

CONSOLE D'ENTRAÎNEMENT CHIRURGICAL À CONTRAINTE

DOMAINE TECHNIQUE

[0001] La présente invention concerne le domaine de l'entraînement des futurs
5 chirurgiens. La présente invention se situe donc dans le domaine des outils, méthodes et
matériels d'éducation et d'enseignement en particulier le domaine des consoles
d'entraînement chirurgical.

ARRIÈRE PLAN TECHNOLOGIQUE

10 [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.

15 [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
trocarts et une caméra avec la possibilité de pratiquer des sutures sur des matériaux inertes
20 comme de la mousse. Le modèle animal présente des problèmes évidents en termes de
qualité de formation car les similarités/corrélations anatomiques avec l'humain sont
limitées. Le modèle animal pose également de plus en plus de problèmes éthiques.

[0004] le *Pelvitainer*, pose également des problèmes d'ergonomie car l'utilisateur ne
peut simuler les gestes externes pratiqués par les chirurgiens pendant une intervention
25 chirurgicale, par exemple le fait de palper le patient avant d'insérer un outil chirurgical
dans le corps de celui-ci, ou le fait de stabiliser la zone d'intervention en posant une main

sur le patient de manière externe, ou de tester la zone d'intervention de manière externe avant d'opérer, ou simple de poser sa main à l'extérieur de la zone d'intervention pour un meilleur confort opératoire.

[0005] Le but de la présente invention est donc de fournir un dispositif d'entraînement
5 sûr, pratique, précis, réaliste, facile à utiliser et facilement disponible, permettant d'augmenter le réalisme et l'ergonomie d'utilisation en permettant à l'utilisateur d'utiliser ses deux mains pour interagir avec le dispositif, avec ou sans outil. Le réalisme de la simulation chirurgicale dépend en grand partie de la possibilité d'appliquer des contraintes réalistes au mouvement aux outils de manipulations pris en main par
10 l'utilisateur. Appliquer ces contraintes relève donc d'un challenge technique.

RÉSUMÉ

[0006] La présente invention concerne donc une console d'entraînement chirurgical, comportant :

- une base,
- 15 - un module de contrainte agencé à distance de la base selon un axe d'agencement X, le module de contrainte présentant au moins une ouverture permettant le passage d'au moins une partie d'au-moins un outil de simulation chirurgicale destiné à être manipulé par un utilisateur,
- un bras haptique fixé sur la base, le bras haptique présentant une extrémité libre
20 configurée pour connecter l'au moins un outil de simulation chirurgicale, le bras haptique étant mobile et permettant de définir un espace de travail comportant un ensemble de positions pouvant être occupées par l'extrémité libre,
- une unité de contrôle connectée au bras haptique, l'unité de contrôle étant configurée pour générer une réalité virtuelle et en définir des paramètres de
25 manière à obtenir, pour l'utilisateur, une simulation d'intervention chirurgicale,
- un dispositif d'affichage connecté à l'unité de contrôle configuré pour afficher, à l'utilisateur, une représentation d'une manipulation de l'outil de simulation chirurgicale dans la réalité virtuelle générée par l'unité de contrôle.

[0007] La demande se caractérise en ce que les paramètres de la réalité virtuelle comprennent des paramètres de contrôle de la mobilité du bras haptique, la base et le module de contrainte sont agencés pour délimiter un espace vide définissant un espace de manipulation, l'espace de manipulation étant inférieur ou égal à l'espace de travail, et le
5 module de contrainte permet de limiter les positions pouvant être occupées par l'extrémité libre du bras haptique à celles situées au sein de cet espace de manipulation.

[0008] Ainsi, la solution permet d'atteindre l'objectif précité. En particulier, la présence du module de contrainte permet de techniquement réaliser des contraintes sur les derniers degrés de libertés du bras haptique, en particulier ceux éloignés de la base, qui ne sont
10 pas facile à motoriser sans alourdir significativement le bras haptique.

[0009] La console selon l'invention peut comprendre une ou plusieurs des caractéristiques suivantes, prises séparément les unes des autres ou combinées entre elles :

- le module de contrainte forme un plateau,
- la base et le module de contrainte sont décalés transversalement le long de l'axe
15 d'agencement X, de manière à ce que la console présente un profil en escalier,
- la distance d'agencement entre la base et le module de contrainte est variable,
- le module de contrainte présente une inclinaison par rapport à la base,
- cette inclinaison est variable,
- la base comporte un socle incliné, destiné à recevoir un robot comportant le bras
20 haptique,
- la base et le module de contrainte sont fixés l'une à l'autre de manière réversible,
- l'au moins une ouverture présente des bords mobiles et un diamètre variable,
- le dispositif d'affichage est associé à un outil de calibration mobile et en ce que la
25 console comporte un module de calibration présentant une empreinte destinée à coopérer avec l'outil de calibration mobile,
- le module de calibration peut être fixée de manière réversible à la base,
- le dispositif d'affichage est un casque de réalité virtuelle,
- le bras haptique présente une position de repos dans laquelle l'extrémité libre est positionnée dans l'ouverture de la couverture.

[0010] La présente invention a également pour objet un kit d'entraînement chirurgical, caractérisé en ce qu'il comprend une console d'entraînement chirurgical selon les descriptions ci-dessus et au moins un outil de simulation chirurgicale.

[0011] Ce Kit d'entraînement chirurgical peut être caractérisé en ce qu'un jumeau virtuel de l'outil de simulation chirurgicale connecté au bras haptique est représenté à l'utilisateur par le dispositif d'affichage.

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 :

- **la figure 1** est une vue en perspective d'une console d'entraînement chirurgical selon la présente invention, avec un outil de simulation chirurgicale,
- 15 - **la figure 2a** est une vue dissociée de la console d'entraînement chirurgicale selon le mode de réalisation de la figure précédente,
- **la figure 2b** est une vue détaillée d'un module de calibration,
- **la figure 3** est une vue en perspective d'un utilisateur interagissant avec la console selon la présente invention, au moyen d'un outil de simulation chirurgicale non
20 représenté par le dispositif d'affichage,
- **la figure 4** est une vue du dessus de la console selon la présente invention.
- **les figures 5a et 5b** sont deux vues en perspective d'un utilisateur interagissant avec la console selon la présente invention, au moyen d'un outil de simulation chirurgicale représenté par le dispositif d'affichage
- 25 - **la figure 6** est une visualisation graphique des degrés de liberté d'un bras haptique de la console selon la présente invention.

DESCRIPTION DÉTAILLÉE

[0013] Comme visible sur la figure 1, la console d'entraînement chirurgical 10 selon la présente invention, comporte :

- une base 12,
- 5 - un bras haptique 14 fixé sur la base 12,
- un module de contrainte 16 agencé à distance de la base 12 selon un axe d'agencement X,
- une unité de contrôle 18 connectée au bras haptique 14, configurée pour générer une réalité virtuelle et en définir des paramètres de manière à obtenir, pour un
- 10 utilisateur, une simulation d'intervention chirurgicale,
- un dispositif d'affichage (non représenté) connecté à l'unité de contrôle 18.

[0014] La console d'entraînement chirurgical 10 selon la présente invention s'utilise en kit avec au moins un outil de simulation chirurgicale 100 destiné à être connecté au bras haptique 14 (voir plus bas).

- 15 [0015] Le dispositif d'affichage est configuré pour afficher, à l'utilisateur, une représentation d'une manipulation de l'outil de simulation chirurgicale 100 dans la réalité virtuelle générée par l'unité de contrôle 18. Préférentiellement, il s'agit d'un casque de réalité virtuelle.

- 20 [0016] La base 12 présente, comme visible sur la figure 2a, une cavité formant socle incliné destinée à recevoir le corps d'un robot 20 comportant un bras haptique 14. Selon le mode de réalisation représenté dans les figures 1 et 2a, la base présente une forme sensiblement rectangulaire. Cette forme facilite le rangement. Préférentiellement, les dimensions de la base 12 de la console 10 sont comprises entre 300 et 500mm de long sur 200 à 500mm de large. La base 12 présente une épaisseur comprises entre 150 et 300mm.

- 25 [0017] Dans certains modes de réalisation, la base 12 présente au moins une prise 21 reliée, par un circuit électrique, à l'unité de contrôle 18. Cette prise 21 permet de connecter électriquement un outil de simulation chirurgicale 100 connecté mécaniquement au bras haptique 14 à l'unité de contrôle 14.

[0018] Comme visible sur les figures 1 et 2a, la base présente des pieds s'étendant le long de l'axe d'agencement X. Ces pieds présentent une hauteur variable et réglable, de manière à adapter la hauteur de la base 12 à l'utilisateur et permettre un confort d'utilisation optimal. La longueur des pieds peut préférentiellement varier entre 100 et 5 500mm.

[0019] Comme visible sur la figure 2b, la base 12 présente au moins une empreinte de connexion destinée à coopérer avec un module de calibration 22. Il est ainsi possible de connecter, de manière amovible le module de calibration 22 à la console 10. Dans le mode de réalisation représenté en figure 2a, la base 12 présente une empreinte de connexion sur 10 chacune de ses faces, de manière à pouvoir connecter le module de calibration 22 à différents endroits en fonction de la place nécessaire à l'utilisateur pour pouvoir effectuer la simulation ou, dans d'autres cas de figure, pouvoir connecter plusieurs modules de calibrations 22 à la base 12.

[0020] Le module de calibration 22 est connecté au dispositif d'affichage et est configuré 15 pour aligner la réalité virtuelle sur la réalité physique de l'utilisateur manipulant la plateforme 10 selon la présente invention. De manière connue en soi, le dispositif d'affichage est associé à un outil de calibration mobile 24 (voir figure 2b). L'outil de calibration mobile 24 peut prendre la forme d'une manette classique comme par exemple illustré en figure 2b mais il peut aussi prendre une forme différente. Le module de 20 calibration 22 comporte une empreinte complémentaire de l'outil de calibration mobile 24. Ainsi, le module de calibration 22 permet de positionner l'outil de calibration mobile 24 associé au dispositif d'affichage à une position connue et fixe par rapport à la base 12, et plus particulièrement du bras haptique 14.

[0021] Le bras haptique 14 permettant de connaître la position et l'orientation relative 25 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 24. Dans le cas où le dispositif d'affichage est un dispositif mobile configuré pour être porté par l'utilisateur, le module de calibration 22 permet en outre de localiser l'utilisateur par rapport à la base de la console 10. Par ailleurs, la position de l'outil de calibration mobile 24 par rapport au 30 dispositif d'affichage étant connue, on peut alors connaître la position et l'orientation de

l'objet connecté au bras haptique 14 par rapport à l'utilisateur qui porte le dispositif d'affichage.

[0022] Comme mentionné ci-dessus, le bras haptique 14 est connecté à la base 12 au moyen du corps de robot 20 fixé sur ladite base 12. Comme visible en figure 2a, le bras haptique 14 présente, à l'opposé du corps de robot 20, une extrémité libre 26 configurée pour connecter au moins un outil de simulation chirurgicale 100.

[0023] Le bras haptique 14 présente une position de repos lorsqu'aucun outil de simulation chirurgicale 100 n'est connecté à l'extrémité libre 26. Lorsqu'il est dans cette position de repos, l'extrémité libre 26 est logée dans un creux ou un trou situé dans le corps 20 du robot, de préférence sur sa face avant. Dans un mode de réalisation alternatif, la position de repos du bras haptique 14 peut placer l'extrémité libre de celui-ci face à l'ouverture 28 du module de contrainte 16.

[0024] Le bras haptique 14 est mobile selon au moins six degrés de liberté [à confirmer] obtenus au moyen de divers coudes et pièces rotatives coopérant les uns avec les autres de manière à former des articulations J_1 , J_2 , J_3 , J_4 , J_5 , J_6 . Plus précisément, et comme visible sur la figure 6, les trois premières articulations (articulations distales) sont actionnables par l'utilisateur alors que les trois dernières articulations (articulations proximales) sont passives.

[0025] Afin de maximiser le réalisme de la simulation, l'outil de simulation chirurgicale 100, une fois connecté au bras haptique 14, doit avoir sa pointe (ou son extrémité libre) positionnée là où le retour haptique se produirait dans la réalité, c'est-à-dire au point haptique du bras haptique. Ce point haptique est désigné comme « HIP » sur la figure 6. Le bras haptique 14 simule les retours de force liés à la collision ou aux interactions dans le monde virtuel de la pointe (ou de l'extrémité) de l'outil de simulation chirurgicale 100 manipulé avec un élément de l'environnement virtuel. C'est le point sur lequel les interactions et collisions sont calculées pour pouvoir les simuler sans créer un décalage ou une incohérence haptique, inconfortables et perturbants, pour l'utilisateur. La prise en compte de ce point haptique HIP, permet de simuler la pénétration du corps d'un patient,

par exemple par l'aiguille d'une seringue, en simulant la contrainte exercée par le corps du patient sur l'aiguille.

[0026] Toutes les articulations sont suivies par des capteurs de position afin de déterminer leurs positions angulaires et rotations respectives, mais elles ne bénéficient pas toutes d'un retour haptique. Sur la figure 6, les articulations qui ne bénéficient pas d'un retour haptique sont référencées J₄, J₅ et J₆. En effet, les trois articulations distales présentant des dimensions importantes, il est possible et aisé de les équiper d'un moteur pouvant limiter, si besoin, leur mobilité.

[0027] Cette mobilité du bras haptique 14 permet de définir un espace de travail T comportant l'ensemble des positions pouvant être occupées par l'extrémité libre 26 du bras haptique 14. La mobilité du bras haptique 14 désigne la vitesse et la facilité avec laquelle un utilisateur peut déplacer l'extrémité libre 26 du bras haptique 14 d'une position à l'autre de l'espace de travail T. Cette mobilité est contrôlée par l'unité de contrôle 18. La mobilité du bras haptique 14 fait ainsi partie des paramètres de la réalité virtuelle générée par l'unité de contrôle 18. Ainsi, les paramètres de la réalité virtuelle comprennent tout ou partie des paramètres de contrôle de la mobilité du bras haptique 14. Cette mobilité peut ainsi être adaptée à un grand nombre de simulations chirurgicales différentes.

[0028] En fonction de ce que la réalité virtuelle générée par l'unité de contrôle est censée représenter à l'utilisateur, les paramètres de mobilité du bras haptique 14 varient et le signal haptique généré par l'unité de contrôle et transmis par le bras haptique 14 à l'utilisateur varie également.

[0029] Dans la présente demande, la notion de « signal haptique » est entendue comme un signal généré activement par la plateforme 10 selon la présente invention. Il est à différencier de la notion de « retour tactile » qui est un simple retour passif, généré automatiquement par le corps humain en réaction à la manipulation d'objets animés ou inanimés.

[0030] Le module de contrainte 16 est un module de contrainte physique. Le module de contrainte 16 peut, comme visible sur les figures, présenter une forme générale de plateau.

Selon la ou les simulation(s) choisie(s) par l'utilisateur, le module de contrainte 16 peut présenter des formes différentes, plus ou moins proches de formes anatomiques réalistes.

[0031] Indépendamment de sa forme, le module de contrainte 16 présente une ouverture 28 permettant le passage d'au moins une partie d'au-moins un outil de simulation chirurgicale 100.

[0032] Dans certains modes de réalisation, le brase haptique présente une position de repos dans laquelle l'extrémité libre 26 est positionnée dans l'ouverture de la couverture.

[0033] Cette ouverture 28 peut être une ouverture à bords fixes ou à bords mouvants, déplaçables. Son diamètre peut ainsi être fixe ou variable. Cette ouverture 28, spécifiquement, est une solution astucieuse au manque de rétroaction haptique des 3 derniers degrés de liberté du bras haptique 14. Cette ouverture 28 permet, par exemple, de mieux simuler la chirurgie en aidant l'utilisateur à sentir les parois de l'ouverture créées dans le corps du patient au cours d'une intervention chirurgicale. Dans certains modes de réalisation illustrées en figure 3, l'utilisateur peut passer toute sa main à travers l'ouverture 28, pouvant ainsi créer, par exemple, des simulations de palpation dans le corps du patient. Dans d'autres modes de réalisation illustrées en figures 5a et 5b, l'ouverture ne permet pas à l'utilisateur de passer sa main, mais simplement l'extrémité de l'outil de simulation chirurgicale 100 manipulé par l'utilisateur.

[0034] Préférentiellement, les bords internes de l'ouverture 28 sont couverts de silicone à des fins de réalisme. Dans d'autres modes de réalisation, l'ouverture 28 peut être directement connectée à l'unité de contrôle 18 afin d'améliorer la précision de la simulation.

[0035] Le module de contrainte 16 est fixé de manière amovible sur la base 12 au moyen d'au moins un espaceur 30, préférentiellement quatre espaceurs 30. La longueur des espaceurs 30 permet d'agencer le module de contrainte à une distance comprise entre 200 et 400mm de la base 12. Chaque espaceur 30 présente préférentiellement une forme de tige avec un pied de fixation 30a à chaque extrémité. Chaque pied de fixation 30a peut être conçu pour coopérer avec au moins un bouton de serrage pour maintenir une forte connexion physique entre le module de contrainte 16 et la base 12. Plus précisément, la

présence d'aimants permet de générer une connexion de type clef serrure magnétique permettant d'annuler toute possibilité d'enlever le module de contrainte 16 avec des forces de cisaillement lors de l'utilisation de la console 10.

[0036] La fixation entre chaque pied de fixation 30a de chaque espaceur 30 avec la base 12 et/ou le module de contrainte 16 peut être renforcée par la présence d'aimants. L'ensemble des espaceurs 30 permet ainsi un montage/démontage facile de la console 10 et permet un rangement aisé dans une valise, par exemple. Cet agencement réversible de la base 12 et du module de contrainte 16 rend également la base 12 et le module de contrainte 16 réutilisables, indépendamment l'un de l'autre, dans d'autres projets ou d'autres simulations.

[0037] Ainsi, le positionnement de l'au moins un espaceur 30 entre la base 12 et le module de contrainte 16 permet d'agencer la base 12 et le module de contrainte 16 de manière à délimiter un espace vide définissant un espace de manipulation M.

[0038] Dans la présente demande, le terme « vide » est à comprendre comme une absence d'obstacle physique. Un espace vide selon la présente demande est un espace dans lequel quelqu'un peut déplacer librement sa main (par exemple) dans tout le volume dudit espace sans être gêné par un élément ou un objet.

[0039] Une fois agencé, le module de contrainte 16 permet de limiter les positions pouvant être occupées par l'extrémité libre 26 du bras haptique 14. En effet, de par son positionnement par rapport à la base 12, le module de contrainte restreint directement ou indirectement la mobilité du bras haptique 14. Cette mobilité peut être restreinte directement si le module de contrainte 16 est agencé suffisamment près de la base 12 pour empêcher physiquement l'extrémité libre 26 du bras haptique d'occuper chacune des positions de l'espace de travail T. Cette mobilité peut être restreinte indirectement si le module de contrainte 16 est agencé de manière à limiter les mouvements de l'utilisateur, empêchant ainsi l'utilisateur de positionner l'extrémité libre 26 du bras haptique 14 dans chacune des positions de l'espace de travail T.

[0040] Cet espace contraint est l'espace de manipulation M. L'espace de manipulation M tel que défini dans le cadre de la présente invention est circonscrit dans l'espace de

travail T. L'espace de manipulation est donc inférieur ou égal à l'espace de travail T. Ainsi, le module de contrainte 16 permet de limiter les positions pouvant être occupées par l'extrémité libre 26 du bras haptique 14 à celles situées au sein de cet espace de manipulation M.

5 [0041] Selon le mode de réalisation représenté sur la figure 1, la base 12 et le module de contrainte 16 sont décalés transversalement le long de l'axe d'agencement X. Ceci donne à la console 10 un profil en escalier (voir figure 5). Ce décalage permet d'optimiser l'ergonomie de la console 10 et de proposer un meilleur confort à l'utilisateur. Ce décalage permet également de mieux coller à une anatomie spécifique d'un patient virtuel
10 sur lequel doit être pratiqué la simulation chirurgicale. De la même manière, la distance d'agencement entre la base 12 et le module de contrainte 16 est variable. Le module de contrainte 16 présente aussi, selon certains modes de réalisation, une inclinaison par rapport à la base 12. Cette inclinaison peut être variable.

[0042] Au-delà de la raison ergonomique, l'inclinaison du socle destiné à accueillir le
15 corps 20 du robot avec le bras haptique 14 et le décalage de base 12 avec le module de contrainte 16 permet de créer un plus grand espace de travail T, optimisant ainsi l'expérience de simulation.

[0043] Comme mentionné au début de cette description, la console 10 selon la présente demande s'utilise en kit. Plus particulièrement, il s'agit d'un kit d'entraînement
20 chirurgical comprenant :

- une console d'entraînement chirurgical 10 selon la présente invention, et
- au moins un outil de simulation chirurgicale 100.

[0044] La simulation fonctionne quand l'utilisateur interagit avec le bras haptique 14 au moyen d'un outil de simulation chirurgicale 100. Dans certaines simulations, un jumeau
25 virtuel de l'outil de simulation chirurgicale 100 utilisé par l'utilisateur (et connecté au bras haptique 14) est représenté à l'utilisateur par le dispositif d'affichage. Il s'agit par exemple d'un outil simulant un cathéter ou des ciseaux (voir figures 5a et 5b). Dans d'autres cas, l'outil de simulation chirurgicale 100 n'est pas visualisable par l'utilisateur au travers du dispositif d'affichage. Ce cas est illustré en figure 3. Dans ce cas particulier,

l'outil de simulation chirurgicale contribue à donner l'illusion à l'utilisateur que sa main est cerné d'organes et de tissus mous (alors que, rappelons-le, l'espace de manipulation est vide). Il s'agit donc d'un outil permettant à l'utilisateur d'utiliser directement sa main pour recevoir la rétroaction (ou signal) haptique fourni par le bras haptique 14. Dans le cas particulier de l'outil de simulation chirurgicale 100 illustré en figures 3, une fois que l'outil de simulation chirurgicale 100 est connecté Lorsqu'il est relié à l'extrémité libre 26 du bras haptique 14, l'utilisateur y glisse sa main. De la mousse de polyuréthane empêche la main d'être blessée, et un ressort assure que l'outil de simulation chirurgicale 100 pince la main suffisamment pour que celui-ci reste en place malgré les mouvements au sein de l'espace de manipulation.

[0045] Indépendamment de leur forme et de leur fonction simulée, tous les outils de simulation chirurgicale 100 se connectent à l'extrémité libre 26 du bras haptique 14 par une connexion Plug and Play. 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.

[0046] La console 10 selon la présente demande permet de répondre à ce problème de retour haptique et de contrainte sur les trois derniers degrés de liberté, les degrés de libertés proximaux, sans devoir passer par une motorisation qui alourdirait le bras haptique 14 et le rendrait difficile à manipuler, rendant ainsi la simulation bien moins réaliste. Grâce au module de contrainte 16, les derniers degrés de liberté sont contraints, directement ou indirectement, de manière simple et efficace, sans danger ou inconfort pour l'utilisateur.

REVENDICATIONS

1. Console d'entraînement chirurgical (10), comportant :

- une base (12),
- un module de contrainte (16) agencé à distance de la base (12) selon un axe d'agencement X, le module de contrainte (16) présentant au moins une ouverture (28) permettant le passage d'au moins une partie d'au-moins un outil de simulation chirurgicale (100) destiné à être manipulé par un utilisateur,
- un bras haptique (14) fixé sur la base (12), le bras haptique (14) présentant une extrémité libre (26) configurée pour connecter l'au moins un outil de simulation chirurgicale (100), le bras haptique (14) étant mobile et permettant de définir un espace de travail (T) comportant un ensemble de positions pouvant être occupées par l'extrémité libre (26),
- une unité de contrôle (18) connectée au bras haptique (14), l'unité de contrôle (18) étant configurée pour générer une réalité virtuelle et en définir des paramètres de manière à obtenir, pour l'utilisateur, une simulation d'intervention chirurgicale,
- un dispositif d'affichage connecté à l'unité de contrôle (18) configuré pour afficher, à l'utilisateur, une représentation d'une manipulation de l'outil de simulation chirurgicale (100) dans la réalité virtuelle générée par l'unité de contrôle (18),

caractérisée en ce que

les paramètres de la réalité virtuelle comprennent des paramètres de contrôle de la mobilité du bras haptique (14),

la base (12) et le module de contrainte (16) sont agencés pour délimiter un espace vide définissant un espace de manipulation (M), l'espace de manipulation (M) étant inférieur ou égal à l'espace de travail (T), et

le module de contrainte (16) permet de limiter les positions pouvant être occupées par l'extrémité libre (26) du bras haptique (14) à celles situées au sein de cet espace de manipulation (M).

2. Console d'entraînement chirurgical (10) selon la revendication précédente, caractérisée en ce que le module de contrainte (16) forme un plateau.
3. Console d'entraînement chirurgical (10) selon la revendication précédente, caractérisée en ce que la base (12) et le module de contrainte (16) sont décalés transversalement le long de l'axe d'agencement X, de manière à ce que la console présente un profil en escalier.
4. Console d'entraînement chirurgical (10) selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce que la distance d'agencement entre la base et le module de contrainte (16) est variable.
5. Console d'entraînement chirurgical (10) selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce que le module de contrainte (16) présente une inclinaison par rapport à la base (12).
6. Console d'entraînement chirurgical (10) selon la revendication précédente, caractérisée en ce que cette inclinaison est variable.
7. Console d'entraînement chirurgical (10) selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce que la base (12) comporte un socle incliné, destiné à recevoir un robot (20) comportant le bras haptique (14).
8. Console d'entraînement chirurgical (10) selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce que la base (12) et le module de contrainte (16) sont fixés l'une à l'autre de manière réversible.
9. Console d'entraînement chirurgical (10) selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce que l'au moins une ouverture (28) présente des bords mobiles et un diamètre variable.
10. Console d'entraînement chirurgical (10) selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce que le dispositif d'affichage est associé à un outil de calibration mobile (24) et en ce que la console (10) comporte

un module de calibration (22) présentant une empreinte destinée à coopérer avec l'outil de calibration mobile (24).

- 5 **11.** Console d'entraînement chirurgical (10) selon la revendication précédente, caractérisée en ce que le module de calibration (24) peut être fixée de manière réversible à la base (12).
- 10 **12.** Console d'entraînement chirurgical (10) selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce que le dispositif d'affichage est un casque de réalité virtuelle.
- 10 **13.** Console d'entraînement chirurgical (10) selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce que le brase haptique présente une position de repos dans laquelle l'extrémité libre (26) est positionnée face à l'ouverture du module de contrainte (16).
- 15 **14.** Kit d'entraînement chirurgical, caractérisé en ce qu'il comprend une console d'entraînement chirurgical (10) selon l'une quelconque des revendications précédentes et au moins un outil de simulation chirurgicale (100).
- 15 **15.** Kit d'entraînement chirurgical selon la revendication précédente, caractérisé en ce qu'un jumeau virtuel de l'outil de simulation chirurgicale (100) connecté au bras haptique (14) est représenté à l'utilisateur par le dispositif d'affichage.