

⑫

BREVET D'INVENTION

B1

⑤④ PLATEFORME D'ENTRAÎNEMENT.

⑫② Date de dépôt : 13.05.22.

⑫③ Priorité :

⑥⑥ Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

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

⑫③ Date de mise à la disposition du public
de la demande : 17.11.23 Bulletin 23/46.

⑫⑤ Date de la mise à disposition du public du
brevet d'invention : 21.06.24 Bulletin 24/25.

⑫⑥ Liste des documents cités dans le rapport de
recherche :

Se reporter à la fin du présent fascicule

⑦② Inventeur(s) : Tom LORENT BOURDO.

⑦③ Titulaire(s) : VIRTUALISURG Société par actions
simplifiée.

⑦④ Mandataire(s) : ICOSA.



Description

Titre de l'invention : PLATEFORME D'ENTRAÎNEMENT

DOMAINE DE L'INVENTION

- [0001] La présente invention concerne une plate-forme modulaire de formation chirurgicale. La présente invention se situe donc dans le domaine des outils, méthodes et matériels d'éducation et d'enseignement. Plus particulièrement, l'invention concerne un dispositif d'entraînement à un acte chirurgical, destiné à la formation des chirurgiens.

ÉTAT DE LA TECHNIQUE

- [0002] À ce jour, la plupart des formations chirurgicales sont réalisées en conditions réelles, sur des patients, par le biais d'un compagnonnage chirurgical. Cette méthode nécessite des ressources humaines importantes, présente des contraintes matérielles élevées et peut générer un stress important pour l'étudiant qui peut entraîner des difficultés de concentration et/ou de mémorisation.
- [0003] Des alternatives existent, comme par exemple le *Pelvitainer EoSim SurgTrac®* ou certaines sessions sur animaux. Cependant, ces formations/méthodes ne sont accessibles qu'à un petit nombre d'internes en chirurgie et présentent un certain nombre de limites évidentes : le *Pelvitainer* est une simple boîte dans laquelle on insère des trocars et une caméra avec la possibilité de pratiquer des sutures sur des matériaux inertes comme de la mousse. Le modèle animal présente des problèmes évidents en termes de qualité de formation car les similarités/corrélations anatomiques avec l'homme sont limitées. Le modèle animal pose également des problèmes éthiques.
- [0004] Le but de la présente invention est donc de fournir un dispositif d'entraînement sûr, pratique, précis, réaliste, facile à utiliser et facilement disponible, permettant de donner à tout étudiant en chirurgie une chance de s'entraîner dans un environnement sûr sans aucun risque de se blesser, de blesser un patient ou un animal.

RÉSUMÉ

- [0005] Cette invention concerne donc une plateforme d'entraînement chirurgical modulaire configurée pour interfacer un environnement virtuel comprenant au moins un élément chirurgical virtuel, la plateforme d'entraînement comprenant un dispositif d'affichage de réalité virtuelle configuré pour afficher, à un utilisateur, l'environnement virtuel, un module de calibration connecté au dispositif d'affichage de réalité virtuelle, au moins un module d'entraînement, chaque module d'entraînement comportant un contrôleur haptique, un système de contrôle configuré pour identifier les différents modules connectés entre eux, générer l'environnement virtuel, interfacer chaque élément chirurgical virtuel mobile de l'environnement virtuel avec un élément réel correspondant. L'invention se caractérise en ce que l'ensemble des modules sont configurés pour être

fixés les uns aux autres de manière réversible dans une configuration connue. La présente invention se caractérise également en ce que chaque contrôleur haptique comporte un système de connexion configuré pour connecter mécaniquement, de manière réversible, un outil chirurgical d'entraînement, chaque contrôleur haptique étant, en outre, configuré pour mesurer chaque mouvement dans l'espace de l'outil chirurgical d'entraînement une fois celui-ci connecté au contrôleur haptique. La présente invention se caractérise également en ce que le système de contrôle comporte en outre un système de reconnaissance de l'outil chirurgical d'entraînement configuré pour obtenir une information d'identification spécifique à l'outil chirurgical d'entraînement connecté, et communiquer l'information d'identification au système de contrôle, de manière à ce que le système de contrôle reconnaisse chaque outil chirurgical d'entraînement connecté au contrôleur haptique. L'invention se caractérise aussi en ce que le système de contrôle génère une image virtuelle de chaque outil chirurgical d'entraînement connecté au contrôleur haptique. L'invention se caractérise aussi en ce que le système de contrôle est configurée pour recevoir et analyser les données liées au(x) mouvement(s) de chaque outil chirurgical d'entraînement connecté au contrôleur haptique, et reproduire chaque mouvement de l'outil chirurgical d'entraînement connecté au contrôleur haptique en un mouvement virtuel correspondant de son image virtuelle dans l'environnement virtuel. L'invention se caractérise finalement en ce que chaque mouvement virtuel est rendu visible à l'utilisateur par le dispositif d'affichage.

[0006] Ainsi, la solution permet d'atteindre l'objectif précité. En particulier, la plateforme selon la présente invention étant modulaire, les différents modules composant la plateforme de contrôle haptique des éléments de chirurgie virtuelle peuvent être facilement interfacés entre eux. Cette modularité permet en outre d'adapter la plateforme aux différents exercices chirurgicaux proposés, en ajoutant et en retirant des éléments de celle-ci. Elle permet également d'adapter la plateforme aux préférences de l'utilisateur ; par exemple, si l'utilisateur est gaucher, le module de calibration peut être placé à droite pour ne pas gêner ses mouvements. La liberté de disposition des outils chirurgicaux correspond également davantage à la réalité de l'exercice opératoire. En effet, en conditions réelles, le praticien peut placer ses outils comme il le souhaite pour faciliter son travail.

[0007] La connexion physique permet l'identification des différents modules et/ou la transmission d'informations sur le mouvement des éléments haptiques.

[0008] L'information d'identification spécifique peut être une tension mesurée au niveau d'un pont diviseur de tension spécifique à l'outil chirurgical connecté. En variante, l'information d'identification spécifique peut être contenue dans un composant électronique telle qu'une puce électronique.

[0009] La plateforme selon l'invention peut comprendre une ou plusieurs des caracté-

ristiques suivantes, prises séparément les unes des autres ou combinées entre elles :

- [0010] – le système de contrôle peut comporter :
- une unité de mesure configurée pour :
 - identifier les outils chirurgicaux d'entraînement ou les modules connectés,
 - récolter les données de mouvement de l'outil chirurgical d'entraînement connecté,
 - une unité centrale configurée pour :
 - générer l'environnement virtuel,
 - recevoir et analyser les données liées au(x) mouvement(s) de chaque outil chirurgical d'entraînement connecté,
 - interfacier chaque élément chirurgical virtuel mobile de l'environnement virtuel avec un outil chirurgical d'entraînement correspondant,
- l'unité de mesure peut faire partie du module d'entraînement,
- chaque module peut comprendre une base présentant une forme spécifique, les formes des différentes bases des différents modules étant complémentaires les unes des autres, de manière à obtenir un emboîtement stable et adapté des différents modules entre eux,
- le système de connexion du contrôleur haptique peut permettre de connecter au moins deux outils chirurgicaux d'entraînement différents,
- le système de connexion peut comprendre au moins un connecteur à verrouillage de type clé-serrure configuré pour être fixé au contrôleur haptique et à tout outil chirurgical d'entraînement de manière à assurer leur connexion amovible,
- le système de connexion peut comprendre un premier connecteur fixé au contrôleur haptique et configuré pour coopérer de manière amovible avec un second connecteur correspondant fixé à l'outil chirurgical d'entraînement,
- le contrôleur haptique du module d'entraînement peut comprendre un robot à bras pivotant, le robot à bras pivotant présentant une extrémité libre destinée à coopérer avec le système de connexion,
- le système de contrôle peut en outre être configuré pour générer un signal de retour permettant au contrôleur haptique de générer un retour haptique lorsqu'au moins deux éléments virtuels interagissent dans l'environnement virtuel.
- [0011] La présente invention a également pour objet un kit d'entraînement chirurgical comprenant une plateforme modulaire d'entraînement chirurgical selon l'une quelconque des caractéristiques techniques listées ci-dessus et au moins un outil chi-

urgical d'entraînement configuré pour être connecté au contrôleur haptique de la plateforme.

BRÈVE DESCRIPTION DES FIGURES

[0012] L'invention sera mieux comprise, et d'autres buts, détails, caractéristiques et avantages de celle-ci apparaîtront plus clairement à la lecture de la description explicative détaillée qui suit, de modes de réalisation de l'invention donnés à titre d'illustration, d'exemples purement illustratifs et non limitatifs, en référence aux dessins annexés :

- [0013] – **La** [Fig.1] est une vue globale en perspective d'une plate-forme démontée selon la présente invention,
- **La** [Fig.2] est une vue globale en perspective d'une plateforme démontée selon la présente invention, représentée avec deux outils chirurgicaux d'entraînement différents chacun pouvant être connecté à la plateforme,
- **La** [Fig.3] est une vue similaire à la [Fig.2] sous un angle différent,
- **La** [Fig.4A] est une vue en perspective d'une plateforme d'entraînement montée selon l'invention, connectée à un outil chirurgical d'entraînement, comportant un seul module d'entraînement,
- **La** [Fig.4B] est une vue en perspective d'une plateforme d'entraînement montée selon l'invention, comportant deux modules d'entraînement, connectée à deux d'entraînement chirurgical,
- **La** [Fig.5] est une vue en perspective d'un kit selon la présente invention, manipulé par un utilisateur selon un premier mode de réalisation,
- **La** [Fig.6] est une vue en perspective d'un kit selon la présente invention, manipulé par un utilisateur selon un deuxième mode de réalisation,
- **La** [Fig.7] est une vue explosée d'un module de contrôle,
- **La figures 8A** est une vue en perspective d'un élément de calibration associé au dispositif d'affichage selon l'invention,
- **La** [Fig.8B] est une vue en perspective du module de calibration,
- **La** [Fig.9A] est une vue en perspective d'un connecteur de contrôleur haptique selon l'invention,
- **La** [Fig.9B] est une vue en perspective d'un connecteur d'outil chirurgical d'entraînement selon l'invention,
- **La** [Fig.10] est une vue en perspective d'un outil d'entraînement chirurgical,
- **La** [Fig.11] est une vue en perspective d'un exemple d'environnement virtuel selon l'invention.

DESCRIPTION DÉTAILLÉE

[0014] Comme visible sur les figures 5 et 6, la présente invention concerne une plateforme

d'entraînement chirurgical modulaire 10 configurée pour interfacer un environnement virtuel 100 comprenant au moins un élément chirurgical virtuel mobile 102 (voir [Fig.11]). Cet environnement virtuel comprend également un patient virtuel 104 et différents éléments de décors 106. Ainsi, un utilisateur manipulant la plateforme modulaire 10 interagit avec l'environnement virtuel 100 dans lequel toutes sortes d'opérations chirurgicales sont possibles.

[0015] Comme visible sur la [Fig.1], la plateforme modulaire 10 selon la présente invention comprend :

- [0016] – un dispositif d'affichage de réalité virtuelle 12 configuré pour montrer/afficher, à l'utilisateur, l'environnement virtuel 100,
- un module de calibration 14 connecté au dispositif d'affichage virtuel 12,
- au moins un module d'entraînement 16, chaque module d'entraînement comportant un contrôleur haptique 18,
- un système de contrôle 20.

[0017] Dans le cadre de la présente invention, le dispositif d'affichage 12 fait le lien entre les différents modules d'entraînement 16 et l'environnement virtuel 100. En effet, le(s) module(s) d'entraînement 16 est/sont le(s) seul(s) élément(s) manipulé(s) par l'utilisateur et le rendu de ces manipulations n'est visible que dans l'environnement virtuel 100. Chaque module d'entraînement est une entité autonome comportant plusieurs pièces en plastique assemblées entre elles. Ces pièces peuvent être imprimées en 3D. L'ensemble de ces pièces sera décrit au fur et à mesure de la présente description. Ainsi, chaque élément chirurgical virtuel mobile 102 et chaque mouvement virtuel de chacun de ces éléments chirurgicaux virtuels mobiles 102 présents dans l'environnement virtuel 100 est rendu visible à l'utilisateur par le dispositif d'affichage 12.

[0018] Plus particulièrement, le dispositif d'affichage 12 (visible en figures 5 et 6) peut être un élément fixe dans l'espace (tel un écran) ou un élément mobile dans l'espace, par exemple, configuré pour être porté par l'utilisateur pendant l'opération de chirurgie. Le dispositif d'affichage 12 peut comporter plusieurs afficheurs, permettant à plusieurs utilisateurs de visualiser l'environnement virtuel 100. Les différents afficheurs peuvent être mobiles ou fixes. Plus précisément, comme visible sur les figures 5 et 6, le système d'affichage 12 peut être un écran posé sur une surface à proximité ou à distance des différents modules 14, 16. Dans un autre mode de réalisation, le dispositif d'affichage 12 peut être un casque de réalité virtuelle, ajustable à l'utilisateur et pouvant fournir un retour audio. Plus particulièrement, il peut s'agir d'un casque HP reverb® possédant deux écrans d'une résolution de 2160x2160 pixels. Chaque écran a une fréquence d'affichage de 90 Hz. Le dispositif d'affichage 12 est relié au système de contrôle 20 de préférence par un câble (par exemple un câble *displayport* ou *hdmi*).

- [0019] De manière connue en soi, le dispositif d'affichage 12 est associé à un outil de calibration mobile 22 (voir [Fig.8B]). L'outil de calibration mobile 22 peut prendre la forme d'une manette classique comme par exemple illustré en [Fig.8B] mais il peut aussi prendre une forme différente.
- [0020] Le module de calibration 14 est une pièce indépendante représentée en [Fig.8A]. Comme visible sur la [Fig.8B], le module de calibration 14 comporte une empreinte 24 complémentaire de l'outil de calibration mobile 22. Ainsi, le module de calibration 14 permet de positionner l'outil de calibration mobile 22 associé au dispositif d'affichage 12 à une distance connue et fixe du module d'entraînement 16, en particulier du contrôleur haptique 18 de celui-ci (voir [Fig.4A]). Le module de calibration 14 est de préférence en plastique. Il est préférentiellement imprimé en 3D. De même que pour les modules d'entraînement 16, le module de calibration 14 peut comporter des aimants, comme il sera expliqué en détail plus bas. Le module de calibration 14 peut également être muni d'un connecteur électrique permettant la connexion d'un circuit électronique d'identification du module de calibration 14 par le système de contrôle 20. On utilise pour cela le même dispositif comportant un pont diviseur de tension que celui utilisé pour le connecteur clé-serrure du contrôleur haptique 18, qui sera décrit un peu plus bas.
- [0021] Le contrôleur haptique 18 permettant de connaître la position et l'orientation relative d'un objet qui y est rattaché (voir plus bas), on obtient alors la position et l'orientation de cet objet par rapport à l'outil de calibration mobile 22. Dans le cas où le dispositif d'affichage 12 est un dispositif mobile configuré pour être porté par l'utilisateur, le module de calibration 14 permet en outre de localiser l'utilisateur par rapport au module d'entraînement 16. En effet, la position de l'outil de calibration mobile 22 par rapport au dispositif d'affichage 12 étant connue, on peut alors connaître la position et l'orientation de l'objet connecté au contrôleur haptique 18 par rapport à l'utilisateur qui porte le dispositif d'affichage 12 (voir figures 5 et 6).
- [0022] De même, les différents modules d'entraînement 16 connectés entre eux ou au module de calibration 14 peuvent être positionnés et localisés par le dispositif d'affichage 12, étant donné qu'une fois les différents modules 14, 16 connectés entre eux, ils sont tous à une distance fixe et connue du module de calibration 14 et donc de l'outil mobile de calibration 22 (voir figures 4A et 4B). La possible identification des différents modules 16 à travers un système électronique (voir plus bas) peut permettre de connaître cette distance de manière « plug and play ». Ainsi, l'outil de calibration mobile 22 associé au dispositif d'affichage 12 sert de référence de calibration pour chaque module d'entraînement, donc de chaque contrôleur haptique 18 et donc de chacun des éléments physiques manipulés par l'utilisateur de la plateforme 10.
- [0023] Dans la présente demande, la notion de « *plug and play* » décrit une action simple,

n'impliquant qu'un nombre limité de gestes, de préférence un seul. Une connexion « *plug and play* » décrit ainsi une connexion qui se fait d'un seul geste.

- [0024] Un choc (mouvement brusque de l'utilisateur ou une erreur de manipulation, par exemple) peut entraîner un déplacement intempestif du ou des modules(s) d'entraînement 16 et donc du module de calibration 14 qui y est connecté, par rapport au système d'affichage 12. Ceci peut mener à une rupture de calibration entre l'environnement virtuel 100 et la position de l'utilisateur. Ceci peut être évité par l'utilisation d'un système électronique comportant un accéléromètre permettant, d'une part, de détecter ce type de mouvements intempestifs et, d'autre part, d'adapter le positionnement numérique de l'environnement virtuel 100 à la nouvelle position du module de calibration 14 avec l'outil de calibration mobile 22.
- [0025] Les différents modules d'entraînement 16 peuvent être connectés entre eux, de manière à former une console de pilotage 26 (voir [Fig.4B]). La console de pilotage 26 comprend ainsi au moins un module d'entraînement 16 (voir [Fig.2]). Plus particulièrement, l'ensemble des modules 14, 16 sont configurés pour être fixés les uns aux autres de manière réversible dans une configuration connue (voir figures 4A et 4B). Ceci permet la modularité de la plateforme 10 selon l'invention.
- [0026] Le(s) module(s) d'entraînement 16 formant la console de pilotage 26 peuvent être soit connectés directement les uns aux autres, soit connectés entre eux au moyen de modules d'espacement 28 (voir figures 4A et 4B). Les modules d'espacements 28 sont en plastique et sont préférentiellement réalisées par impression 3D, en dépôt de couche ou en frittage. Selon d'autres modes de réalisations, elles peuvent être fabriquées par moulage ou autre procédé ultérieurement. Les modules d'espacement 28 sont des pièces de connexion permettant de créer un espacement (donc un positionnement) connu entre les différents modules 14, 16 de la plateforme 10.
- [0027] Chaque module de calibration 14 ou d'entraînement 16 comprend à cet effet, une base 30 présentant une forme spécifique (voir [Fig.7]). Les formes des différentes bases 30 des différents modules 14, 16 sont complémentaires les unes des autres, de manière à obtenir un emboîtement stable et adapté des différents modules 14, 16, 28 entre eux. L'aspect connu des bases 30 des différents modules 14, 16, 28 permet de déterminer facilement la position relative des modules 14, 16, 28 dans l'espace. De préférence, les modules de calibration 14 et d'entraînement 16 sont connectés entre eux au moyen des modules d'espacement 28 afin d'augmenter la stabilité de la console de pilotage et de la plateforme 10 dans son ensemble lorsque celle-ci est assemblée.
- [0028] Selon le mode de réalisation représenté en figures 1, 2, 7 et 8A, la connexion physique des différents modules 14, 16, 28 entre eux se fait au moyen d'un système d'emboîtement magnétique permettant l'emboîtement facile de différents modules 14, 16, 28 entre eux. Plus précisément, chaque base 30 de chaque module 14, 16, 28

comporte au moins un aimant 32 destiné à coopérer avec un aimant 32 correspondant d'une base 30 d'un module 14, 16, 28 complémentaire, formant ainsi un point de connexion magnétique. Préférentiellement, les aimants 32 sont regroupés par trois à chaque point de connexion magnétique. Dans le cas de figure où les modules de la console de pilotage 26 et le module de calibration sont reliés entre eux par des modules d'espacement 28, la polarité des aimants 32 est choisie de sorte que les modules d'espacement 28 et les autres modules (modules de calibration 14 et modules d'entraînement 16) s'attirent. La présence d'un système d'emboîtement magnétique permet de stabiliser l'emboîtement entre les différents modules 14, 16, 28 et de limiter les désemboîtements intempestifs en cas de maladresse de l'utilisateur ou de secousse involontaire.

- [0029] La connexion physique peut, en outre, inclure un connecteur électronique 34 permettant la communication électronique entre les différents modules 14, 16, 28 et le système de contrôle 20 (voir figures 1, 2, 7 et 8A). Optionnellement, dans le cas où les modules de calibration 14 et les modules d'entraînement 16 sont reliés entre eux au moyen de modules d'espacement 28, chaque module d'espacement 28 peut accueillir au niveau de chaque point de connexion magnétique, en sus, un connecteur électronique 34 destiné à coopérer avec un connecteur électronique de la base 30 des modules de calibrations et/ou d'entraînement 16. La communication électronique entre les différents modules 14, 16, 28 est donc assurée, que les modules de calibration 14 et d'entraînement 16 soient reliés entre eux directement au moyen d'un module d'espacement 28.
- [0030] Chaque connecteur électronique 34 peut être connecté à un câble pour relier le connecteur électronique du module connecté correspondant. Ces connecteurs électroniques 34 peuvent, par exemple, prendre la forme de connecteurs à pins sur ressort/pin rétractables. Dans certains modes de réalisation, chaque connecteur électronique 34 associé à un module d'entraînement 16 comporte par exemple, un pont diviseur de tension générant une tension spécifique à chaque module d'entraînement 16. Ceci permet d'identifier le module d'entraînement 16 par la lecture de la tension générée par le pont diviseur de tension. Dans d'autres modes de réalisation, le connecteur électronique 34 fait partie d'un circuit électronique plus complexe capable d'engager une communication numérique (par exemple répondant à la norme « UART »).
- [0031] De nombreuses technologies permettant d'identifier des modules physiques à la connexion à l'aide de technologies électroniques existent, mais elles ne sont toutefois pas utilisées dans un cadre de réalité virtuelle pour l'éducation à la chirurgie.
- [0032] En résumé, cette connexion électronique permet :
- [0033] – l'identification des modules 14, 16 par le système de contrôle 20, et/ou
- la transmission des informations de déplacement du contrôleur haptique 18

(voir plus bas).

- [0034] Le système de contrôle 20 comporte un microcontrôleur lui-même connecté électriquement, à travers les connecteurs 34 et potentiellement les modules d'espacements 28, aux modules de calibration 14 et d'entraînement 16. Dans un premier mode de réalisation/fonctionnement les différents modules de calibration 14 et/ou d'entraînement 16 intègrent un système diviseur de tension. Le microcontrôleur lit alors la tension et est capable d'identifier le(s) module(s) 14, 16 qui répond(ent) par cette tension. Dans un mode de réalisation/fonctionnement alternatif, les modules de calibration 14 et/ou d'entraînement 16 comportent chacun une carte électronique 42 permettant une communication numérique avec le microcontrôleur du module d'entraînement 16. Ils s'identifient et sont capables d'échanger des informations concernant une action de l'utilisateur mais aussi un retour vers l'utilisateur du système de contrôle 20 (on peut imaginer par exemple un module qui s'illumine en rouge si une erreur est faite dans la manipulation).
- [0035] Comme mentionné ci-dessus et comme visible en figures 1, 2 et 3, chaque module d'entraînement 16 comporte un contrôleur haptique 18.
- [0036] Comme visible sur les figures 2 et 3. Chaque contrôleur haptique 18 comporte un système de connexion 35 configuré pour connecter mécaniquement, de manière réversible, un outil chirurgical d'entraînement 36.
- [0037] Pour rendre le dispositif d'apprentissage de chirurgie par réalité virtuelle proposé par la plateforme 10 selon la présente invention plus immersif et plus réaliste il est intéressant que l'utilisateur puisse manipuler des outils physiques pour contrôler la simulation qui s'affiche dans le système d'affichage 12. De manière bien connue en soi, plus ces outils physiques sont proches de l'outil chirurgical original, plus la simulation est immersive.
- [0038] C'est pourquoi la présente invention fonctionne, en kit, avec une série d'outils chirurgicaux d'entraînement 36 (voir [Fig.2]). Le kit d'entraînement chirurgical ainsi formé (voir figures 5 et 6), comprend donc une plateforme modulaire 16 d'entraînement chirurgical selon la présente invention et au moins un outil chirurgical d'entraînement 36 configuré pour être connecté au contrôleur haptique 18 de ladite plateforme 10. Le kit selon la présente invention peut comporter deux types d'outils chirurgicaux d'entraînement : les outils dit « simples » et les outils dit « complexes ». Les outils complexes sont des outils électronisés complexes qui intègrent un microcontrôleur capable de communiquer directement avec le système de contrôle 20.
- [0039] Ces outils chirurgicaux d'entraînement 36, simples ou complexes, sont des outils chirurgicaux modifiés ou des copies de ceux-ci. La simulation permise par la plateforme 10 selon la présente invention, fait ainsi correspondre tout ou partie des actions physiques auxquelles ces objets sont soumis avec des comportements des jumeaux

virtuels dans l'environnement virtuel 100 affiché par le dispositif d'affichage 12 (voir figures 5 et 6).

- [0040] Comme visible dans le mode de réalisation illustré en figures 2 et 3, le contrôleur haptique 18 de chaque module d'entraînement 16 comprend un robot à bras pivotant, le robot à bras pivotant présentant une extrémité libre destinée à coopérer avec le système de connexion 35.
- [0041] Le système de connexion 35 du contrôleur haptique 18 est universel, dans le sens où il permet de connecter au moins deux outils chirurgicaux d'entraînement 36 différents (voir [Fig.2]).
- [0042] Plus précisément le système de connexion 35 comprend au moins un connecteur à verrouillage 35a de type clé-serrure configuré pour être fixé au contrôleur haptique 18 et à tout outil chirurgical d'entraînement 36 de manière à assurer leur connexion amovible (voir figures 3, 9A et 9B). Les connecteurs 35a, 35b permettent aussi une transmission de la rotation selon l'axe de l'extrémité du contrôleur haptique 18 vers le module d'entraînement 16. Comme visible sur les figures 3, 4A et 4B le système de connexion 35 selon ce mode de réalisation, comprend deux connecteurs à verrouillage 35a, 35b de type clé-serrure : un premier connecteur 35a fixé au contrôleur haptique 18 et configuré pour coopérer de manière amovible avec un second connecteur 35b correspondant fixé à l'outil chirurgical d'entraînement 36. Les deux connecteurs 35a, 35b peuvent tous deux être fixés de manière réversible, soit au contrôleur haptique 18, soit à l'outil chirurgical d'entraînement 36. Les deux connecteurs 35a, 35b, sont obtenus par impression 3D, soit par dépôt de couche, soit par frittage. Sur l'exemple des figures 9A et 9B, la [Fig.9A] représente le premier connecteur 35a (ici la serrure) du contrôleur haptique 18 et la [Fig.9B] représente le deuxième connecteur 35b (ici la clé) destiné à coopérer avec l'outil chirurgical d'entraînement 36. La fixation du premier connecteur 35a sur le contrôleur haptique 18 peut se faire de plusieurs manières. Dans le cas de l'illustration 9A, une interface jack déjà présente originellement sur le contrôleur haptique 18 a été utilisée pour le fixer. Dans d'autres modes de réalisations, on pourrait envisager de coller le premier connecteur 35a ou de s'adapter à un autre contrôleur haptique 18 en créant une forme d'interface spécifique à ce dernier. La fixation du deuxième connecteur 35b à l'outil chirurgical d'entraînement 36 se fait préférentiellement par collage. Il s'agit principalement de collage au niveau de la tige distale de l'outil chirurgical d'entraînement 36. On adapte le modèle 3D du deuxième connecteur 35b en ménageant, sur la face non visible sur la [Fig.9B], un perçage correspondant à l'extrémité de la tige distale 360 de l'outil chirurgical d'entraînement 36. Puis la tige distale est collée dans le deuxième connecteur 35b au moyen, par exemple, d'époxy. Ce procédé de fabrication n'est pas le seul qui est mis en œuvre. Selon des modes de réalisations alternatifs, on pourrait aussi imaginer imprimer en 3D une re-

production d'un outil chirurgical d'entraînement 36 dont le modèle contiendrait le deuxième connecteur 35b.

[0043] La connexion 35, de type clé serrure assure une contrainte de colinéarité selon l'axe X du connecteur 35a de l'extrémité libre du contrôleur haptique 18. Les deux connecteurs 35a, 35b (et donc l'outil chirurgical d'entraînement 36 et le contrôleur haptique 18) sont donc complètement contraints selon toutes les directions.

[0044] Afin de stabiliser la connexion réversible entre le contrôleur haptique 18 et l'outil chirurgical d'entraînement 36, le système de connexion 35 peut comporter, de chaque côté du système « clé-serrure » au moins un aimant 38 (voir [Fig.9A], 9B). De préférence, les aimants 38 utilisés, sont des aimants cubiques présentant une force d'aimantation de 1,1kg. Cette valeur permet à la fois une solidité de l'accrochage mais aussi une déconnexion facile de l'outil chirurgical d'entraînement 36, dans l'optique souhaité de créer une interface « *plug and play* ». En effet, les aimants 38 assurent une contrainte de contact entre les deux connecteurs 35a, 35b. Comme mentionné plus haut, Les deux connecteurs 35a, 35b sont complètement contraints selon toutes les directions, sauf la direction colinéaire à l'axe de l'extrémité du contrôleur haptique 18. L'aimantation permet donc de contraindre/maintenir la connexion également dans cette direction. Toutefois, la force de rupture de cette contrainte (et donc de rupture de la connexion « clé-serrure ») est plus faible selon l'axe X car la force des aimants 38 n'est pas très grande. Le résultat obtenu est donc que les deux connecteurs 35a, 35b se séparent en tirant sur l'outil chirurgical d'entraînement 36 de manière plus forte que ce qu'il faut pour entrainer le mouvement du contrôleur haptique 18. Ainsi, il faut donc maintenir le contrôleur haptique 18 pour parvenir à déconnecter l'outil chirurgical d'entraînement 36. La présence d'aimants 38 facilite la connexion et la déconnexion entre l'outil chirurgical d'entraînement et le contrôleur haptique 18. En effet, les aimants 38 permettent un geste de connexion/déconnexion simple (de type « *plug and play* ») sans vis ou glissière : l'utilisateur approche l'outil chirurgical d'entraînement 36 du contrôleur haptique 18 et celui-ci se connecte seul par l'action des aimants 38.

[0045] Le système de connexion 35 de type clé-serrure selon la présente invention dispose ainsi de trois fonctionnalités distinctes et complémentaires :

- [0046] – il permet un accrochage facile et « *plug and play* » de l'outil chirurgical d'entraînement 36 à l'aide d'aimants 38,
- il permet de transmettre le mouvement en rotation selon un axe central au contrôleur haptique 18,
- il permet, dans certains cas, de connecter électriquement un outil chirurgical d'entraînement 36 module d'entraînement 16.

[0047] Le système de connexion 35 présente ainsi une composante électronique. Chacun des connecteurs 35a, 35b comporte ainsi une lumière, une gorge ou un creux 37 destiné à

l'insertion d'un connecteur électrique (non représenté sur les figures 9A, 9B). Dans un mode de réalisation préférentiel ce connecteur électrique est un connecteur électrique JST mais d'autres types de connecteurs électriques peuvent être utilisés. De manière préférentielle, la partie mâle du connecteur électrique est insérée dans la lumière 37 du premier connecteur 35a fixé à l'extrémité du bras contrôleur haptique 18. Dans ce mode de réalisation, la partie femelle du connecteur électrique est insérée dans la lumière 37 du deuxième connecteur 35b de l'outil chirurgical d'entraînement 36. Ensuite, comme visible sur les figures 2 et 3, un câble 39 relie les pins du connecteur électrique au système de contrôle 20. Un autre avantage du système de connexion 35 selon la présente invention est la simplicité avec laquelle il est possible de changer l'outil chirurgical d'entraînement 36 au contrôleur haptique 18. Il est nécessaire que ce changement simple et rapide pour ne pas encombrer l'apprentissage de manipulations complexes. Il est donc nécessaire de proposer un dispositif « *plug and play* », comme le fait la présente invention.

[0048] Chaque contrôleur haptique 18 est, en outre, configuré pour mesurer chaque mouvement dans l'espace de l'outil chirurgical d'entraînement 36 une fois celui-ci connecté au contrôleur haptique 18. Chaque contrôleur haptique 18 est ainsi muni d'au moins un capteur de translation ou de rotation externe 19 fixé sur les différents éléments mobiles du contrôleur haptique 18 (voir [Fig.1]), de manière à capter la position et l'orientation tri-dimensionnelle de tout objet connecté au contrôleur haptique 18 du module d'entraînement 16.

[0049] Deux catégories de mise en mouvement sont distinguables :

- [0050] – ceux que l'on pourrait qualifier d'externes, communs à tous les outils chirurgicaux d'entraînement 36, et qui correspondent à la position et à l'orientation tri-dimensionnelle de l'outil chirurgical d'entraînement dans l'espace, et
- ceux que l'on pourrait qualifier d'internes, spécifique à certains outils chirurgicaux d'entraînement 36 dits complexes, présentant un état en repos et au moins un état d'activation, tel que l'enfoncement une gâchette ou la rotation d'un élément et comportant une carte électronique embarquée.

[0051] Ces catégories correspondent aux deux types d'outils chirurgicaux d'entraînement compris dans le kit d'entraînement chirurgical selon la présente invention.

[0052] Le contrôleur haptique 18 selon la présente invention permet de mesurer les mouvements externes (mouvements dans l'espace) de chaque outil chirurgical d'entraînement 36 connecté.

[0053] Dans le cas des outils chirurgicaux d'entraînement 36 complexes, le système de connexion 35 peut également jouer un ou plusieurs autres rôles que l'identification de l'outil chirurgical d'entraînement 36 connecté a contrôleur haptique 18 :

- [0054] – il peut permettre la récupération des informations sur le déplacement d'éléments propres de l'outil, comme l'action d'une gâchette, par exemple. Par ailleurs, et/ou
 - il peut permettre l'alimentation de l'électronique interne de l'outil chirurgical d'entraînement 36 connecté au contrôleur haptique 18,
 - il peut permettre une communication électronique entre l'outil chirurgical d'entraînement 36 et le module d'entraînement 16.
- [0055] Comme la modularité de la plateforme 10 selon l'invention permet de connecter plusieurs modules d'entraînement 16 entre eux, au module de calibration 14 et au système de contrôle 20, la plateforme 10 permet ainsi de déterminer le positionnement dans l'espace de plusieurs outils chirurgicaux d'entraînement 36 connectés aux différents contrôleurs haptiques 18. Si la console de pilotage 26 comporte plusieurs modules d'entraînement 16, la plateforme 10 permet la détermination du positionnement de plusieurs outils chirurgicaux d'entraînement 36 simultanément, dès que ceux-ci sont connectés à un contrôleur haptique 18.
- [0056] Le système de contrôle 20 de la plateforme 10 selon l'invention comporte en outre un système de reconnaissance 40 de chaque outil chirurgical d'entraînement 36. Le système de reconnaissance 40 de l'outil chirurgical d'entraînement 36 étant configuré pour :
 - [0057] – lire la tension issue d'un pont diviseur de tension spécifique à chaque outil chirurgical d'entraînement 36,
 - communiquer avec le système de contrôle 20, de manière à ce que le système de contrôle 20 reconnaisse chaque outil chirurgical d'entraînement 36 connecté au contrôleur haptique 18.
- [0058] Il est en effet nécessaire d'identifier l'outil chirurgical d'entraînement 36 qui est connecté au contrôleur haptique 18 pour permettre au système de contrôle 20 de générer élément chirurgical virtuel mobile 102 correspondant dans l'espace virtuel 100.
- [0059] Selon l'outil chirurgical d'entraînement 36 considéré, la plateforme 10 utilise une connexion sans fil et/ou une connexion électrique pour identifier l'outil chirurgical connecté (voir [Fig.3]).
- [0060] Dans le cas d'un outil chirurgical d'entraînement 36 simple, le système de reconnaissance 40 comprend un microcontrôleur 42 préférentiellement localisé dans la base 30 du module d'entraînement 16, comme visible sur la [Fig.7]. Le microcontrôleur 42 est relié à l'outil chirurgical d'entraînement 36 au moyen du système de connexion 35, par le câble 39. Le système de reconnaissance 40, dans le cas d'un outil chirurgical d'entraînement simple comprend en outre, au niveau du système de connexion 35 entre l'outil 36 et le contrôleur haptique 18, un dispositif électronique tel qu'un pont diviseur

de tension afin de permettre la reconnaissance de l'outil chirurgical d'entraînement 36.

- [0061] Dans le cas d'un outil chirurgical d'entraînement complexe, le système de reconnaissance 40 du système de contrôle 20 récupère et analyse les informations issues du microcontrôleur de l'outil chirurgical d'entraînement 36 complexe. Dans ce cas, la communication sans fil suffit à l'identification.
- [0062] Le système de contrôle 20 de la plateforme 10 est configuré pour :
- [0063] • identifier les différents modules 14, 16, 28 connectés entre eux,
 • recevoir et analyser les données liées au(x) mouvement(s) de chaque outil chirurgical d'entraînement 36 connecté à un contrôleur haptique 18,
 • générer l'environnement virtuel 100,
 • interfacer chaque élément chirurgical virtuel mobile 102 de l'environnement virtuel 100 avec un élément réel correspondant.
- [0064] Le système de contrôle 20 génère ainsi une image virtuelle de chaque outil chirurgical d'entraînement 36 connecté à contrôleur haptique 18.
- [0065] Comme déjà mentionné plus haut, l'environnement virtuel 100 comporte également des éléments de décors 106 non déplaçables et/ou non manipulables. Il peut par exemple s'agir d'un écran d'endoscopie 108 ou d'une lampe qui peuvent être manipulés en virtuel par l'utilisateurs avec, par exemple, un clic sur un bouton pour les allumer. Ces éléments de décors 106 n'ont pas d'éléments réels correspondants.
- [0066] En se basant sur les informations reçues du système de reconnaissance 40 et des informations collectées au niveau du contrôleur haptique 18, le système de contrôle 20 est configuré pour transformer/reproduire chaque mouvement dans l'espace de chaque outil chirurgical d'entraînement 36 connecté à un contrôleur haptique 18 de la console de pilotage 26 en un mouvement virtuel correspondant de son image virtuelle 102 dans l'environnement virtuel 100.
- [0067] Dans le cas particulier d'une connexion avec un outil chirurgical d'entraînement 36 simple, le système de contrôle comporte :
- [0068] – une unité de mesure (ou microcontrôleur 42) configurée pour :
 • identifier les outils 36 ou les modules 14, 16 connectés,
 • récolter les données de mouvements propres (ou mouvements internes) de l'outil chirurgical d'entraînement 36 connecté,
 – une unité centrale configurée pour :
 • générer l'environnement virtuel 100,
 • recevoir et analyser les données liées au(x) mouvement(s) de chaque outil chirurgical d'entraînement connecté,
 • interfacer chaque outil chirurgical virtuel 102 de l'environnement virtuel 100 avec un élément réel correspondant.
- [0069] Dans ce cas particulier, comme illustré en figures 1 et 7, l'unité de mesure (ou micro-

contrôleur 42) fait partie du module d'entraînement.

- [0070] Le système de contrôle 20 est en outre configurée pour générer un signal de retour permettant au contrôleur haptique 18 de générer à son tour un signal haptique correspondant, en fonction de ce qui se passe dans l'environnement virtuel 100. Ainsi, le système de contrôle 20 conduit le contrôleur haptique 18 à générer un retour haptique spécifique lorsque l'outil virtuel 102 correspondant à l'outil chirurgical d'entraînement 36 manipulé par l'utilisateur entre en contact avec un autre outil virtuel 102 ou un autre élément virtuel tel qu'un élément de décor 106, de l'environnement virtuel 100. Ceci permet d'accentuer l'aspect immersif de la simulation et de donner un sens de la réalité accru ; les interactions visibles dans l'environnement virtuel 100 sont également ressenties par l'utilisateur.
- [0071] Comme déjà mentionné ci-dessus, la présente invention comprend également un kit formé par la plateforme 10 selon l'invention et un outil chirurgical d'entraînement 36. Certains de ces outils chirurgicaux d'entraînement complexes 36, comme par exemple celui représenté en [Fig.10], comportent une tige distale 360 rotative. Ces outils 36 disposent ainsi d'une molette permettant la rotation de la tige distale 360 et donc de leur axe. Lorsque cette tige distale 360 est connecté au système de connexion 35, il est alors impossible, pour le système de contrôle 20 de mesurer/déterminer à la fois la position dans l'espace de l'outil chirurgical d'entraînement 36 et la rotation spécifique de la tige distale 360 : il faut en effet transmettre la rotation générale de l'outil chirurgical d'entraînement 36 par rapport à l'axe du contrôleur haptique 18 pour que son jumeau virtuel (outil virtuel 102) puisse être orienté similairement dans l'environnement virtuel 100 sans perdre la rotation spécifique de la tige distale 360 induite par le fonctionnement de l'outil chirurgical d'entraînement 36.
- [0072] Pour résoudre ce problème, le système de connexion 35 présente un mode de réalisation particulier avec une pièce d'arche 45. La pièce d'arche 45, comme représenté en [Fig.10] permet la libre rotation d'une roue d'orientation de tige sur l'outil chirurgical d'entraînement 36 sans pour autant perdre l'information de l'orientation de l'outil 36 lui-même. La pièce d'arche 45 est fixée sur le corps préhensible de l'outil 36 d'une part et sur la tige distale 360 solidaire du deuxième connecteur 35b d'autre part. La tige distale 360 est coupée de manière que la partie sous la pièce d'arche 45 puisse être librement soumise à rotation sans conséquence sur la rotation au niveau du mécanisme clé serrure du système de connexion 35, à l'extrémité du contrôleur haptique 18.
- [0073] La pièce d'arche 45 est préférentiellement imprimée à l'aide d'une imprimante 3D par dépôt de couche, mais tout autre procédé de fabrication plastique peut être utilisé comme par exemple le frittage laser. La pièce d'arche 45 est préférentiellement conçue en deux parties pour pouvoir facilement être démontable, les deux parties sont as-

semblées au moyen de vis.

[0074] On constate ainsi que la plateforme 10 selon l'invention se construit autour du/des module(s) d'entraînement 16. Chaque module d'entraînement 16 est ainsi un élément central se trouvant à la convergence des différents éléments de la plateforme 10 selon la présente invention. Chaque module d'entraînement 16 s'organise, comme déjà mentionné, autour d'une base 30 qui permet de fixer les différents éléments :

- [0075] – le microcontrôleur 42 et son câble de connexion 39 vers un système de connexion 35 destiné à connecter l'outil chirurgical d'entraînement 36 au système de contrôle 20,
- un contrôleur haptique 18 comportant un robot d'acquisition de mouvement tri-dimensionnel par repaire polaire,
- des aimants 34, 38, et, éventuellement
- un ou plusieurs connecteurs électrique (par exemple des connecteurs à pins rétractables comme vu ci-dessus).

[0076] Ces différents éléments réunis permettent, une fois connectés au dispositif d'affichage de réalité virtuelle 12, au moyen du module de calibration 14, de relier, dans un cadre de simulation d'intervention chirurgicale, la manipulation d'objets de chirurgie physiques à leurs jumeau virtuels dans une simulation en réalité virtuelle. La plateforme 10 permet un positionnement de ces objets dans l'espace et une identification des mouvements auxquels l'objet physique est soumis, permettant à un utilisateur de se rapprocher au maximum des ressentis induits par une intervention chirurgicale sans le soumettre à un stress ou danger évitables.

Revendications

[Revendication 1] Plateforme d'entraînement chirurgical modulaire (10) configurée pour interfacier un environnement virtuel (100) comprenant au moins un élément chirurgical virtuel mobile (102), la plateforme d'entraînement (10) comprenant :

- un dispositif d'affichage de réalité virtuelle (12) configuré pour afficher, à un utilisateur, l'environnement virtuel (100),
- un module de calibration (14) connecté au dispositif d'affichage de réalité virtuelle (12),
- au moins un module d'entraînement (16), chaque module d'entraînement (16) comportant un contrôleur haptique (18),
- un système de contrôle (20) configuré pour :
 - identifier les différents modules (14, 16) connectés entre eux,
 - générer l'environnement virtuel (100),
 - interfacier chaque élément chirurgical virtuel mobile (102) de l'environnement virtuel (100) avec un élément réel correspondant,

caractérisée en ce que l'ensemble des modules (14, 16) sont configurés pour être fixés les uns aux autres de manière réversible dans une configuration connue,

en ce que chaque contrôleur haptique (18) comporte un système de connexion (35) configuré pour connecter mécaniquement, de manière réversible, un outil chirurgical d'entraînement (36), chaque contrôleur haptique (18) étant, en outre, configuré pour mesurer chaque mouvement dans l'espace de l'outil chirurgical d'entraînement (36) une fois celui-ci connecté au contrôleur haptique (18),

en ce que le système de contrôle (20) comporte en outre un système de reconnaissance (40) de l'outil chirurgical d'entraînement (36) configuré pour obtenir une information d'identification spécifique à l'outil chirurgical d'entraînement (36) connecté, et communiquer l'information d'identification au système de contrôle (20), de manière à ce que le système de contrôle (20) reconnaisse chaque outil chirurgical d'entraînement (36) connecté au contrôleur haptique (18),

en ce que le système de contrôle (20) génère une image virtuelle de

chaque outil chirurgical d'entraînement (36) connecté au contrôleur haptique (18),

en ce que le système de contrôle (20) est configurée pour recevoir et analyser les données liées au(x) mouvement(s) de chaque outil chirurgical d'entraînement (36) connecté au contrôleur haptique (18), et reproduire chaque mouvement de l'outil chirurgical d'entraînement (36) connecté au contrôleur haptique (18) en un mouvement virtuel correspondant de son image virtuelle dans l'environnement virtuel (100),

en ce que chaque mouvement virtuel est rendu visible à l'utilisateur par le dispositif d'affichage (12).

[Revendication 2]

Plateforme d'entraînement chirurgical (10) selon la revendication précédente, dans laquelle le système de contrôle (20) comporte :

- une unité de mesure (42) configurée pour :
 - identifier les outils chirurgicaux d'entraînement (36) ou les modules (14, 16) connectés,
 - récolter les données de mouvements de l'outil chirurgical d'entraînement (36) connecté,
- une unité centrale configurée pour :
 - générer l'environnement virtuel (100),
 - recevoir et analyser les données liées au(x) mouvement(s) de chaque outil chirurgical d'entraînement (36) connecté,
 - interfacier chaque élément chirurgical virtuel mobile (102) de l'environnement virtuel (100) avec un outil chirurgical d'entraînement (36) correspondant.

[Revendication 3]

Plateforme d'entraînement chirurgical (10) selon la revendication précédente, dans laquelle l'unité de mesure (42) fait partie du module d'entraînement (16).

[Revendication 4]

Plateforme d'entraînement chirurgical (10) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans laquelle chaque module (14, 16, 28) comprend une base (30) présentant une forme spécifique, les formes des différentes bases (30) des différents modules (14, 16, 28) étant complémentaires les uns des autres, de manière à obtenir un emboîtement stable et adapté des différents modules (14, 16, 28) entre eux.

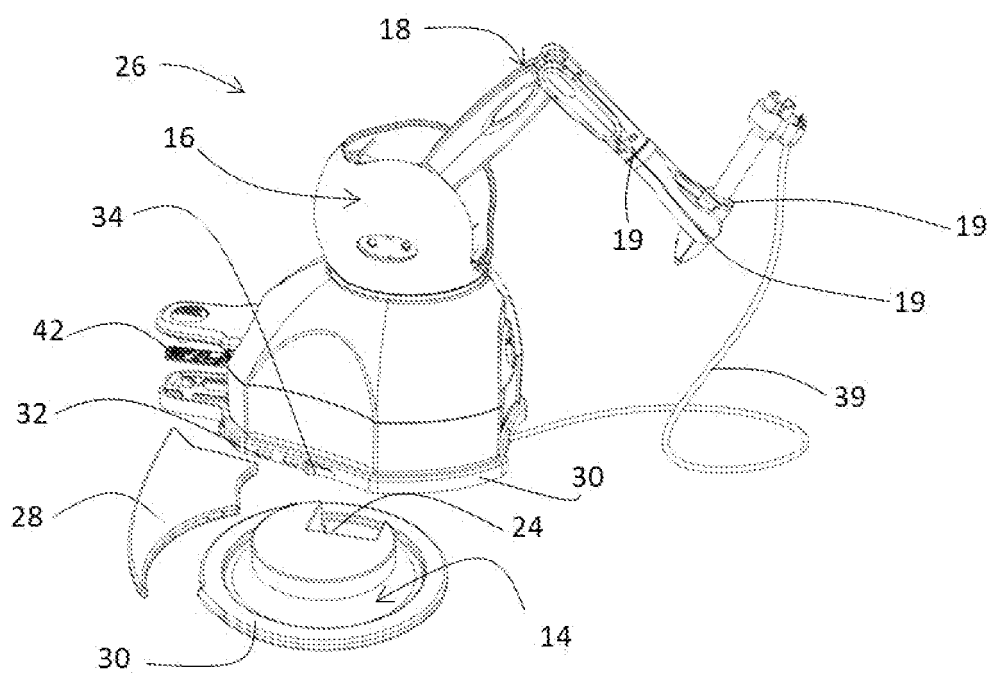
[Revendication 5]

Plateforme d'entraînement chirurgical (10) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans laquelle le système de connexion (35)

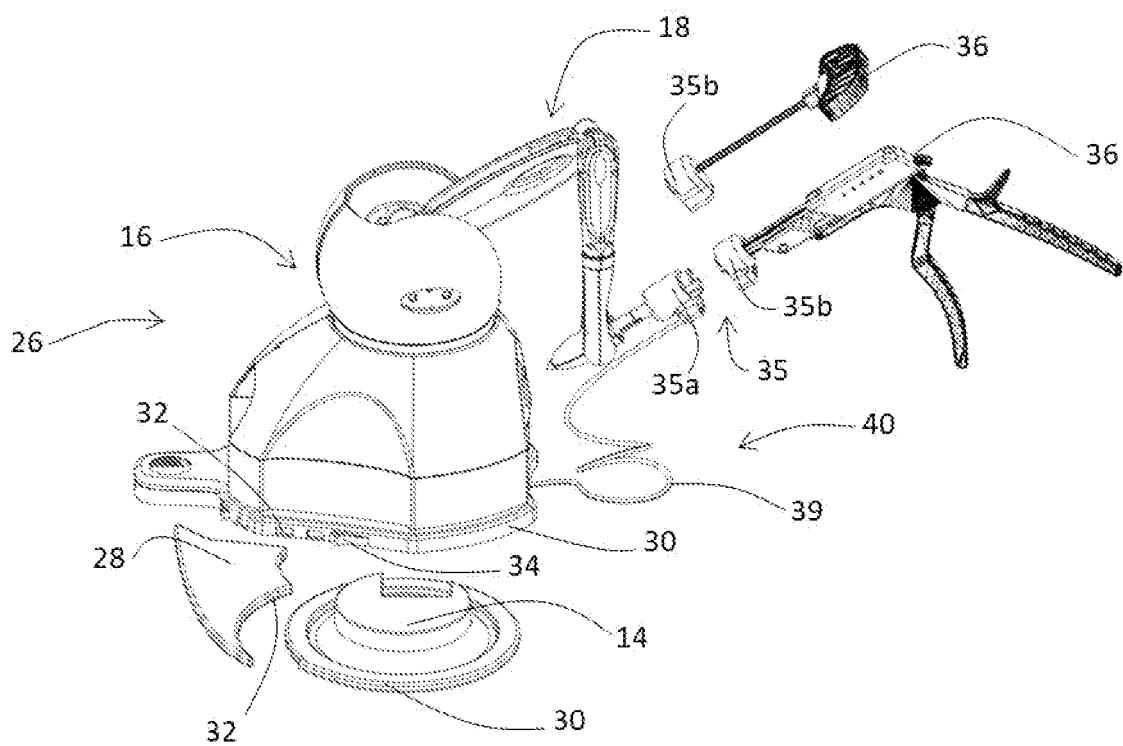
du contrôleur haptique (18) permet de connecter au moins deux outils chirurgicaux d'entraînement (36) différents.

- [Revendication 6] Plate-forme d'entraînement chirurgical (10) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans laquelle le système de connexion (35) comprend au moins un connecteur (35a, 35b) à verrouillage de type clé-serrure configuré pour être fixé au contrôleur haptique (18) et à tout outil chirurgical d'entraînement (36) de manière à assurer leur connexion amovible.
- [Revendication 7] Plateforme d'entraînement chirurgical (10) selon la revendication précédente, dans laquelle le système de connexion (35) comprend un premier connecteur (35a) fixé au contrôleur haptique (18) et configuré pour coopérer de manière amovible avec un second connecteur (35b) correspondant fixé à l'outil chirurgical d'entraînement (36).
- [Revendication 8] Plateforme d'entraînement chirurgical (10) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans laquelle le contrôleur haptique (18) du module d'entraînement (16) comprend un robot à bras pivotant, le robot à bras pivotant présentant une extrémité libre destinée à coopérer avec le système de connexion (35).
- [Revendication 9] Plateforme d'entraînement chirurgical (10) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans laquelle le système de contrôle (20) est en outre configuré pour générer un signal de retour permettant au contrôleur haptique (18) de générer un retour haptique lorsqu'au moins deux éléments virtuels (102, 104, 106) interagissent dans l'environnement virtuel (100).
- [Revendication 10] Kit d'entraînement chirurgical comprenant une plateforme modulaire d'entraînement chirurgical (10) selon l'une quelconque des revendications précédentes et au moins un outil chirurgical d'entraînement (36) configuré pour être connecté au contrôleur haptique (18) de la plateforme (10).

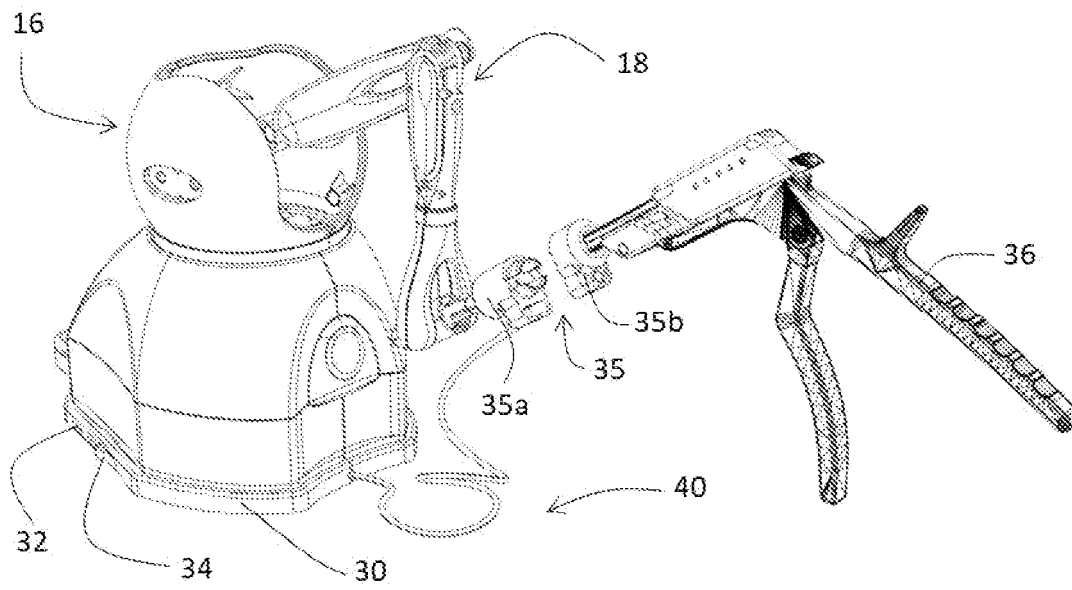
[Fig. 1]



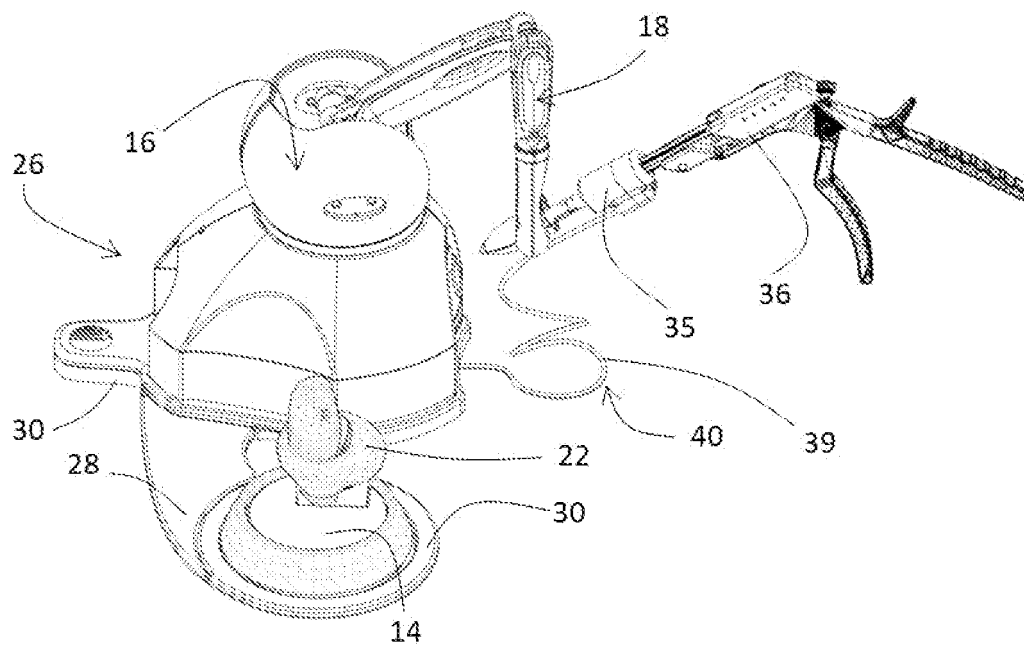
[Fig. 2]



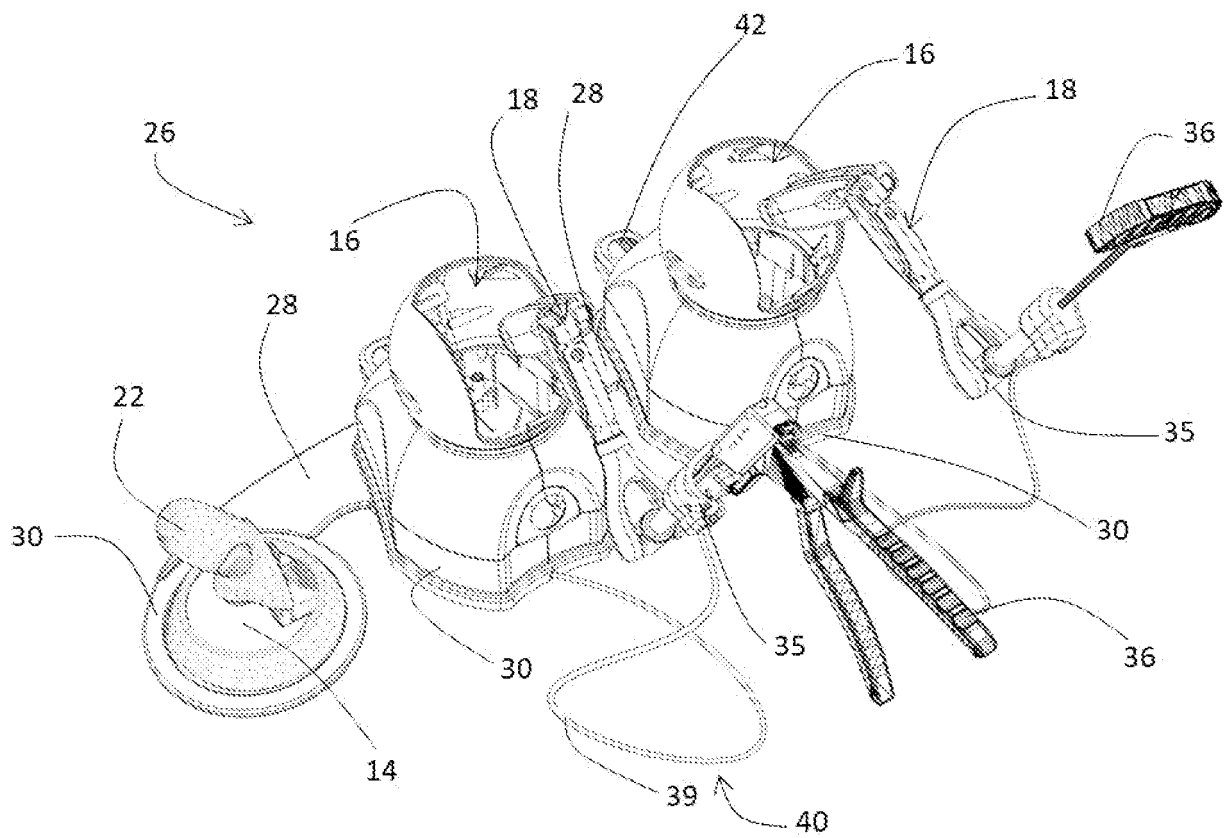
[Fig. 3]



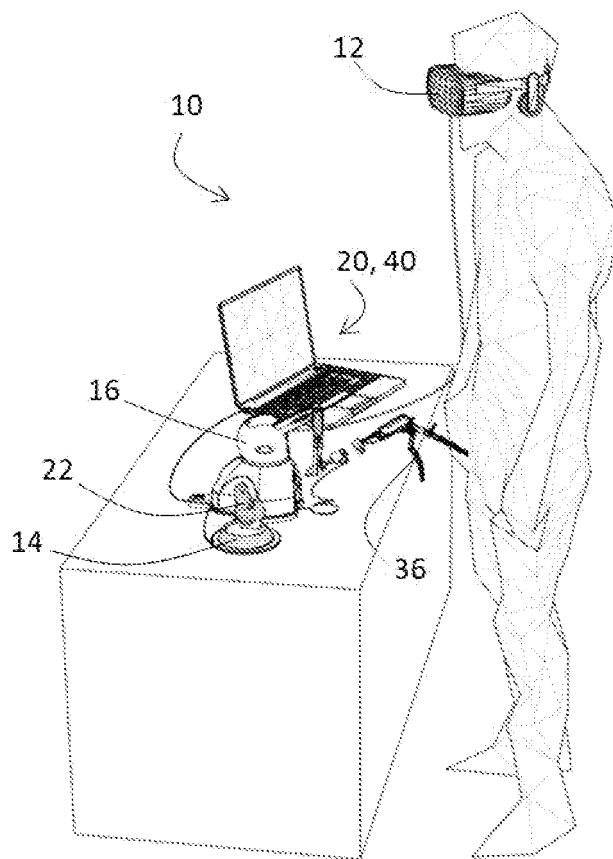
[Fig. 4A]



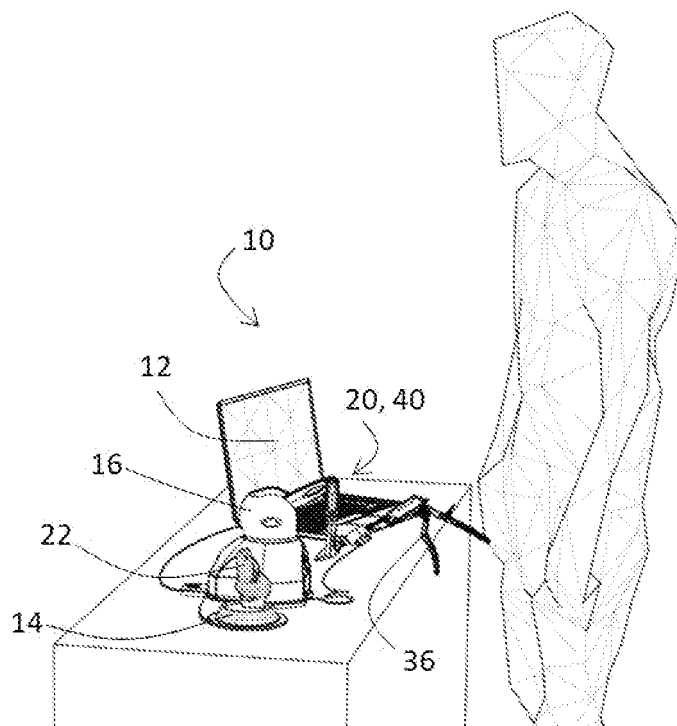
[Fig. 4B]



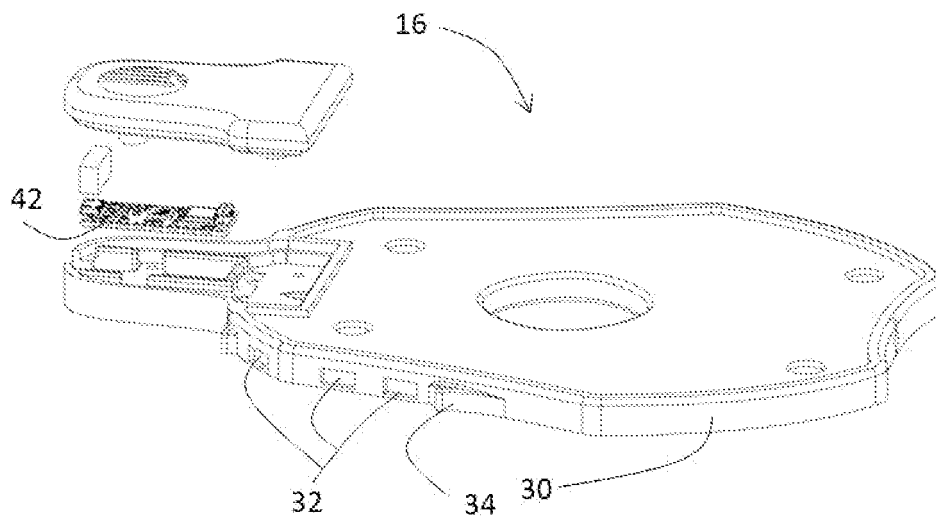
[Fig. 5]



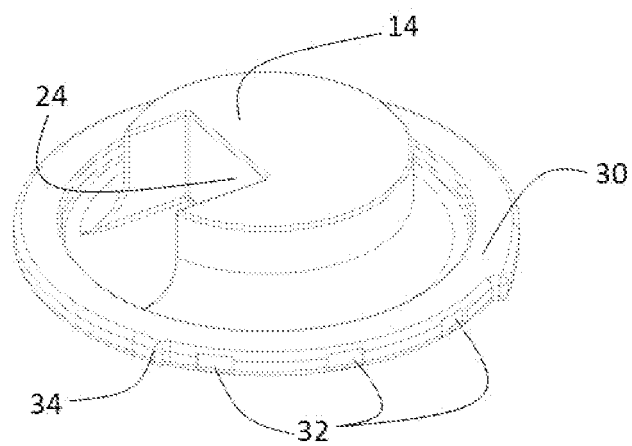
[Fig. 6]



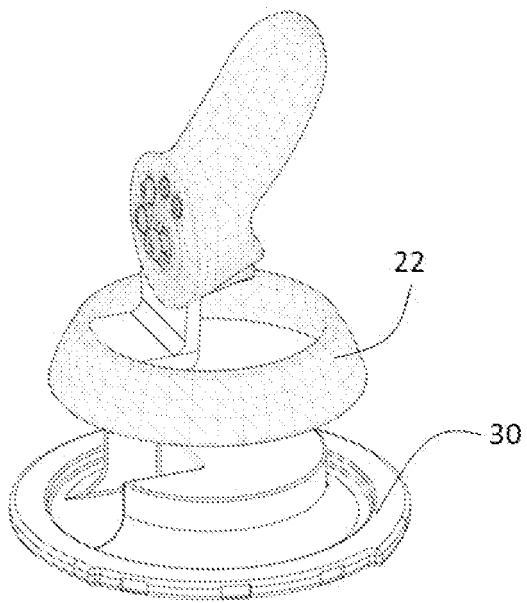
[Fig. 7]



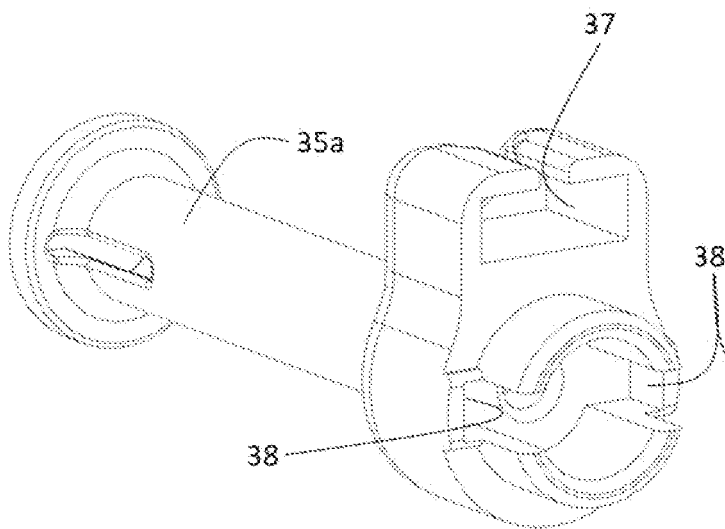
[Fig. 8A]



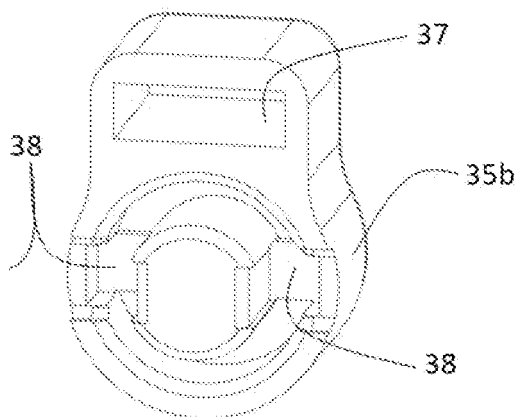
[Fig. 8B]



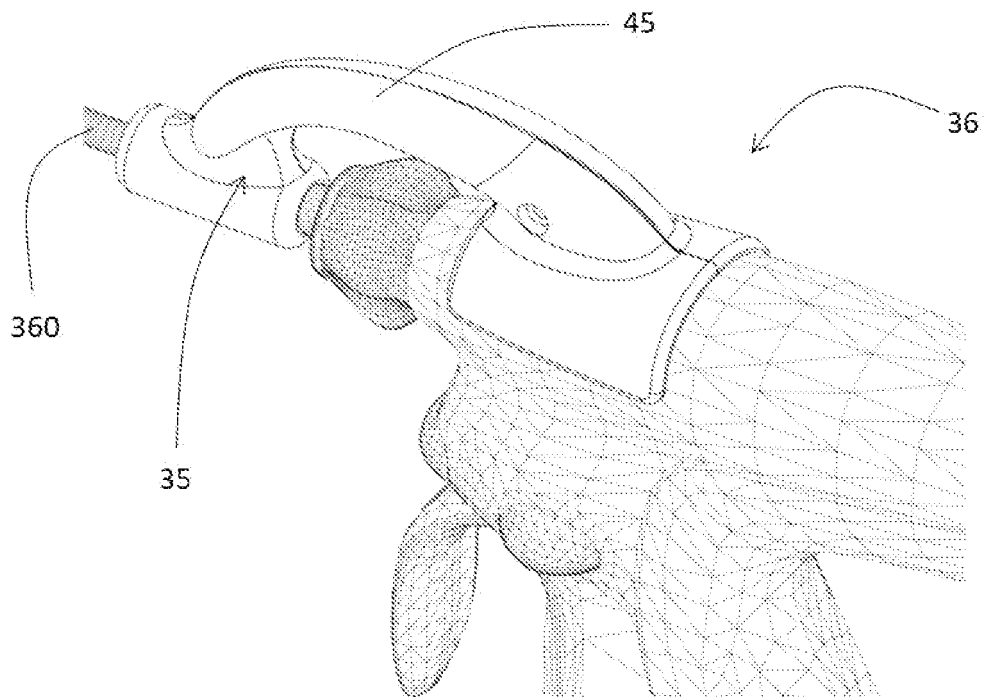
[Fig. 9A]



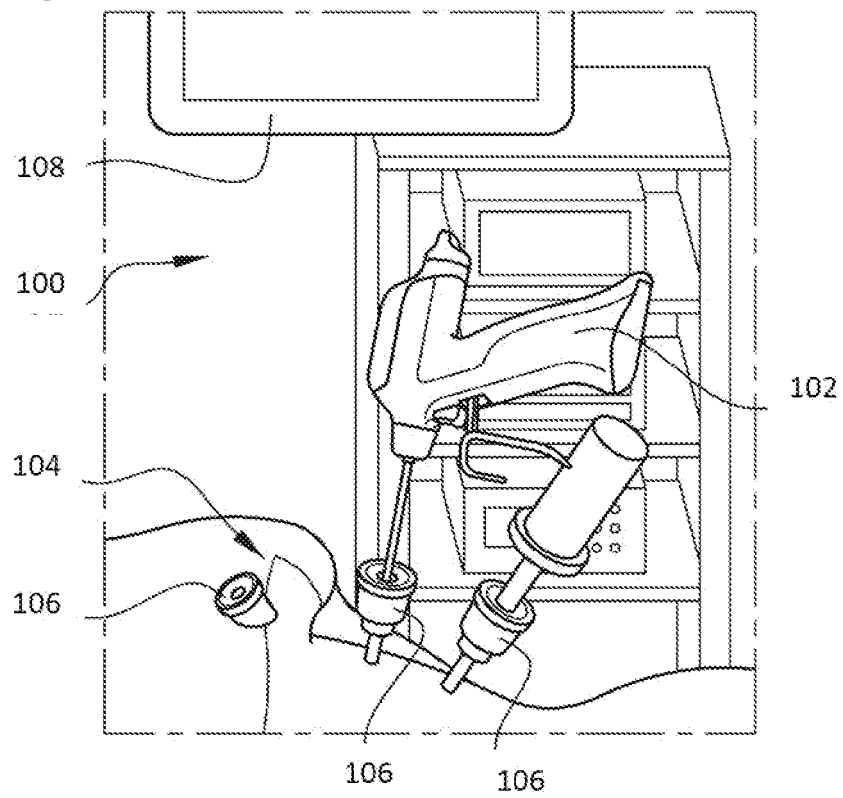
[Fig. 9B]



[Fig. 10]



[Fig. 11]



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

NEANT

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

WO 2020/186194 A1 (SMITH & NEPHEW INC
[US]; SMITH & NEPHEW ORTHOPAEDICS AG [CH]
ET AL.) 17 septembre 2020 (2020-09-17)

US 2019/380792 A1 (POLTARETSKYI SERGII
[FR] ET AL) 19 décembre 2019 (2019-12-19)

EP 3 482 710 A1 (STRYKER CORP [US])
15 mai 2019 (2019-05-15)

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

NEANT