

①⑨ RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
—
**INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE**
—
COURBEVOIE
—

①① N° de publication :
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

3 088 005

②① N° d'enregistrement national : **18 60242**

⑤① Int Cl⁸ : **A 61 B 1/04 (2019.01)**

①②

BREVET D'INVENTION

B1

⑤④ **SYSTEME ET PROCEDE DE VISUALISATION D'ELEMENTS RELATIFS A UNE ARTICULATION D'UN PATIENT.**

②② **Date de dépôt** : 07.11.18.

③③ **Priorité** :

④③ **Date de mise à la disposition du public de la demande** : 08.05.20 Bulletin 20/19.

④⑤ **Date de la mise à disposition du public du brevet d'invention** : 24.11.23 Bulletin 23/47.

⑤⑥ **Liste des documents cités dans le rapport de recherche** :

Se reporter à la fin du présent fascicule

⑥⑥ **Références à d'autres documents nationaux apparentés** :

○ **Demande(s) d'extension** :

⑦① **Demandeur(s)** : *AMPLITUDE Société par actions simplifiée* — FR.

⑦② **Inventeur(s)** : SAINT-PIERRE CHRISTOPHE, LERAT BERNARD et THIBAUT SYLVAIN.

⑦③ **Titulaire(s)** : *AMPLITUDE Société par actions simplifiée*.

⑦④ **Mandataire(s)** : CABINET GERMAIN & MAUREAU.

FR 3 088 005 - B1



La présente invention concerne un système de visualisation en réalité augmentée d'éléments représentés en fonction du positionnement relatif d'au moins deux membres d'un patient joints par une articulation mobile ou semi-mobile.

5 Le domaine de l'invention est celui des systèmes d'assistance lors de consultations médicales - en particulier en préparation d'opération de chirurgie orthopédique -, ou encore lors d'opérations chirurgicales.

Pour permettre la visualisation d'éléments représentés en fonction du positionnement relatif de deux membres d'un patient joints par une articulation mobile ou semi-mobile, les systèmes de visualisation connus
10 requièrent la mise en oeuvre d'un dispositif d'affichage ainsi que d'un système de suivi, coopérant avec des dispositifs de localisation disposés sur chacun des deux membres.

Les dispositifs de localisation sont typiquement des marqueurs optiques ou magnétiques, fixés sur chacun des deux membres du patient. Le système de suivi étant ainsi pourvu de capteurs aptes à localiser dans l'espace les marqueurs.
15

Le système de suivi peut ainsi obtenir, en temps réel et de manière continue, la position de chaque membre. Ainsi, dans l'exemple de marqueurs optiques, le système de suivi peut comporter une caméra, orientée de manière à obtenir un flux vidéo représentant le champ visuel dans lequel l'articulation ainsi que les marqueurs optiques sont inclus. Le système de suivi est alors configuré pour identifier les géométries et couleurs spécifiques aux marqueurs optiques dans le flux vidéo de la caméra et positionner virtuellement dans le référentiel de la caméra les marqueurs optiques.
20
25

Un exemple de système de visualisation connu, utilisé lors de chirurgies du genou, comprend un système de suivi muni d'une caméra externe arrangée de manière à permettre la localisation continue de deux marqueurs optiques fixés respectivement au tibia et au fémur du patient. Un écran déporté permet notamment l'affichage, en superposition du flux vidéo acquis par la caméra, d'une projection d'un modèle tridimensionnel de composants de prothèse de genou, en fonction de la configuration spatiale du tibia et du fémur du patient, déterminée au moyen des deux marqueurs optiques.
30

35 Dans de tels systèmes, le système de suivi doit être en mesure de déterminer à chaque instant les positions des deux dispositifs de localisation,

qui doivent donc être continuellement détectables et localisables. Ainsi, au moyen des systèmes connus, pour permettre une représentation continue en temps réel d'éléments visuels relatifs à une articulation d'un patient, il est nécessaire de déterminer et suivre la position ainsi que l'amplitude des mouvements de l'articulation observée au moyen d'au moins deux dispositifs de localisation positionnés sur les deux membres joints par l'articulation.

Dans une telle configuration, le dispositif de suivi doit assurer le suivi simultané des deux dispositifs de localisation, et donc pouvoir continuellement détecter et localiser les deux dispositifs de localisation. C'est pourquoi il existe un risque pour que le système de suivi perde le suivi des positions relatives des membres et de l'articulation, si un des deux dispositifs de localisation n'est plus détectable par le système de suivi. Ce cas de figure peut notamment se présenter lorsqu'un marqueur optique occulte, du point du système de suivi, le second, en particulier à la suite d'un mouvement des membres du patient entraînant le passage d'un marqueur optique devant l'autre, vu depuis la caméra du système de suivi.

C'est pourquoi il existe encore un besoin pour fournir des moyens de visualisation, possiblement en réalité augmentée, d'éléments représentés en fonction du positionnement relatif de deux membres d'un patient joints par une articulation mobile ou semi-mobile, et ne nécessitant la mise en œuvre que d'un unique dispositif de localisation disposé sur l'un des deux membres joints par l'articulation.

Un des objets de l'invention est de fournir des moyens de visualisation, possiblement en réalité augmentée, d'éléments représentés en fonction du positionnement relatif de deux membres d'un patient joints par une articulation mobile ou semi-mobile, mettant en œuvre un unique dispositif de localisation disposé sur l'un des deux membres joints par l'articulation.

Un des objets de l'invention est de fournir des moyens de visualisation aptes à permettre l'affichage, sur un dispositif en réalité augmenté, d'éléments graphiques et/ou textuels relatifs à des prothèses orthopédiques, tels que des projections de modèles tridimensionnels de composants de prothèse de genou ou de hanche par exemple, en fonction de la configuration spatiale des membres correspondants du patient.

Un autre objet de l'invention est de fournir des moyens de visualisation adaptés à être utilisés par un soignant ou un patient, en particulier lors de consultations médicales.

Un autre objet de l'invention est de fournir des moyens de visualisation d'éléments représentés en fonction du positionnement relatif de deux membres d'un patient joints par diverses articulations mobiles ou semi-mobiles, notamment par le genou, par le coude ou par la hanche, sans nécessiter de modifications substantielles.

Un des objets de l'invention est de fournir des moyens de visualisation, peu coûteux, utilisant des composants largement répandus et standard, ainsi que des matériaux facilement disponibles.

Un des objets de l'invention est de fournir des moyens de visualisation adaptés à être mis en œuvre de manière simple et rapide, par des utilisateurs non spécifiquement formés à l'utilisation du système.

Un des objets de l'invention est de fournir un moyen de visualisation fiable et robuste, permettant l'utilisation d'un unique dispositif de localisation.

Un ou plusieurs de ces objets sont remplis par le système et le procédé tels que décrits ci-après.

Dans la suite de la description, le terme "relation angulaire" entre un premier objet et un deuxième objet est employé pour désigner l'orientation du premier objet relativement à l'orientation du deuxième objet.

Le terme "relation spatiale" entre un premier objet et un deuxième objet est employé pour désigner la position relative et l'orientation relative entre le premier objet et le deuxième objet.

Le terme "configuration spatiale" est employé pour désigner les positions et les orientations, dans un espace tridimensionnel, des différents objets concernés.

Plus particulièrement, selon un premier aspect, l'invention se rapporte à un système de visualisation, en réalité augmentée.

Le système de visualisation comporte un module afficheur apte à présenter des éléments visuels en fonction d'une relation spatiale entre un premier membre et un deuxième membre joint par une articulation mobile ou semi-mobile.

Le module afficheur est configuré pour permettre la présentation des éléments visuels, sur un ou plusieurs écrans et/ou systèmes de projection optique et/ou systèmes de surimpression.

Dans un mode de réalisation, le module afficheur est intégré à un téléphone mobile, une tablette ou un ordinateur.

Dans un mode de réalisation, le module afficheur est apte à présenter, en superposition dans le champ visuel d'un utilisateur du système, les éléments visuels. Ainsi, le module afficheur peut comprendre une paire de lunettes de réalité augmentée apte à produire des hologrammes dans le champ de vision du porteur, ou un casque de réalité virtuelle.

Les éléments visuels comprennent typiquement des modèles géométriques, bidimensionnels ou tridimensionnels, d'objets ou d'informations relatifs à l'articulation, au premier membre et/ou au deuxième membre.

Les éléments visuels sont en outre typiquement destinés à être présentés par le module afficheur, en fonction de la relation spatiale entre l'articulation, le premier membre et le deuxième membre.

Les éléments visuels comprennent par exemple un ou plusieurs éléments de la liste non exhaustive suivante: un modèle géométrique et/ou une représentation symbolique d'un repère anatomique, tel qu'une forme d'os, un contour d'os; un modèle géométrique et/ou une représentation symbolique d'un composant d'une prothèse ou d'une instrumentation; une ligne de repérage; une information textuelle accompagnée éventuellement d'une information géométrique; un repère ou une valeur telle qu'un angle, une distance, une taille, ainsi qu'une éventuelle information géométrique relative à ce repère ou cette valeur; etc.

Le système de visualisation comporte encore un dispositif de localisation adapté à être disposé sur le premier membre du patient.

Le dispositif de localisation peut être maintenu dans une position et une orientation déterminés relativement au premier membre, au moyen d'un dispositif de fixation, tel qu'un adhésif, une sangle ou une ceinture maintenant un support sur lequel le dispositif de localisation est disposé.

Ainsi, le système de visualisation, contrairement aux systèmes de l'art antérieur, nécessite un unique dispositif de localisation et peut donc être mis en œuvre de manière simple et rapide, par des utilisateurs non spécifiquement formés à l'utilisation du système, puisqu'un unique dispositif de localisation doit être fixé au premier membre.

Dans un mode de réalisation, le dispositif de localisation est un marqueur optique, destiné à être couplé rigidement au premier membre du patient. Le marqueur optique comporte typiquement un support sur lequel un motif géométrique et/ou coloré est représenté.

Le marqueur optique a notamment pour avantage d'être peu coûteux, et aisément positionnable sur le premier membre. Le motif géométrique et/ou coloré est notamment adapté à être identifiable par le dispositif d'acquisition.

5 Alternativement, le dispositif de localisation est un marqueur magnétique, destiné à être couplé rigidement au premier membre du patient.

Le système de visualisation comporte encore un système de suivi comprenant un dispositif d'acquisition.

10 En particulier, le dispositif d'acquisition peut comporter au moins un capteur apte à produire des données utilisables pour repérer, dans un espace, le dispositif de localisation.

Ainsi, si le dispositif de localisation est un marqueur optique, le dispositif d'acquisition peut comprendre une caméra orientable de sorte à obtenir un flux vidéo représentant le champ visuel dans lequel le marqueur optique est inclus. Le système de suivi peut alors être configuré pour identifier les motifs et/ou couleurs spécifiques aux marqueurs optiques dans le flux vidéo de la caméra.

20 Dans un mode de réalisation avantageux, notamment pour la réalité augmentée afin d'augmenter la sensation d'immersion, le dispositif d'acquisition et le dispositif d'affichage sont couplés mécaniquement de sorte que la relation spatiale entre le dispositif d'acquisition et le dispositif d'affichage soit sensiblement constante.

Le système de suivi est configuré pour :

- 25 - déterminer, au moyen du dispositif de localisation, une mesure de la position spatiale du dispositif de localisation relativement au dispositif d'acquisition ; et
- déterminer, au moyen du dispositif de localisation, une mesure angulaire du dispositif de localisation relativement à un axe vertical.

30 Le système de suivi est encore configuré pour déterminer, au moyen du dispositif de localisation, une relation spatiale entre le premier membre et le deuxième membre, en considérant le deuxième membre comme immobile, et en fonction au moins de la mesure angulaire du dispositif de localisation relativement à l'axe vertical, et d'une première hypothèse de positionnement entre le premier membre et le deuxième membre.

35 Le terme "axe vertical" est employé pour désigner un axe s'étendant orthogonalement à un plan support ou sol horizontal, ou un axe

s'étendant selon la direction de la force gravitationnelle. Cet axe vertical peut être déterminé par exemple et à titre non limitatif :

- 5 - au moyen d'un système de reconnaissance de l'environnement (notamment par caméra) qui va repérer un plan support ou un sol horizontal, pour en déduire l'axe vertical ; et/ou
- au moyen d'un système de détection de la direction de la force gravitationnelle (notamment un accéléromètre tridimensionnel) qui va détecter la direction de la force gravitationnelle et ainsi permettre d'en déduire l'axe vertical.

10 Dans une réalisation avantageuse, la relation spatiale entre le premier membre et le deuxième membre est déterminée également en fonction d'une relation spatiale invariable définie par l'articulation et précisant au moins un centre de rotation et un axe de rotation entre le premier membre et le second membre.

15 Avantageusement, le système de suivi peut être configuré pour déterminer la relation spatiale entre le premier membre et le deuxième membre, à intervalles rapprochés - typiquement quelques dizaines de millisecondes, de sorte à permettre la prise en compte des variations de ladite relation spatiale au cours du temps en temps réel, et de permettre la mise à
20 jour des éléments visuels sur le module afficheur de manière fluide.

Selon l'invention, il est donc supposé que le deuxième membre reste sensiblement immobile, le membre mobile - c'est-à-dire le premier
25 membre - étant quant à lui couplé au dispositif de localisation, ce qui permet donc de faire une hypothèse de positionnement du membre immobile - c'est-à-dire le deuxième membre - dans l'environnement.

De plus, en tenant compte de la première hypothèse de positionnement entre le premier membre et le deuxième membre, il est ainsi possible de déterminer la relation angulaire entre le premier membre et le
30 deuxième membre, sans disposer d'un deuxième dispositif de localisation, en simplifiant le problème de suivi de deux membres.

Le système de visualisation est donc particulièrement robuste, car un unique dispositif de localisation est utilisé par le système de suivi, évitant ainsi toute perturbation susceptible d'intervenir lorsqu'une pluralité de dispositif de localisation est employée.

Le module afficheur peut ainsi présenter les éléments visuels en fonction de la relation spatiale entre le premier membre et le deuxième membre joint par une articulation mobile ou semi-mobile.

5 Dans un mode de réalisation avantageux, le système de suivi est en outre configuré pour présenter, sur le module afficheur, les éléments visuels comprenant au moins une représentation visuelle du premier membre et du deuxième membre, en fonction de la position spatiale entre le dispositif de localisation relativement au dispositif d'acquisition.

10 Le système de suivi comporte en outre une interface utilisateur adaptée pour permettre la saisie d'au moins une correction du positionnement du premier membre et du deuxième membre sur la représentation présentée sur le module afficheur.

15 Typiquement, la deuxième hypothèse peut être utilisée pour ajuster, compenser ou affiner la première hypothèse de positionnement. La deuxième hypothèse peut en particulier être déduite de la saisie opérée par un utilisateur du système effectuée à partir des informations visuelles qu'il reçoit et de commandes logicielles.

Le système de suivi est alors encore configuré pour :

- 20 - déterminer une deuxième hypothèse de positionnement entre le premier membre et le deuxième membre, en fonction de ladite au moins une correction ;
- mettre à jour, au moyen du dispositif de localisation, la relation spatiale entre le premier membre et le deuxième membre, en considérant le deuxième membre comme immobile, et en fonction de la mesure angulaire du dispositif de localisation relativement à l'axe vertical, de la première hypothèse et de la 25 deuxième hypothèse de positionnement entre le premier membre et le deuxième membre.

30 Le dispositif d'acquisition comporte avantageusement des moyens pour permettre de déterminer une mesure angulaire du dispositif d'acquisition relativement à un axe vertical.

35 À cette fin, le dispositif d'acquisition peut comporter un ou plusieurs des dispositifs de la liste non exhaustive suivante: une centrale inertielle, un gyroscope, un module de géolocalisation de type GPS, un détecteur de niveau, un détecteur de champ magnétique, un système de reconstruction tridimensionnel de l'environnement immédiat, etc.

Le système de suivi est alors configuré pour déterminer la mesure angulaire du dispositif de localisation relativement à l'axe vertical, en fonction de la mesure angulaire du dispositif d'acquisition relativement à l'axe vertical.

5 Dans un mode de réalisation, le premier membre est un tibia du patient, le deuxième membre est le fémur du patient, l'appareil extenseur du genou étant alors l'articulation joignant le tibia au fémur.

Le dispositif de localisation est alors disposé autour du tibia, sur l'avant-jambe.

10 En outre, la première hypothèse de positionnement entre le tibia et le fémur peut correspondre à un positionnement du tibia et du fémur de tel que l'axe longitudinal du tibia et l'axe longitudinal du fémur forment un angle sensiblement égal à 90° , positionnement typiquement observé lorsqu'un patient est assis sur une chaise.

15 Les éléments visuels peuvent aussi comprendre des informations et/ou des modèles géométriques et/ou des représentations symboliques relatifs à une prothèse totale de genou, ou encore des informations en lien avec la jambe comme des textiles.

20 Dans un mode de réalisation, le premier membre est un fémur du patient, le deuxième membre est le bassin du patient, la hanche étant alors l'articulation joignant le premier membre (le fémur) au deuxième membre (le bassin), le dispositif de localisation étant disposé sur autour du fémur, sur la cuisse.

25 En outre, la première hypothèse peut correspondre alors au positionnement du bassin et du fémur observé lorsqu'un patient en position debout ou assise. Les éléments visuels peuvent aussi comprendre des informations et/ou des modèles géométriques et/ou des représentations symboliques relatifs à une prothèse totale de hanche.

30 Dans un mode de réalisation, le premier membre correspond au radius/cubitus du patient, le deuxième membre est l'humérus du patient, le coude étant alors l'articulation joignant le radius/cubitus à l'humérus.

Le dispositif de localisation est disposé autour du radius/cubitus, sur l'avant-bras.

35 En outre, la première hypothèse peut correspondre au positionnement du radius/cubitus et de l'humérus observé lorsque le bras d'un patient est en position verticale ou horizontale par rapport au sol. Les éléments visuels peuvent aussi comprendre des informations et/ou des modèles

géométriques et/ou des représentations symboliques relatifs à une prothèse ou encore avec les os de la région environnante du coude.

Dans un mode de réalisation, le premier membre correspond à l'humérus d'un patient, le deuxième membre est le tronc du patient, l'épaule étant alors l'articulation joignant l'humérus au tronc.

Le dispositif de localisation est disposé autour de l'humérus, sur le bras.

En outre, la première hypothèse peut correspondre au positionnement de l'humérus et du tronc lorsque le tronc est en position verticale ou horizontale par rapport au sol. Les éléments visuels peuvent aussi comprendre des informations et/ou des modèles géométriques et/ou des représentations symboliques relatifs à une prothèse d'épaules.

Selon un deuxième aspect, l'invention se rapporte à un procédé de visualisation, en réalité augmentée, pour présenter des éléments visuels en fonction d'une relation spatiale entre un premier membre et un deuxième membre joint par une articulation mobile ou semi-mobile, un dispositif de localisation étant par ailleurs disposé sur le premier membre du patient.

Les étapes du procédé selon le deuxième aspect peuvent avantageusement être mises en œuvre par le système selon le premier aspect.

Le procédé comporte les étapes suivantes réalisées au moins en partie au moyen d'un système de suivi comprenant un dispositif d'acquisition :

- déterminer, au moyen du dispositif de localisation, une mesure de la position spatiale du dispositif de localisation relativement au dispositif d'acquisition ;
- déterminer, au moyen du dispositif de localisation, une mesure angulaire du dispositif de localisation relativement à un axe vertical ;
- déterminer, au moyen du dispositif de localisation, la relation spatiale entre le premier membre et le deuxième membre, en considérant le deuxième membre comme immobile, et en fonction au moins de la mesure angulaire du dispositif de localisation relativement à l'axe vertical, et d'une première hypothèse de positionnement entre le premier membre et le deuxième membre ;
- présenter, sur le module afficheur, les éléments visuels comprenant au moins une représentation visuelle du premier membre et du deuxième membre, en fonction de la relation spatiale entre le premier membre et le

deuxième membre préalablement déterminée et en fonction de la position spatiale entre le dispositif de localisation relativement au dispositif d'acquisition.

Selon une possibilité, le procédé de visualisation comprend en outre :

- 5 - saisir au moins une correction du positionnement du premier membre et du deuxième membre sur la représentation présentée sur le module afficheur ;
- déterminer une deuxième hypothèse de positionnement entre le premier membre et le deuxième membre, en fonction de ladite au moins une correction ;
- 10 - mettre à jour, au moyen du dispositif de localisation, la relation spatiale entre le premier membre et le deuxième membre, en considérant le deuxième membre comme immobile, et en fonction de la mesure angulaire du dispositif de localisation relativement à l'axe vertical, de la première hypothèse et de la deuxième hypothèse de positionnement entre le premier membre et le
- 15 deuxième membre.

Selon une autre possibilité, le dispositif de localisation est un marqueur optique couplé rigidement au premier membre du patient, comportant un support sur lequel un motif géométrique et/ou coloré est représenté, et adapté à être identifiable par le dispositif d'acquisition pour :

- 20 - déterminer la mesure de la position spatiale du dispositif de localisation relativement au dispositif d'acquisition ;
- déterminer la mesure angulaire du dispositif de localisation relativement à un axe vertical.

Dans une réalisation particulière de ce procédé de visualisation, les éléments visuels sont présentés sur le module afficheur en superposition dans le champ visuel d'un utilisateur du système de visualisation.

Dans une autre réalisation particulière de ce procédé de visualisation, ce procédé comprend la présentation, sur le module afficheur, en outre d'un ou plusieurs des éléments visuels de la liste suivante: un modèle géométrique et/ou une représentation symbolique d'un repère anatomique; un

- 30 modèle géométrique et/ou une représentation symbolique d'un composant d'une prothèse ou d'une instrumentation; une ligne de repérage ; des informations textuelles ; un repère ou une valeur.

Selon un troisième aspect, l'invention se rapporte à un programme d'ordinateur comportant des instructions pour l'exécution des étapes du

35

procédé selon le deuxième aspect, lorsque ledit programme est exécuté par un processeur.

Chacun de ces programmes peut utiliser n'importe quel langage de programmation, et être sous la forme de code source, code objet, ou de code intermédiaire entre code source et code objet, tel que dans une forme partiellement compilée, ou dans n'importe quelle autre forme souhaitable. En particulier, il est possible d'utiliser le langage C/C++/C#, des langages de script, tels que notamment tcl, javascript, python, perl qui permettent une génération de code « à la demande » et ne nécessitent pas de surcharge significative pour leur génération ou leur modification.

Selon un quatrième aspect, l'invention se rapporte à un support d'enregistrement lisible par un ordinateur sur lequel est enregistré un programme d'ordinateur comprenant des instructions pour l'exécution des étapes du procédé selon le deuxième aspect.

Le support d'informations peut être n'importe quelle entité ou n'importe quel dispositif capable de stocker le programme. Par exemple, le support peut comporter un moyen de stockage, tel qu'une ROM, par exemple un CD-ROM ou une ROM de circuit microélectronique, ou encore un moyen d'enregistrement magnétique, par exemple une disquette ou un disque dur. D'autre part, le support d'informations peut être un support transmissible tel qu'un signal électrique ou optique, qui peut être acheminé par un câble électrique ou optique, par radio ou par d'autres moyens.

Le programme selon l'invention peut être en particulier téléchargé sur un réseau Internet ou Intranet.

Alternativement, le support d'informations peut être un circuit intégré dans lequel le programme est incorporé, le circuit étant adapté pour exécuter ou pour être utilisé dans l'exécution du procédé en question.

D'autres particularités et avantages de la présente invention apparaîtront, dans la description ci-après de modes de réalisation, en référence aux dessins annexés, dans lesquels :

- la figure 1 est un diagramme bloc représentant schématiquement, un système de visualisation, en réalité augmentée, d'éléments représentés en fonction du positionnement relatif d'au moins deux membres d'un patient joint par une articulation mobile ou semi-mobile;
- la figure 2 est un synoptique représentant les étapes d'un procédé de visualisation, en réalité augmentée, d'éléments représentés en fonction

du positionnement relatif d'au moins deux membres d'un patient joints par une articulation mobile ou semi-mobile;

- la figure 3 est une vue bidimensionnelle latérale du genou d'un patient, selon une hypothèse de positionnement du genou du patient;
- 5 - la figure 4 est une vue bidimensionnelle latérale du système de suivi et du dispositif de localisation, selon un mode de réalisation de l'invention, selon une hypothèse de positionnement du genou du patient ;
- la figure 5 est une vue bidimensionnelle latérale du système de suivi et du dispositif de localisation, selon un mode de réalisation de l'invention, lorsque le genou du patient tend vers l'extension ;
- 10 - la figure 6 est une vue tridimensionnelle schématique, d'un dispositif de localisation, selon un mode de réalisation;
- la figure 7 est une vue tridimensionnelle schématique, d'un dispositif de fixation pour dispositif de localisation, selon un mode de réalisation;
- 15 - la figure 8a est une vue schématique représentant un patient, utilisant le système de visualisation selon un mode de réalisation de l'invention, lorsque le genou du patient est fléchi ;
- la figure 8b est une vue schématique représentant un patient, utilisant le système de visualisation selon un autre mode de réalisation de l'invention, lorsque le genou du patient est en extension ;
- 20 - les figures 9a et 9b sont des vues d'un écran du dispositif d'affichage du système, selon un mode de réalisation de l'invention, affichant une projection d'un modèle tridimensionnel de prothèse de genou, en superposition du flux vidéo acquis par le dispositif d'acquisition.

25 On se réfère à la figure 1. Le système de visualisation 100 comporte notamment un module afficheur 200 apte à présenter des éléments visuels en fonction d'une relation spatiale (une position associée à une angulation ou orientation) entre un premier membre et un deuxième membre joint par une articulation mobile ou semi-mobile.

30 Le système de visualisation 100 comporte en outre un dispositif de localisation 400 adapté à être disposé sur le premier membre du patient. Le système de visualisation 100 comporte également un système de suivi 300 comprenant un dispositif d'acquisition 310, tel qu'une caméra.

35 Le procédé de visualisation, illustré sur la figure 2, en réalité augmentée, pour présenter des éléments visuels en fonction d'une relation spatiale entre un premier membre et un deuxième membre joint par une

articulation mobile ou semi-mobile va maintenant être décrit. Le système de visualisation 100 est adapté pour mettre en œuvre les étapes du procédé de visualisation.

5 Le procédé comporte une étape S710 au cours de laquelle on détermine, au moyen du dispositif de localisation 400 :

- une mesure de la position spatiale du dispositif de localisation 400 relativement au dispositif d'acquisition 310, et
- une mesure angulaire du dispositif de localisation 400 relativement à un axe vertical, qui peut être un axe orthogonal au sol 40 horizontal.

10 Le procédé comporte une étape S720, pendant laquelle on détermine, au moyen du dispositif de localisation, la relation spatiale entre le premier membre et le deuxième membre, en considérant le deuxième membre comme immobile, et en fonction de la mesure angulaire du dispositif de localisation relativement à l'axe vertical, et d'une première hypothèse de
15 positionnement entre le premier membre et le deuxième membre.

Dans un mode de réalisation avantageux, le procédé comporte en outre une étape S730 au cours de laquelle une représentation visuelle du premier membre et du deuxième membre est présentée sur le module afficheur 200, en fonction de la relation spatiale entre le premier membre et le deuxième
20 membre préalablement déterminée au cours de l'étape S720, et en fonction de la position spatiale entre le dispositif de localisation 400 relativement au dispositif d'acquisition 310.

Le procédé comporte encore une étape S740 au cours de laquelle on collecte, au moyen d'une interface utilisateur, au moins une correction du
25 positionnement du premier membre et du deuxième membre sur la représentation présentée sur le module afficheur.

Le procédé comporte encore une étape S750 au cours de laquelle on détermine une deuxième hypothèse de positionnement entre le premier membre et le deuxième membre, en fonction de ladite au moins une correction.

30 Le procédé comporte encore une étape S760 au cours de laquelle on met à jour, au moyen du dispositif de localisation 400, la relation spatiale entre le premier membre et le deuxième membre, en considérant le deuxième membre comme immobile, et en fonction de la mesure angulaire du dispositif de localisation 400 relativement à l'axe vertical, de la première hypothèse et de la
35 deuxième hypothèse de positionnement entre le premier membre et le deuxième membre.

Le procédé va maintenant être décrit dans un mode de réalisation particulier, en se référant aux figures 3, 4, 5, 6, 7, 8a, 8b, 9a et 9b.

Dans ce mode de réalisation, le premier membre est un tibia 30 du patient, le deuxième membre est le fémur 20 du patient, l'appareil extenseur du genou 10 étant alors l'articulation joignant le tibia au fémur.

Le dispositif de localisation 400 est alors disposé autour du tibia 30, sur l'avant-jambe. En outre, la première hypothèse de positionnement entre le tibia et le fémur peut correspondre à un patient assis sur une chaise et positionné de sorte que l'axe longitudinal du tibia 30 et l'axe longitudinal du fémur 20 forment un angle sensiblement égal à 90° .

Le patient sur lequel on souhaite observer le comportement de l'appareil extenseur du genou est typiquement positionné dans une position prédéfinie, par exemple assis sur une chaise, de sorte à reproduire la configuration spatiale de la première hypothèse, représentée schématiquement dans le plan à la figure 3.

Comme représenté sur la figure 6, le dispositif de localisation 400 peut être un marqueur optique comportant un support sur lequel un motif 410 géométrique et/ou coloré est représenté pour calculer la position du marqueur, ainsi qu'une surface d'appui 420 destinée à être appliquée sur l'avant-jambe du patient au niveau du tibia.

Le dispositif de localisation 400, est alors est fixé rigidement sur la jambe de cette personne à l'aide par exemple d'un adhésif ou d'une sangle 430 (illustrée sur la figure 7) pour une fixation rapide et efficace.

Le système de suivi 300 et le module afficheur 200 peuvent alors être activés.

Le patient ou un tiers peut alors orienter le dispositif d'acquisition 310 comportant la caméra vers le marqueur optique du dispositif de localisation 400, pendant que le module d'affichage 200 affiche les éléments visuels en fonction notamment de la position et de l'orientation du tibia relativement au fémur.

Comme illustré sur les figures 9a et 9b, les éléments visuels peuvent contenir une représentation visuelle du fémur et du tibia comprenant une projection 610 d'un modèle tridimensionnel du fémur et une projection 610 d'un modèle tridimensionnel du tibia 620, ainsi qu'une projection 600 d'un modèle tridimensionnel de composants de prothèse de genou.

Sur la figure 8a, un patient porte un casque de réalité augmentée intégrant le système de suivi 300 (et donc le dispositif d'acquisition 310) ainsi que le module afficheur 200 (à savoir l'écran du casque de réalité augmentée), le genou du patient étant positionné selon la première hypothèse, et le
5 dispositif de localisation 400 étant fixé sur son avant-jambe.

Sur la figure 8b, un patient manipule un téléphone mobile intégrant le système de suivi 300 (et donc le dispositif d'acquisition 310) ainsi que le module afficheur 200 (à savoir l'écran du téléphone mobile), le genou du patient étant en extension.

10 Comme illustré sur les figures 3, 4 et 5, la matrice $R^{t \rightarrow f}$ décrivant la rotation du tibia 30 relativement au fémur 20 lors de la phase de suivi, peut être déterminé, par le système de visualisation 100, en résolvant l'équation E suivante :

$$15 \quad R^{t \rightarrow f} = R_{v \rightarrow f} * R_{c \rightarrow v} * R_{m \rightarrow c} * R_{t \rightarrow m}$$

dans laquelle :

- 20 $R_{t \rightarrow m}$ correspond à la matrice décrivant la rotation entre le tibia 30 et le dispositif de localisation 400 ;
- $R_{m \rightarrow c}$ correspond à la matrice décrivant la rotation entre le dispositif de localisation 400 et le dispositif d'acquisition 310 ;
- $R_{c \rightarrow v}$ correspond à la matrice décrivant la rotation entre le dispositif d'acquisition 310 et un référentiel quelconque dont au moins un axe est vertical ; et
- 25 $R_{v \rightarrow f}$ correspond à la matrice décrivant la rotation observée entre l'axe vertical et le fémur, positionnés selon la première hypothèse.

Ainsi, comme illustré par l'exemple simplifié dans un plan de la figure 3, la matrice $R_{t \rightarrow m}$ décrivant la rotation entre le tibia 30 et le dispositif
30 de localisation 400 correspond à une rotation sensiblement nulle.

De plus, la matrice $R_{v \rightarrow f}$ décrivant la rotation observée entre l'axe vertical et le fémur, lors de la phase initiale, correspond à une rotation en flexion du genou de sensiblement 90°, et de sensiblement 0° sur les deux autres axes.

35 Ainsi, durant la phase initiale, comme illustré par l'exemple simplifié dans un plan de la figure 4, la matrice $R_{m \rightarrow c}$ décrivant la rotation entre le dispositif de localisation 400 et le dispositif d'acquisition 310 correspond à une

rotation dans le plan représenté de sensiblement 70° , alors que l'autre matrice $R_{c \rightarrow v}$ correspond à la matrice décrivant la rotation entre le dispositif d'acquisition 310 et le référentiel quelconque dont au moins un axe est vertical correspond à une rotation dans le plan représenté de sensiblement -70° .

5 L'équation E peut donc être résolue dans le plan représenté comme suit:

$$90^\circ - 70^\circ + 70^\circ + 0^\circ = 90^\circ$$

10 Comme illustré par l'exemple simplifié dans un plan de la figure 5, la matrice $R_{m \rightarrow c}$ décrivant la rotation entre le dispositif de localisation 400 et le dispositif d'acquisition 310 correspond à une rotation dans le plan représenté de sensiblement 0° , alors que l'autre matrice $R_{c \rightarrow v}$ correspond à la matrice décrivant la rotation entre le dispositif d'acquisition 310 et le référentiel quelconque dont au moins un axe est vertical correspond à une rotation dans
15 le plan représenté de sensiblement -70° .

L'équation E peut donc être résolue dans le plan représenté comme suit:

$$90^\circ - 70^\circ + 0^\circ + 0^\circ = 20^\circ$$

20

REVENDEICATIONS

1. Système de visualisation (100), en réalité augmentée, comportant un module afficheur (200) apte à présenter des éléments visuels (600, 610, 620, 630) en fonction d'une relation angulaire entre un premier membre (30) et un deuxième membre (20) joints par une articulation (10) mobile ou semi-mobile, caractérisé en ce qu'il comporte en outre:
- un unique dispositif de localisation (400) adapté à être disposé sur le premier membre (30) du patient ;
 - 10 - un système de suivi (300) comprenant un dispositif d'acquisition (310), le système de suivi (300) étant configuré pour :
 - déterminer, au moyen du dispositif de localisation (400), une mesure de la position spatiale du dispositif de localisation (400) relativement au dispositif d'acquisition (310) ;
 - 15 - déterminer, au moyen du dispositif de localisation (400), une mesure angulaire du dispositif de localisation (400) relativement à un axe vertical ;
 - déterminer, au moyen du dispositif de localisation (400), une relation spatiale entre le premier membre (30) et le deuxième membre (20), en considérant le deuxième membre (20) comme immobile, et en fonction au moins de la mesure angulaire du dispositif de localisation (400) relativement à l'axe vertical, et d'une première hypothèse de positionnement entre le premier membre (30) et le deuxième membre (20) ;
 - 20 - présenter, sur le module afficheur (200), les éléments visuels comprenant au moins une représentation visuelle du premier membre (30) et du deuxième membre (20), en fonction de la relation spatiale entre le premier membre (30) et le deuxième membre (20) préalablement déterminée et en fonction de la position spatiale entre le dispositif de localisation (400) relativement au dispositif d'acquisition (310).
2. Système de visualisation (100) selon la revendication 1, dans lequel le système de suivi (300) est configuré pour déterminer la relation spatiale entre le premier membre (30) et le deuxième membre (20) également en fonction d'une relation spatiale invariable définie par l'articulation (10) et précisant au moins un centre de rotation et un axe de rotation entre le premier membre (30) et le second membre (20).

3. Système de visualisation (100) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le système de suivi (300) comporte en outre une interface utilisateur adaptée pour permettre la saisie d'au moins une correction du positionnement du premier membre (30) et du deuxième membre (20) sur la représentation présentée sur le module afficheur (200); le système de suivi étant encore configuré pour:

- déterminer une deuxième hypothèse de positionnement entre le premier membre (30) et le deuxième membre (20), en fonction de ladite au moins une correction ;
- mettre à jour, au moyen du dispositif de localisation (400), la relation spatiale entre le premier membre (30) et le deuxième membre (20), en considérant le deuxième membre (20) comme immobile, et en fonction de la mesure angulaire du dispositif de localisation (400) relativement à l'axe vertical, de la première hypothèse et de la deuxième hypothèse de positionnement entre le premier membre (30) et le deuxième membre (20).

4. Système de visualisation (100) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le dispositif d'acquisition (310) comporte des moyens pour déterminer une mesure angulaire du dispositif d'acquisition (310) relativement à l'axe vertical, le système de suivi étant configuré pour déterminer la mesure angulaire du dispositif de localisation (400) relativement à l'axe vertical, en fonction de la mesure angulaire du dispositif d'acquisition (310) relativement à l'axe vertical.

5. Système de visualisation (100) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le dispositif de localisation (400) est un marqueur optique, destiné à être couplé rigidement au premier membre (30) du patient, comportant un support sur lequel un motif (410) géométrique et/ou coloré est représenté, et adapté à être identifiable par le dispositif d'acquisition (310).

6. Système de visualisation (100) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel les éléments visuels comprennent en outre un ou plusieurs des éléments de la liste suivante: un modèle géométrique et/ou une représentation symbolique d'un repère anatomique; un modèle géométrique et/ou une représentation symbolique d'un composant d'une

prothèse ou d'une instrumentation; une ligne de repérage ; des informations textuelles ; un repère ou une valeur.

5 7. Système de visualisation (100) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le module afficheur (200) est adapté pour présenter les éléments visuels en superposition dans le champ visuel d'un utilisateur du système de visualisation (100).

10 8. Système de visualisation (100) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le système de visualisation (100) est conformé pour l'un au moins des cas suivants :

- 15 - le premier membre (30) est un tibia d'un patient, le deuxième membre (20) étant un fémur du patient, l'appareil extenseur du genou étant alors l'articulation joignant le tibia au fémur; la première hypothèse correspondant à un positionnement du tibia et du fémur tel que l'axe longitudinal du tibia et l'axe longitudinal du fémur forment un angle sensiblement égal à 90° ;
- 20 - le premier membre est un fémur d'un patient, le deuxième membre étant le bassin du patient, la hanche étant alors l'articulation joignant le fémur au bassin; la première hypothèse correspondant au positionnement du bassin et du fémur observé lorsqu'un patient est en position debout ou assise ;
- 25 - le premier membre est un radius/cubitus d'un patient, le deuxième membre étant l'humérus du patient, le coude étant alors l'articulation joignant le radius/cubitus à l'humérus; la première hypothèse correspondant au positionnement du radius/cubitus et de l'humérus observé lorsque le bras d'un patient est en position verticale ou horizontale par rapport au sol ;
- 30 - le premier membre est l'humérus d'un patient, le deuxième membre étant le tronc du patient, l'épaule étant alors l'articulation joignant l'humérus au tronc; la première hypothèse correspondant au positionnement de l'humérus et du tronc lorsque le tronc est en position verticale ou horizontale par rapport au sol.

35 9. Procédé de visualisation, en réalité augmentée, pour présenter des éléments visuels en fonction d'une relation spatiale entre un premier membre (30) et un deuxième membre (20) joints par une articulation (10) mobile ou semi-mobile, un unique dispositif de localisation (400) étant disposé sur le premier membre (30) du patient, caractérisé en ce qu'il comporte les

étapes suivantes réalisées au moins en partie au moyen d'un système de suivi (300) comprenant un dispositif d'acquisition (310) :

- 5 - déterminer, au moyen du dispositif de localisation (400), une mesure de la position spatiale du dispositif de localisation (400) relativement au dispositif d'acquisition (310) ;
- déterminer, au moyen du dispositif de localisation (400), une mesure angulaire du dispositif de localisation (400) relativement à un axe vertical ;
- 10 - déterminer, au moyen du dispositif de localisation (400), la relation spatiale entre le premier membre (30) et le deuxième membre (20), en considérant le deuxième membre (20) comme immobile, et en fonction au moins de la mesure angulaire du dispositif de localisation (400) relativement à l'axe vertical, et d'une première hypothèse de positionnement entre le premier membre (30) et le deuxième membre (20) ;
- 15 - présenter, sur le module afficheur (200), les éléments visuels comprenant au moins une représentation visuelle du premier membre (30) et du deuxième membre (20), en fonction de la relation spatiale entre le premier membre (30) et le deuxième membre (20) préalablement déterminée et en fonction de la position spatiale entre le dispositif de localisation (400) relativement au dispositif d'acquisition (310).

20

10. Procédé de visualisation selon la revendication 9, dans lequel la relation spatiale entre le premier membre (30) et le deuxième membre (20) est déterminée également en fonction d'une relation spatiale invariable définie par l'articulation (10) et précisant au moins un centre de rotation et un axe de rotation entre le premier membre (30) et le second membre (20).

25

11. Procédé de visualisation selon l'une quelconque des revendications 9 et 10, comprenant en outre :

- 30 - saisir au moins une correction du positionnement du premier membre (30) et du deuxième membre (20) sur la représentation présentée sur le module afficheur (200) ;
- déterminer une deuxième hypothèse de positionnement entre le premier membre (30) et le deuxième membre (20), en fonction de ladite au moins une correction ;
- 35 - mettre à jour, au moyen du dispositif de localisation (400), la relation spatiale entre le premier membre (30) et le deuxième membre (20), en

considérant le deuxième membre (20) comme immobile, et en fonction de la mesure angulaire du dispositif de localisation (400) relativement à l'axe vertical, de la première hypothèse et de la deuxième hypothèse de positionnement entre le premier membre (30) et le deuxième membre (20).

5

12. Procédé de visualisation selon l'une quelconque des revendications 9 à 11, dans lequel le dispositif de localisation (400) est un marqueur optique couplé rigidement au premier membre (30) du patient, comportant un support sur lequel un motif (410) géométrique et/ou coloré est représenté, et adapté à être identifiable par le dispositif d'acquisition (310) pour :

10

- déterminer la mesure de la position spatiale du dispositif de localisation (400) relativement au dispositif d'acquisition (310) ;
- déterminer la mesure angulaire du dispositif de localisation (400) relativement à un axe vertical.

15

13. Procédé de visualisation selon l'une quelconque des revendications 9 à 12, dans lequel les éléments visuels sont présentés sur le module afficheur (200) en superposition dans le champ visuel d'un utilisateur du système de visualisation (100).

20

14. Procédé de visualisation selon l'une quelconque des revendications 9 à 13, comprenant la présentation, sur le module afficheur (200), en outre d'un ou plusieurs des éléments visuels de la liste suivante: un modèle géométrique et/ou une représentation symbolique d'un repère anatomique; un modèle géométrique et/ou une représentation symbolique d'un composant d'une prothèse ou d'une instrumentation; une ligne de repérage ; des informations textuelles ; un repère ou une valeur.

25

15. Procédé de visualisation selon l'une quelconque des revendications 9 à 14, dans lequel le procédé de visualisation est mis en œuvre pour l'un au moins des cas suivants :

30

- le premier membre (30) est un tibia d'un patient, le deuxième membre (20) étant un fémur du patient, l'appareil extenseur du genou étant alors l'articulation joignant le tibia au fémur; la première hypothèse correspondant

35

- à un positionnement du tibia et du fémur tel que l'axe longitudinal du tibia et l'axe longitudinal du fémur forment un angle sensiblement égal à 90° ;
- le premier membre est un fémur d'un patient, le deuxième membre étant le bassin du patient, la hanche étant alors l'articulation joignant le fémur au bassin; la première hypothèse correspondant au positionnement du bassin et du fémur observé lorsqu'un patient est en position debout ou assise ;
 - le premier membre est un radius/cubitus d'un patient, le deuxième membre étant l'humérus du patient, le coude étant alors l'articulation joignant le radius/cubitus à l'humérus; la première hypothèse correspondant au positionnement du radius/cubitus et de l'humérus observé lorsque le bras d'un patient est en position verticale ou horizontale par rapport au sol ;
 - le premier membre est l'humérus d'un patient, le deuxième membre étant le tronc du patient, l'épaule étant alors l'articulation joignant l'humérus au tronc; la première hypothèse correspondant au positionnement de l'humérus et du tronc lorsque le tronc est en position verticale ou horizontale par rapport au sol.

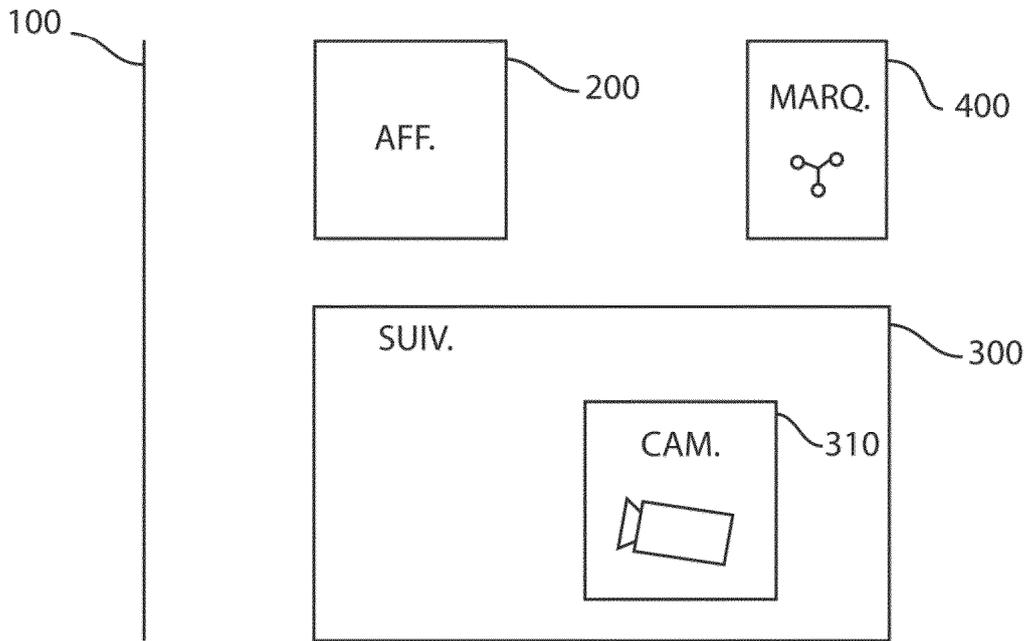


FIG.1

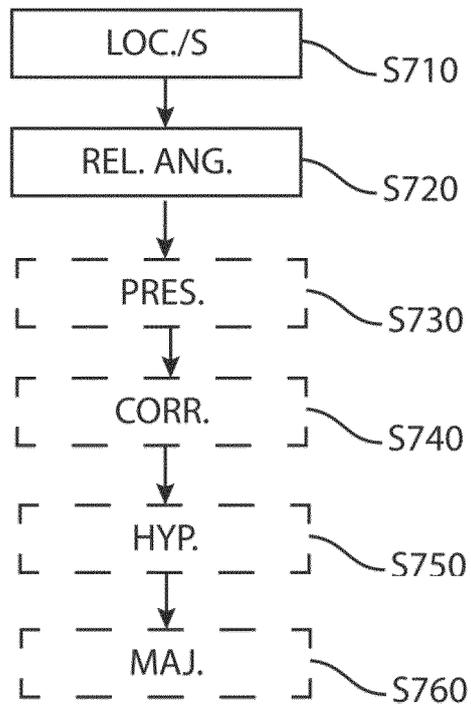


FIG.2



FIG.3

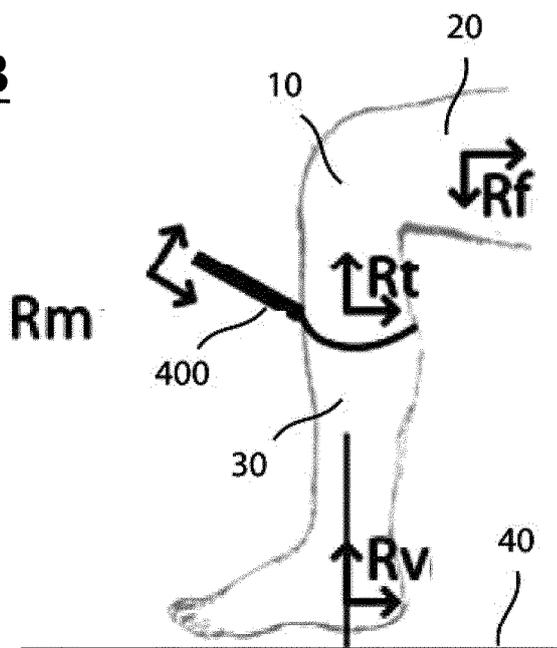
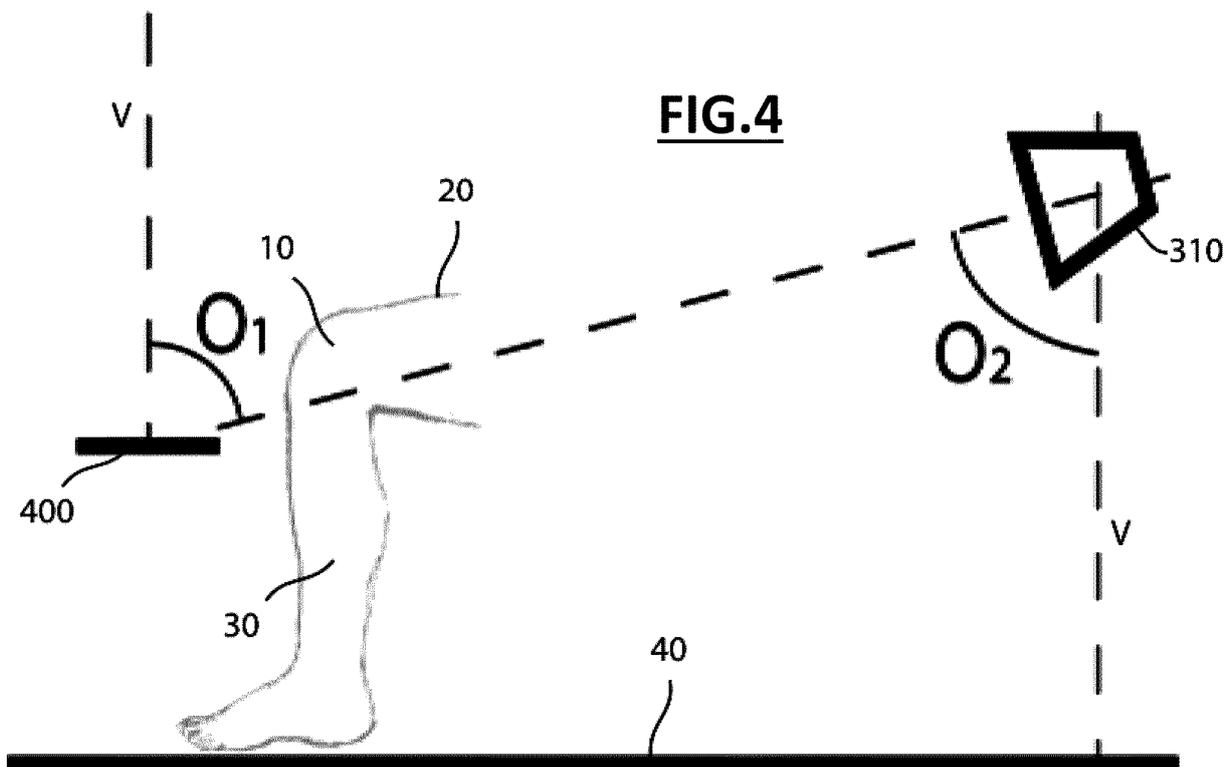


FIG.4



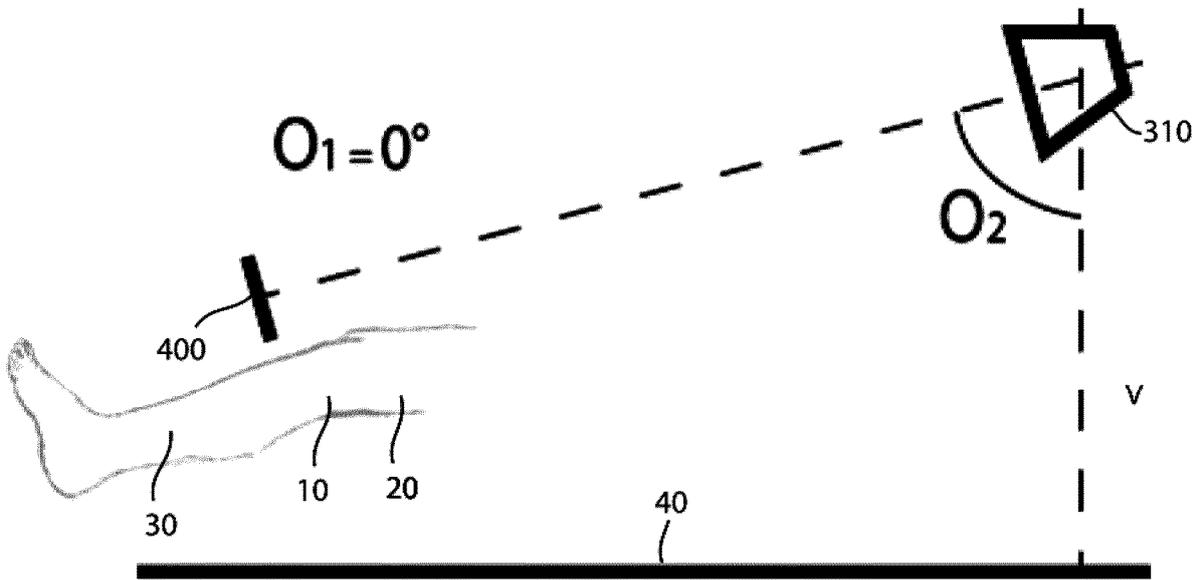


FIG. 5

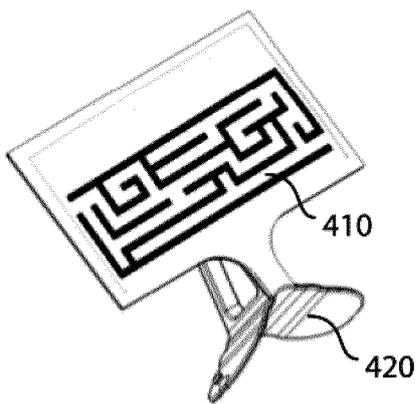


FIG. 6

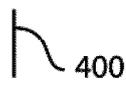


FIG. 7

4/5

FIG.8a

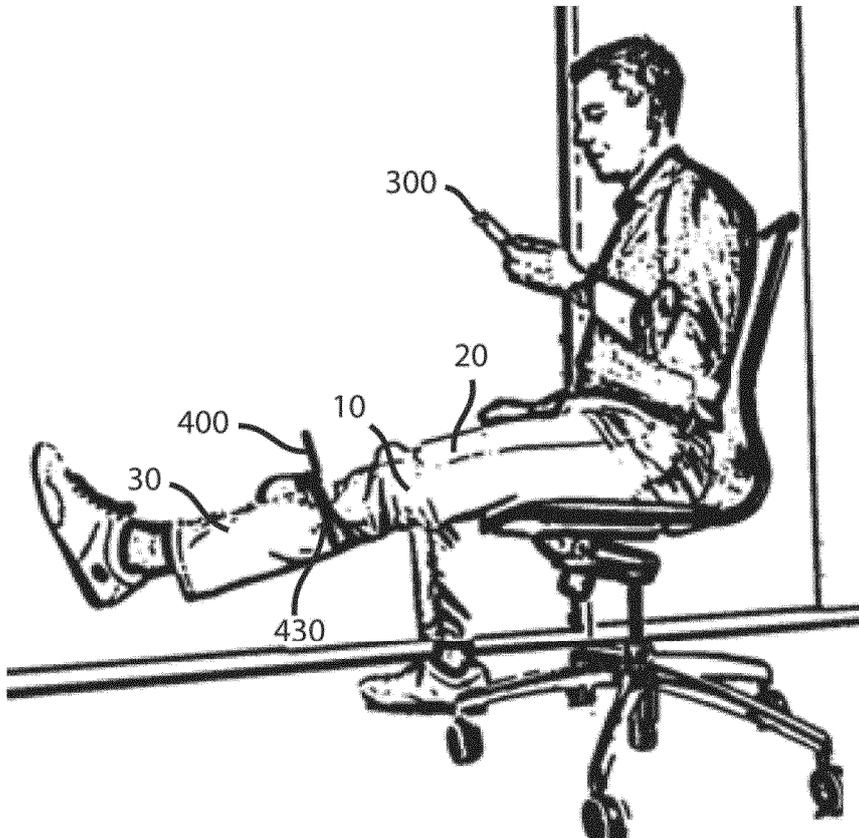
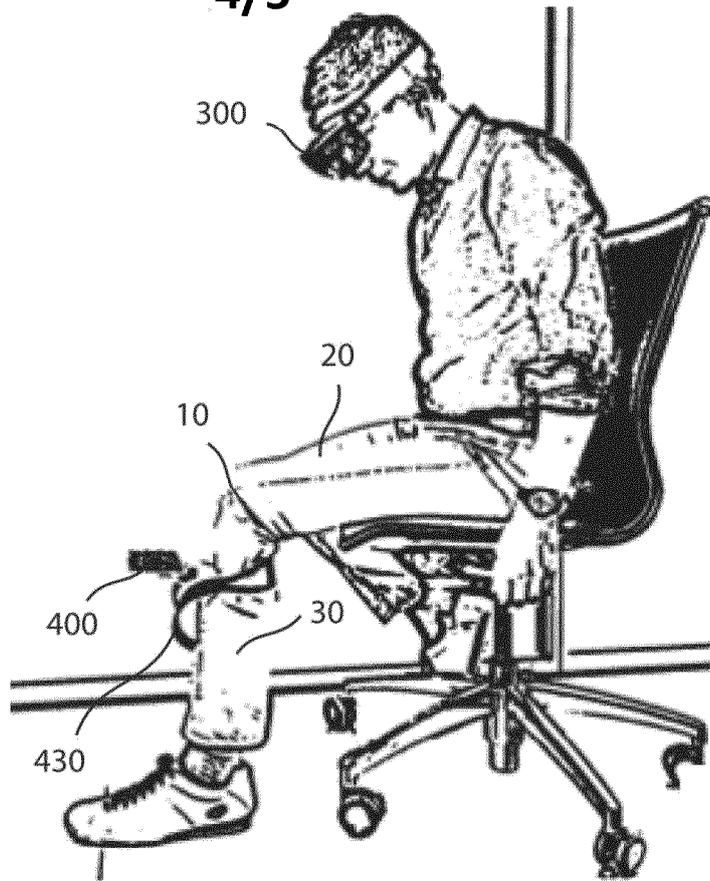


FIG.8b

5/5

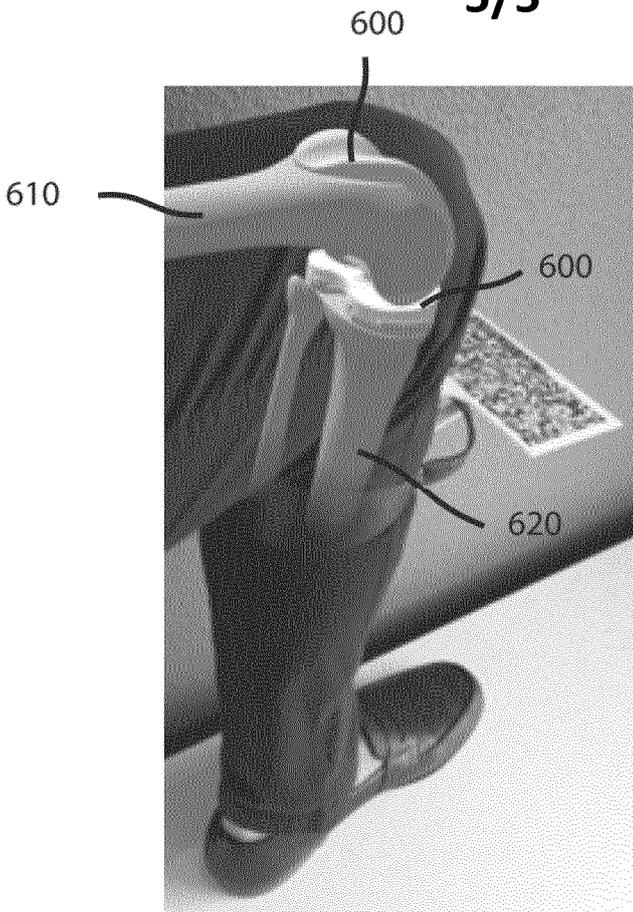
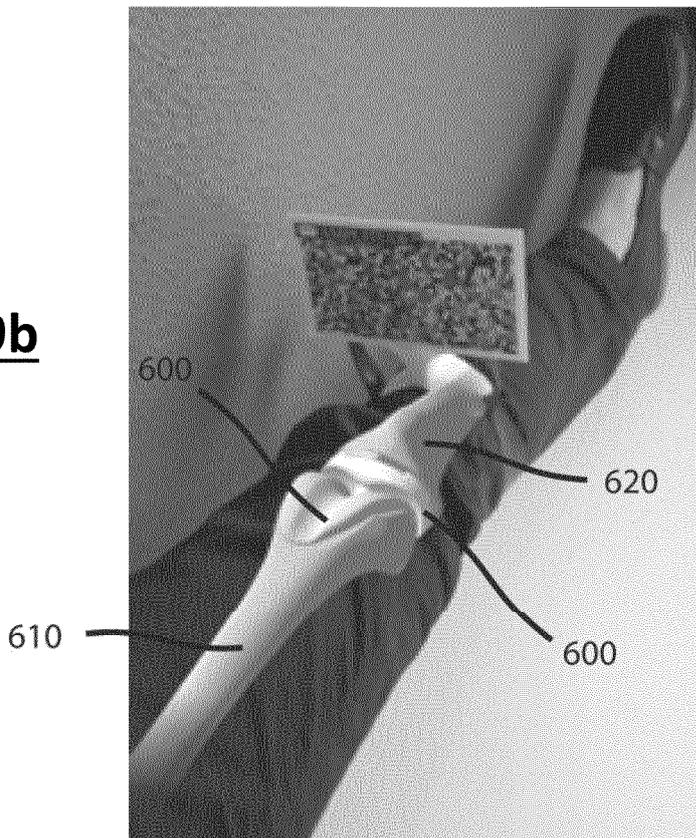


FIG.9a

FIG.9b



RAPPORT DE RECHERCHE

articles L.612-14, L.612-53 à 69 du code de la propriété intellectuelle

OBJET DU RAPPORT DE RECHERCHE

L'I.N.P.I. annexe à chaque brevet un "RAPPORT DE RECHERCHE" citant les éléments de l'état de la technique qui peuvent être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention, au sens des articles L. 611-11 (nouveau) et L. 611-14 (activité inventive) du code de la propriété intellectuelle. Ce rapport porte sur les revendications du brevet qui définissent l'objet de l'invention et délimitent l'étendue de la protection.

Après délivrance, l'I.N.P.I. peut, à la requête de toute personne intéressée, formuler un "AVIS DOCUMENTAIRE" sur la base des documents cités dans ce rapport de recherche et de tout autre document que le requérant souhaite voir prendre en considération.

CONDITIONS D'ETABLISSEMENT DU PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

Le demandeur a présenté des observations en réponse au rapport de recherche préliminaire.

Le demandeur a maintenu les revendications.

Le demandeur a modifié les revendications.

Le demandeur a modifié la description pour en éliminer les éléments qui n'étaient plus en concordance avec les nouvelles revendications.

Les tiers ont présenté des observations après publication du rapport de recherche préliminaire.

Un rapport de recherche préliminaire complémentaire a été établi.

DOCUMENTS CITES DANS LE PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

La répartition des documents entre les rubriques 1, 2 et 3 tient compte, le cas échéant, des revendications déposées en dernier lieu et/ou des observations présentées.

Les documents énumérés à la rubrique 1 ci-après sont susceptibles d'être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention.

Les documents énumérés à la rubrique 2 ci-après illustrent l'arrière-plan technologique général.

Les documents énumérés à la rubrique 3 ci-après ont été cités en cours de procédure, mais leur pertinence dépend de la validité des priorités revendiquées.

Aucun document n'a été cité en cours de procédure.

1. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE SUSCEPTIBLES D'ETRE PRIS EN CONSIDERATION POUR APPRECIER LA BREVETABILITE DE L'INVENTION

Antonio Carlos Sementille ET AL: "A Motion Capture System Using Passive Markers",

,
1 janvier 2004 (2004-01-01), XP055613747,

Extrait de l'Internet:

URL: <http://delivery.acm.org/10.1145/105000>

0/1044684/p440-sementille.pdf?ip=145.64.13

4.242&id=1044684&acc=ACTIVE%20SERVICE&key=

E80E9EB78FFDF9DF.4D4702B0C3E38B35.4D4702B0

C3E38B35.4D4702B0C3E38B35&__acm__=15662276

77_390a63a71a50341fbe0d059b88df2832

[extrait le 2019-08-19]

CASTILLO DANIEL ET AL: "Augmented Reality for Assistance of Total Knee Replacement",

JOURNAL OF ELECTRICAL AND COMPUTER ENGINEERING,

vol. 2016, 1 janvier 2016 (2016-01-01),

pages 1-6, XP055613656,

ISSN: 2090-0147, DOI: 10.1155/2016/9358369

WO 2018/081795 A1 (ZIPLINE MEDICAL INC

[US]) 3 mai 2018 (2018-05-03)

WO 2009/062314 A1 (ORTHOSOFT INC [CA];

PARADIS FRANCOIS [CA]; FALARDEAU BRUNO

[CA]) 22 mai 2009 (2009-05-22)

WO 2015/128845 A1 (VALEO LUIGI [IT];

FERRETTI ANDREA [IT] ET AL.)

3 septembre 2015 (2015-09-03)

2. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE ILLUSTRANT L'ARRIERE-PLAN TECHNOLOGIQUE GENERAL

NEANT

3. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE DONT LA PERTINENCE DEPEND DE LA VALIDITE DES PRIORITES

NEANT