

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

(19) Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle
Bureau international



(10) Numéro de publication internationale
WO 2011/023866 A1

(43) Date de la publication internationale
3 mars 2011 (03.03.2011)

PCT

- (51) Classification internationale des brevets :
A61B 17/34 (2006.01) A61B 17/00 (2006.01)
A61B 8/08 (2006.01) A61B 19/00 (2006.01)
- (21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2010/000587
- (22) Date de dépôt international :
27 août 2010 (27.08.2010)
- (25) Langue de dépôt : français
- (26) Langue de publication : français
- (30) Données relatives à la priorité :
0904124 31 août 2009 (31.08.2009) FR
- (71) Déposants (pour tous les États désignés sauf US) :
KOELIS [FR/FR]; 8, rue Duployé, F-38100 Grenoble (FR). UNIVERSITE JOSEPH FOURNIER [FR/FR]; 621, Avenue Centrale, Domaine Universitaire, B.P. 53, F-38041 Grenoble Cedex 09 (FR).
- (72) Inventeurs; et
(75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement) : BAUMAN, Michaël [DE/FR]; 9H Place Saint Bruno, F-38000 Grenoble (FR). HUNGR, Nikolai [CZ/FR]; 12, Cours de la Liberation, F-38100 Grenoble (FR). LEROY, Antoine [FR/FR]; 6, Chemin de l'île d'Amour, F-38240 Meylan (FR). TROCCEZ, Jocelyne [FR/FR]; 22, allée Gaston Bachelard, F-38320 Eybens (FR). DAANEN, Vincent [FR/FR]; Co-Propriété "BOTTEY LE HAUT", Bottey le Haut, F-38134 Saint Joseph de Rivière (FR).
- (74) Mandataire : NOVAGRAAF TECHNOLOGIES; 122, rue Edouard Vaillant, F-92593 Levallois-Perret Cedex (FR).
- (81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, 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,

[Suite sur la page suivante]

(54) Title : CONTROL SYSTEM AND METHOD FOR PRECISELY GUIDING A PERCUTANEOUS NEEDLE TOWARD THE PROSTATE

(54) Titre : SYSTÈME ET PROCÉDÉ DE CONTRÔLE POUR LE GUIDAGE PRÉCIS VERS LA PROSTATE D'UNE AIGUILLE PERCUTANÉE

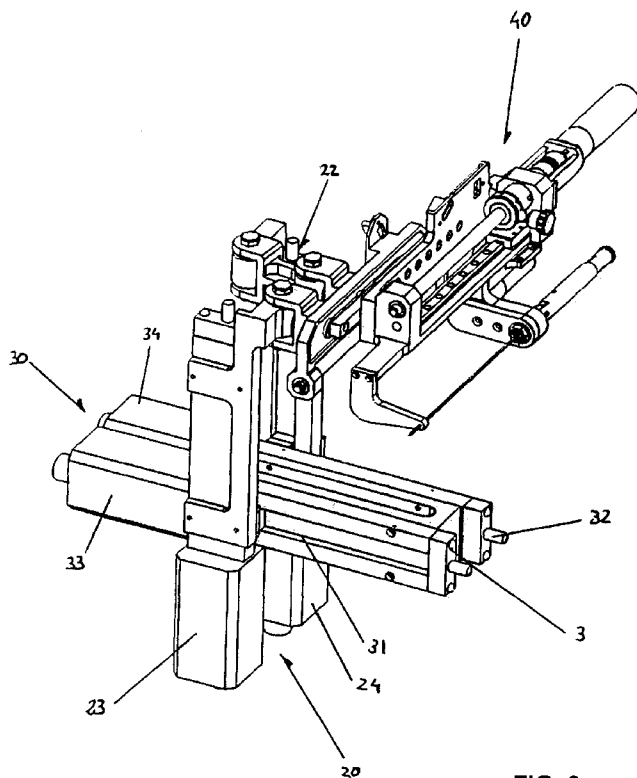


FIG. 3

(57) Abstract : The present invention relates to a needle holder device (40) for treating the prostate, involving a series of steps of inserting a needle into the prostate, comprising a rectal probe (2) for ultrasonic 3D imaging and a computer for processing the image acquired by said probe and for computing the position of the needle (3) relative to the prostate. The computer is controlled so as to periodically output information on the movement of the prostate after each of the insertion steps in order to validate the insertion parameters relative to a treatment schedule and, if need be, modifying the insertion parameters relative to said schedule in the event the movement is greater than a threshold value.

(57) Abrégé : La présente invention concerne un équipement porte-aiguille (40) pour un traitement de la prostate impliquant une succession d'étapes d'insertion d'une aiguille (3) dans la prostate, comportant une sonde rectale (2) d'imagerie 3D ultrasonore et un ordinateur pour le traitement de l'image acquise

[Suite sur la page suivante]

WO 2011/023866 A1



NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

(84) États désignés (*sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible*) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK,

Publiée :

- avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))
- avant l'expiration du délai prévu pour la modification des revendications, sera republiée si des modifications sont reçues (règle 48.2.h))

par ladite sonde et pour le calcul de la position de l'aiguille (3) par rapport à la prostate. Le calculateur est commandé pour délivrer périodiquement une information sur le bougé de la prostate après chacune desdites étapes d'insertion afin de valider les paramètres d'insertion par rapport à un planning de traitement et le cas échéant modifier les paramètres d'insertion par rapport audit planning en cas de bougé supérieur à une valeur seuil.

Titre: Système et procédé de contrôle pour le guidage précis vers la prostate d'une aiguille percutanée

Domaine de l'invention

5

La présente invention concerne le domaine des équipements de traitement et de diagnostic des pathologies prostatiques.

10 Ces équipements sont destinés à commander le déplacement d'une aiguille et son insertion dans la prostate selon une direction et une profondeur déterminées.

15 Le traitement du cancer de la prostate vise à guérir le patient par la destruction des tissus malades en préservant les tissus sains environnants. Il est en conséquence important de pouvoir délivrer les agents thérapeutiques avec précision aux tissus cancéreux. Dans le cas où l'agent est placé avec une précision insuffisante, il est possible qu'il agisse sur des tissus sains, et potentiellement sur des structures nobles telles que la vessie, le rectum, ou l'urètre. Dans ces cas, le patient risque de souffrir de pathologies telles que l'impuissance ou l'incontinence. Le taux d'effets secondaires encore élevé pour les traitements minimalement invasifs du cancer de la prostate peut être expliqué par le fait que les traitements actuels souffrent d'une double défaillance : 1) Les outils de délivrance des agents thérapeutiques (par exemple une aiguille de ponction contenant un grain radioactif dans le cadre d'une curiethérapie) peuvent être placés loin de la cible à cause de facteurs tels que la mobilité de la prostate ou la flexion de l'aiguille, et 2) ces écarts ne sont pas détectés préalablement à la délivrance de l'agent.

35 Pour certains traitements, une délivrance très précise des agents thérapeutiques permet de couvrir la totalité des tissus à traiter de manière régulière et avec une dose ou un effet cumulatifs suffisants (curiethérapie, cryothérapie, HIFU par exemple). Le risque de récurrence, lié au sous-traitement des zones cancéreuses, dépend donc fortement de la

précision de mise en oeuvre de la thérapie.

En somme, jusqu'à présent les traitements
prostatiques sont conduits de manière globale, sur l'ensemble
5 de la glande. Les raisons principales sont l'incertitude de
localisation des tissus cancéreux avec les moyens diagnostiques
actuels et le caractère multifocal du cancer prostatique. La
troisième raison est le manque de précision des dispositifs de
traitement actuels, le risque de manquer ou de sous-doser une
10 cible localisée étant relativement élevé.

Le diagnostic du cancer de la prostate est affecté
par le même problème de manque de précision dû à l'imprécision
des dispositifs et le manque de gestion de l'environnement mou
15 et mobile de la prostate. Une meilleure précision est
nécessaire pour pouvoir apporter un diagnostic plus fiable et
plus complet, avec notamment une information de localisation
des zones cancéreuses, qui pourrait éventuellement aussi servir
à planifier et guider des traitements focalisés.

20

En conclusion il y a donc un besoin fort de pouvoir
guider des outils diagnostiques et des agents thérapeutiques
avec un maximum de précision au foyer cancéreux, afin
d'améliorer la fiabilité du diagnostic, et de minimiser les
25 effets secondaires, les récurrences et la morbidité associée du
traitement. Il est également souhaitable d'améliorer la
détection des situations où le dispositif de délivrance de
l'agent n'a pas atteint la cible, et ceci avant de délivrer
l'agent.

30

Etat de la technique

Dans ce contexte de traitement et diagnostic précis
35 du cancer de la prostate, on a proposé, dans l'état de la
technique, différentes solutions permettant d'améliorer la
traçabilité sur l'organe des zones de pénétration de l'aiguille
ainsi que la localisation des zones cancéreuses.

Une première solution décrite dans le brevet international WO2009071766 concerne un procédé d'imagerie prostatique comportant des étapes d'enregistrement et de traitement d'images acquises par la tête échographique d'une sonde rectale équipée d'un guide de ponction actif. Ce procédé comporte des étapes de traitement d'une partie au moins des images acquises par la sonde pour calculer des transformations vers un référentiel image de référence lié à la position initiale de la prostate, une partie au moins des images acquises pendant les ponctions successives comprenant la localisation des différentes positions de l'aiguille étant enregistrée en vue d'une visualisation de leurs représentations sur une image unique comprenant une partie au moins de la prostate. Ce brevet de l'art antérieur concerne également un système pour l'imagerie prostatique mettant en oeuvre ledit procédé d'imagerie prostatique.

Cette solution améliore l'acquisition d'une information graphique sur la prostate, et permet la mise en concordance de différentes images de la prostate, acquises avec des systèmes d'imagerie complémentaires ainsi que par une sonde rectale solidaire de l'aiguille de traitement. Elle permet donc d'améliorer le guidage et la localisation de l'aiguille par rapport à des zones d'intérêt de la prostate.

Ce système d'imagerie est utilisable tant pour des équipements manipulés par un chirurgien de façon manuelle, que par des équipements robotisés.

On connaît également dans l'état de la technique des méthodes de contrôle, parfois reliés à des équipements robotisés pour la réalisation de biopsies et de traitements prostatiques.

L'état de la technique le plus proche est constitué par le de brevet américain US20070270687 qui décrit une méthode de recalage entre images échographiques 3D pour le suivi du mouvement d'un outil dans le référentiel image en relevant les différences entre les deux images par soustraction. Une

application proposée dans ce document de l'art antérieur est le suivi du mouvement de l'extrémité d'une aiguille de curiethérapie pour permettre une dosimétrie adaptative et palier les erreurs de positionnement de l'aiguille.

5

Un autre état de la technique proche à la présente invention consiste du brevet canadien CA2654344 qui décrit un équipement et une méthode pour le positionnement et l'insertion d'une aiguille autour d'un point fixe (remote center of motion). Selon une application décrite dans ce document, ces 10 équipement et technique peuvent être utilisés pour le positionnement d'une aiguille de biopsie, en comparant visuellement des images 3D échographiques pour vérifier le mouvement ou le gonflement de la prostate après retrait de 15 l'aiguille.

Encore un autre état de la technique proche à la présente invention consiste du brevet américain US6423009 qui décrit un système pour le guidage d'outils percutanés pour la 20 thérapie de la prostate utilisant des images 3D échographiques. Un exemple d'utilisation de la technique décrit le positionnement de sondes de cryothérapie dans la cryothérapie de la prostate. Avec cet exemple est décrite une méthode de positionnement des sondes avec une vérification du bon 25 positionnement des aiguilles par rapport au planning.

La demande de brevet internationale WO 2007085953 consiste d'encore un autre document de l'art antérieur. Il décrit un 30 équipement et une méthode pour l'insertion d'une aiguille selon une trajectoire prédéterminée et à une profondeur prédéterminée, afin d'atteindre une zone cible des tissus d'un organe mou, avec un contrôle par imagerie ultrasonore. Les applications proposées dans ce document de l'art antérieur sont la biopsie de la prostate ou la curiethérapie de la prostate. 35 La méthode met en oeuvre une zone d'approche conique à travers la paroi périnéale. L'aiguille traverse la peau du patient à travers un point pivot. L'orientation du support de l'aiguille est assurée par des joints sphériques.

Le brevet américain US6846282B décrit un moyen de curiethérapie réalisé à l'aide d'une aiguille pour l'injection d'un produit radioactif dans un organe tel que la prostate. Des marqueurs fixés sur le corps du patient définissent un système
5 de coordonnées permettant d'analyse en temps réel le déplacement de l'aiguille dans le référentiel du patient. Une solution alternative consiste à utiliser des repères anatomiques.

Le brevet EP1088524 décrit de manière générale un
10 système et un procédé de mise en œuvre de curiethérapie de la prostate basé sur une image échographique reconstruite en 3D, un planning pré-opératoire d'insertion d'aiguilles comprenant une segmentation des organes environnants et une évaluation per-opératoire du placement et de la déflexion des aiguilles
15 par rapport au planning. Il n'est pas fait mention d'une quantification tridimensionnelle du bougé de la prostate dans cette invention.

Le brevet US2003/0018232 présente un système automatisé d'implantation de grains radioactifs. Le principe de
20 positionner une aiguille en largeur, hauteur et profondeur dans l'organe, afin d'y insérer un grain radioactif. Le système est étalonné par rapport à l'organe (la prostate) par l'ajustement d'un plan de base par rapport à l'organe vu sous échographie. La sonde d'échographie est solidaire du robot et mobilisée
25 selon un axe parallèle à l'axe d'insertion des aiguilles. Au cours de la procédure d'insertion, une acquisition échographique plan par plan de l'organe peut être ordonnée afin d'effectuer un recalage et d'adapter en conséquence le plan de base d'insertion des aiguilles. De même que dans le brevet
30 EP1088524, le bougé 3D de la prostate au cours de l'insertion d'une aiguille ne peut pas être pris en compte pour une compensation automatique et précise du planning par rapport à l'organe.

35 Le brevet US2007/0016067, s'il décrit un système et un procédé robotisé de ponction sous imagerie per-opératoire, ne tient pas compte dans sa boucle de contrôle de la position relative de l'outil de ponction avec l'organe visé.

Problème technique

Comme décrit ci-dessus, les solutions connues ne
5 sont pas totalement satisfaisantes, car la prostate est un
organe déformable et mobile. Les solutions de l'art antérieur
sont de ce fait perturbées par les modifications de l'organe et
ne permettent pas une localisation réellement précise. La
présente invention s'appuie sur une quantification automatique
10 précise du bougé de la prostate effectuée à partir d'une
comparaison entre une image 3D instantanée de la prostate après
insertion d'une aiguille et une image 3D de référence.
L'invention tire avantage de l'échographie 3D instantanée qui
au contraire de l'échographie 3D reconstruite génère en de
15 manière instantanée un volume dense et cohérent, sans mobiliser
ni la sonde ni l'organe.

Les bougés de la prostate, consistant à la fois
dans les déplacements et les déformations, résultent en effet
20 de différents phénomènes :

- Sous la pression d'une aiguille de ponction ou de
traitement, la prostate se déforme et se déplace à l'intérieur
du corps humain.

25 - Les ponctions provoquent des lésions induisant un
gonflement de la prostate, au cours de l'intervention. Les
mouvements du patient, notamment la respiration, produisent
également des déformations et des déplacements de la prostate.

30 - Pour obtenir une image de bonne qualité, la sonde
rectale doit venir en contact avec la paroi rectale proche de
la prostate et exercer une légère pression produisant également
une déformation et un déplacement de la prostate.

Les solutions de l'art antérieur ne prennent en
35 compte les bougés de la prostate ni de manière automatique ni
durant le temps de l'insertion de l'aiguille. De plus cette
évaluation des bougés n'est pas utilisée dans le but d'adapter
le guidage de l'aiguille dans le référentiel prostatique au
cours de son insertion.

Solution apportée par l'invention.

5 Le but de l'invention est de remédier à ces
inconconvénients en proposant un équipement permettant de pallier
les bougés de la prostate d'une manière automatique et
d'adapter le guidage de l'aiguille au cours de son insertion,
afin d'améliorer la précision des prélèvements ou traitements
localisés de la prostate.

10

L'invention permet également d'améliorer la
répartition de la dose de traitement et la protection des
tissus sains et des structures critiques avoisinantes par une
prise en compte plus précise de la configuration et la position
15 de la prostate au moment du traitement.

A cet effet, l'invention concerne selon son
acceptation la plus générale un équipement porte-aiguille pour un
traitement de la prostate impliquant une succession d'étapes
d'insertion d'une aiguille dans la prostate, comportant une
20 sonde rectale d'imagerie 3D ultrasonore et un calculateur pour
le traitement de l'image acquise par ladite sonde et pour le
calcul de la position de l'aiguille par rapport à la prostate
caractérisé en ce que le calculateur est commandé pour délivrer
périodiquement une information sur le bougé de la prostate
25 après chacune desdites étapes d'insertion afin de valider les
paramètres d'insertion par rapport à un planning de traitement
et le cas échéant modifier les paramètres d'insertion par
rapport audit planning en cas de bougé supérieur à une valeur
seuil.

30

Par « étape de pénétration » au sens du présent
brevet, on entendra :

35 - une étape de déplacement de l'aiguille depuis une
position externe à l'organe jusqu'à une position où la tête
active est positionnée à l'intérieur de l'organe

- ainsi qu'une étape de déplacement de l'aiguille
entre une première position où la tête active est positionnée à
l'intérieur de l'organe jusqu'à une deuxième position à

l'intérieur de l'organe.

Selon une première variante, ladite modification des paramètres d'insertion consiste à modifier le planning.

5

Selon une deuxième variante, ladite modification des paramètres d'insertion consiste à modifier les paramètres d'insertion par un nouveau déplacement de l'aiguille.

10

Selon un mode de mise en œuvre avantageux, les informations relatives au bougé de la prostate sont calculées par comparaison de l'image instantanée délivrée par la sonde rectale avec une image de référence de la prostate et par calcul d'une information quantitative des modifications entre

15

lesdites images.

Selon une variante, on calcule la distance entre un point caractéristique de l'aiguille dans le référentiel instantané de la prostate et ledit point caractéristique de l'aiguille dans le référentiel de la prostate dans le planning, ladite distance étant ensuite comparée à ladite valeur-seuil pour valider conditionnellement le paramètre d'insertion.

20

Selon un mode de réalisation particulier, l'équipement selon l'invention comporte un support prolongé par une sonde rectale et comportant un porte-aiguille, l'équipement comportant des moyens pour déterminer l'orientation relative du porte-aiguille par rapport au volume d'acquisition de ladite sonde rectale.

25
30

Cette détermination de l'orientation du porte-aiguille par rapport au volume d'acquisition peut être réalisée par construction mécanique, par capteurs de position ou par traitement d'image.

35

De préférence, le porte-aiguille est motorisé et asservi par rapport à l'information de bougé, et comporte des moyens pour délivrer un signal représentatif de chaque nouvelle étape d'insertion.

Selon une variante particulière, le porte-aiguille est orientable pour modifier l'axe d'insertion en fonction dudit planning.

5

Selon un mode de réalisation particulier, l'équipement comporte un support solidaire de la sonde rectale, associé à un ensemble porte-aiguille articulé, constitué de deux tables primaires d'entraînement parallèles liées chacune à une table d'entraînement secondaire perpendiculaire, le porte-aiguille étant supporté par une traverse articulée en rotation par rapport auxdites tables d'entraînement secondaires, ladite traverse s'étendant perpendiculairement à l'axe de déplacement desdites tables secondaires et à l'axe de déplacement desdites tables primaires.

10
15

De préférence, le porte-aiguille de ce dernier mode de réalisation comporte un moyen de limitation d'effort débrayant mécaniquement l'entraînement du support de l'aiguille par rapport au porte-aiguille lorsque la résistance à l'insertion dépasse une valeur seuil correspondant à la situation de contact avec l'os pubien.

20

Selon une variante, l'équipement comporte un support lié d'une part à une sonde rectale et d'autre part à un moyen de positionnement du porte-aiguille.

25

L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui suit, concernant un exemple non limitatif de mise en œuvre de l'invention, se référant aux dessins annexés où :

30

- la figure 1 représente une vue schématique d'un équipement selon l'état de la technique

- la figure 2 représente une vue schématique d'un équipement selon l'invention

35

- la figure 3 représente un exemple de réalisation d'un robot porte-aiguille.

- la figure 4 représente une vue d'ensemble du robot porte-aiguille

- la figure 5 représente une vue détaillée du porte-aiguille.

- la figure 6 représente un diagramme d'utilisation d'une mise en œuvre préférée de l'invention

5 La figure 1 représente une vue schématique d'un équipement selon l'état de la technique.

10 Il comporte un support (1) sur lequel est fixé une sonde rectale (2) dont la tête est positionnée à proximité de la prostate (4) dont elle est séparée par la paroi périnéale. La tête comporte un moyen d'imagerie ultrasonore par balayage permettant de réaliser une image de la prostate pendant l'intervention.

15 Une aiguille (2) est manipulée par le chirurgien, aidé par un guide (6) facilitant le positionnement de l'aiguille (2), qui traverse la paroi du périnée pour pénétrer dans la prostate (4) selon une orientation et un planning prédéfini.

20 Cette aiguille peut être une aiguille creuse pour réaliser une série de biopsies selon un planning déterminé, permettant de détecter non seulement la présence d'une tumeur cancéreuse, mais aussi quelles zones de la prostate précisément
25 présentent des proliférations cancéreuses.

30 Cette aiguille peut aussi être destinée à la curiethérapie « basse dose » de prostate, pour le traitement de la glande prostatique. Ce traitement consiste à implanter sous contrôle échographique des grains d'iode₁₂₅ au sein de la prostate.

35 Ces grains délivrent une irradiation continue durant environ un an. La prostate est ainsi traitée dans sa totalité à forte dose alors que les tissus « nobles » situés dans la prostate ou près de la prostate (tels que vessie, rectum, urètre) reçoivent une irradiation faible. Les aiguilles sont implantées dans la prostate, sous contrôle échographique, par voie trans-périnéale (elles traversent directement la peau

du périnée entre l'anus et les bourses). Le nombre d'aiguilles et celui des grains dépendent du volume de la prostate. Lorsque les aiguilles sont correctement insérées dans la prostate, les grains radioactifs sont insérés à travers ces dernières, après
5 quoi les aiguilles sont retirées.

La figure 2 représente une vue schématique de l'équipement conforme à l'invention.

10

Le déplacement de l'aiguille (3) est commandé par un robot (10) motorisé dans l'exemple décrit. La sonde rectale (2) fournit une image ultrasonore 3D qui est exploitée par un calculateur (11). Ce calculateur exploite un logiciel de
15 traitement périodique de l'image de la prostate (4) et de l'aiguille (3) par rapport à une image de référence.

Cette image de référence peut être une image invariable de la prostate acquise à un instant t_0 , ou une image
20 rafraîchie périodiquement.

Le calculateur détermine des informations représentatives du bougé de la prostate, se traduisant par :

- 25
- un déplacement global de la prostate dans l'image acquise à un instant t , par rapport à l'image de référence
 - une rotation globale de la prostate dans l'image acquise à un instant t , par rapport à l'image de référence
 - une déformation de la prostate dans l'image
30 acquise à un instant t , par rapport à l'image de référence.

En fonction de cette information représentative du bougé, le calculateur recalcule les paramètres d'insertion et modifie la commande du déplacement du robot (10).

35

Le but de ces traitements est de permettre une compensation des déformations induites mécaniquement par les contraintes exercées par l'aiguille, et indirectement par la sonde rectale, sur la prostate qui est un organe mou.

Le calculateur permet d'appliquer les traitements suivants :

- 5 1 - Calibration de la position relative de l'aiguille et de la sonde rectale
- 2 - Insertion de la sonde rectale et mise en place pour assurer l'acquisition d'une image de la prostate
- 3 - Acquisition d'une image tridimensionnelle I_0 de référence avant la première insertion de l'aiguille
- 10 4 - Enregistrement du planning
- 5 - Premier déplacement de l'aiguille selon la première étape du planning
- 6 - Acquisition d'une nouvelle image tridimensionnelle I_n correspondant à la nouvelle position de l'aiguille
- 15 7 - Calcul de la transformation spatiale entre l'image I_n et l'image initiale I_0 ou l'image précédente I_{n-1} .
- 8 - Détermination sur l'image I_n de la position de la tête de l'aiguille par rapport à la cible enregistrée sur le
- 20 planning
- 9a) Si la distance entre la tête de l'aiguille et ladite cible est inférieure à une valeur-seuil, l'aiguille est retirée et on procède à un nouveau cycle d'insertion à partir
- 25 de l'étape 5 susvisée
- 9b) Si la distance entre la tête de l'aiguille et ladite cible est supérieure à ladite valeur-seuil, vérification si la cible peut-être atteinte par un déplacement additionnel de l'aiguille
- 30 9b1) Dans l'affirmative, on procède à un déplacement supplémentaire de l'aiguille selon un planning actualisé et on revient à l'étape 8 susvisée
- 9b2) Dans la négative, on procède au retrait de l'aiguille et on recalcule le planning pour tenir compte du
- 35 bougé de la prostate et on revient à l'étape 5 susvisée, pour la cible non atteinte.

La figure 3 représente un exemple de réalisation d'un robot porte-aiguille.

Il est constitué par un module de positionnement formé de deux cadres (20, 30) perpendiculaires constituant des parallélogrammes déformables. Le mécanisme assurant le déplacement longitudinal de l'aiguille est constitué par un bras (40) articulé par rapport au premier cadre (20). Les axes de déplacement en translation des deux cadres (20, 30) et du bras (40) sont perpendiculaires et forme un référentiel à trois dimensions.

Le premier cadre (20) comprend deux rails parallèles (21, 22) et deux moteurs (23, 24). Le bras (40) est articulé par rapport à chacun de ces rails (21, 22) par des pivots permettant un basculement du bras porte-aiguille (40) dans un plan parallèle au plan passant par les deux axes médians des rails (21, 22).

Ce plan peut lui-même être orienté angulairement par une action du deuxième cadre (30). Ce deuxième cadre (30) comprend également deux rails (31, 32) et deux moteurs (33, 34).

Chaque rail (31, 32) est articulé par un pivot à l'un des rails respectivement (21, 22) du premier cadre (20). En modifiant l'extension relative d'un des rails (31) par rapport à l'autre rail parallèle (32), on provoque une rotation du plan du premier cadre, autour d'un axe perpendiculaire à un plan passant par les rails (31, 32) du second cadre (30).

La figure 4 représente une vue d'ensemble du robot porte-aiguille.

Le module de positionnement (50) est monté sur un support (60) présentant deux bras (61, 62) destiné à la manipulation du robot par le chirurgien. Ce support comprend également un prolongement (63) pour la fixation de la sonde rectale (2). Le prolongement (63) peut optionnellement être articulé pour permettre une modification de l'angle formé entre l'axe de la sonde rectale (2), et un axe de référence du module

de positionnement (50).

La figure 5 représente une vue détaillée du porte-aiguille.

5

L'aiguille (3) est solidaire d'un mandrin (41) de forme cylindrique, présentant une gorge (42). Ce mandrin (41) est engagé dans une cavité cylindrique d'une tête mobile (43) représentée partiellement, la partie avant étant transparente sur le dessin pour permettre la visualisation du mandrin.

10

La section de la cavité est sensiblement égale à la section extérieure du mandrin (41), afin de permettre un déplacement longitudinal sans effort entre le mandrin (41) et la tête mobile (43). Le couplage entre ces deux parties est assuré par un mécanisme à bille (44) comprenant un ressort (45) repoussant la bille (44) dans la cavité (42). Un bouton de réglage (46) permet d'ajuster le tarage du ressort (45).

15

20

Ce mécanisme assure un entraînement du mandrin par la tête mobile (43), avec une limitation de l'effort.

25

Lorsque la résistance rencontrée par l'aiguille dépasse une valeur seuil, la bille (44) est repoussée hors de la gorge (42) et le mandrin est alors désaccouplé de la tête mobile (43).

30

La valeur seuil est déterminée en fonction de la résistance rencontrée par l'aiguille lorsqu'elle bute par inadvertance sur l'os pubien.

La figure 6 représente un diagramme d'utilisation clinique d'une mise en œuvre préférée de l'invention.

35

Au début de la procédure, un volume échographique 3D de référence est acquis, sur lequel le contourage de la prostate et le planning de dose initial sont pratiqués. Dans cette phase de planning initial, les trajectoires d'aiguilles et les positions de grains sont définis par rapport à la

prostate de référence extraite du volume échographique de référence. Par la suite, on applique pour chaque aiguille le processus suivant : la trajectoire d'aiguille est calculée dans le référentiel de coordonnées du robot grâce à une étape
5 préliminaire de calibrage de la sonde échographique par rapport au robot. Le robot positionne l'aiguille à son point d'insertion au niveau du périnée, et l'insère. En cas d'interférence avec l'arche pubienne, l'aiguille est retirée et un planning partiel est à nouveau calculé afin de modifier
10 la trajectoire de l'aiguille tout en conservant les contraintes de dose. Une fois que l'aiguille est insérée à la position planifiée, on applique une procédure de vérification afin de contrôler et de pallier tout déplacement ou déformation de la prostate induite par l'insertion de
15 l'aiguille. Une fois le clinicien satisfait de la position finale de l'aiguille, les grains sont insérés tandis que l'aiguille est retirée progressivement. Un volume échographique 3D peut être acquis à ce moment afin de vérifier la position des grains de cette aiguille, globalement ou
20 individuellement : un traitement d'image permet la localisation précise de la prostate et des grains, suite à quoi un nouveau planning peut s'avérer nécessaire pour prendre en compte des imprécisions persistantes, dans le positionnement final des grains par exemple. Au cours des
25 étapes de re-planification, des modèles biomécaniques pourraient avantageusement être mis à contribution pour mieux prédire les bougés des organes. Il est important de noter que dans le schéma de contrôle présenté, le référentiel du plan de dosimétrie est lié à la prostate mobile, plutôt qu'à la sonde
30 échographique fixe comme c'est le cas dans la procédure conventionnelle. Le fait d'acquérir un deuxième volume échographique et de le recalcr au volume de référence permet de déformer le plan de dosimétrie en accord avec les bougés de la prostate et par là de vérifier que l'aiguille se trouve

dans la position attendue dans la prostate. Dans le cas contraire, l'utilisateur ou le système vérifie si la cible déformée est toujours accessible via la même trajectoire d'aiguille, auquel cas la profondeur d'aiguille est ajustée.

- 5 Alternativement, si le clinicien juge inacceptable la position courante de l'aiguille, celle-ci est retirée et un planning partiel est à nouveau calculé afin de compenser les bougés de prostate avant insertion de l'aiguille.

Revendications

1 - Equipement porte-aiguille (40) pour un traitement de la prostate impliquant une succession d'étapes d'insertion d'une aiguille (3) dans la prostate, comportant une sonde rectale (2) d'imagerie 3D ultrasonore et un ordinateur pour le traitement de l'image acquise par ladite sonde et pour le calcul de la position de l'aiguille (3) par rapport à la prostate caractérisé en ce que le ordinateur est apte à délivrer périodiquement une information sur le bougé de la prostate après chacune desdites étapes d'insertion afin de valider les paramètres d'insertion par rapport à un planning de traitement et le cas échéant modifier les paramètres d'insertion par rapport audit planning en cas de bougé supérieur à une valeur seuil. et en ce que les informations relatives au bougé de la prostate sont calculées par comparaison de l'image instantanée délivrée par la sonde rectale (2) avec une image de référence de la prostate et par calcul d'une information quantitative des modifications entre lesdites images.

2 - Equipement selon la revendication 1 caractérisé en ce que ladite modification des paramètres d'insertion consiste à modifier le planning.

3 - Equipement selon la revendication 1 caractérisé en ce que ladite modification des paramètres d'insertion consiste à modifier les paramètres d'insertion par un nouveau déplacement de l'aiguille (3).

4 - Equipement selon l'une quelconque des revendications précédentes caractérisé en ce que le ordinateur est apte à calculer la distance entre un point caractéristique de l'aiguille (3) dans le référentiel instantané de la prostate et ledit point caractéristique de l'aiguille (3) dans le référentiel de la prostate dans le planning, et à ensuite comparer ladite distance à ladite valeur-seuil pour valider conditionnellement le paramètre d'insertion.

5 - Equipement selon l'une quelconque des revendications précédentes caractérisé en ce qu'il comporte un support prolongé par une sonde rectale (2) et comportant un porte-aiguille (40), l'équipement comportant des moyens pour déterminer l'orientation relative du porte-aiguille (40) par rapport au volume d'acquisition de ladite sonde rectale (2).

6 - Equipement selon l'une quelconque des revendications précédentes caractérisé en ce que ledit porte-aiguille (40) est motorisé et asservi par rapport à l'information de bougé, et comporte des moyens pour délivrer un signal représentatif de chaque nouvelle étape d'insertion.

7 - Equipement selon la revendication précédente caractérisé en ce que ledit porte-aiguille (40) est orientable pour modifier l'axe d'insertion en fonction dudit planning.

8 - Equipement selon l'une quelconque des revendications précédentes caractérisé en ce qu'il comporte support solidaire de la sonde rectale (2), associé à un ensemble porte-aiguille (40) articulé, constitué de deux tables primaires d'entraînement parallèles liées chacune à une table d'entraînement secondaire perpendiculaire, le porte-aiguille (40) étant supporté par une traverse articulée en rotation par rapport auxdites tables d'entraînement secondaires, ladite traverse s'étendant perpendiculairement à l'axe de déplacement desdites tables secondaires et à l'axe de déplacement desdites tables primaires.

9 - Equipement selon la revendication 8 caractérisé en ce que le porte-aiguille (40) comporte un moyen de limitation d'effort débrillant l'entraînement du support de l'aiguille (3) par rapport au porte-aiguille (40) lorsque la résistance à l'insertion dépasse une valeur seuil correspondant à la situation de contact avec l'os pubien.

10 - Equipement selon la revendication 1 caractérisé en ce qu'il comporte un support lié d'une part à une sonde rectale (2) et d'autre part à un moyen de

positionnement du porte-aiguille (40) (grille).

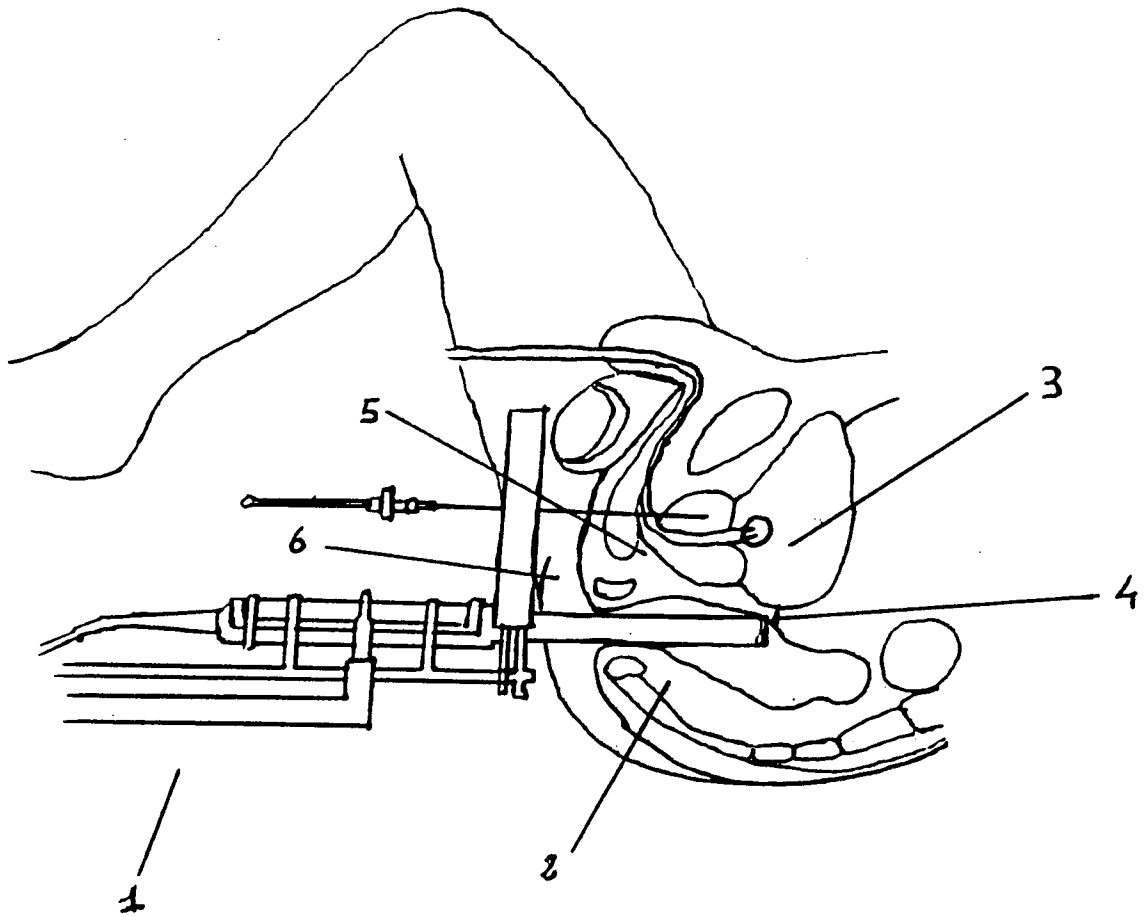


FIG. 1

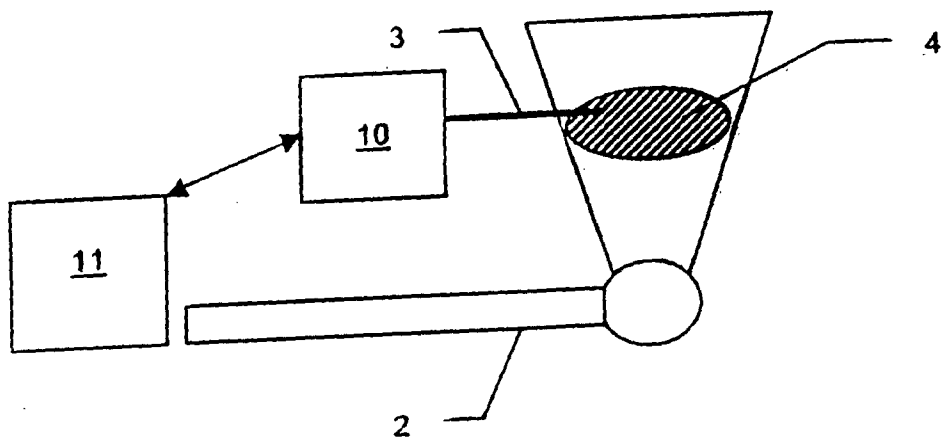


FIG. 2

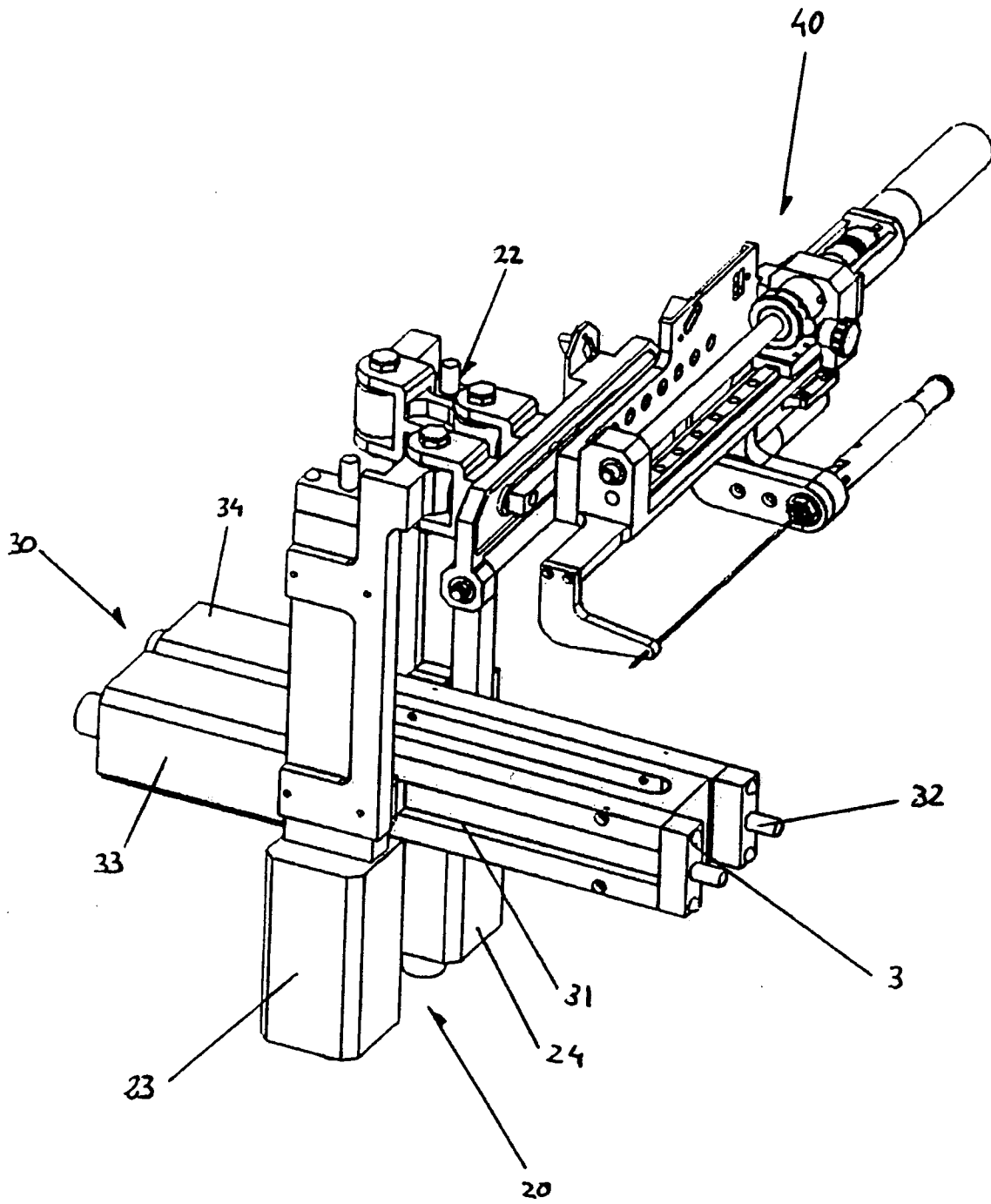


FIG. 3

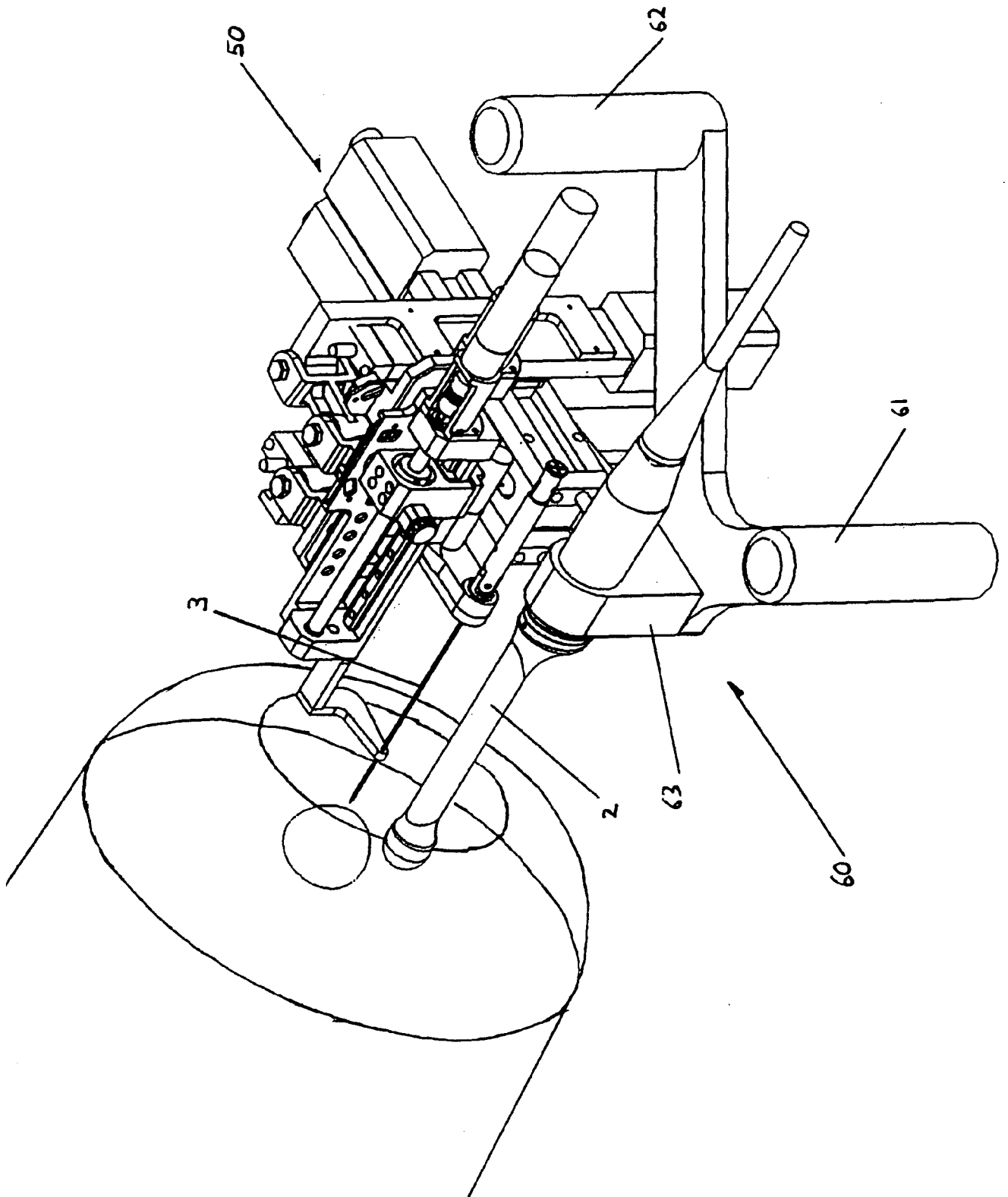


FIG. 4

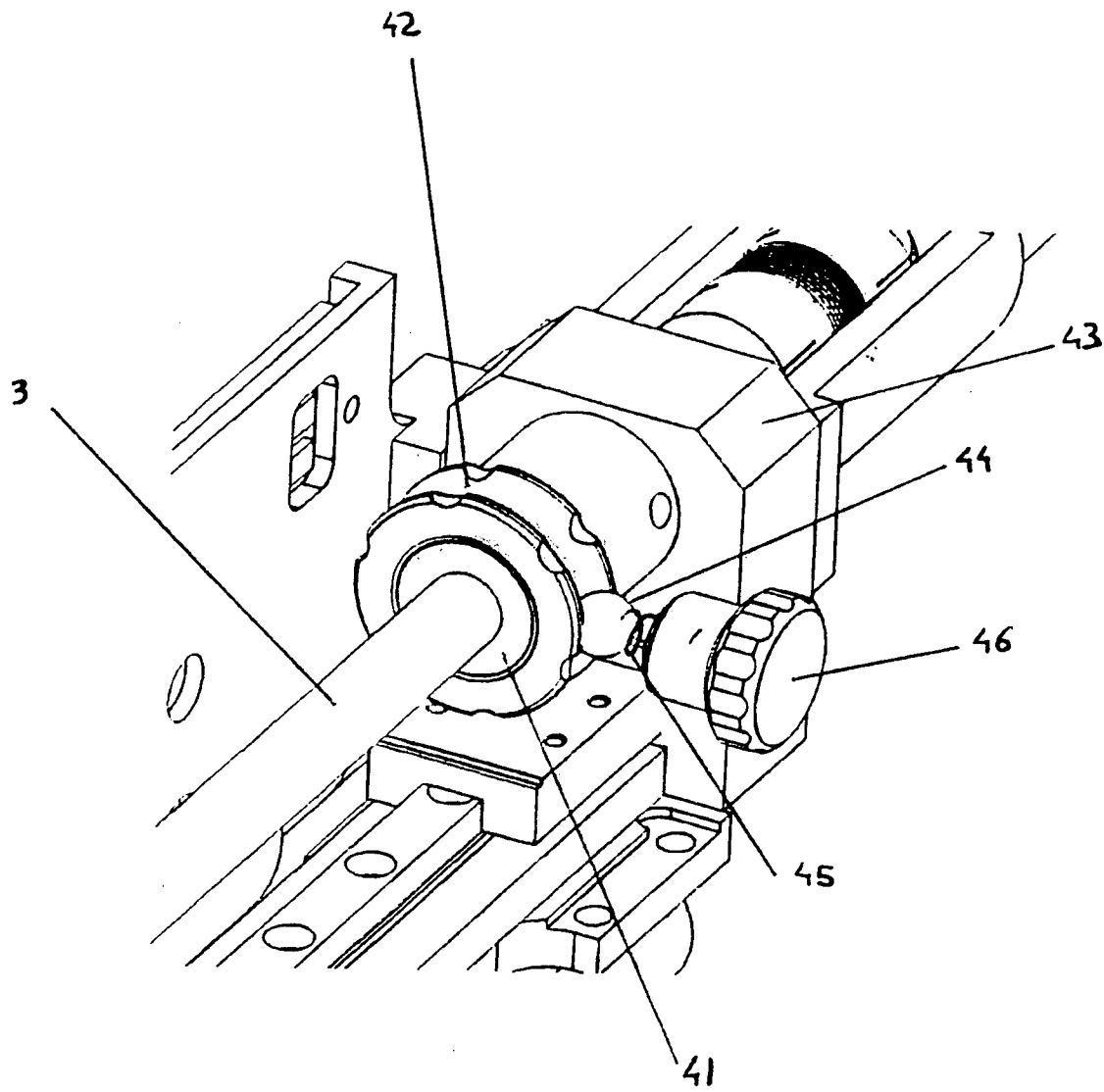
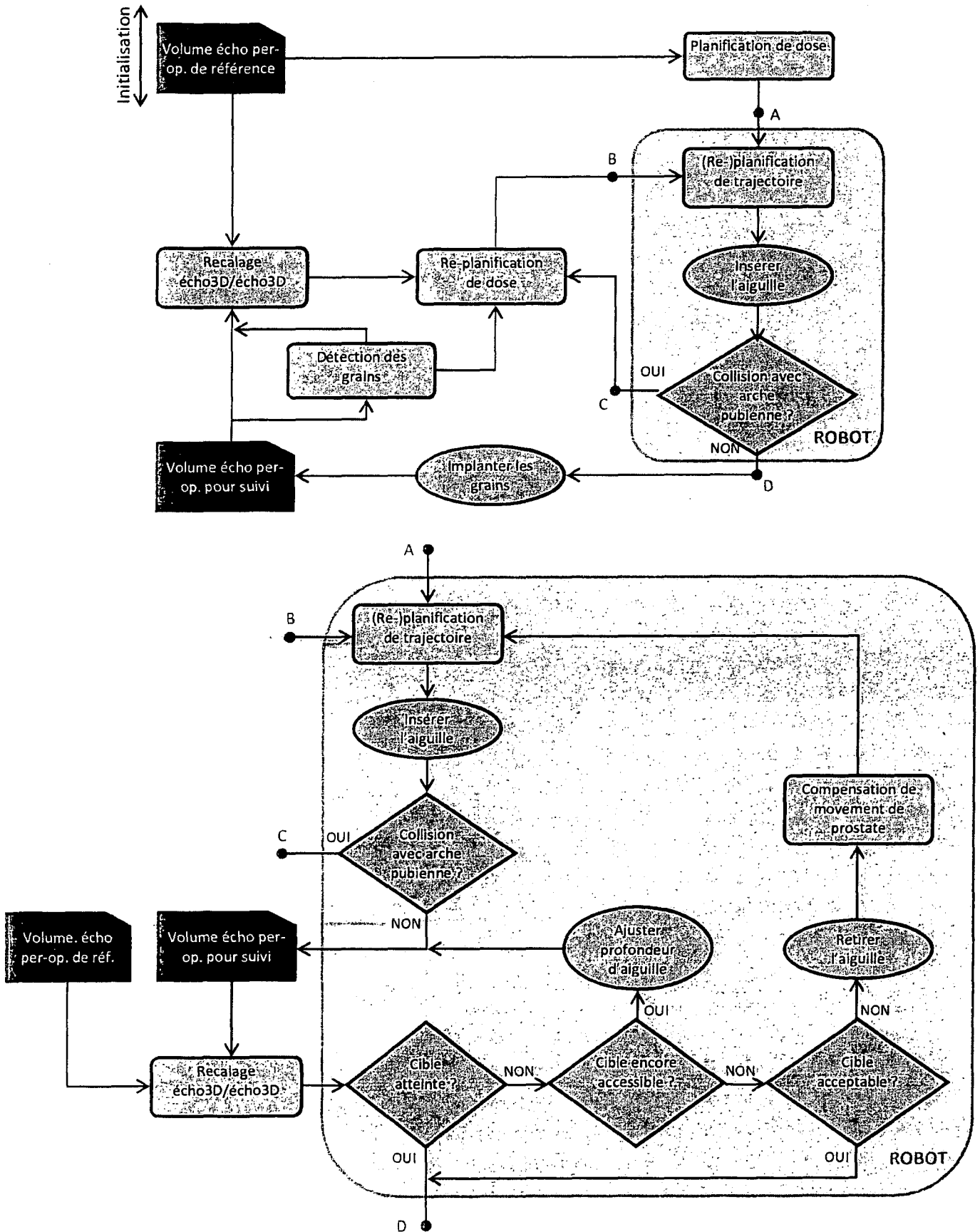


FIG. 5

Fig. 6



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/FR2010/000587

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
 INV. A61B17/34
 ADD. A61B8/08 A61B17/00 A61B19/00

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, WPI Data

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 1 088 524 A1 (LIFE IMAGING SYSTEMS INC [CA] LONDON HEALTH SCIENCES CT [CA]) 4 April 2001 (2001-04-04)	1-7,10
A	paragraphs [0015], [0016], [0026], [0029] - [0031], [0034] - [0040]; figures 1-5,9a,9b	9
X	----- US 2003/018232 A1 (ELLIOTT DANIEL M [US] ET AL) 23 January 2003 (2003-01-23) paragraphs [0071] - [0077], [0079], [0080], [0097], [0098]; figures 1,5,13,23	1-8,10
X	----- US 2007/016067 A1 (WEBSTER ROBERT J III [US] ET AL) 18 January 2007 (2007-01-18) paragraphs [0046] - [0050], [0056] - [0059], [0068] - [0071]; figures 1-3,5	1-4,6,7
	----- -/--	

Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

- * Special categories of cited documents :
- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
 - *E* earlier document but published on or after the international filing date
 - *L* document which may throw doubts on priority 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 10 January 2011	Date of mailing of the international search report 19/01/2011
Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer Maier, Christian

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/FR2010/000587

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 98/31273 A1 (WHITMORE WILLET F III [US]; BARZELL WINSTON E [US]; WILSON ROGER [US]) 23 July 1998 (1998-07-23) figures 1-5,9 -----	10
A	WO 99/60921 A1 (BURDETTE MEDICAL SYSTEMS [US]) 2 December 1999 (1999-12-02) figures 13A,13B -----	10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/FR2010/000587

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 1088524	A1	04-04-2001	CA 2300705 A1 01-04-2001
			DE 60020472 D1 07-07-2005
			DE 60020472 T2 27-04-2006
			KR 20010039548 A 15-05-2001
			US 6610013 B1 26-08-2003
<hr/>			
US 2003018232	A1	23-01-2003	WO 0237934 A2 16-05-2002
			US 2005209499 A1 22-09-2005
<hr/>			
US 2007016067	A1	18-01-2007	NONE
<hr/>			
WO 9831273	A1	23-07-1998	AU 6247498 A 07-08-1998
			US 6248101 B1 19-06-2001
<hr/>			
WO 9960921	A1	02-12-1999	AU 4318499 A 13-12-1999
			CA 2333583 A1 02-12-1999
			EP 1079730 A1 07-03-2001
			US 6129670 A 10-10-2000
			US 2003229282 A1 11-12-2003
			US 6512942 B1 28-01-2003

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/FR2010/000587

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE

INV. A61B17/34

ADD. A61B8/08 A61B17/00 A61B19/00

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 est réalisable, termes de recherche utilisés)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	EP 1 088 524 A1 (LIFE IMAGING SYSTEMS INC [CA] LONDON HEALTH SCIENCES CT [CA]) 4 avril 2001 (2001-04-04)	1-7,10
A	alinéas [0015], [0016], [0026], [0029] - [0031], [0034] - [0040]; figures 1-5,9a,9b	9
X	US 2003/018232 A1 (ELLIOTT DANIEL M [US] ET AL) 23 janvier 2003 (2003-01-23) alinéas [0071] - [0077], [0079], [0080], [0097], [0098]; figures 1,5,13,23	1-8,10
X	US 2007/016067 A1 (WEBSTER ROBERT J III [US] ET AL) 18 janvier 2007 (2007-01-18) alinéas [0046] - [0050], [0056] - [0059], [0068] - [0071]; figures 1-3,5	1-4,6,7
	----- -/-	



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
- *Z* document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

10 janvier 2011

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

19/01/2011

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,
 Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Maier, Christian

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°
PCT/FR2010/000587

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	WO 98/31273 A1 (WHITMORE WILLET F III [US]; BARZELL WINSTON E [US]; WILSON ROGER [US]) 23 juillet 1998 (1998-07-23) figures 1-5,9 -----	10
A	WO 99/60921 A1 (BURDETTE MEDICAL SYSTEMS [US]) 2 décembre 1999 (1999-12-02) figures 13A,13B -----	10

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/FR2010/000587

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 1088524	A1	04-04-2001	CA 2300705 A1	01-04-2001
			DE 60020472 D1	07-07-2005
			DE 60020472 T2	27-04-2006
			KR 20010039548 A	15-05-2001
			US 6610013 B1	26-08-2003

US 2003018232	A1	23-01-2003	WO 0237934 A2	16-05-2002
			US 2005209499 A1	22-09-2005

US 2007016067	A1	18-01-2007	AUCUN	

WO 9831273	A1	23-07-1998	AU 6247498 A	07-08-1998
			US 6248101 B1	19-06-2001

WO 9960921	A1	02-12-1999	AU 4318499 A	13-12-1999
			CA 2333583 A1	02-12-1999
			EP 1079730 A1	07-03-2001
			US 6129670 A	10-10-2000
			US 2003229282 A1	11-12-2003
			US 6512942 B1	28-01-2003
