra (21) avec son axe optique sensiblement perpendiculaire à la région du corps (A) à examiner.

6. Dispositif selon la revendication 2, le système de commande (6) étant agencé de manière à amener la caméra (21) à couvrir une surface de la région du corps (A) à examiner ayant de 1 à 2,3 cm de côté.

7. Dispositif selon la revendication 2, comportant au moins un filtre (22) placé devant la caméra (21), notamment une pluralité de filtres, en particulier une pluralité de filtres portés par une roue (27), notamment une roue (27) contrôlée par le système de commande (6) grâce à un entraînement motorisé (31).

8. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, comportant un support (10) du corps (A) à examiner qui est mobile relativement à une structure (11, 15, 26) de support du système de détection optique.

9. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, comportant un système d'acquisition topologique (30) permettant de fournir des données décrivant la topologie du corps (A) examiné au système de commande (6).

10. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, le système de commande (6) étant agencé de manière à permettre une observation étendue de la région observée en commandant le système de détection optique (21) de manière à effectuer une séquence d'observations à champ réduit, avec un mouvement du système de détection optique entre chacune des observations.

11. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, comportant une interface utilisateur (41, 42, 43, 44) configurée pour permettre à l'utilisateur de sélectionner au moins une région d'observation sur le corps (A).

12. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, comportant au moins une source pour illuminer le corps (A) avec un rayonnement présentant une caractéristique spectrale prédéfinie.

13. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, étant agencé pour permettre l'imagerie de fluorescence par réflectance ou de bioluminescence ou l'imagerie tomographique, ces deux fonctionnalités étant offertes par le dispositif.

14. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, le système d'entraînement comportant trois axes de déplacement perpendiculaires deux à deux.

15. Dispositif selon la revendication 11, l'interface utilisateur permettant à l'utilisateur de sélectionner un mode de fonctionnement parmi les trois modes suivants :

- déplacement du collecteur de lumière automatique en fonction des données concernant la topologie,
- déplacement du collecteur de lumière en fonction de coordonnées entrées manuellement,
- déplacement du collecteur de lumière en réponse à l'actionnement d'un organe de commande manuelle du déplacement, selon au moins un axe.

16. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, comportant une source d'éclairage sensiblement monochromatique pour éclairer le corps humain ou animal, le dispositif étant dépourvu d'enceinte fermée étanche à la lumière disposée entre l'utilisateur et le corps humain ou animal.

17. Dispositif selon la revendication 14, comportant deux pièces (70, 71) rigidement accouplées s'étendant selon deux axes (X, Y) de déplacement perpendiculaires, l'un (X) des axes étant surélevé.

18. Procédé d'imagerie optique, notamment de tomographie, comportant l'étape consistant à procéder à l'acquisition d'au moins une image avec le système de détection optique (21) du dispositif (1) tel que défini dans l'une quelconque des revendications précédentes.

19. Procédé selon la revendication 18, l'acquisition de l'image étant précédée par ou étant concomitante à l'illumination d'au moins une région du corps (A) de manière à provoquer une photoluminescence au sein de celui-ci.

20. Procédé selon l'une des deux revendications immédiatement précédentes, dans lequel on procède préalablement à l'acquisition optique à une acquisition topologique.

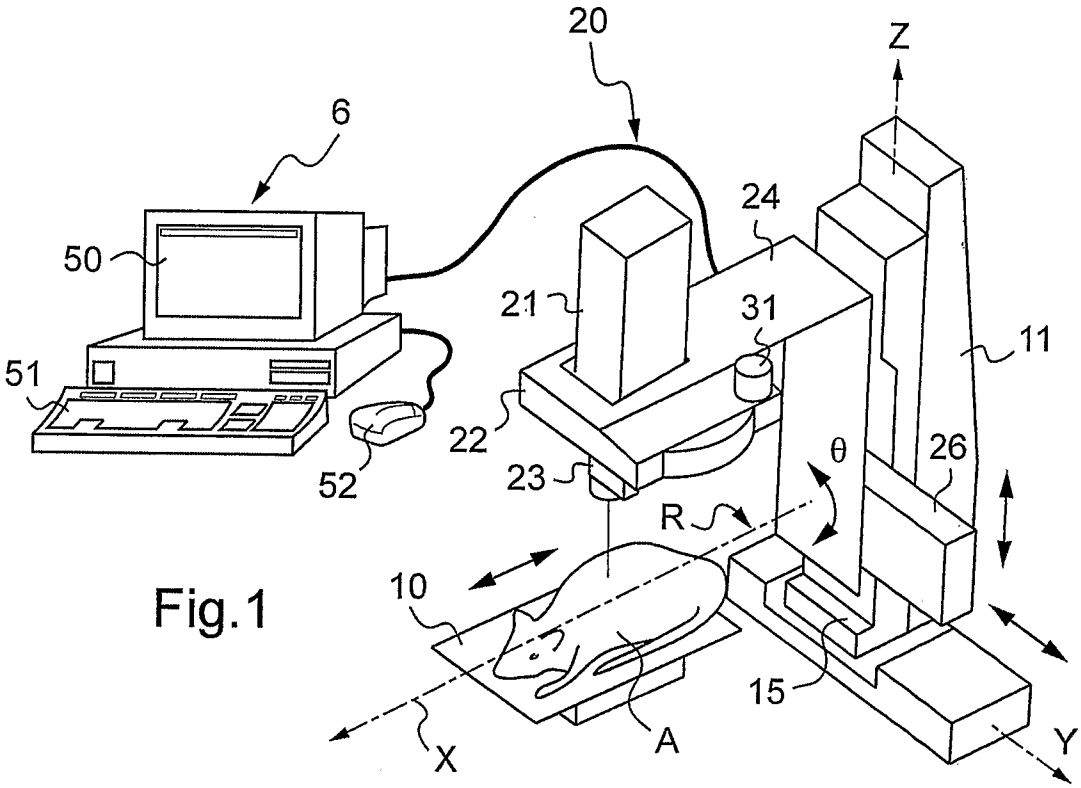


Fig.1

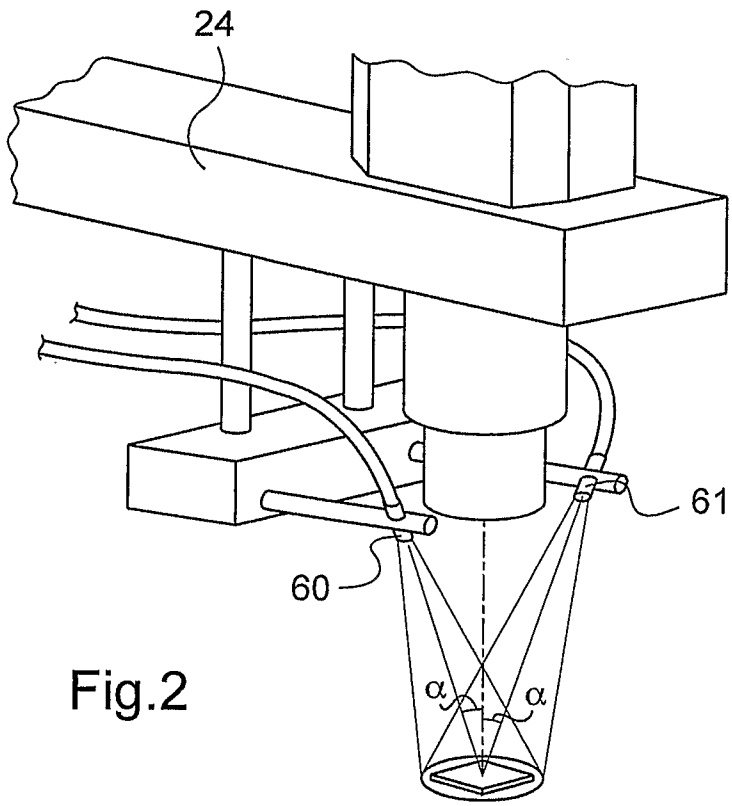


Fig.2

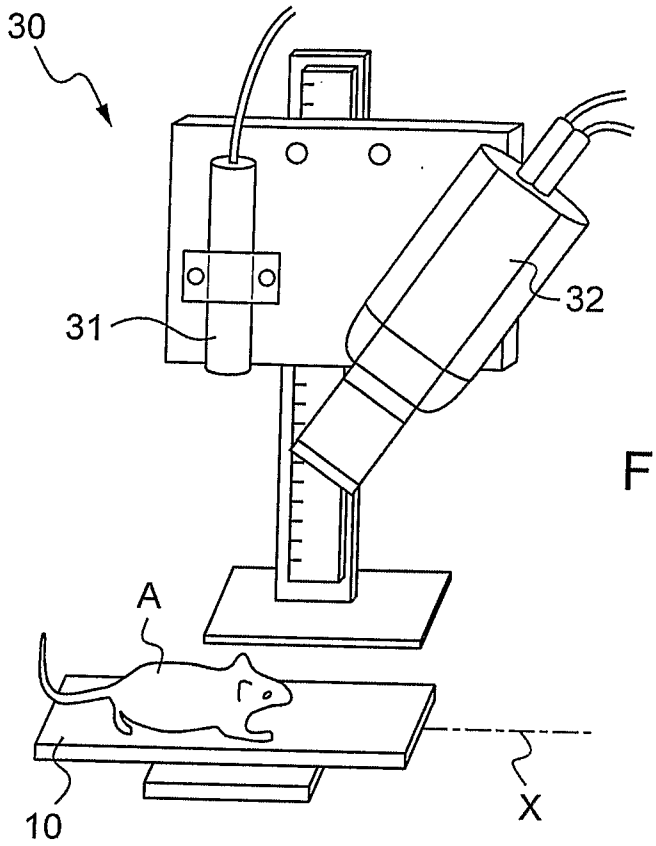

30
31
32
A
10
X

Fig.3

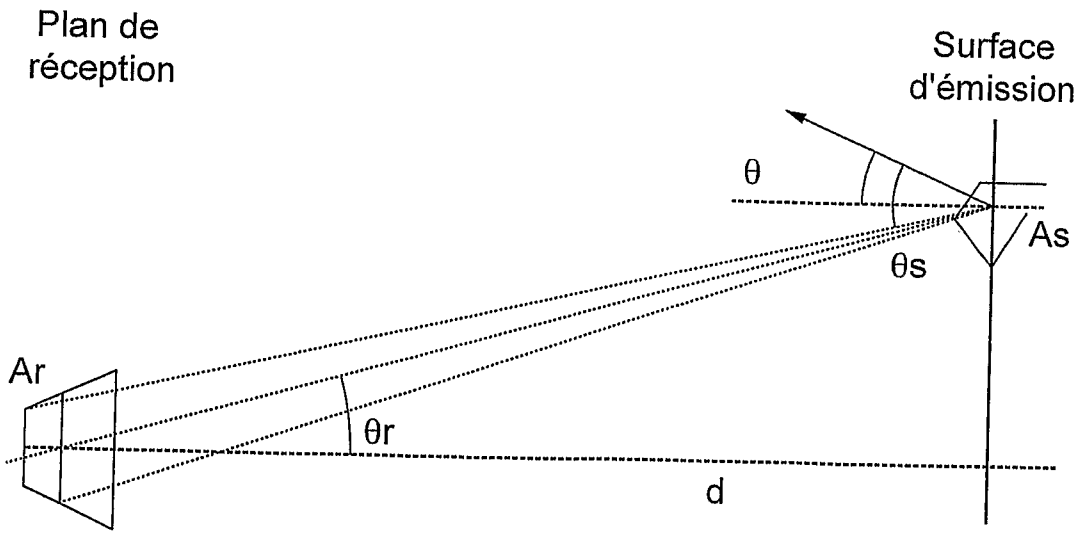

Plan de réception
Surface d'émission
θ
As
θs
Ar
θr
d

Fig.9

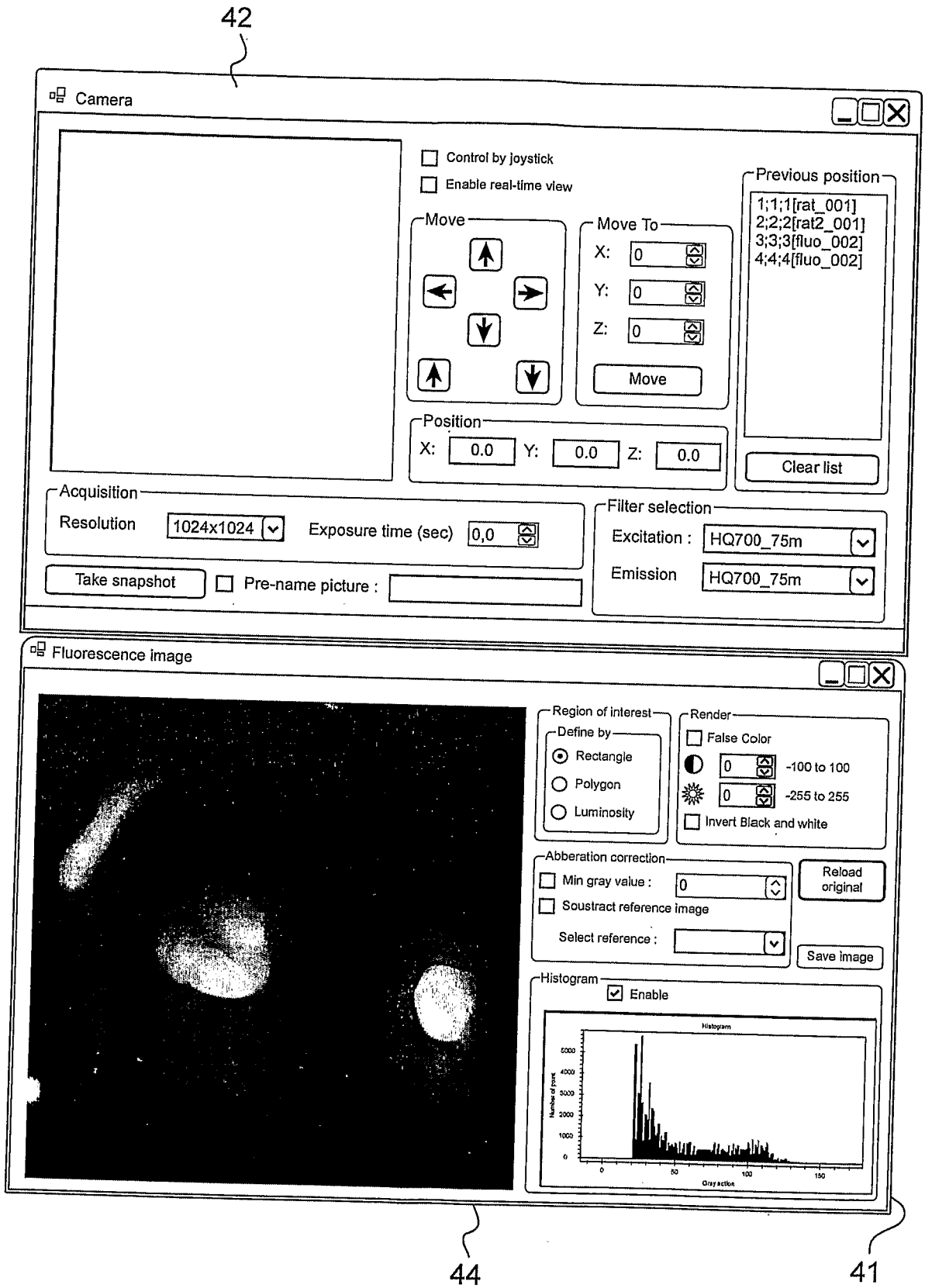
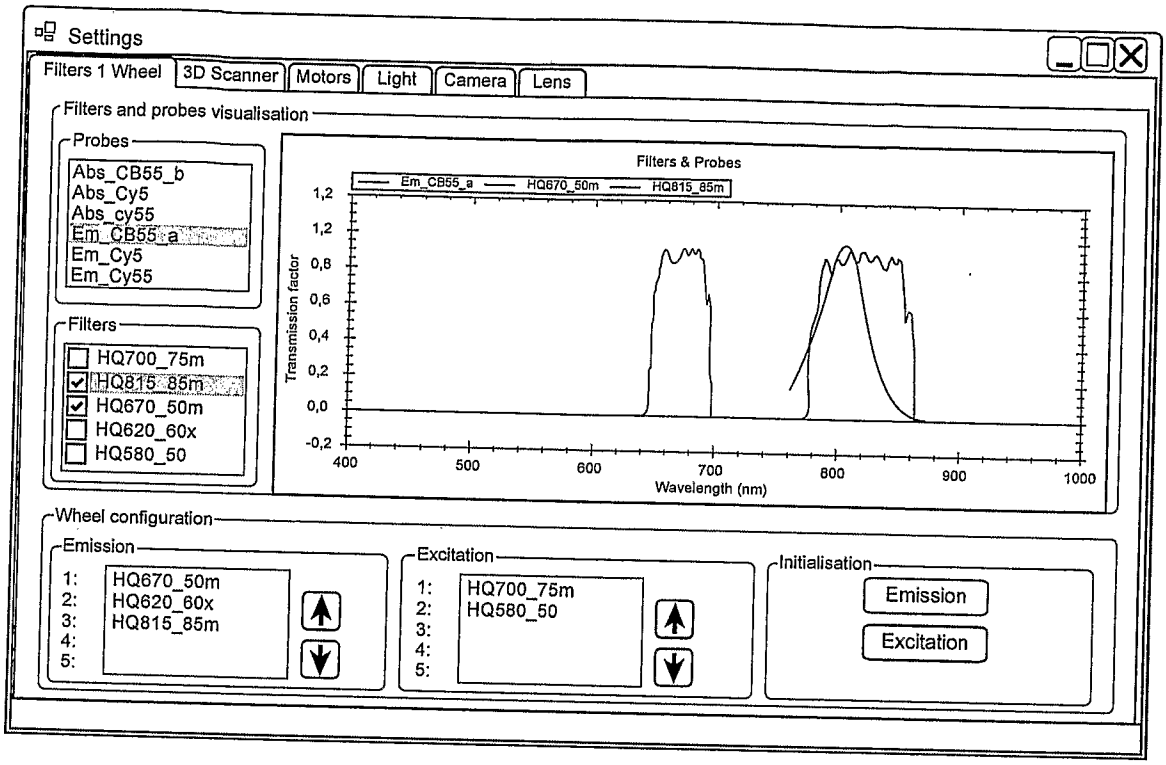

42
Camera
Control by joystick
Enable real-time view
Move
Move To
X: 0
Y: 0
Z: 0
Move
Previous position
1;1;1[rat_001]
2;2;2[rat2_001]
3;3;3[fluo_002]
4;4;4[fluo_002]
Clear list
Position
X: 0.0 Y: 0.0 Z: 0.0
Acquisition
Resolution 1024x1024
Exposure time (sec) 0,0
Take snapshot
Pre-name picture :
Filter selection
Excitation : HQ700_75m
Emission HQ700_75m
Fluorescence image
Region of interest
Define by
Rectangle
Polygon
Luminosity
Render
False Color
-100 to 100
-255 to 255
Invert Black and white
Abberation correction
Min gray value : 0
Soustract reference image
Select reference :
Reload original
Save image
Histogram
Enable
Histogram
Number of pixel
Gray scale
44
41

Fig.4

Fig.5



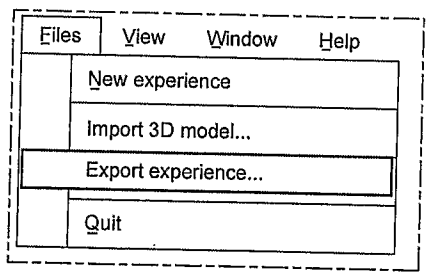


Fig.6

Fig.10

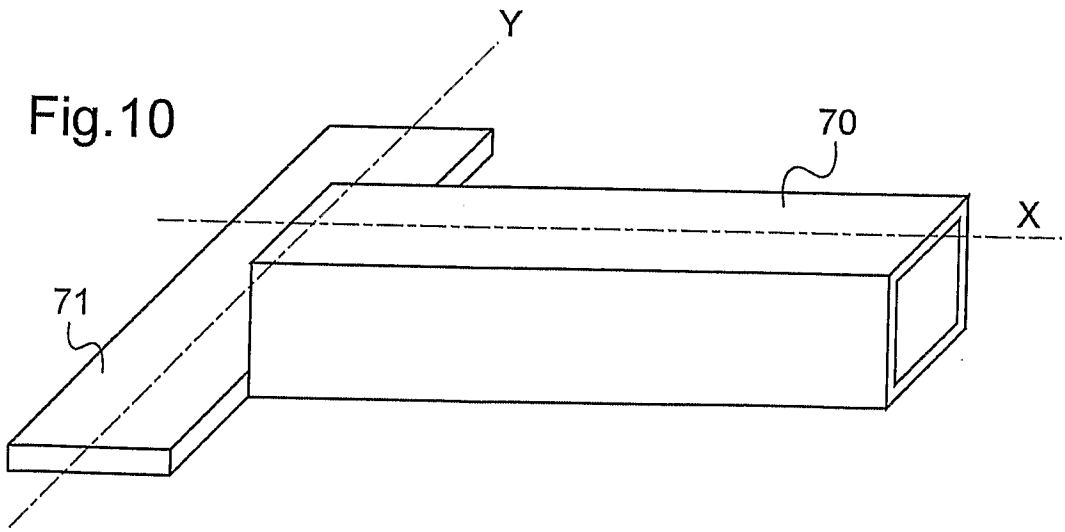
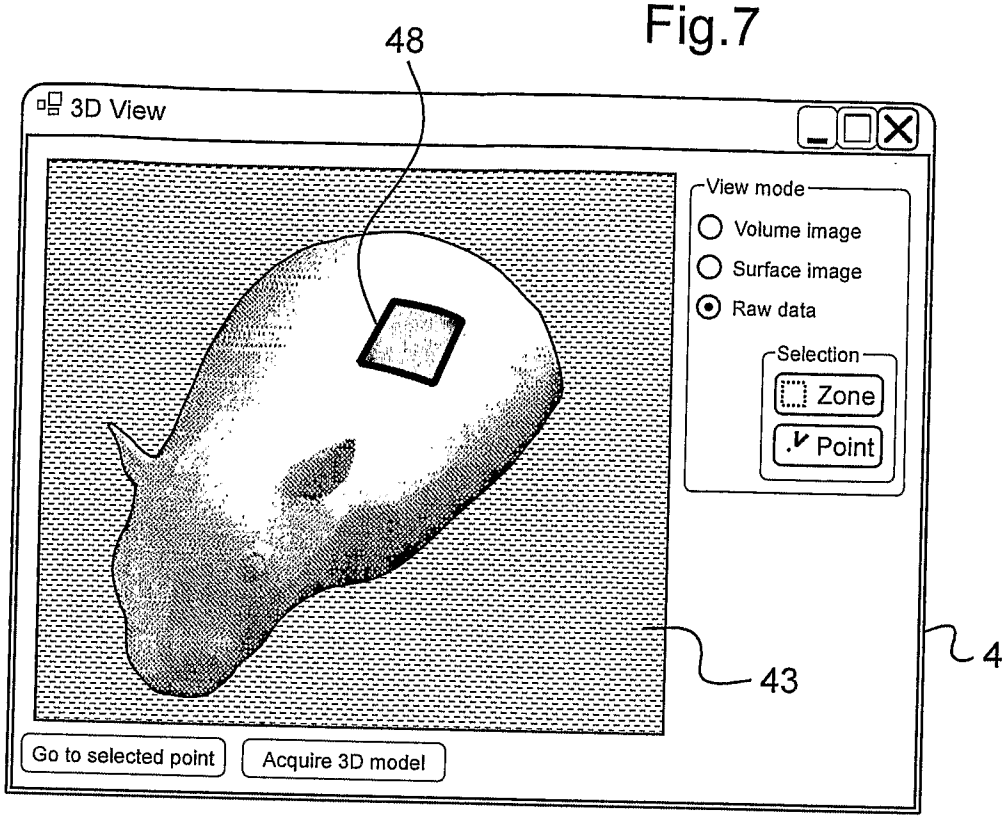


Fig.7


48
3D View
View mode
Volume image
Surface image
Raw data
Selection
Zone
Point
43
4
Go to selected point
Acquire 3D model

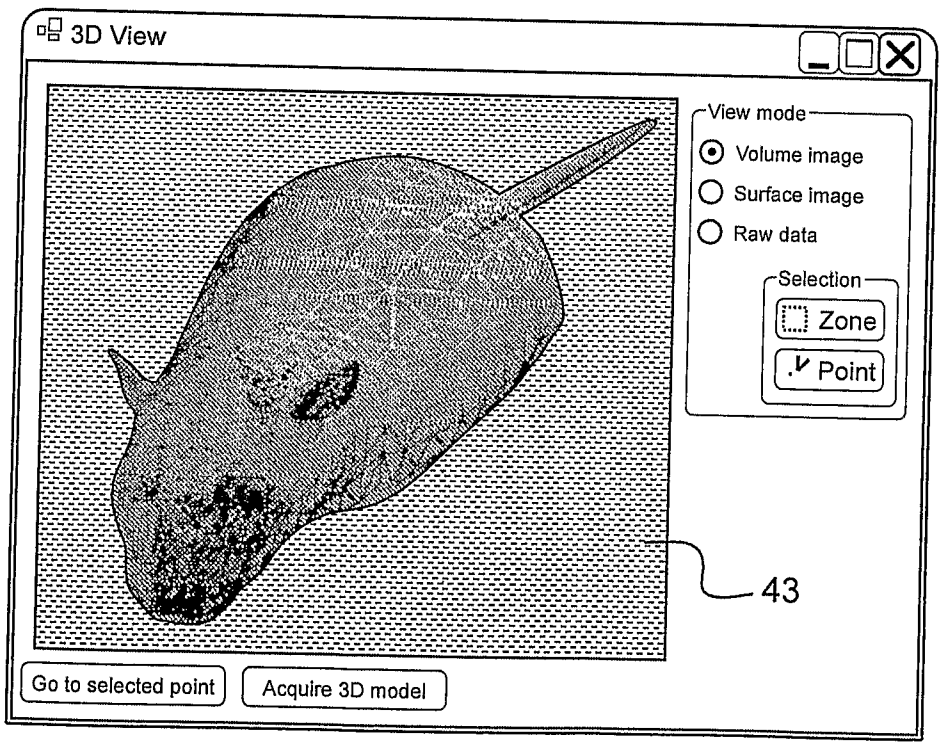

3D View
View mode
Volume image
Surface image
Raw data
Selection
Zone
Point
43
Go to selected point
Acquire 3D model

Fig.8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/FR2007/051433

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. A61B5/00

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)
A61B

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 2006/033064 A (BALOGH ATTILA [HU]) 30 March 2006 (2006-03-30) paragraphs [0044], [0051], [0054], [0062], [0068] - [0070], [0081], [0095], [0105] - [0108] figures 1,2A,6,10,11	1,2,4-6, 8-11, 14-18,20
X Y	US 2005/280892 A1 (NAGASAWA NOBUYUKI [JP] ET AL) 22 December 2005 (2005-12-22) paragraphs [0046] - [0073] paragraph [0076] paragraph [0086] figures 1-9	1,2,4-6, 8-20 3,7

-/--

[X] Further documents are listed in the continuation of Box C.

[X] 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 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	Date of mailing of the international search report
15 novembre 2007	26/11/2007

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
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	Völlinger, Martin

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (April 2005)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/FR2007/051433

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	WO 2004/044562 A (ART ADVANCED RES TECHNOLOGIES [CA]; LONG WILLIAM F [CA]; BERUBE-LAUZIE) 27 May 2004 (2004-05-27) page 8, line 21 - page 10, line 10 page 10, line 20 - page 11, line 10 page 16, line 11 - page 17, line 9 page 17, line 26 - page 18, line 7 figure 2	3,7
A	US 2005/149877 A1 (RICE BRADLEY W [US] ET AL) 7 July 2005 (2005-07-07) paragraph [0007] paragraphs [0038] - [0041] paragraphs [0106], [0107]	1,9,20
A	US 2003/011701 A1 (NILSON DAVID [US] ET AL) 16 January 2003 (2003-01-16) paragraphs [0051], [0059] paragraph [0067] paragraph [0091] figures 2A,2D,2F	1,7,9,20

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No
PCT/FR2007/051433

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 2006033064 A	30-03-2006	EP 1830733 A2	12-09-2007
US 2005280892 A1	22-12-2005	US 2007115543 A1	24-05-2007
WO 2004044562 A	27-05-2004	AU 2003283106 A1	03-06-2004
		CA 2505677 A1	27-05-2004
US 2005149877 A1	07-07-2005	NONE	
US 2003011701 A1	16-01-2003	EP 1407251 A1	14-04-2004
		JP 2004534954 T	18-11-2004
		WO 03006966 A1	23-01-2003
		US 2005237423 A1	27-10-2005
		US 2006250517 A1	09-11-2006
		US 2006250518 A1	09-11-2006

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°
PCT/FR2007/051433

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
INV. A61B5/00

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)
A61B

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 cela estréalisable, termes de recherche utilisés)
EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	WO 2006/033064 A (BALOGH ATTILA [HU]) 30 mars 2006 (2006-03-30) alinéas [0044], [0051], [0054], [0062], [0068] - [0070], [0081], [0095], [0105] - [0108] figures 1,2A,6,10,11	1,2,4-6, 8-11, 14-18,20
X Y	US 2005/280892 A1 (NAGASAWA NOBUYUKI [JP] ET AL) 22 décembre 2005 (2005-12-22) alinéas [0046] - [0073] alinéa [0076] alinéa [0086] figures 1-9	1,2,4-6, 8-20 3,7

-/--

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

[X] 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'appartenenant 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'inven tion revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément

"Y" document particulièrement pertinent; l'inven tion 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	Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale
15 novembre 2007	26/11/2007

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale	Fonctionnaire autorisé
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	Völlinger, Martin

3

Formulaire PCT/ISA/210 (deuxième feuille) (avril 2005)

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°
PCT/FR2007/051433

C(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
Y	WO 2004/044562 A (ART ADVANCED RES TECHNOLOGIES [CA]; LONG WILLIAM F [CA]; BERUBE-LAUZIE) 27 mai 2004 (2004-05-27) page 8, ligne 21 - page 10, ligne 10 page 10, ligne 20 - page 11, ligne 10 page 16, ligne 11 - page 17, ligne 9 page 17, ligne 26 - page 18, ligne 7 figure 2	3,7
A	US 2005/149877 A1 (RICE BRADLEY W [US] ET AL) 7 juillet 2005 (2005-07-07) alinéa [0007] alinéas [0038] - [0041] alinéas [0106], [0107]	1,9,20
A	US 2003/011701 A1 (NILSON DAVID [US] ET AL) 16 janvier 2003 (2003-01-16) alinéas [0051], [0059] alinéa [0067] alinéa [0091] figures 2A,2D,2F	1,7,9,20

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°
PCT/FR2007/051433

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
WO 2006033064 A	30-03-2006	EP 1830733 A2	12-09-2007
US 2005280892 A1	22-12-2005	US 2007115543 A1	24-05-2007
WO 2004044562 A	27-05-2004	AU 2003283106 A1	03-06-2004
		CA 2505677 A1	27-05-2004
US 2005149877 A1	07-07-2005	AUCUN	
US 2003011701 A1	16-01-2003	EP 1407251 A1	14-04-2004
		JP 2004534954 T	18-11-2004
		WO 03006966 A1	23-01-2003
		US 2005237423 A1	27-10-2005
		US 2006250517 A1	09-11-2006
		US 2006250518 A1	09-11-2006