Galerie de La Source

RÉTROSPECTIVE SUR 50 ANS DE CHIRURGIE da Vinci

Dans le cadre de ses expositions médicales, et à l'occasion de l'ouverture du Centre de chirurgie robotique La Source-CHUV, premier du canton de Vaud, **la Clinique de La Source** a choisi de vous proposer une brève rétrospective sur **50 ans de chirurgie**, avec comme invité d'honneur **le robot da Vinci.**

Nous remercions, pour La Source, le **Docteur Christian Jayet,** spécialiste FMH en urologie et urologie opératoire et Président de la Commission de suivi opérationnel da Vinci La Source-CHUV, le **Docteur Bijan Ghavami,** spécialiste FMH en chirurgie et chirurgie viscérale, le **Docteur Nehad Akram,** spécialiste FMH en gynécologie et obstétrique ; et pour le CHUV, le **Professeur Pierre-François Leyvraz,** Directeur général et le **Professeur Christian Simon,** spécialiste FMH en ORL, pour leur collaboration dans la réalisation de cette exposition.

Nous tenons également à remercier le **Professeur Hannes Bleuler,** professeur ordinaire et Directeur du Laboratoire de Systèmes robotiques LSRO1 de l'EPFL, et son équipe, pour leurs contributions à cette exposition qui, nous l'espérons, vous apportera un éclairage nouveau sur l'importance de la chirurgie robotique dans la médecine du XXI^{e} siècle.

En partenariat avec CHUV

graphisme : trivialmass.com

IL ÉTAIT UNE FOIS…
LA CHIRURGIE OUVERTE

©Archives de l'Institut et Haute Ecole de la Santé La Source

Salle d'opération de la Clinique de La Source, 1957, Dr Eugène Jost, Monique Bovon, infirmière (Source, volée 1953)
Photographe : Michel Perrenoud

La chirurgie est l'un des plus anciens arts médicaux.

C'est un ensemble d'opérations manuelles et instrumentales réalisées sur et dans un corps vivant à des fins thérapeutiques.

Dès le milieu du XIX^{ème} siècle, on commence à appliquer les principes de **la chirurgie ouverte moderne.** L'abdomen est ouvert afin d'accéder aux organes, de les examiner et de les soigner. Cette technique nécessite de longues incisions, horizontales ou verticales.

La chirurgie ouverte peut être douloureuse, induire des risques d'infection et une perte de sang importante. En outre, elle requiert une longue période de rétablissement et laisse souvent des cicatrices ingrates.

IL ÉTAIT UNE FOIS…
LA LAPAROSCOPIE

©Doris Manz

©Doris Manz

Le chirurgien regarde directement l'écran pour opérer

L'avènement de la chirurgie laparoscopique en 1987 grâce au chirurgien lyonnais Philippe Mouret a bouleversé la chirurgie abdominale du XXe siècle.

La laparoscopie, appelée aussi **«la chirurgie minimalement invasive»** consiste à pratiquer les opérations sans ouvrir la paroi abdominale, mais à travers des trocarts.

Ces derniers sont des tubes étanches de 5 à 12 mm introduits dans le corps grâce à de petites incisions, par lesquelles on fait passer les instruments chirurgicaux.

Le chirurgien introduit dans le nombril un optique, muni d'une caméra vidéo qui lui permet d'observer la cavité abdominale et de pratiquer toutes sortes de gestes chirurgicaux.

Comme on n'ouvre pas la paroi abdominale et qu'il y a peu de traumatisme des organes intrapéritonéaux, **la laparoscopie est un procédé peu douloureux qui permet une reprise de transit rapide,** donc une réalimentation immédiate et une mobilisation précoce. Ceci raccourcit la durée d'hospitalisation et d'arrêt de travail.

Aujourd'hui, les spécialistes de ce domaine **traitent la grande majorité des pathologies,** aussi bien bénignes que malignes, **par la laparoscopie.**

LES DÉBUTS DE LA CHIRURGIE ROBOTIQUE

Le robot AESOP

Bras utilisé dans la robotique aérospatiale

Les débuts de la chirurgie robotique

Même si l'homme a de tout temps été intéressé par l'automate, il a fallu attendre les années 1940 et l'arrivée des ordinateurs pour que les robots des temps modernes fassent leur apparition. Le concept de robot s'est véritablement répandu à la **fin des années 1950 et au début des années 1960**. L'industrie automobile étant alors en pleine expansion, les robots industriels sont devenus les assistants des travailleurs en usine. Puis, on a fabriqué des robots pour aller là où les humains ne le pouvaient pas. Par exemple, au fond des océans ou dans l'espace. Dans les années 1980, des progrès considérables en micro électronique et en informatique permettent à la télémanipulation robotique de connaître un véritable essor. À l'aube du XXI^{ème} siècle, c'est grâce à ces progrès techniques que la **téléchirurgie** a pu donner ses premiers résultats concluants.

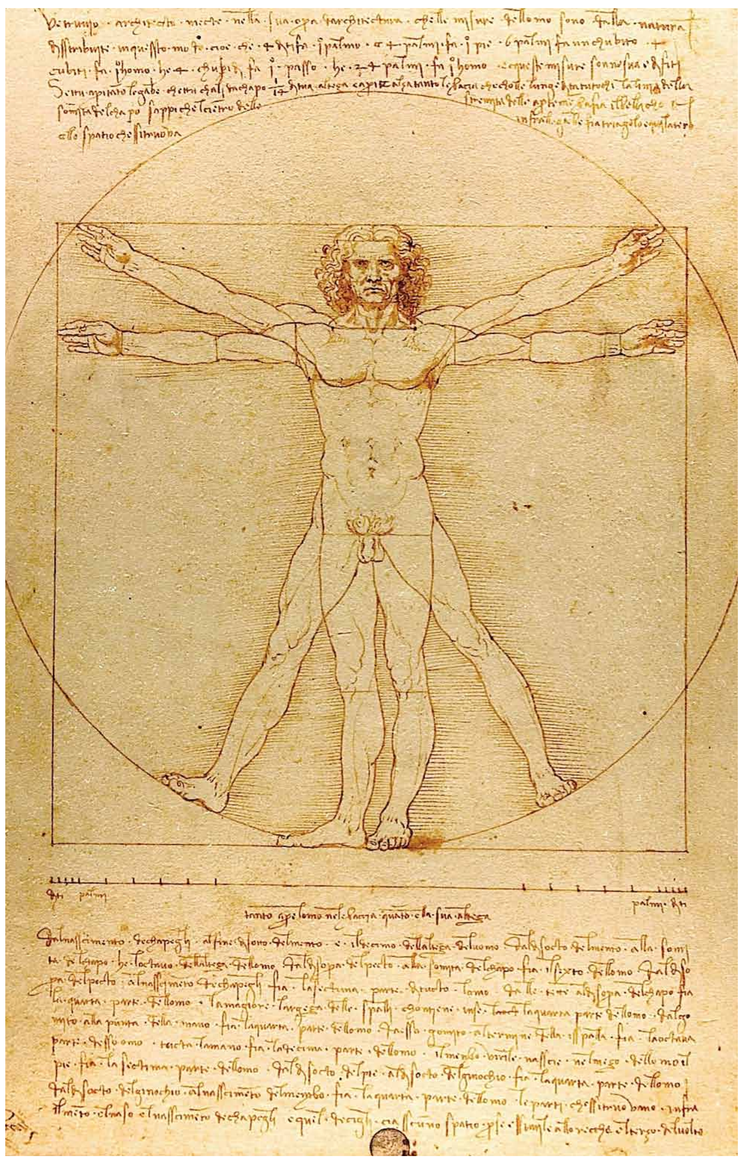
L'introduction de la robotique en laparoscopie s'est initialement limitée à la manipulation robotisée de la caméra. **Le robot Aesop** (Computer Motion) permettait au chirurgien de contrôler la vision du champ opératoire par commande vocale. Par la suite, des robots beaucoup plus complexes ont permis non seulement de manipuler la caméra mais également de contrôler les instruments opératoires.

L'Opération Lindbergh

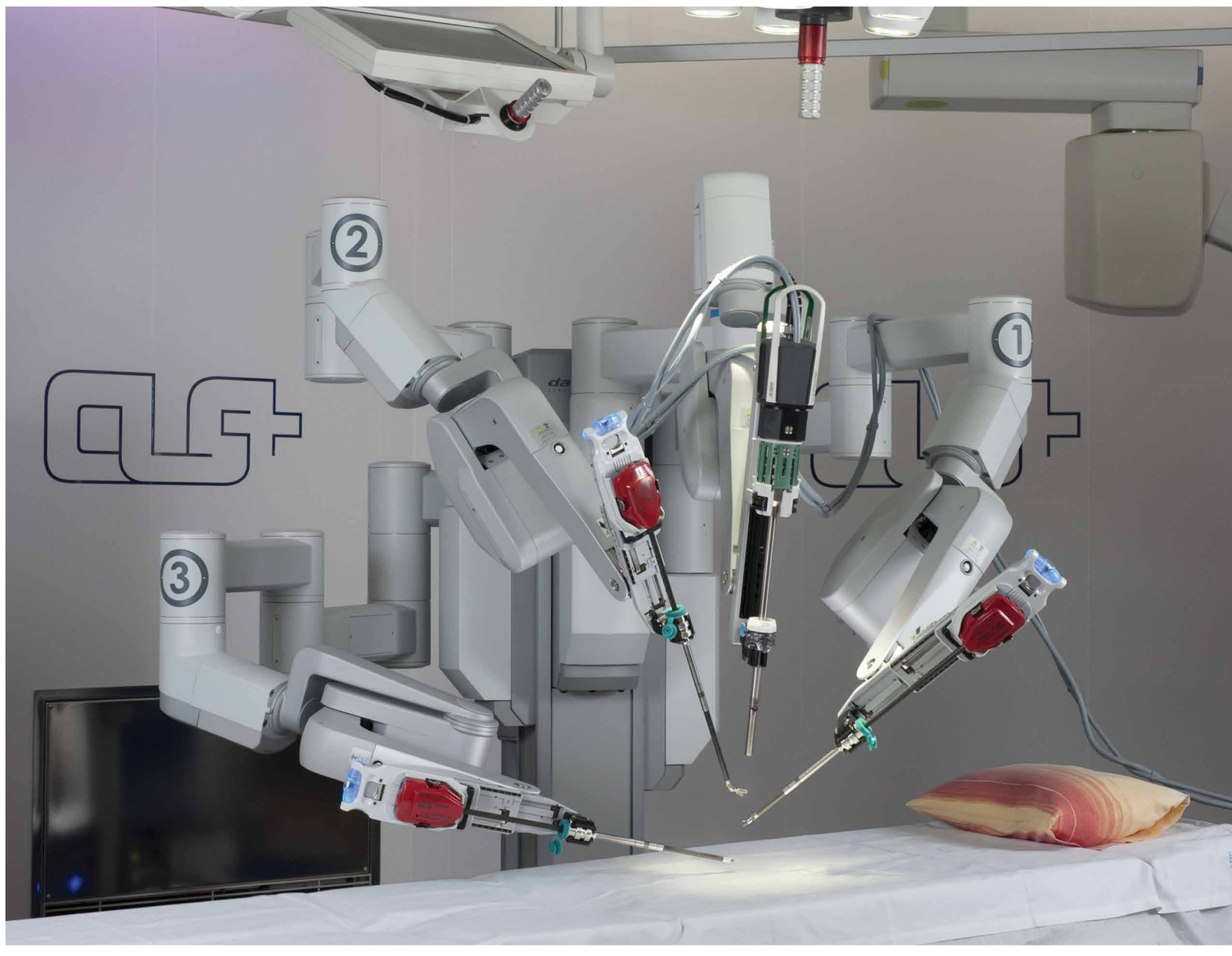
Le 7 septembre 2001, Zeus, un robot mis au point par la firme californienne Computer Motion, a permis de réaliser **la première intervention chirurgicale transatlantique**. Depuis un immeuble de New York, un chirurgien français, le Professeur Jacques Marescaux, a télécommandé le robot américain qui opérait une patiente dans un hôpital de Strasbourg, en France. Cette ablation de la vésicule biliaire a donc été pratiquée par un robot dont les commandes étaient tenues par le chirurgien situé à quelque 7 500 kilomètres de distance.

L'intervention a été baptisée **Opération Lindbergh**, en hommage à l'aviateur qui effectua le premier vol transatlantique sans escale et en solitaire en 1927. Zeus était constitué de deux parties. La première, à Strasbourg : un ensemble de trois bras articulés munis l'un d'une caméra miniature, et les deux autres d'instruments chirurgicaux. La seconde, à New York : un pupitre de commande avec un écran de contrôle et deux manettes téléguidant les mouvements de deux bras.

LA NAISSANCE DU ROBOT DA VINCI



L'homme de Vitruve de Leonard de Vinci



©Sarah Carp

Le robot da Vinci

Nouvelle étape dans l'histoire de la robotique chirurgicale, **da Vinci est né en hommage au maître Leonardo**, qui, déjà il y a 500 ans, créait les premières esquisses de systèmes automatisés. Fabriqué et commercialisé par la **société Intuitive,** c'est un outil multidisciplinaire, créé à l'origine sur commande de l'armée américaine pour pouvoir opérer des soldats à distance. Mais attention, à distance ne signifie pas pour autant que le robot da Vinci soit un système autonome. En effet, cet équipement ne peut ni être programmé ni prendre des décisions. Chaque manœuvre chirurgicale est pilotée par le chirurgien. **Da Vinci est destiné avant tout à aider les médecins à dépasser les limites de la main humaine.**

Confortablement installé derrière la console du robot da Vinci, le spécialiste dispose d'une **vision en 3D haute résolution du champ opératoire**. Le chirurgien effectue les gestes opératoires avec des manettes depuis sa console. Les mouvements des doigts et des poignets sont mis à l'échelle, filtrés et instantanément convertis en micromouvements extrêmement précis dans les bras du robot.

Les mêmes mouvements qu'en chirurgie ouverte sont possibles et même une **rotation de 540° du «poignet»**. Une souplesse que la technique de laparoscopie conventionnelle ne permet pas.

© Thierry Zufferey

Manettes du da Vinci permettant une rotation de 540°

DA VINCI AUJOURD'HUI

Le système da Vinci se compose de deux parties.

La première : le robot qui est placé au-dessus du patient. Il est muni de quatre bras opératoires au bout desquels sont fixés la caméra et les instruments chirurgicaux. Ces bras articulés sont soigneusement protégés car ils sont en contact avec le patient qui est sous anesthésie générale. Au bout de ces bras sont installés les instruments utilisés par le chirurgien : micro-pinces, ciseaux, porte-aiguilles, etc.

La seconde : une console, ou parfois une double-console, située à distance du patient. C'est là que le chirurgien est installé, assis, pour manipuler les instruments chirurgicaux à distance grâce à des manettes. Il contrôle ses actions grâce à une vision en trois dimensions du champ opératoire. Avec la console, le chirurgien possède le contrôle de toute l'intervention. Il dirige la caméra, commande les instruments, règle la netteté, coagule, etc.

Le robot da Vinci est donc entièrement contrôlé par le chirurgien et ne fait que ce que ce dernier lui demande. C'est le médecin qui guide et manipule tous les instruments depuis la console. Le robot reproduit avec ses bras les mouvements effectués par l'opérateur à la console.

Toujours placé à côté du patient, le chirurgien assistant tient d'autres instruments et aide l'opérateur principal. Son rôle est de changer les instruments **da Vinci**, passer les fils, aider à extraire du tissu prélevé, ou clipper des vaisseaux. C'est une fonction essentielle et il doit connaître parfaitement le déroulement de l'intervention pour anticiper ses gestes.

Pour sa part, l'instrumentiste doit être à proximité à la fois du robot et de l'assistant.

La caméra est installée sur un quatrième bras et permet de zoomer à volonté. Le fait que le chirurgien puisse lui-même diriger la caméra est un avantage sur la laparoscopie où c'est l'assistant qui déplace la caméra, au risque parfois de ne pas être en phase avec l'opérateur. Le fait que les caméras soient doublées permet de donner **une vision 3D** au chirurgien par la stéréoscopie, chaque œil recevant une image légèrement décalée dans la console.

**LE SYSTÈME DA VINCI AVEC LA DOUBLE CONSOLE,
LE ROBOT ET L'ÉCRAN DE CONTRÔLE**

© Intuitive

DA VINCI DANS LE MONDE

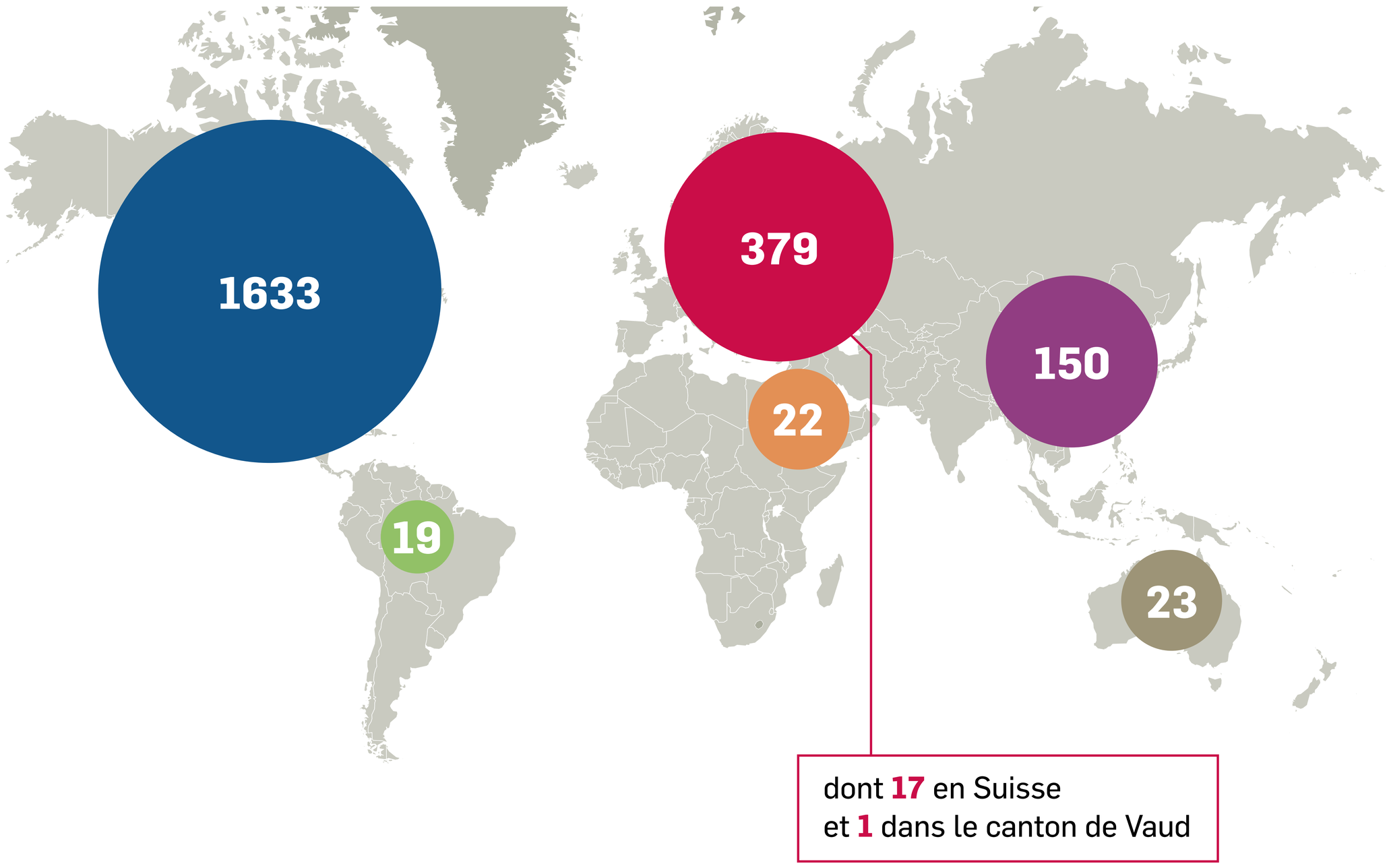
Évolution du nombre de da Vinci de 1997 à nos jours

1997
0

2006
1000

2012
2400

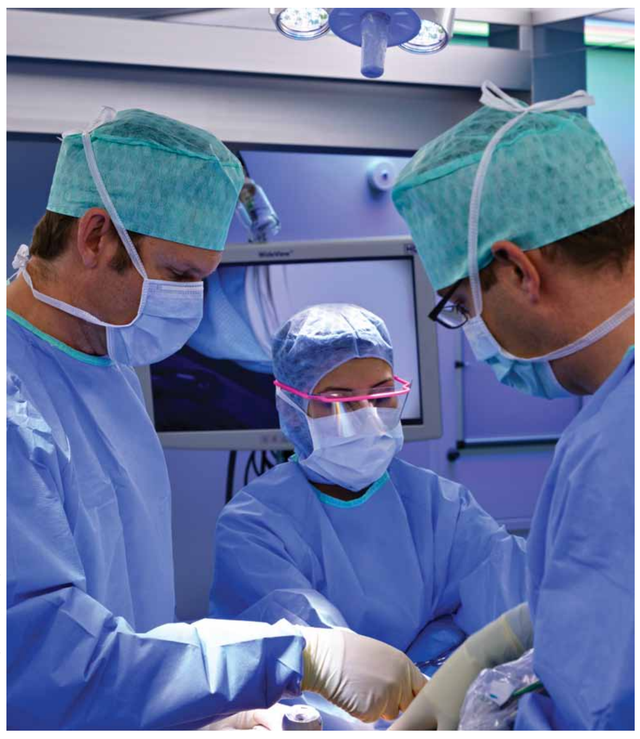
Répartition actuelle dans le monde



dont **17** en Suisse
et **1** dans le canton de Vaud

Source : Intuitive

LES AVANTAGES DU ROBOT DA VINCI POUR LE CHIRURGIEN ET LE PATIENT



© Thierry Zufferey

Pour le chirurgien :

- Vision tridimensionnelle
- Rotations plus amples de l'extrémité des instruments avec possibilité d'atteindre des zones difficiles d'accès
- Précision accrue du geste chirurgical
- Intuitif, avec une reproduction naturelle des mouvements du chirurgien
- Filtration des tremblements de la main du médecin
- Confort du chirurgien qui est bien installé, assis, en ayant le corps, les mains et le regard dans le même axe. Réduction de sa fatigue lors d'une intervention

Pour le patient :

- Rétablissement et retour à une activité normale plus rapide
- Réduction des douleurs post-opératoires
- Diminution du séjour post-opératoire
- Diminution des pertes sanguines
- Sécurité accrue

LA SOURCE-CHUV : UN PARTENARIAT PRIVÉ-PUBLIC

© Clinique de La Source

© CHUV

La création de ce Centre, situé à la Clinique de La Source, marque le début d'une **collaboration prometteuse entre La Source et le Centre Hospitalier Universitaire Vaudois CHUV.** Utiliser de manière efficiente le matériel de pointe, sur un territoire de la taille du canton de Vaud, et mettre en commun des compétences pour offrir le meilleur de la technologie aux patients : c'est ce que visent La Source et le CHUV en se rapprochant dans un partenariat privé-public novateur en matière de santé.

Dédié à l'urologie, à la chirurgie viscérale, à la gynécologie et à la chirurgie ORL, dans un premier temps du moins, le Centre sera employé conjointement par des médecins de La Source et du CHUV, et peut accueillir des patients avec ou sans assurance complémentaire.

Dix lits reconnus d'intérêt public (dont cinq dédiés aux patients opérés avec le **da Vinci** et cinq aux urgences) ont été ouverts dans la Clinique pour accueillir les patients sans assurance complémentaire.

LA FORMATION, ESSENTIELLE POUR LA MANIPULATION DE DA VINCI

© Thierry Zufferey

Les chirurgiens se forment au simulateur

© Thierry Zufferey

Chirurgiens sur une double console lors d'une prostatectomie

Les chirurgiens qui se forment à la manipulation du robot da Vinci suivent d'abord **deux mois de formation sur un simulateur.** Cette première étape passée, ils sont invités à rencontrer des équipes formées dans des centres chirurgicaux spécifiquement dédiés à la chirurgie robotique, et à y affiner la technique opératoire.

En outre, les chirurgiens désirant pratiquer la chirurgie robotisée doivent se soumettre à **une formation spécifique dans des instituts spécialisés.**

Enfin, **les premières interventions sont effectuées avec l'assistance d'opérateurs confirmés.** Cette formation est déterminante pour acquérir et maintenir la maîtrise nécessaire de l'appareil. A l'image d'un pilote d'avion, **le chirurgien doit maintenir sa formation par une pratique d'environ 20 interventions par an.**

A Lausanne, seuls **6 médecins associés de La Source et 6 médecins du CHUV,** ayant reçu cette formation particulière, sont habilités à effectuer des interventions da Vinci. La Direction des deux établissements a souhaité limiter de manière très stricte le nombre des opérateurs agréés durant la phase initiale du projet et aucune nouvelle autorisation ne sera délivrée avant 2013.

A terme, lorsque le Centre sera rodé, il est évident que cette plateforme servira aussi à la formation d'autres chirurgiens appelés à travailler avec ce nouvel outil.

Noms et spécialités des médecins habilités à effectuer des interventions sur le da Vinci

Clinique de La Source

Dr Christian Gygi - *FMH Urologie opératoire*
Dr Christian Jayet - *FMH Urologie opératoire*
Dr Florian Meid - *FMH Urologie opératoire*
Dr Bijan Ghavami - *FMH Chirurgie viscérale*
Dr Adrien Tempia - *FMH Chirurgie viscérale*
Dr Nehad Akram - *FMH Gynécologie obstétrique*

CHUV

Dr Laurent Vaucher - *FMH Urologie opératoire*
Pr Dieter Hanhloser - *FMH Chirurgie viscérale*
Dr Pierre Alleman - *FMH Chirurgie viscérale*
Dr Luca Di Mare - *FMH Chirurgie viscérale*
Dr Chahin Achtari - *FMH Gynécologie obstétrique*
Pr Christian Simon - *FMH ORL*

DA VINCI ET L'UROLOGIE

Aujourd'hui, c'est en urologie que l'on utilise le plus fréquemment la chirurgie robotisée.

Cette spécialité concerne les voies urinaires (reins, uretères, vessie, urètre) ainsi que le système reproducteur masculin.

Parmi les pathologies concernées, le cancer de la prostate, qui touche un homme sur six, se situe en tête de liste. En Suisse, ce cancer est le plus fréquent chez l'homme et le deuxième le plus mortel après celui du poumon.

Si les avantages de la chirurgie robotisée sont manifestes pour la plupart des interventions laparoscopiques en urologie, c'est pour **l'ablation de la prostate** (prostatectomie radicale) **que son utilisation prédomine.**

La prostatectomie radicale est l'une des options de traitement du cancer localisé de la prostate. On peut résumer cette intervention en deux étapes :

1) L'ablation de la prostate

2) Le rétablissement de la continuité urinaire par la suture de la vessie à l'urètre.

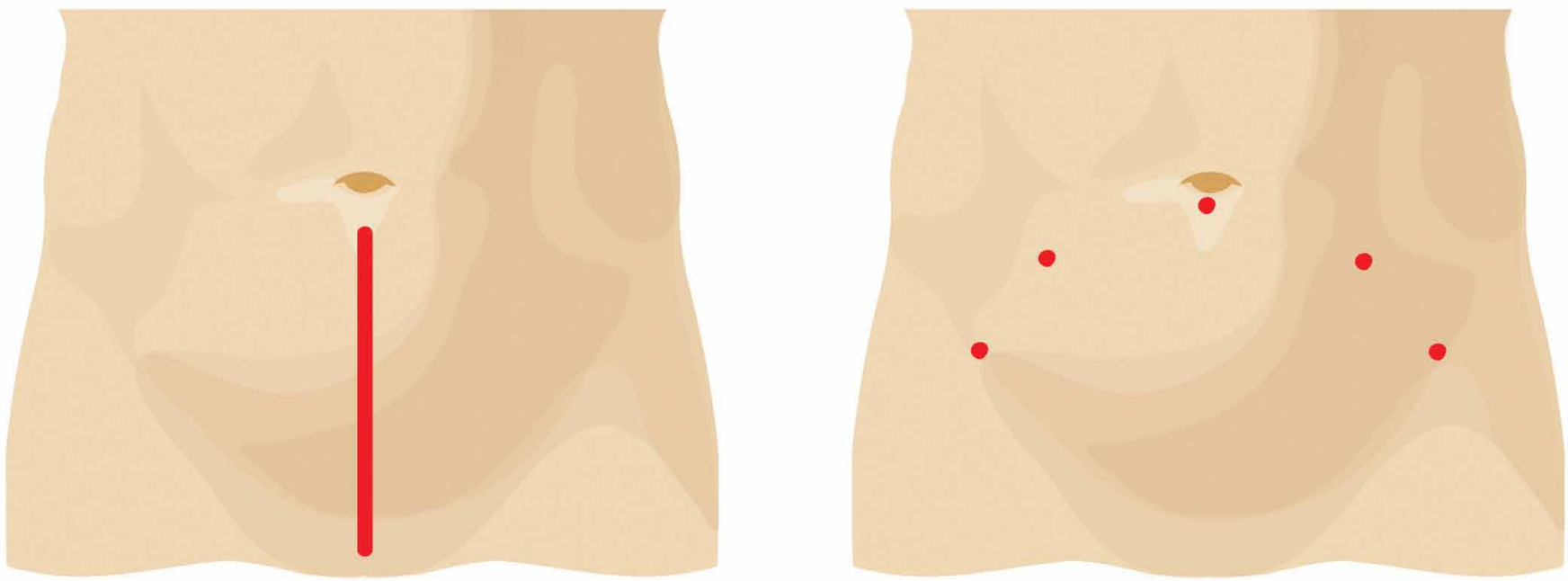
L'objectif est d'enlever la tumeur, tout en tentant de préserver une continence urinaire normale et un maintien des érections.

L'assistance robotique est **utilisée dans 80% des cas de prostatectomie radicale aux USA et progresse aussi en Suisse.**

Le da Vinci garantit une grande précision des gestes dans la dissection. Il permet de préserver les structures vasculo-nerveuses et facilite le rétablissement de la continuité urinaire par des sutures fines et précises.

La chirurgie robotique peut aussi être utilisée pour d'autres interventions urologiques comme l'ablation des tumeurs rénales ou la chirurgie reconstructive des voies urinaires.

PROSTATECTOMIE



Incision chirurgicale conventionelle

Incision chirurgicale avec da Vinci

© Intuitive

DA VINCI ET LA CHIRURGIE VISCÉRALE

Un robot est un assemblage complexe de pièces mécaniques et de pièces électroniques, le tout piloté par une intelligence artificielle.

Le da Vinci, lui, est un **robot piloté par un chirurgien.**

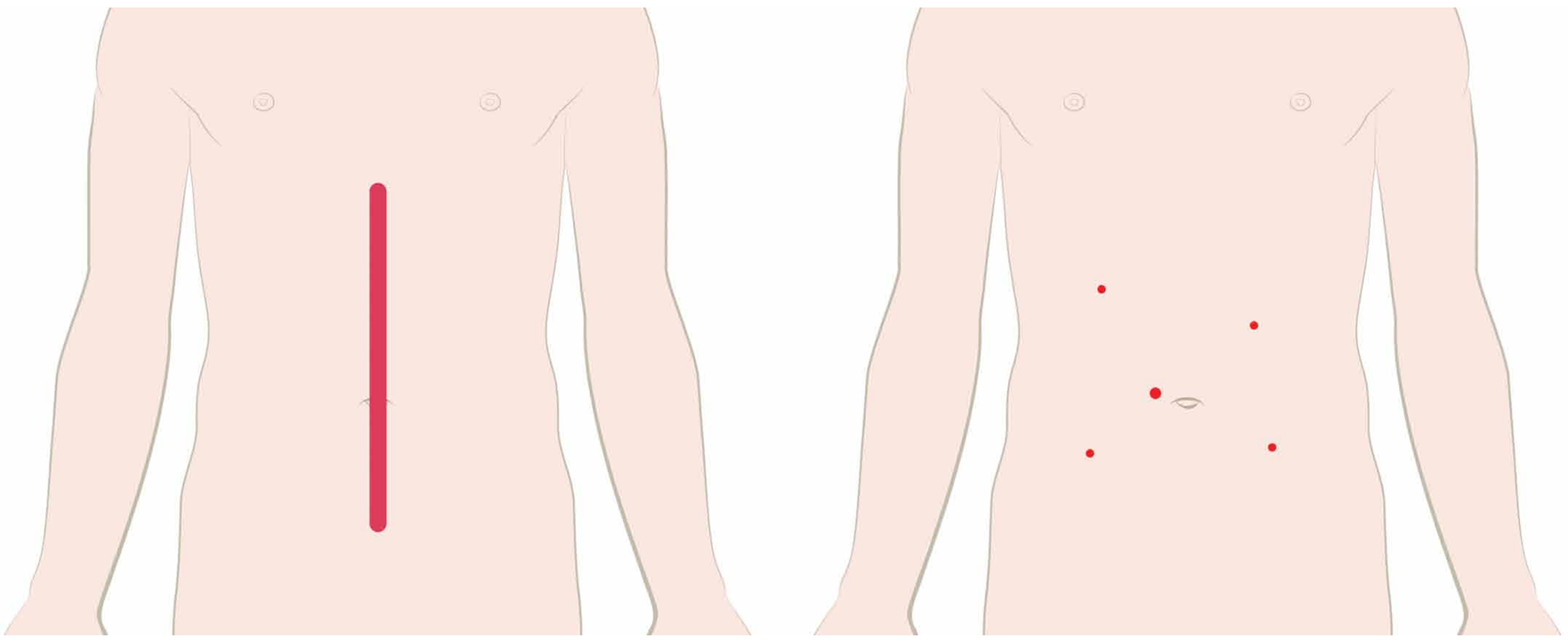
Dans la chirurgie viscérale, la laparoscopie permet d'intervenir sans (ou avec très peu) de traumatisme de la paroi et des viscères. Ce qui diminue nettement le « mal-être » post-opératoire.

La vision tridimensionnelle, plus précise et plus naturelle, la flexibilité et la mobilité des instruments et la filtration (ou absorbation) des tremblements insensibles accroîssent la sécurité des gestes opératoires des interventions da Vinci. **Cela permet des gestes précis, comme des dissections des organes fragiles ; la préservation de certains éléments importants et sensibles comme les nerfs ; et, enfin, des sutures fines et compliquées.**

En chirurgie viscérale, pendant certaines résections coliques (du colon), le plexus nerveux destiné aux organes uro-génitaux peut être mieux repéré et respecté. Les anastomoses (sutures) digestives complexes, lors des opérations pour l'obésité (par exemple bypass gastrique), les interventions coliques, et les dérivations biliaires et pancréatiques sont ainsi de meilleure qualité. **Et les risques de complications graves post-opératoires sont diminués.**

Aujourd'hui, l'utilité de da Vinci semblerait limitée dans la chirurgie digestive, mais les recherches en cours devraient permettre, à moyen terme, de pratiquer des interventions plus compliquées en utilisant des instruments miniaturisés à travers des orifices encore plus restreints et télémanipulés à distance.

RÉSECTION RECTALE



Incision chirurgicale conventionelle

Incision chirurgicale avec da Vinci

© Intuitive

DA VINCI ET LA GYNÉCOLOGIE

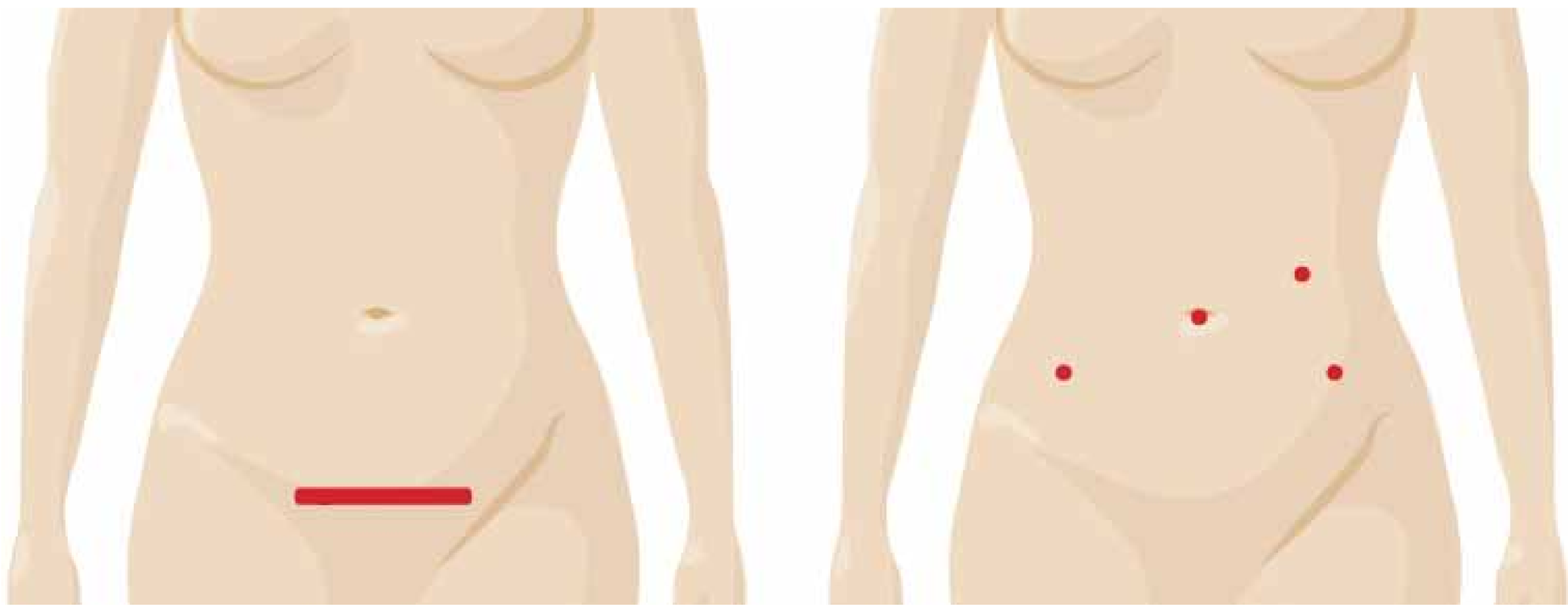
De nombreuses pathologies bénignes, donc non-cancéreuses, peuvent affecter l'appareil reproducteur féminin, à tel point qu'une ablation de l'utérus (hystérectomie) est conseillée. Les médecins recommandent souvent **l'hystérectomie** lorsqu'aucun traitement médicamenteux ou un changement de style de vie ne permet la guérison ou ne parvient à remédier aux symptômes.

A l'heure actuelle, de nombreuses femmes évitent la large incision et les 4 à 6 semaines de convalescence qui vont de paire avec l'hystérectomie ouverte conventionnelle en optant pour la chirurgie mini-invasive. **Le robot da Vinci permet une vision optimale grâce aux trois dimensions, une meilleure précision, une position ergonomique et une stabilité de l'image.** En outre, l'accessibilité et la dissection sont facilitées par ce système.

Outre l'hystérectomie, voici quelques exemples d'utilisation du da Vinci :

- Ablation de fibromes utérins (myomectomies)
- Traitement de l'endométriose (affection gynécologique provoquée par la présence de fragments de muqueuse utérine qui se forment en dehors de leur localisation normale)
- Chirurgie de l'infertilité
- Certaines chirurgies de cancers
- Promonto-fixation (traitement de prolapsus génital)

HYSTÉRECTOMIE



Incision chirurgicale conventionelle

Incision chirurgicale avec da Vinci

© Intuitive

DA VINCI ET L'ORL

La robotique sera utilisée pour la première fois en Suisse pour la chirurgie ORL.

Cette technique n'exclut bien sûr pas les autres possibilités chirurgicales, comme le laser par une voie transorale, qui est plus classique.

Le robot chirurgical **da Vinci** trouve sa place en chirurgie ORL pour le traitement de certains cancers de l'oropharynx et supraglottiques.

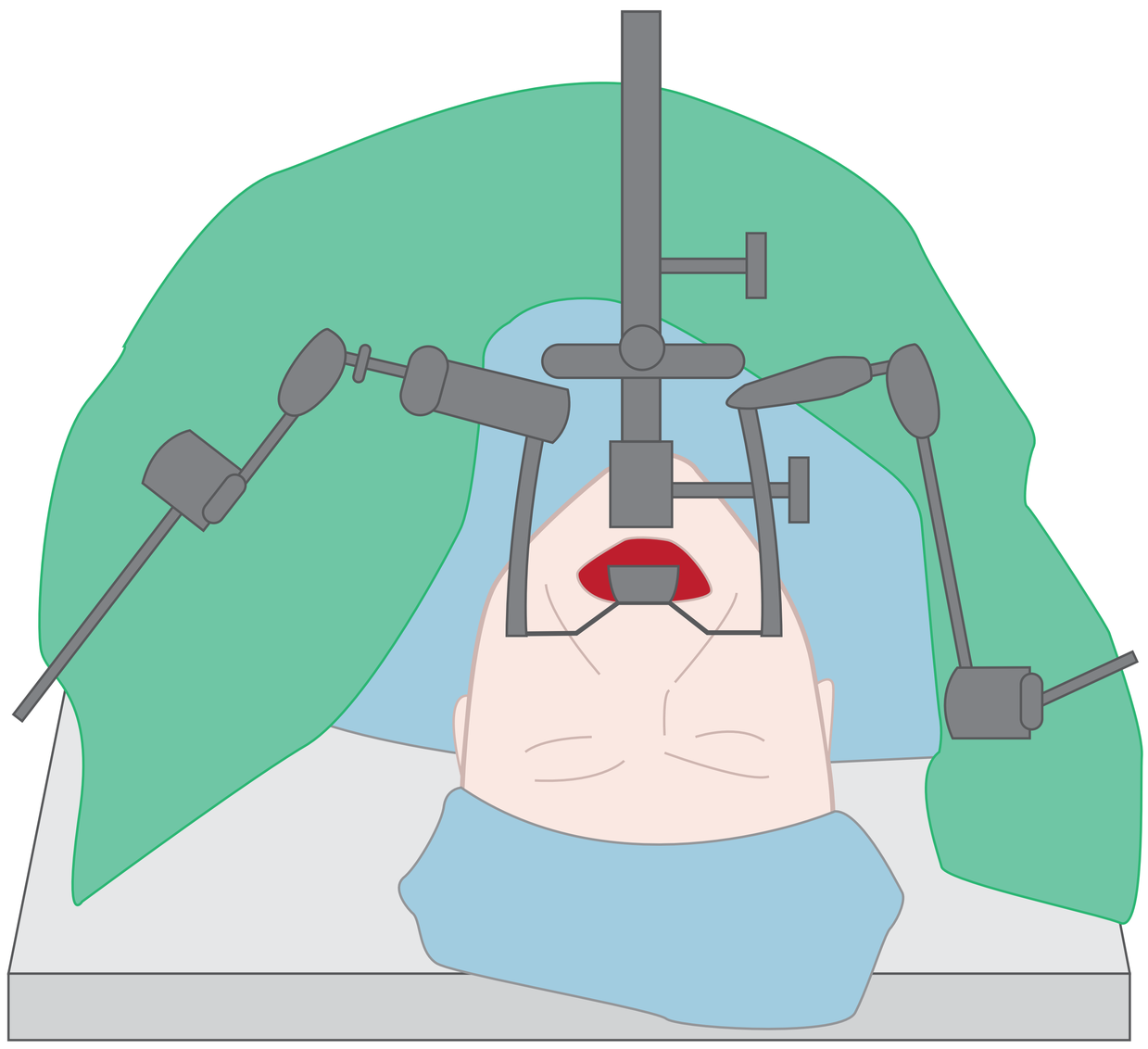
Grâce aux instruments miniaturisés très mobiles et à la qualité de l'image en haute définition qu'offre da Vinci, **le chirurgien peut enlever la tumeur en passant par la bouche.**

De plus, la capacité de suture permise par **la maniabilité des instruments permet des procédés de reconstruction jusque là impraticables.**

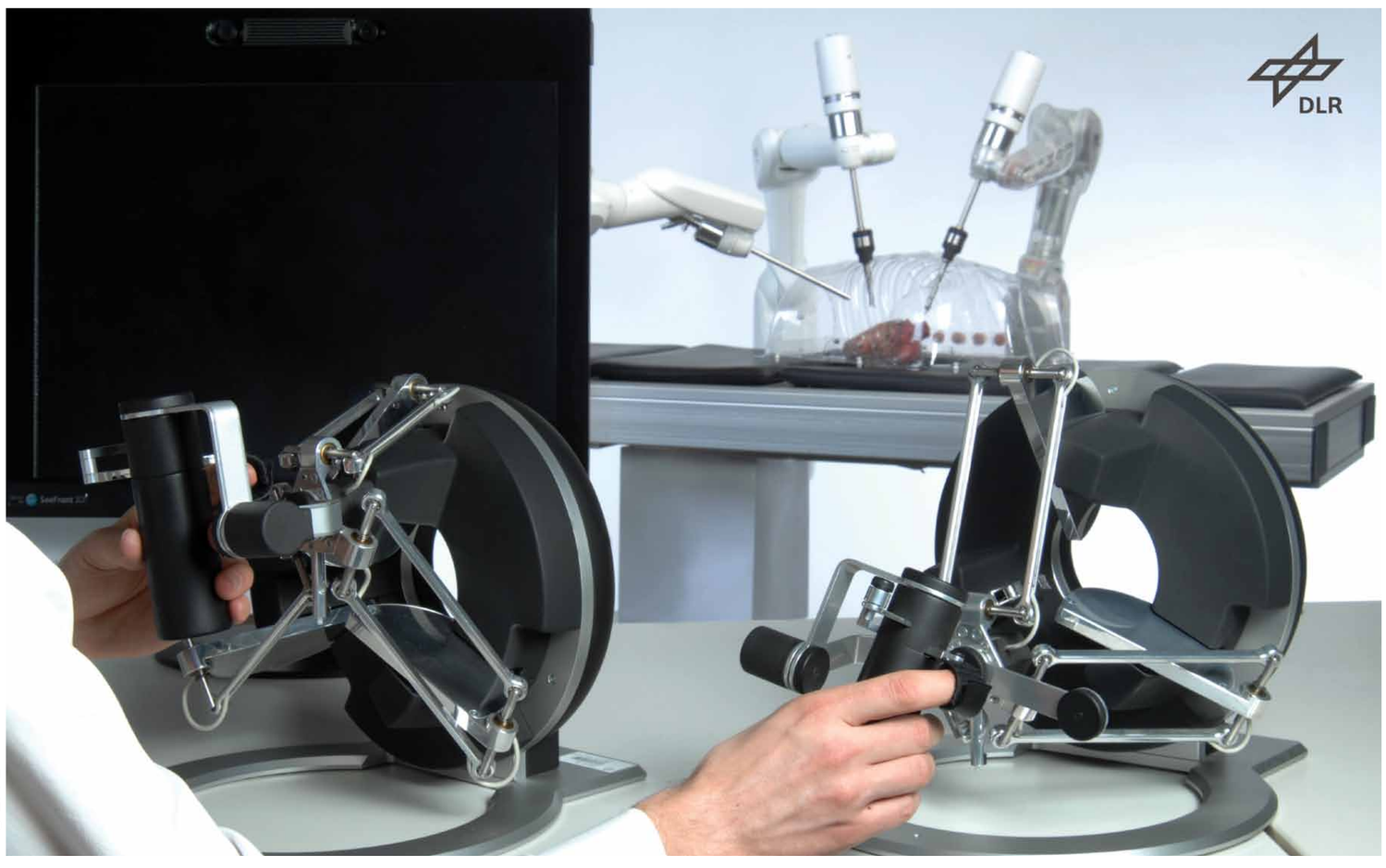
La chirurgie robotisée constitue une véritable avancée pour les patients dans le traitement des tumeurs du pharynx et du larynx. Alors qu'il fallait auparavant ouvrir le cou pour atteindre une tumeur située dans le pharynx ou le larynx, c'est-à-dire la « gorge », le robot permet maintenant de l'atteindre en passant par la bouche avec une relative facilité.
Ce qui évite donc de pratiquer une trachéotomie sur le malade.

Sans parler des **temps d'hospitalisation** qui sont passés de 2-3 semaines à **3-7 jours !**

Techniquement, ce robot est tellement « intuitif » que la réalisation des gestes ne pose pas de problème pour un chirurgien déjà rompu à la chirurgie des tumeurs du pharynx et du larynx.



L'AVENIR DE LA CHIRURGIE ROBOTIQUE



© EPFL

© Intuitive

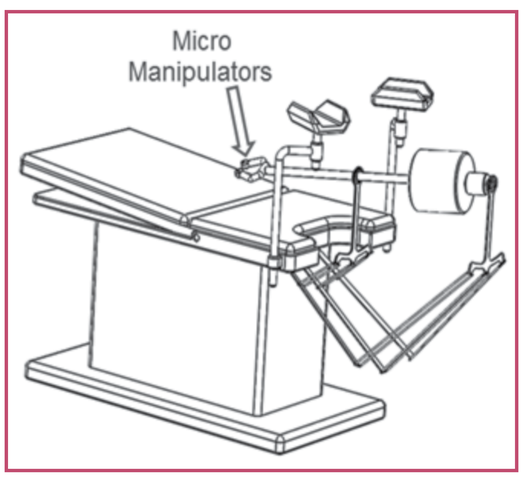
MiroSurge - un système robotique pour la recherche en chirurgie minimale invasive par le Centre Aérospatial Allemand (DLR). Copyright DLR. Dual omega.7 - un interface à retour de force développé et fabriqué en Suisse par Force Dimension

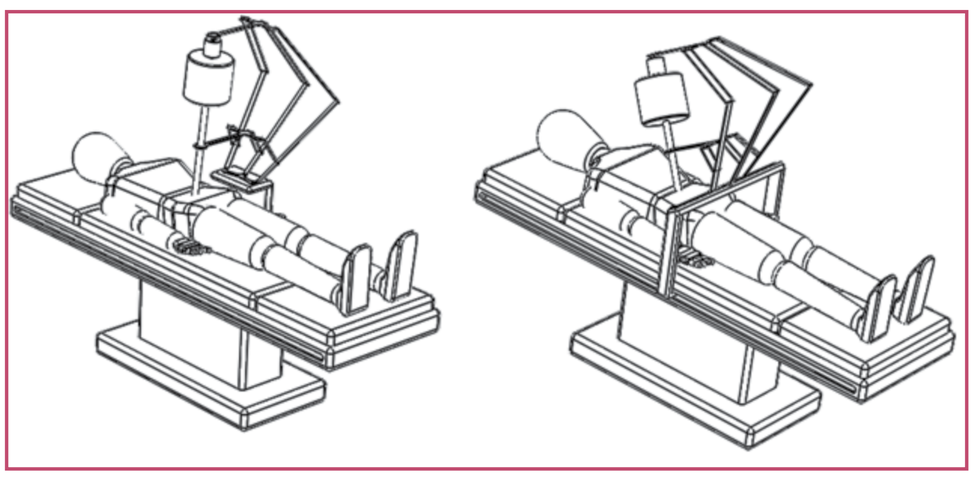
Vision du futur : Le « chirurgien à l'intérieur du patient »

La chirurgie robotique du futur rendra au chirurgien la sensation d'opérer avec **ses propres mains à l'intérieur du patient.**

Deux voies de développement permettront d'atteindre ce but :

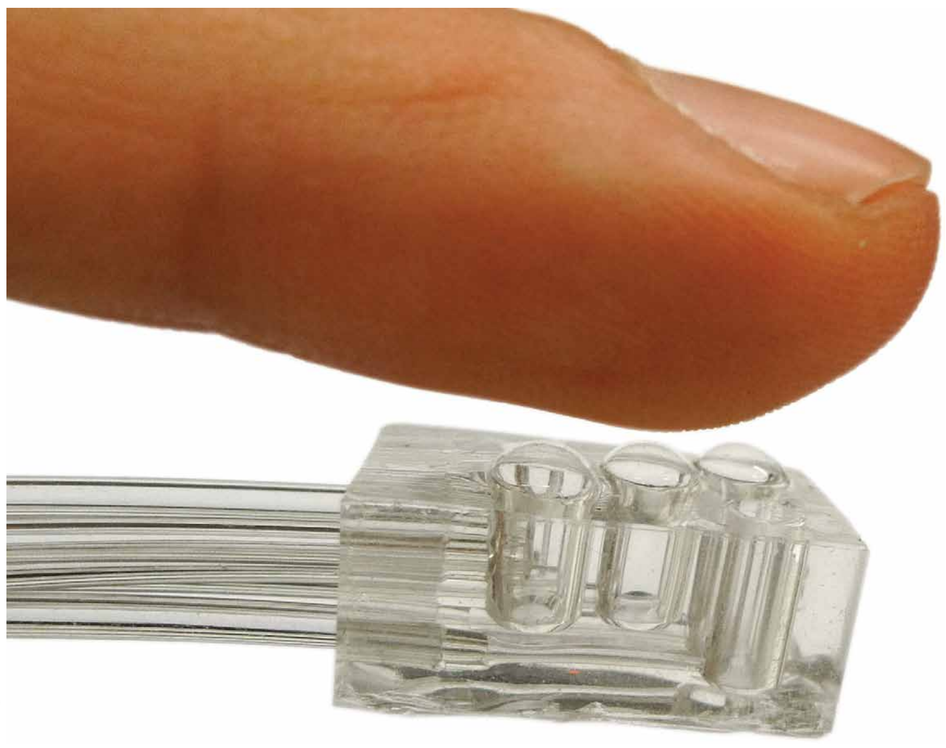
1) Les robots du futur seront **plus légers, moins encombrants, plus facile à manipuler.** Sur la photo en haut, nous voyons un tel prototype de robot chirurgical, le MiroSurge du DLR (Centre Allemand pour l'Aéronautique et l'Espace) en Allemagne. Ce robot permet l'opération sur le cœur battant, le robot compensant le mouvement du muscle cardiaque. Les images ci-dessous montrent un prototype de robot à accès endoscopique unique, laissant la table d'opération librement accessible. **Le micromanipulateur interne consiste en deux pinces commandées de façon intuitive comme deux mains du chirurgien.**





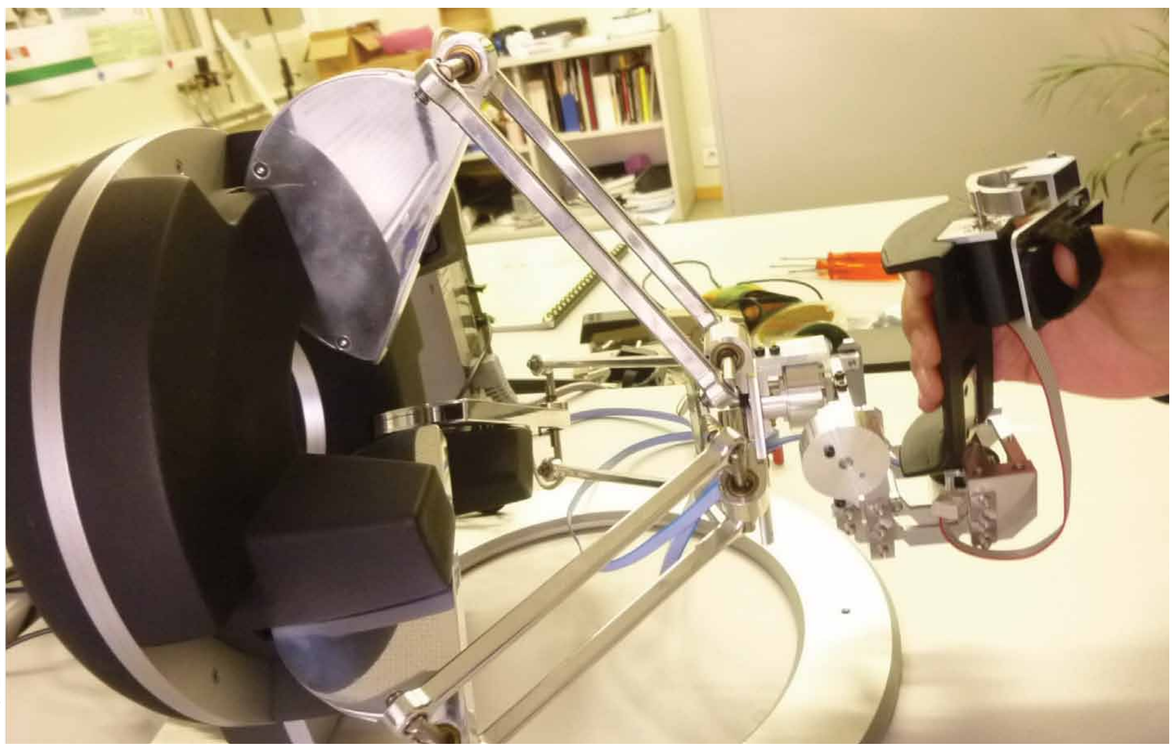
2) Le talon d'Achille de la chirurgie robotique du présent est **le manque de sensation tactile.** C'est comme si le chirurgien devait manipuler sans le sens du toucher. La recherche travaille à des systèmes qui rendent **la sensation du toucher au chirurgien.** C'est ce qu'on appelle **« systèmes haptiques » ou « à retour de force » (Force Feedback).** Une telle interface haptique, développée par Force Dimension, start-up du LSRO de l'EPFL, est utilisée au DLR (Centre Allemand pour l'Aéronautique et l'Espace).

L'AVENIR DE LA CHIRURGIE ROBOTIQUE



© EPFL

Exemple de reproduction du sens du toucher (palpation).
Des petits ballonnets intégrés dans un moule en plastique et connectés à des valves d'air comprimé reproduisent la sensation du toucher lors de la palpation d'une artère invisible



© EPFL

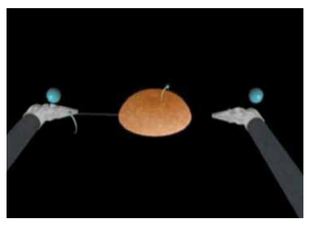
Interface à retour de force à 6 composantes avec cinématique ergonomique adaptée à la chirurgie, avec faible inertie et détection de présence de la main. Le système se bloque dès que le contact de la main du chirurgien n'est plus détecté

Futur : Fusion de robotique, réalité virtuelle, neurosciences cognitives

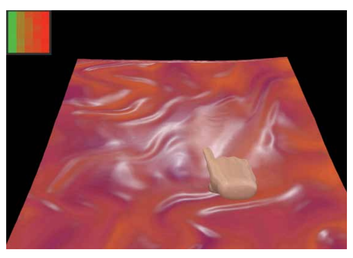
Dans cette perspective, le **Laboratoire de Robotique de l'EPFL** collabore étroitement avec le **Laboratoire de Neuroscience Cognitive (EPFL).**

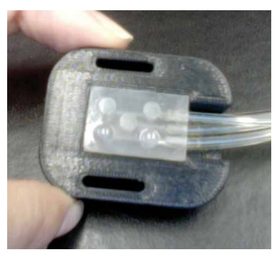
L'EPFL étudie le phénomène « d'incorporation » (« Embodiment »), le processus qui amène le cerveau à intégrer un outil en tant que partie du corps :

- **Les consoles de commande du futur intégreront retour de force, sensation du toucher (pulsations, palpage), texture et température.**
- De telles consoles pourront être utilisées avec des modèles en réalité virtuelle, pour l'entraînement, la planification pré-opératoire et pour le pilotage sur une cible précise selon des données tridimensionelles d'imagerie médicale, signalant par exemple des zones à haut risque.
- **La surcharge cognitive** du chirurgien peut ainsi être **réduite.**
- Une incorporation intuitive accroîtra **précision, vitesse, dextérité et sécurité.**
- Un contrôle du mouvement grandement amélioré : compensation de tremblements, de battements du cœur du patient par exemple, **réduction d'échelle** du mouvement, sous-tâches (par exemple suturing) semi-automatisées, etc.
- Des procédures de chirurgie **entièrement nouvelles** seront développées sur ces bases.



Le manipulateur développé par le Dr. Marc Vollenweider (ancient doctorant du LSRO) est utilisé pour la recherche sur la manière du système neuro-moteur à s'approprier un outil (« embodiment »). Un développement de ce prototype est commercialisé pour l'entraînement du robot da Vinci.





Étude de retour de sensation au LSRO de l'EPFL, trouver une veine cachée par palpation. Le sens du toucher est rendu par des petits ballonnets gonflés à air comprimé, intégrés dans la poignée de manipulation.