

(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 2016/005688 A1

(43) Date de la publication internationale  
14 janvier 2016 (14.01.2016)

WIPO | PCT

- (51) Classification internationale des brevets :  
A61B 5/00 (2006.01) A61B 6/00 (2006.01)  
A61B 5/11 (2006.01) G06T 15/00 (2011.01)
- (21) Numéro de la demande internationale :  
PCT/FR2015/051861
- (22) Date de dépôt international :  
6 juillet 2015 (06.07.2015)
- (25) Langue de dépôt : français
- (26) Langue de publication : français
- (30) Données relatives à la priorité :  
1456536 7 juillet 2014 (07.07.2014) FR
- (71) Déposant : INRIA INSTITUT NATIONAL DE RECHERCHE EN INFORMATIQUE ET EN AUTOMATIQUE [FR/FR]; Domaine de Voluceau, Rocquencourt, F-78150 Le Chesnay (FR).
- (72) Inventeurs : PANSIOT, Julien; 35 Quai Jongkind, F-38000 Grenoble (FR). BOYER, Edmond; 12 rue Génésieu, F-38000 Grenoble (FR). REVERET, Lionel; 455 route de Monteuil, F-38500 La Buisse (FR).
- (74) Mandataire : CABINET NETTER; 36 avenue HOCHÉ, F-75008 Paris (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, BN, 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, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, 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.
- (84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasiatique (AM, AZ, BY, KG, KZ, 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, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée :

— avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))

(54) Title : SYSTEM AND METHOD FOR THREE-DIMENSIONAL DEPTH IMAGING

(54) Titre : SYSTEME ET PROCÉDE D'IMAGERIE TRIDIMENSIONNELLE EN PROFONDEUR

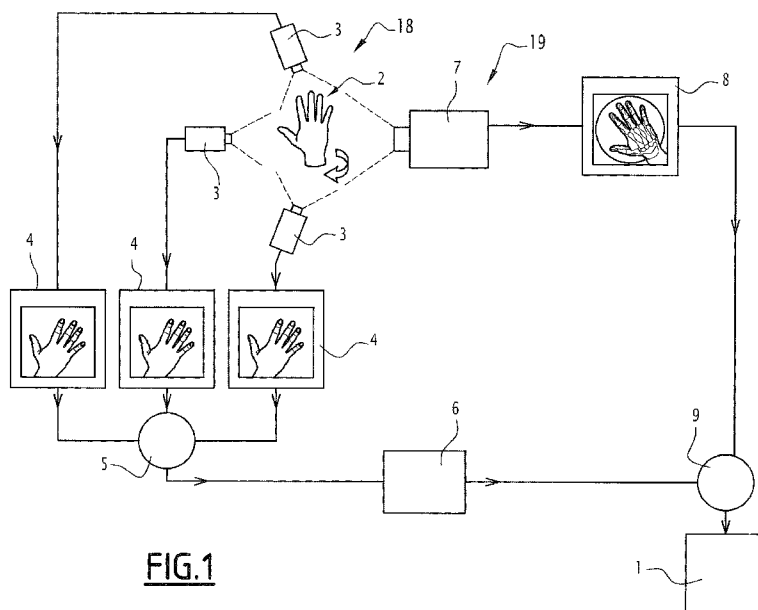


FIG.1

(57) Abstract : The invention relates to an imaging system and method aimed at constructing a three-dimensional depth image of a patient, which is particularly useful in the field of medical imaging, in particular in the field of X-ray imaging of moving patients. The system includes first imaging means 18 comprising at least one stationary surface-imaging device 3 allowing the acquisition of a sequence of two-dimensional surface images 4 of a patient 2, and a computer processor including a first reconstruction module 5 for constructing a sequence of three-dimensional surface representations 6 of a patient 2 from a series of simultaneous two-dimensional surface images taken in each sequence of two-dimensional surface images 4 acquired by the first imaging means. Second imaging means 19 comprise at least one stationary depth-imaging device 7 allowing the acquisition of a sequence of several two-dimensional depth images 8 of a patient. The computer processor includes a second reconstruction module 9 for constructing a three-dimensional depth representation 1 of

the patient from a sequence of three-dimensional surface representations of a patient constructed by the first reconstruction module and a sequence of two-dimensional depth images of the patient acquired by the stationary depth-imaging device.

(57) Abrégé :

[Suite sur la page suivante]

WO 2016/005688 A1



---

L'invention concerne un système et un procédé d'imagerie visant à construire une représentation tridimensionnelle en profondeur d'un sujet, trouvant notamment une application dans le domaine de l'imagerie médicale, en particulier dans le domaine de la radiographie de sujets en mouvement. Le système comprend des premiers moyens d'imagerie 18 comportant au moins un dispositif fixe d'imagerie de surface 3 permettant l'acquisition d'une séquence d'images bidimensionnelles de surface 4 d'un sujet 2, et une unité informatique de traitement comprenant un premier module de reconstruction 5 pour construire une séquence de représentations tridimensionnelles de surface 6 d'un sujet 2 à partir d'une série d'images bidimensionnelles de surface simultanées prises dans chaque séquence d'images bidimensionnelles de surface 6 acquise par les premiers moyens d'imagerie. Des deuxièmes moyens d'imagerie 19 comportent au moins un dispositif fixe d'imagerie en profondeur 7 permettant l'acquisition d'une séquence de plusieurs images bidimensionnelles en profondeur 8 d'un sujet. L'unité informatique de traitement comprend un deuxième module de reconstruction 9 pour construire une représentation tridimensionnelle en profondeur 1 du sujet à partir d'une séquence de représentations tridimensionnelles de surface du sujet construite par le premier module de reconstruction et d'une séquence d'images bidimensionnelles en profondeur du sujet acquises par le dispositif fixe d'imagerie en profondeur.

## **Systeme et procede d'imagerie tridimensionnelle en profondeur**

La présente invention concerne un système et un procédé d'imagerie visant à construire une représentation tridimensionnelle en profondeur d'un sujet, tel que tout ou partie d'un objet ou d'un corps. Elle trouve notamment une application dans le domaine de l'imagerie médicale, en particulier dans le domaine de la radiographie de sujets en mouvement. Elle peut par exemple être appliquée dans le cas d'une analyse de mouvement dans un contexte de réhabilitation post-opératoire, et plus généralement pour l'analyse de la dynamique interne des articulations d'un patient.

La capture du mouvement animal ou humain, qui permet une analyse fonctionnelle de ce mouvement, est devenue ces dernières années un sujet de plus en plus important au fil des améliorations des systèmes d'acquisition.

Il existe un certain nombre de solutions de capture et d'analyse du mouvement en trois dimensions, basées sur l'utilisation de repères visuels portés par le sujet dont on souhaite capturer le mouvement. Ces solutions permettent uniquement de reconstruire une information tridimensionnelle de surface.

Inversement, les techniques d'imagerie radiographique permettent la capture d'images de la structure interne d'un sujet en mouvement, mais qui restent des images bidimensionnelles.

Dans le domaine de l'imagerie radiographique, on connaît différentes techniques de tomographie permettant, en déplaçant une caméra à rayons X, d'obtenir un certain nombre d'images bidimensionnelles en profondeur d'un sujet, à partir desquelles on peut reconstruire une image tridimensionnelle en profondeur statique. Ces techniques présentent toutes l'inconvénient de nécessiter le déplacement du capteur à rayons X, l'acquisition d'un nombre relativement important d'images, et sont mal adaptées à l'acquisition d'images d'un sujet en mouvement.

On connaît par exemple les dispositifs de type scanners tomographiques par ordinateur, très coûteux, qui impliquent une forte dose de radiation et qui requièrent une immobilité totale du sujet dans un environnement confiné.

On connaît également les dispositifs tomographiques à faisceau conique modifié autorisant un mouvement pré-étalonné isocentrique du sujet, procurant plus de liberté d'utilisation et impliquant une plus faible dose qu'avec un scanner tomographique par ordinateur, mais qui requièrent néanmoins là encore l'immobilité du sujet. C'est le cas par exemple de la méthode proposée dans la publication de J. H. Siewerdsen, D. J. Moseley, S. Burch, S. K. Bisland, A. Bogaards, B. C. Wilson, and D. A. Jaffray, « Volume CT with a

flat-panel detector on a mobile, isocentric C-arm: pre-clinical investigation in guidance of minimally invasive surgery », *Medical physics*, 32(1):241–254, 2005.

On connaît également, de la publication de E. Y. Sidky, C.-M. Kao, and X. Pan, « Accurate image reconstruction from few-views and limited-angle data in divergent-beam ct », *Journal of X-ray Science and Technology*, 14(2):119–139, 2006, une méthode de reconstruction à partir d'un dispositif calibré d'imagerie par rayons X, basée sur l'hypothèse d'un nombre limité d'angles de vue et/ou de prises de vue.

Enfin, on connaît des dispositifs à faisceaux bi-planaires permettant de capturer le mouvement de deux points de vue différents. Le nombre de vues étant ainsi très limité, ces dispositifs nécessitent généralement des modèles a priori et/ou une intervention manuelle, et sont limités à la reconstruction tridimensionnelle de quelques points caractéristiques par simple triangulation.

Aucun des systèmes ou procédés d'imagerie radiographique connus ne permet de générer la reconstruction tridimensionnelle et en profondeur d'un sujet en mouvement, tout en limitant la dose de radioactivité subie par le sujet.

Un des buts de l'invention est donc notamment de résoudre les problèmes précités. Ainsi, l'invention a notamment pour objectif de proposer un système et un procédé permettant la reconstruction d'images tridimensionnelles d'un sujet en mouvement, qui soit peu coûteux, et qui limite la dose de radioactivité subie par le sujet lorsque la technique d'imagerie radiographique est utilisée.

Ainsi, l'invention a pour objet, selon un premier aspect, un système d'imagerie destiné à construire une représentation tridimensionnelle en profondeur d'un sujet, tel que tout ou partie d'un objet ou d'un corps, comprenant des premiers moyens d'imagerie comportant au moins un dispositif fixe d'imagerie de surface apte à permettre l'acquisition d'une séquence de plusieurs images bidimensionnelles de surface d'un sujet, et une unité informatique de traitement comprenant un premier module de reconstruction apte à construire une séquence de représentations tridimensionnelles de surface d'un sujet à partir d'une série d'images bidimensionnelles de surface simultanées prises dans chaque séquence d'images bidimensionnelles de surface acquise par les premiers moyens d'imagerie.

Le dispositif comprend également des deuxièmes moyens d'imagerie comportant au moins un dispositif fixe d'imagerie en profondeur apte à permettre l'acquisition d'une séquence de plusieurs images bidimensionnelles en profondeur d'un sujet.

L'unité informatique de traitement comprend un deuxième module de reconstruction apte à construire une représentation tridimensionnelle en profondeur du

sujet à partir d'une séquence de représentations tridimensionnelles de surface du sujet construite par le premier module de reconstruction et d'une séquence d'images bidimensionnelles en profondeur du sujet acquises par le dispositif fixe d'imagerie en profondeur.

Suivant certains modes de réalisation, le système comprend en outre une ou plusieurs des caractéristiques suivantes, prise(s) isolément ou suivant toutes les combinaisons techniquement possibles :

- le deuxième module de reconstruction comprend un sous-module de détermination de pose initiale apte à déterminer, pour chaque représentation tridimensionnelle de surface, une pose initiale définissant la position de chaque point de ladite représentation tridimensionnelle de surface par rapport à la position de ce dit point dans une représentation tridimensionnelle de surface de référence, et le deuxième module de reconstruction comprend un sous-module de traitement apte à reconstruire une représentation tridimensionnelle en profondeur du sujet à partir de la séquence de poses initiales obtenues par le sous-module de détermination de pose initiale et de la séquence d'images bidimensionnelles en profondeur du sujet obtenue par les deuxièmes moyens d'imagerie ;

- le deuxième module de reconstruction comprend un sous-module de recalage de pose apte à recaler chaque pose initiale avec une séquence d'images bidimensionnelles en profondeur du sujet obtenues par les deuxièmes moyens d'imagerie, et à générer une pose recalée, et le sous-module de traitement est apte à reconstruire une représentation tridimensionnelle en profondeur du sujet à partir d'une séquence de poses recalées obtenue par le sous-module de recalage de pose et de la séquence d'images bidimensionnelles en profondeur du sujet obtenue par les deuxièmes moyens d'imagerie ;

- le premier module de reconstruction comprend un sous-module de maillage apte à créer une séquence de maillages tridimensionnels du sujet à partir d'une série d'images bidimensionnelles de surface simultanées prises dans chaque séquence d'images bidimensionnelles de surface acquise par les premiers moyens d'imagerie, et le deuxième module de reconstruction est apte à construire la représentation tridimensionnelle en profondeur du sujet à partir d'une séquence de maillages tridimensionnels du sujet construite par le sous-module de maillage et de la séquence d'images bidimensionnelles en profondeur du sujet obtenue par les deuxièmes moyens d'imagerie ;

- l'unité informatique de traitement comprend un premier module de segmentation apte à créer une séquence de silhouettes bidimensionnelles de surface d'un sujet à partir d'une séquence d'images bidimensionnelles de surface du sujet acquise par les premiers

moyens d'imagerie, en segmentant chaque image bidimensionnelles de surface de son arrière-plan, et le premier module de reconstruction est apte à construire la séquence de représentations tridimensionnelles de surface d'un sujet à partir d'une série de silhouette bidimensionnelles de surface simultanées prises dans chaque séquence d'images bidimensionnelles de surface obtenues par le premier module de segmentation ;

- l'unité de traitement informatique comprend un deuxième module de segmentation apte à créer une séquence de silhouettes bidimensionnelles en profondeur d'un sujet à partir d'une séquence d'images bidimensionnelles en profondeur du sujet acquise par le dispositif fixe d'imagerie en profondeur, en segmentant chaque image bidimensionnelle en profondeur de son arrière-plan, et le deuxième module de reconstruction est apte à construire la représentation tridimensionnelle en profondeur du sujet à partir de la séquence de représentations tridimensionnelles de surface du sujet construite par le premier module de reconstruction et d'une séquence d'images bidimensionnelles en profondeur du sujet ;

- le dispositif d'imagerie de surface est un dispositif d'imagerie couleur, d'imagerie « temps de vol » ou un capteur de surface par lumière structurée, et le dispositif d'imagerie en profondeur est un dispositif d'imagerie par rayons X ou par ultrasons ;

L'invention a également pour objet, selon un deuxième aspect, un procédé d'imagerie destiné à construire une représentation tridimensionnelle en profondeur d'un sujet, tel que tout ou partie d'un objet ou d'un corps, comprenant une première étape d'acquisition d'au moins une séquence de plusieurs images bidimensionnelles de surface du sujet par des premiers moyens d'imagerie comportant au moins un dispositif fixe d'imagerie de surface, une première étape de reconstruction, par un premier module de reconstruction d'une unité de traitement informatique, d'au moins une séquence de représentations tridimensionnelles de surface du sujet à partir d'une série d'images bidimensionnelles de surface simultanées prises dans chaque séquence d'images bidimensionnelles de surface acquise par la première étape d'acquisition.

Le procédé comprend également une deuxième étape d'acquisition d'au moins une séquence de plusieurs images bidimensionnelles en profondeur du sujet, par des deuxièmes moyens d'imagerie comportant au moins un dispositif fixe d'imagerie en profondeur, et une deuxième étape de reconstruction, par un deuxième module de reconstruction de l'unité de traitement informatique, d'une représentation tridimensionnelle en profondeur du sujet à partir de la séquence de représentations tridimensionnelles de surface du sujet construite à la première étape de reconstruction et de la séquence d'images bidimensionnelles en profondeur du sujet acquise par la deuxième étape

d'acquisition.

Suivant certains modes de mise en œuvre, le procédé comprend en outre une ou plusieurs des caractéristiques suivantes, prise(s) isolément ou suivant toutes les combinaisons techniquement possibles :

- la deuxième étape de reconstruction comprend d'une part une étape de détermination de pose initiale, par un sous-module de détermination de pose initiale du deuxième module de reconstruction, permettant de déterminer, pour chaque représentation tridimensionnelle de surface, une pose initiale définissant la position de chaque point de ladite représentation tridimensionnelle de surface par rapport à la position de ce dit point dans une représentation tridimensionnelle de surface de référence, et d'autre part une étape de traitement, par un sous-module de traitement du deuxième module de reconstruction, pour reconstruire la représentation tridimensionnelle en profondeur du sujet à partir de la séquence de poses initiales déterminée par l'étape de détermination de pose initiale et de la séquence d'images bidimensionnelles en profondeur du sujet acquise par la deuxième étape d'acquisition ;

- la représentation tridimensionnelle de surface de référence est obtenue à partir d'un modèle externe, ou d'une combinaison de tout ou partie des représentations tridimensionnelles de surface de la séquence de représentations tridimensionnelles de surface.

- la deuxième étape de reconstruction comprend une étape de recalage de pose, par un sous-module de recalage du deuxième module de reconstruction, pour recalibrer chaque pose initiale avec la séquence d'images bidimensionnelles en profondeur du sujet obtenue par la deuxième étape d'acquisition, et générer une pose recalée, et l'étape de traitement reconstruit la représentation tridimensionnelle en profondeur du sujet à partir de la séquence de poses recalée par l'étape de recalage de pose et de la séquence d'images bidimensionnelles en profondeur du sujet acquise par la deuxième étape d'acquisition ;

- la première étape de reconstruction comprend une étape de maillage, par un sous-module de maillage du premier module de reconstruction, pour créer un maillage tridimensionnel du sujet à partir d'une série d'images bidimensionnelles de surface simultanées prises dans chaque séquence d'images bidimensionnelles de surface acquise par la première étape d'acquisition, et la deuxième étape de reconstruction reconstruit la représentation tridimensionnelle en profondeur du sujet à partir de la séquence de maillage tridimensionnel du sujet construite à l'étape de maillage et de la séquence d'images bidimensionnelles en profondeur du sujet acquise par la deuxième

étape d'acquisition ;

- la première étape d'acquisition comprend une première étape de segmentation, par un premier module de segmentation, pour créer une séquence de silhouettes bidimensionnelle de surface du sujet à partir de chaque séquence d'images bidimensionnelles de surface du sujet préalablement acquise, en segmentant lesdites images bidimensionnelles de surface de leurs arrière-plans, et la première étape de reconstruction reconstruit la séquence de représentations tridimensionnelles de surface du sujet à partir d'une série de silhouettes bidimensionnelles de surface simultanées prises dans chaque séquence de silhouettes bidimensionnelles de surface obtenue par la première étape de segmentation ;

- la deuxième étape d'acquisition comprend une deuxième étape de segmentation, par un deuxième module de segmentation, pour créer une séquence de silhouettes bidimensionnelles en profondeur du sujet à partir de la séquence d'images bidimensionnelles en profondeur du sujet acquise par la deuxième étape d'acquisition, en segmentant lesdites images bidimensionnelles en profondeur de leurs arrière-plans, et la deuxième étape de reconstruction construit la représentation tridimensionnelle en profondeur du sujet à partir de la séquence de représentations tridimensionnelles de surface du sujet construite à la première étape de reconstruction, de la séquence d'images bidimensionnelles en profondeur obtenues par les deuxièmes moyens d'imagerie, et de la séquence de silhouettes bidimensionnelles en profondeur du sujet obtenue par la deuxième étape de segmentation ;

- préalablement aux première et deuxième étapes d'acquisition, les dispositifs fixes d'imagerie de surface et d'imagerie en profondeur sont calibrés dans un système de coordonnées commun ;

- la première étape d'acquisition est une étape d'acquisition par dispositifs d'imagerie couleur, d'imagerie « temps de vol » ou de type capteurs de surface par lumière structurée, et la deuxième étape d'acquisition est une étape d'acquisition par dispositifs à rayons X ou ultrasons.

Ainsi, la capture simultanée du mouvement de la structure interne du sujet, tel que le squelette ou une partie du squelette d'une personne ou d'un animal, et de la surface externe de ce sujet, ouvre des possibilités d'analyse de mouvement importantes, telle que l'analyse de mouvement dans le cas d'une réhabilitation post-opératoire, et plus généralement l'analyse de la dynamique interne des articulations d'un patient.

La combinaison d'au moins un dispositif d'imagerie bidimensionnelle de surface et d'au moins un dispositif d'imagerie bidimensionnelle en profondeur, tel qu'un dispositif

d'imagerie par rayons X ou par ultrasons, permet l'acquisition du mouvement, rigide ou non, d'un sujet sans utilisation de marqueurs.

L'ensemble des dispositifs d'acquisition reste statique, ce qui élimine la nécessité d'utiliser des systèmes mobiles complexes qui doivent être contrôlés de façon extrêmement fine, et qui sont coûteux.

Par ailleurs, le nombre d'images bidimensionnelles en profondeur nécessaire à la reconstruction est limité, ce qui réduit fortement la dose de radioactivité subie par le sujet lorsque la technique d'imagerie radiographique est utilisée.

Le système et le procédé de l'invention n'utilisent pas de modèles, tels qu'un modèle anatomique du sujet, éliminant ainsi les problématiques de détermination du modèle et de son ajustement.

Aussi, le système et le procédé de l'invention permettent la reconstruction de l'image tridimensionnelle en profondeur d'un sujet de forme inconnue.

Selon le système et le procédé de l'invention, le mouvement éventuel du sujet n'est pas considéré comme du bruit, mais est au contraire utilisé pour la reconstruction.

Les caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture de la description qui va suivre, donnée uniquement à titre d'exemple, et non limitative, en référence aux figures annexées suivantes :

- figure 1 : représentation schématique d'un exemple de système et de procédé selon l'invention ;
- figure 2 : représentation schématique d'un mode de réalisation et de mise en œuvre d'une partie du système et du procédé de la figure 1 relative à l'acquisition de surface ;
- figure 3 : représentation schématique d'un mode de réalisation et de mise en œuvre de la partie du système et du procédé de la figure 1 relative à l'acquisition en profondeur.

L'exemple décrit en référence aux figures 1 à 3 est basé sur l'utilisation d'une source d'image par rayons X pour l'acquisition d'informations sur la structure interne du sujet, combinée avec un ensemble de caméras couleurs utilisées pour construire la représentation tridimensionnelle de surface du sujet, le tout suivi sur une période de temps donnée.

Le système comprend ainsi des premiers moyens d'imagerie 18. Ces moyens d'imagerie 18 comprennent eux-mêmes au moins un dispositif fixe d'imagerie de surface 3, tel qu'une caméra couleur 3, une caméra « temps de vol », ou un capteur de surface par lumière structurée. Dans l'exemple représenté à la figure 1, les moyens d'imagerie 18

comprennent trois dispositifs d'imagerie fixes de surface 3.

Chaque caméra 3 permet d'acquérir une séquence d'images bidimensionnelles de surface 4 du sujet 2, en l'occurrence la main 2 d'une personne, disposée dans le volume d'acquisition, c'est-à-dire le volume observable par les caméras 3.

Une unité informatique de traitement, non représentée sur les figures, permet, au moyen d'un premier module de reconstruction 5, de construire une série de représentations tridimensionnelles de surface 6 du sujet 2, à partir de séries d'images bidimensionnelles de surface 4 simultanées, prises dans chaque séquence d'images bidimensionnelles de surface 4 acquise par les caméras 3.

Par ailleurs, le système comprend également des deuxièmes moyens d'imagerie 19. Ces moyens d'imagerie 19 comprennent au moins un dispositif fixe d'imagerie en profondeur 7, par exemple de type dispositif d'imagerie par rayons X ou par ultrasons.

Le dispositif fixe d'imagerie en profondeur 7 permet d'acquérir une séquence d'images bidimensionnelles en profondeur 8 du sujet 2.

L'unité informatique de traitement permet par ailleurs, au moyen d'un deuxième module de reconstruction 9, de construire une représentation tridimensionnelle en profondeur 1, à partir d'une part d'une séquence de poses initiales 17, dans laquelle chaque pose initiale 17 est dérivée d'une représentation tridimensionnelle de surface 6, et d'autre part d'une séquence d'images bidimensionnelles en profondeur 8 acquises par le dispositif fixe d'imagerie en profondeur 7.

La notion de pose initiale 17 sera expliquée plus en détail en référence à la figure 2, un peu plus loin.

Les caméras 3 et le dispositif fixe d'imagerie en profondeur 7 doivent de préférence être calibrés, dans un système de coordonnées commun, préalablement à l'acquisition des images 4, 8.

Dans un mode de réalisation et de mise en œuvre, dont quelques détails sont représentés à la figure 2, la représentation tridimensionnelle de surface 6 prend la forme d'un maillage tridimensionnel 6, créé par un sous-module de maillage 5a du premier module de reconstruction 5, à partir des séries d'images bidimensionnelles de surface 4 simultanées prises dans chaque séquence d'images bidimensionnelles de surface 4.

De préférence, préalablement à la mise en œuvre du sous-module de maillage 5b pour l'obtention du maillage tridimensionnel 6, les images bidimensionnelles de surface 4 sont segmentées, au moyen d'un premier module de segmentation 10 de l'unité informatique de traitement, en sorte de créer des séquences de silhouettes bidimensionnelles de surface 11 qui correspondent aux images bidimensionnelles de

surface 4 segmentées de leur arrière-plan.

Dans un mode de réalisation particulier, chaque image bidimensionnelle de surface 4 est segmentée séparément des autres. Dans ce cas, soit le premier module de segmentation 10 est mis en œuvre successivement pour segmenter chaque image bidimensionnelle de surface 4, soit plusieurs modules de segmentation 10 sont mis en œuvre en parallèle pour segmenter plusieurs images bidimensionnelles de surface 4 simultanément.

Dans un autre mode de réalisation particulier, un unique module de segmentation 10 segmente parallèlement tout ou partie des images bidimensionnelles de surface 4, par exemple en utilisant certaines parties de certaines des images pour la segmentation d'autres images.

D'une façon plus générale, il est possible d'utiliser une combinaison des modes de réalisation mentionnés ci-dessus pour la segmentation, à savoir une combinaison de segmentations individuelles et successives pour certaines des images bidimensionnelles de surface 4, de segmentation individuelles et parallèles d'autres images bidimensionnelles de surface 4, et de segmentation combinée et parallèle d'autres encore images bidimensionnelles de surface 4.

Les maillages tridimensionnels 6 peuvent être obtenus par un algorithme de type enveloppes visuelles polyédrales.

Les maillages tridimensionnels 6 ainsi obtenus sont ensuite comparés à un maillage de référence 21, ou représentation tridimensionnelle de surface de référence 21, par un sous-module de détermination de pose initiale 9a du deuxième module de reconstruction 9.

Ce maillage de référence 21 peut être par exemple le maillage 6 correspondant à la première série d'images bidimensionnelles de surface 4 simultanées prises dans chaque séquence d'images bidimensionnelles de surface 4, donc au premier maillage 6 de la séquence de maillages 6.

Il peut aussi s'agir du maillage 6 correspondant à l'une quelconque des série d'images bidimensionnelles de surface 4 simultanées prises dans la séquence d'images bidimensionnelles de surface 4, donc à l'un quelconque des maillages 6 de la séquence de maillages 6.

Plus généralement, ce maillage de référence 21 peut être une combinaison, telle que la moyenne, de tout ou partie des maillages 6 de la séquence de maillages 6.

Alternativement, ce maillage de référence 21 peut aussi provenir d'un modèle extérieur au système.

Plus précisément, le sous-module de détermination de pose initiale 9a utilise un algorithme robuste de type « iterative closest point » ou ICP, avec détection des aberrations.

Ceci permet de déterminer comment les points de chaque maillage tridimensionnel 6 se positionnent, en translation et en rotation, par rapport à leur position, en translation et rotation, dans le maillage de référence 21.

On obtient ainsi, en sortie du sous-module de détermination de pose initiale 9a, une séquence de poses initiales 17.

Comme on peut le voir sur la figure 3, ensuite, un sous-module de traitement 9c du module de reconstruction 9 permet de reconstruire la représentation tridimensionnelle en profondeur 1 du sujet 2 à partir de la séquence de poses initiales 17 obtenues par le sous-module de détermination de pose initiale 9a et de la séquence d'images bidimensionnelles en profondeur 8, 13 du sujet 2 obtenue par les deuxièmes moyens d'imagerie 19.

Dans un mode de réalisation et de mise en œuvre, dont quelques détails sont représentés à la figure 3, préalablement à la reconstruction par le sous-module de traitement 9c, de la représentation tridimensionnelle en profondeur 1, on effectue un recalage, par un module de recalage de pose 9b du module de reconstruction 9, des images bidimensionnelles en profondeur 8 et de la représentation tridimensionnelle de surface 6.

Ce recalage génère une séquence de poses recalées 15, et le sous-module de traitement 9c reconstruit alors la représentation tridimensionnelle en profondeur 1 du sujet 2 à partir de la séquence de poses recalées 15 ainsi obtenues, et de la séquence d'images bidimensionnelles en profondeur 8, 13 du sujet 2 obtenue par les deuxièmes moyens d'imagerie 19.

Ce recalage permet d'améliorer la représentation tridimensionnelle de surface 6, dans la mesure où les maillages tridimensionnels 6 comprennent des artefacts dus à la méthode et au nombre limité de caméras 3 utilisées, qui génèrent du bruit lors de la création de cette représentation tridimensionnelle de surface 6.

Dans ce but, on met en œuvre le recalage de préférence non pas sur les images bidimensionnelles en profondeur 8 mais sur des images segmentées 13 de ces images bidimensionnelles en profondeur 8.

Ainsi, préalablement à la mise en œuvre d'un sous-module de recalage 12b, les images bidimensionnelles en profondeur 8 sont segmentées, au moyen d'un deuxième module de segmentation 12, en sorte de créer des séquences de silhouettes

bidimensionnelles en profondeur 13 qui correspondent aux images bidimensionnelles en profondeur 8 segmentées de leur lumière d'arrière-plan.

Dans le cas où l'on utilise plusieurs dispositifs fixes d'imagerie en profondeur 7, les considérations sur la mise en œuvre du premier module de segmentation 10 présentée plus haut en référence à la figure 1, s'appliquent également à la mise en œuvre de ce deuxième module de segmentation 12.

Le recalage est basé sur l'hypothèse selon laquelle si une représentation tridimensionnelle était parfaite, la reprojektion de son volume dans le plan de l'image bidimensionnelle en profondeur correspondrait exactement à la silhouette bidimensionnelle en profondeur.

Une fonction de coût pénalisant les différences entre les silhouettes bidimensionnelles en profondeur 13 et le modèle reprojété est utilisée, avec une méthode de descente de gradient, pour affiner de façon itérative la représentation tridimensionnelle.

Cette étape de recalage permet aussi de compenser un léger désalignement spatial et temporel entre la reconstruction tridimensionnelle de surface 6 et les silhouettes en profondeur 13.

Pour obtenir la représentation tridimensionnelle en profondeur 1, par le module de reconstruction 9, en particulier par le sous-module de reconstruction ou traitement 9c, on peut utiliser la méthode décrite par S. Kaczmarz dans « Angenäherte auflösung von systemen linearer gleichungen », Bulletin International de l'Académie Polonaise des Sciences et des Lettres, Classe des Sciences Mathématiques et Naturelles, Série A, Sciences Mathématiques, pages 355–357, 1937 (aussi appelée la Technique de Reconstruction Algébrique ou ART).

Cette méthode est donc utilisée pour reconstruire de façon itérative la représentation tridimensionnelle en profondeur 1.

Il est ainsi nécessaire que l'acquisition de la ou des séquences d'images bidimensionnelles de surface 4 par les premiers moyens d'imagerie 18 et l'acquisition de la ou des séquences d'images bidimensionnelles en profondeur 8 par les deuxièmes moyens d'imagerie 19, soient simultanées.

Dans la mesure où la quantité et la nature des données observées peuvent rendre le problème localement mal posé, on peut constater un bruit de haute fréquence dans le résultat. Aussi, sur la base de l'hypothèse selon laquelle les organismes vivants peuvent être modélisés par un ensemble relativement homogène de tissus, une adaptation tridimensionnelle de la méthode de Rudin et al. « Nonlinear total variation based noise

removal algorithms » décrite dans *Physica D:Nonlinear Phenomena*, 60(1):259–268, 1992, est appliquée sur la représentation tridimensionnelle entre chaque itération.

La présente description est donnée à titre d'exemple non limitatif de l'invention. Ainsi, le nombre de caméras 3 et de dispositifs d'imagerie en profondeur 7, n'est pas limitatif de l'invention. En effet un seul dispositif d'imagerie en profondeur 7 suffit pour la mise en œuvre de l'invention. Egalement, un seul dispositif d'imagerie de surface 3 suffit, même si dans ce cas la génération d'une représentation tridimensionnelle de surface est plus compliquée. Dans ce cas, en effet, le dispositif d'imagerie de surface 3 acquière une séquence d'images 4, et l'on construit chaque représentation tridimensionnelle de surface 6 de la séquence correspondante de représentations tridimensionnelles de surface 6, à partir d'une seule image 4. Pour généraliser, on acquière, avec N caméras 3, N séquences comprenant chacune M images 4, et l'on crée une séquence correspondante de M images tridimensionnelles de surface 6, chacune à partir de N images simultanées prises dans chaque séquence de M images 4.

Dans un mode de réalisation préféré, on utilise un dispositif d'imagerie en profondeur 7 et huit dispositifs d'imagerie de surface 3, avec 32 images par séquence.

Par ailleurs, la technique d'acquisition pour les images de surface 4 n'est pas nécessairement une technique d'imagerie couleur. D'autres technologies, telles qu'une caméra « temps de vol », ou un capteur de surface par lumière structurée, peuvent être utilisées.

De même, la technique d'acquisition pour les images en profondeur 8 n'est pas nécessairement une technique d'imagerie par rayons X. D'autres techniques, telles que l'imagerie par ultrasons, peuvent être utilisées.

### REVENDICATIONS

1.- Système d'imagerie destiné à construire une représentation tridimensionnelle en profondeur (1) d'un sujet (2), tel que tout ou partie d'un objet ou d'un corps, comprenant des premiers moyens d'imagerie (18) comportant au moins un dispositif fixe d'imagerie de surface (3) apte à permettre l'acquisition d'une séquence de plusieurs images bidimensionnelles de surface (4, 11) d'un sujet (2), et une unité informatique de traitement comprenant un premier module de reconstruction (5) apte à construire une séquence de représentations tridimensionnelles de surface (6) d'un sujet (2) à partir d'une série d'images bidimensionnelles de surface (4, 11) simultanées prises dans chaque séquence d'images bidimensionnelles de surface (6) acquise par les premiers moyens d'imagerie (18),

caractérisé en ce qu'il comprend également des deuxièmes moyens d'imagerie (19) comportant au moins un dispositif fixe d'imagerie en profondeur (7) apte à permettre l'acquisition d'une séquence de plusieurs images bidimensionnelles en profondeur (8, 13) d'un sujet (2), et en ce que l'unité informatique de traitement comprend un deuxième module de reconstruction (9) apte à construire une représentation tridimensionnelle en profondeur (1) du sujet (2) à partir d'une séquence de représentations tridimensionnelles de surface (6) du sujet (2) construite par le premier module de reconstruction (5) et d'une séquence d'images bidimensionnelles en profondeur (8, 13) du sujet (2) acquises par le dispositif fixe d'imagerie en profondeur (7).

2.- Système selon la revendication 1, caractérisé en ce que le deuxième module de reconstruction (9) comprend un sous-module de détermination de pose initiale (9a) apte à déterminer, pour chaque représentation tridimensionnelle de surface (6), une pose initiale (17) définissant la position de chaque point de ladite représentation tridimensionnelle de surface (6) par rapport à la position de ce dit point dans une représentation tridimensionnelle de surface de référence (21), et en ce que le deuxième module de reconstruction (9) comprend un sous-module de traitement (9c) apte à reconstruire une représentation tridimensionnelle en profondeur (1) du sujet (2) à partir de la séquence de poses initiales (17) obtenues par le sous-module de détermination de pose initiale (9a) et de la séquence d'images bidimensionnelles en profondeur (8, 13) du sujet (2) obtenue par les deuxièmes moyens d'imagerie (19).

3.- Système selon la revendication 2, caractérisé en ce que le deuxième module de reconstruction (9) comprend un sous-module de recalage de pose (9b) apte à recalculer

chaque pose initiale (17) avec une séquence d'images bidimensionnelles en profondeur (8, 13) du sujet (2) obtenues par les deuxièmes moyens d'imagerie (19), et à générer une pose recalée (15), et en ce que le sous-module de traitement (9c) est apte à reconstruire une représentation tridimensionnelle en profondeur (1) du sujet (2) à partir d'une séquence de poses recalées (15) obtenue par le sous-module de recalage de pose (9b) et de la séquence d'images bidimensionnelles en profondeur (8, 13) du sujet (2) obtenue par les deuxièmes moyens d'imagerie (19).

4.- Système selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que le premier module de reconstruction (5) comprend un sous-module de maillage (5a) apte à créer une séquence de maillages tridimensionnels (6) du sujet (2) à partir d'une série d'images bidimensionnelles de surface (4, 11) simultanées prises dans chaque séquence d'images bidimensionnelles de surface (4, 11) acquise par les premiers moyens d'imagerie (18), et en ce que le deuxième module de reconstruction (9) est apte à construire la représentation tridimensionnelle en profondeur (1) du sujet (2) à partir d'une séquence de maillages tridimensionnels (6) du sujet (2) construite par le sous-module de maillage (5a) et de la séquence d'images bidimensionnelles en profondeur (8, 13) du sujet (2) obtenue par les deuxièmes moyens d'imagerie (19).

5.- Système selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que l'unité informatique de traitement comprend un premier module de segmentation (10) apte à créer une séquence de silhouettes bidimensionnelles de surface (11) d'un sujet (2) à partir d'une séquence d'images bidimensionnelles de surface (4) du sujet (2) acquise par les premiers moyens d'imagerie (18), en segmentant chaque image bidimensionnelles de surface (4) de son arrière-plan, et en ce que le premier module de reconstruction (5) est apte à construire la séquence de représentations tridimensionnelles de surface (6) d'un sujet (2) à partir d'une série de silhouette bidimensionnelles de surface (4, 11) simultanées prises dans chaque séquence d'images bidimensionnelles de surface (6) obtenues par le premier module de segmentation (10),

6.- Système selon la revendication 5, caractérisé en ce que l'unité de traitement informatique comprend un deuxième module de segmentation (12) apte à créer une séquence de silhouettes bidimensionnelles en profondeur (13) d'un sujet (2) à partir d'une séquence d'images bidimensionnelles en profondeur (8) du sujet (2) acquise par le dispositif fixe d'imagerie en profondeur (7), en segmentant chaque image

bidimensionnelle en profondeur (8) de son arrière-plan, le deuxième module de reconstruction (9) est apte à construire la représentation tridimensionnelle en profondeur (1) du sujet (2) à partir de la séquence de représentations tridimensionnelles de surface (6) du sujet (2) construite par le premier module de reconstruction (5) et d'une séquence d'images bidimensionnelles en profondeur (13) du sujet (2).

7.- Système selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que le dispositif d'imagerie de surface (3) est un dispositif d'imagerie couleur, d'imagerie « temps de vol » ou un capteur de surface par lumière structurée, et le dispositif d'imagerie en profondeur (7) est un dispositif d'imagerie par rayons X ou par ultrasons.

8.- Procédé d'imagerie destiné à construire une représentation tridimensionnelle en profondeur (1) d'un sujet (2), tel que tout ou partie d'un objet ou d'un corps, comprenant une première étape d'acquisition d'au moins une séquence de plusieurs images bidimensionnelles de surface (4, 11) du sujet (2) par des premiers moyens d'imagerie (18) comportant au moins un dispositif fixe d'imagerie de surface (3), une première étape de reconstruction, par un premier module de reconstruction (5) d'une unité de traitement informatique, d'au moins une séquence de représentations tridimensionnelles de surface (6) du sujet (2) à partir d'une série d'images bidimensionnelles de surface (4, 11) simultanées prises dans chaque séquence d'images bidimensionnelles de surface (4, 11) acquise par la première étape d'acquisition, caractérisé en ce qu'il comprend également une deuxième étape d'acquisition d'au moins une séquence de plusieurs images bidimensionnelles en profondeur (8, 13) du sujet (2), par des deuxièmes moyens d'imagerie (19) comportant au moins un dispositif fixe d'imagerie en profondeur (7), et une deuxième étape de reconstruction, par un deuxième module de reconstruction (9) de l'unité de traitement informatique, d'une représentation tridimensionnelle en profondeur (1) du sujet (2) à partir de la séquence de représentations tridimensionnelles de surface (6) du sujet (2) construite à la première étape de reconstruction et de la séquence d'images bidimensionnelles en profondeur (8, 13) du sujet (2) acquise par la deuxième étape d'acquisition.

9.- Procédé selon la revendication 8, caractérisé en ce que la deuxième étape de reconstruction comprend d'une part une étape de détermination de pose initiale, par un sous-module de détermination de pose initiale (9a) du deuxième module de reconstruction (9), permettant de déterminer, pour chaque représentation

tridimensionnelle de surface (6), une pose initiale (17) définissant la position de chaque point de ladite représentation tridimensionnelle de surface (6) par rapport à la position de ce dit point dans une représentation tridimensionnelle de surface de référence (21), et d'autre part une étape de traitement, par un sous-module de traitement (9c) du deuxième module de reconstruction (9), pour reconstruire la représentation tridimensionnelle en profondeur (1) du sujet (2) à partir de la séquence de poses initiales (17) déterminée par l'étape de détermination de pose initiale et de la séquence d'images bidimensionnelles en profondeur (8, 13) du sujet (2) acquise par la deuxième étape d'acquisition.

10.- Procédé selon la revendication 9, caractérisé en ce que la représentation tridimensionnelle de surface de référence (21) est obtenue à partir d'un modèle externe, ou d'une combinaison de tout ou partie des représentations tridimensionnelles de surface (6) de la séquence de représentations tridimensionnelle de surface (6).

11.- Procédé selon l'une quelconque des revendications 9 et 10, caractérisé en ce que la deuxième étape de reconstruction comprend une étape de recalage de pose, par un sous-module de recalage (9b) du deuxième module de reconstruction (9), pour recaler chaque pose initiale (17) avec la séquence d'images bidimensionnelles en profondeur (8, 13) du sujet (2) obtenue par la deuxième étape d'acquisition, et générer une pose recalée (15), et en ce que l'étape de traitement reconstruit la représentation tridimensionnelle en profondeur (1) du sujet (2) à partir de la séquence de poses recalée (15) par l'étape de recalage de pose et de la séquence d'images bidimensionnelles en profondeur (8, 13) du sujet (2) acquise par la deuxième étape d'acquisition.

12.- Procédé selon l'une quelconque des revendications 8 à 11, caractérisé en ce que la première étape de reconstruction comprend une étape de maillage, par un sous-module de maillage (5a) du premier module de reconstruction (5), pour créer un maillage tridimensionnel (6) du sujet (2) à partir d'une série d'images bidimensionnelles de surface (4, 11) simultanées prises dans chaque séquence d'images bidimensionnelles de surface (4, 11) acquise par la première étape d'acquisition et en ce que la deuxième étape de reconstruction reconstruit la représentation tridimensionnelle en profondeur (1) du sujet (2) à partir de la séquence de maillage tridimensionnel (6) du sujet (2) construite à l'étape de maillage et de la séquence d'images bidimensionnelles en profondeur (8, 13) du sujet (2) acquise par la deuxième étape d'acquisition.

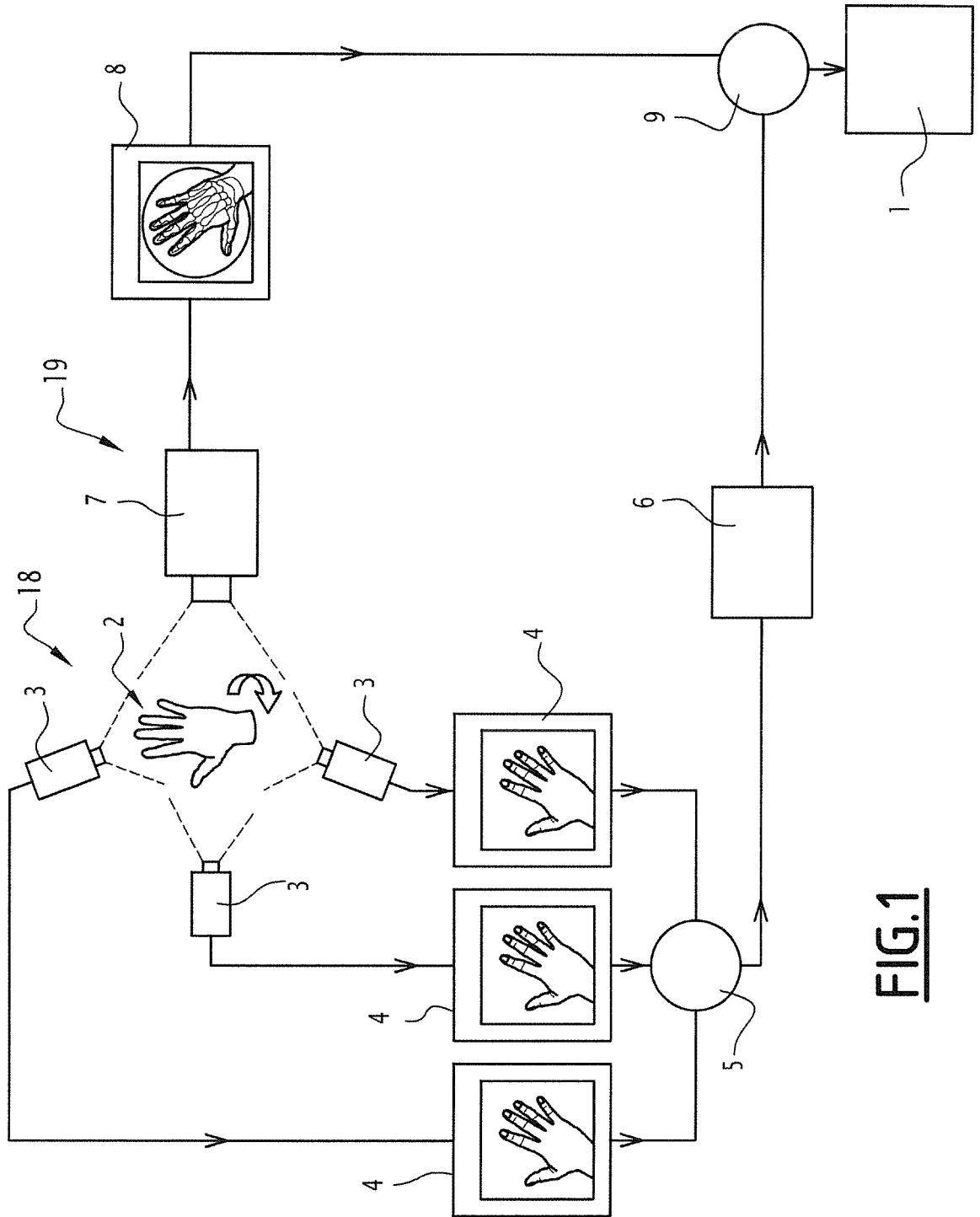
13.- Procédé selon l'une quelconque des revendications 8 à 12, caractérisé en ce

que la première étape d'acquisition comprend une première étape de segmentation, par un premier module de segmentation (10), pour créer une séquence de silhouettes bidimensionnelle de surface (11) du sujet (2) à partir de chaque séquence d'images bidimensionnelles de surface (4) du sujet (2) préalablement acquise, en segmentant lesdites images bidimensionnelles de surface (4) de leurs arrière-plans, et en ce que la première étape de reconstruction reconstruit la séquence de représentations tridimensionnelles de surface (6) du sujet (2) à partir d'une série de silhouettes bidimensionnelles de surface (11) simultanées prises dans chaque séquence de silhouettes bidimensionnelles de surface (11) obtenue par la première étape de segmentation.

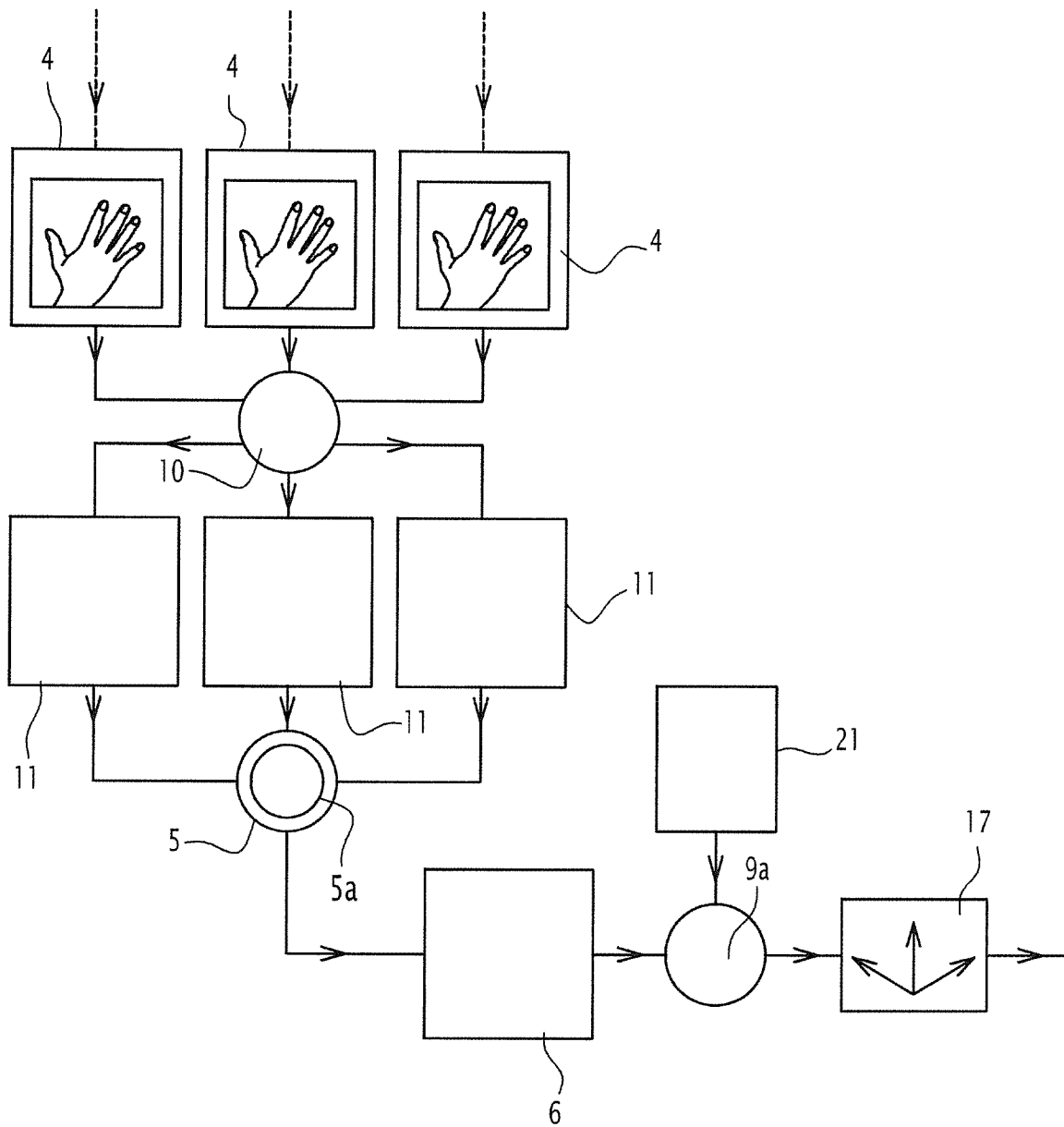
14.- Procédé selon l'une quelconque des revendications 8 à 13, caractérisé en ce que la deuxième étape d'acquisition comprend une deuxième étape de segmentation, par un deuxième module de segmentation (12), pour créer une séquence de silhouettes bidimensionnelles en profondeur (13) du sujet (2) à partir de la séquence d'images bidimensionnelles en profondeur (8) du sujet (2) acquise par la deuxième étape d'acquisition, en segmentant lesdites images bidimensionnelles en profondeur (8) de leurs arrière-plans, et en ce que la deuxième étape de reconstruction construit la représentation tridimensionnelle en profondeur (1) du sujet (2) à partir de la séquence de représentations tridimensionnelles de surface (6) du sujet (2) construite à la première étape de reconstruction, de la séquence d'images bidimensionnelles en profondeur (8) obtenues par les deuxièmes moyens d'imagerie (19), et de la séquence de silhouettes bidimensionnelles en profondeur (13) du sujet (2) obtenue par la deuxième étape de segmentation.

15.- Procédé selon l'une quelconque des revendications 8 à 14, caractérisé en ce que, préalablement aux première et deuxième étapes d'acquisition, les dispositifs fixes d'imagerie de surface (3) et d'imagerie en profondeur (7) sont calibrés dans un système de coordonnées commun.

16.- Procédé selon l'une quelconque des revendications 7 à 15, caractérisé en ce que la première étape d'acquisition est une étape d'acquisition par dispositifs d'imagerie couleur, d'imagerie « temps de vol » ou de type capteurs de surface par lumière structurée, et la deuxième étape d'acquisition est une étape d'acquisition par dispositifs à rayons X ou ultrasons.

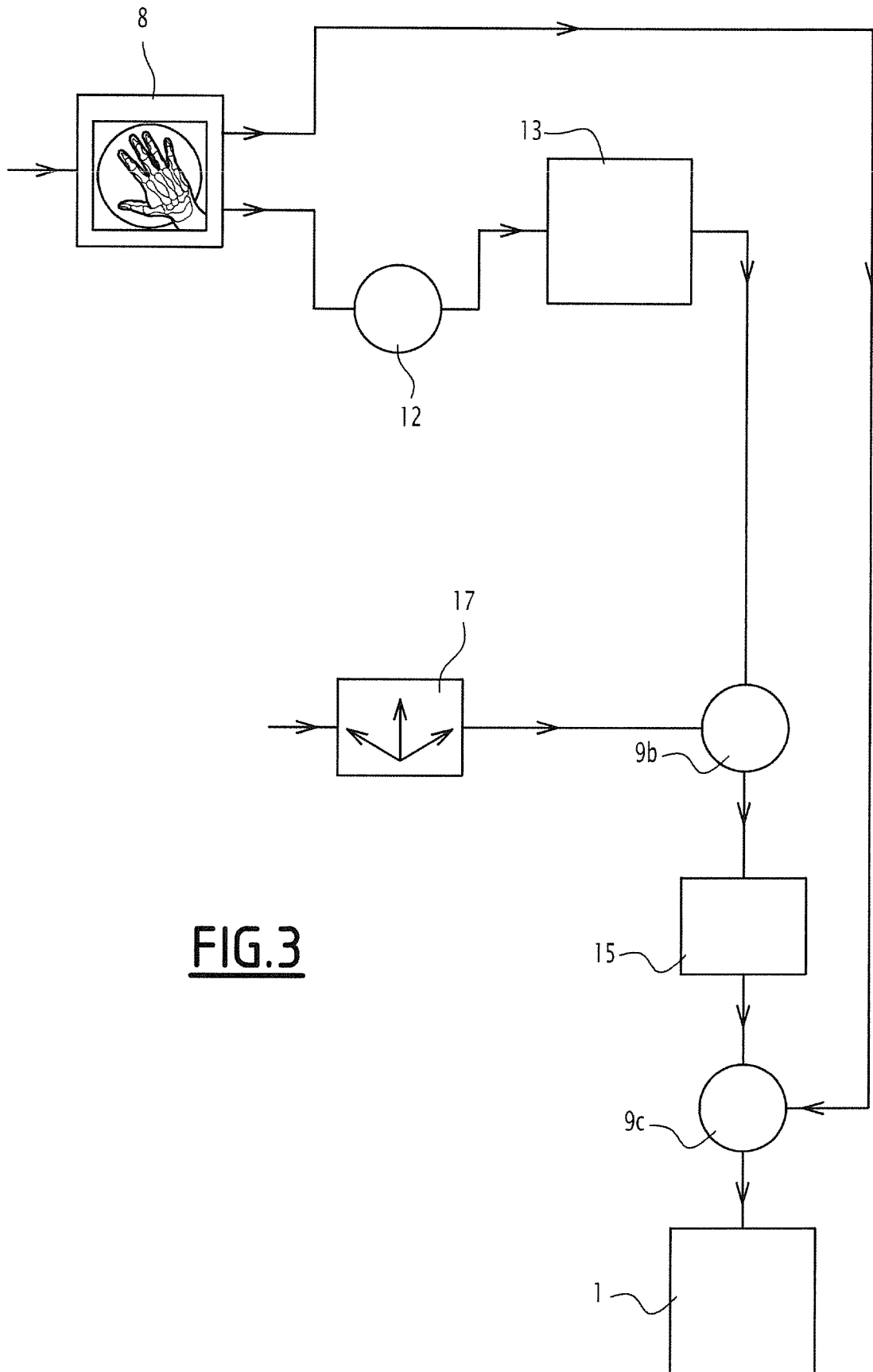


**FIG.1**



**FIG.2**

3/3



**FIG.3**

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No  
PCT/FR2015/051861

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
 INV. A61B5/00 A61B5/11 A61B6/00 G06T15/00  
 ADD.

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 G06T

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

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)  
 EPO-Internal, WPI Data

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	Estelle Duveau: "Mesure de surface 3D pour la caractérisation ostéo-musculaire de petits vertébrés : application à la caractérisation du vieillissement chez la souris.", 3 December 2012 (2012-12-03), XP055178052, Retrieved from the Internet: URL:https://hal.inria.fr/tel-00909703/document [retrieved on 2015-03-20] Sections 2.1.4 et 2.2.1 Sections 3.2.1, 3.2.2 et 3.4 Section 4.3.2 page 15, last paragraph page 17, line 10 - line 12 Seconds paragraphes des pages 78 et 88; figures 2.6, 2.46, 3.11, 3.14, 3.18, 3.32, 3.34, 4.6-4.14 -/--	1-16

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

\* Special categories of cited documents :

<p>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>"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)</p> <p>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p>	<p>"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</p> <p>"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</p> <p>"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</p> <p>"&amp;" document member of the same patent family</p>
---	---

Date of the actual completion of the international search  29 September 2015	Date of mailing of the international search report  05/10/2015
--	--

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  Furlan, Stéphane
--	--

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/FR2015/051861

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
	figures 2.6, 2.46, 3.11, 3.14, 3.18, 3.32, 3.34, 4.6-4.14 Page 148, avant-dernier paragraphe the whole document	
X	----- JP 2004 186824 A (JIKEI UNIV SCHOOL OF MEDICINE) 2 July 2004 (2004-07-02)	1,8
A	paragraph [0014] - paragraph [0017]; figures 6,7 the whole document	2-7,9-16
X	----- FR 2 964 030 A1 (AXS INGENIERIE [FR]; UNIV LYON 1 CLAUDE BERNARD [FR]) 2 March 2012 (2012-03-02)	1,8
A	abstract; figure 8 page 17, line 17 - page 18, line 23; claims 1,10 the whole document	2-7,9-16
A	----- US 2010/172567 A1 (PROKOSKI FRANCINE J [US]) 8 July 2010 (2010-07-08) paragraphs [0078], [0151], [0468] - [0471] -----	1-16

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No PCT/FR2015/051861
---

Patent document cited in search report	Publication date	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
JP 2004186824	A	02-07-2004	NONE	
<hr style="border-top: 1px dashed black;"/>				
FR 2964030	A1	02-03-2012	EP 2609573 A1	03-07-2013
			FR 2964030 A1	02-03-2012
			US 2013173240 A1	04-07-2013
			WO 2012025697 A1	01-03-2012
<hr style="border-top: 1px dashed black;"/>				
US 2010172567	A1	08-07-2010	US 2010172567 A1	08-07-2010
			US 2010189313 A1	29-07-2010
			US 2010191124 A1	29-07-2010
			US 2010191541 A1	29-07-2010
			WO 2008130903 A1	30-10-2008
			WO 2008130905 A2	30-10-2008
			WO 2008130906 A1	30-10-2008
			WO 2008130907 A1	30-10-2008
<hr style="border-top: 1px dashed black;"/>				

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/FR2015/051861

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE INV. A61B5/00 A61B5/11 A61B6/00 G06T15/00 ADD.		
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 G06T		
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	Estelle Duveau: "Mesure de surface 3D pour la caractérisation ostéo-musculaire de petits vertébrés : application à la caractérisation du vieillissement chez la souris.",  3 décembre 2012 (2012-12-03), XP055178052, Extrait de l'Internet: URL:https://hal.inria.fr/tel-00909703/document [extrait le 2015-03-20] Sections 2.1.4 et 2.2.1 Sections 3.2.1, 3.2.2 et 3.4 Section 4.3.2 page 15, dernier alinéa page 17, ligne 10 - ligne 12 Seconds paragraphes des pages 78 et 88; figures 2.6, 2.46, 3.11, 3.14, 3.18, 3.32, 3.34, 4.6-4.14  -/--	1-16
<input checked="" type="checkbox"/>	Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents	<input checked="" type="checkbox"/> Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe
* Catégories spéciales de documents cités:		
"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent "E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date "L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée) "O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens "P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée		"T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention "X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément "Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier "&" document qui fait partie de la même famille de brevets
Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée  29 septembre 2015		Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale  05/10/2015
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  Furlan, Stéphane

C(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
	figures 2.6, 2.46, 3.11, 3.14, 3.18, 3.32, 3.34, 4.6-4.14 Page 148, avant-dernier paragraphe le document en entier	
X	----- JP 2004 186824 A (JIKEI UNIV SCHOOL OF MEDICINE) 2 juillet 2004 (2004-07-02)	1,8
A	alinéa [0014] - alinéa [0017]; figures 6,7 le document en entier	2-7,9-16
X	----- FR 2 964 030 A1 (AXS INGENIERIE [FR]; UNIV LYON 1 CLAUDE BERNARD [FR]) 2 mars 2012 (2012-03-02)	1,8
A	abrégé; figure 8 page 17, ligne 17 - page 18, ligne 23; revendications 1,10 le document en entier	2-7,9-16
A	----- US 2010/172567 A1 (PROKOSKI FRANCINE J [US]) 8 juillet 2010 (2010-07-08) alinéas [0078], [0151], [0468] - [0471]	1-16
	-----	

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/FR2015/051861

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
JP 2004186824	A	02-07-2004	AUCUN	
-----				
FR 2964030	A1	02-03-2012	EP 2609573 A1	03-07-2013
			FR 2964030 A1	02-03-2012
			US 2013173240 A1	04-07-2013
			WO 2012025697 A1	01-03-2012
-----				
US 2010172567	A1	08-07-2010	US 2010172567 A1	08-07-2010
			US 2010189313 A1	29-07-2010
			US 2010191124 A1	29-07-2010
			US 2010191541 A1	29-07-2010
			WO 2008130903 A1	30-10-2008
			WO 2008130905 A2	30-10-2008
			WO 2008130906 A1	30-10-2008
			WO 2008130907 A1	30-10-2008
-----				