

**JACQUES MARESCAUX**

## **CHIRURGIE DU FUTUR GUIDÉE PAR L'IMAGERIE NUMÉRIQUE**

### **Résumé**

#### **Introduction**

L'intégration dans une salle d'opération des technologies informatiques et robotiques permet d'augmenter la sécurité, l'efficacité et la précision du geste chirurgical et même de faciliter l'exécution du geste à travers un approche mini-invasif.

Un nouveau concept de « cyber chirurgie » est en train de prendre forme, à travers les développements visant à « augmenter » les 2 organes les plus importants lors de l'exécution d'un geste chirurgical : la main (domaine de la robotique) et l'ŒIL (domaine de l'imagerie numérique).

L'œil augmenté pourra 1) voir en transparence ; 2) voir l'invisible ; 3) voir l'infiniment petit.

**Voir en transparence:** Chirurgie assistée par l'imagerie médicale à travers la Réalité Virtuelle et la Réalité Augmentée

La Réalité Virtuelle en chirurgie permet de modéliser le clone d'un patient en un modèle 3D, à partir d'une imagerie médicale (Scanner ou Résonance Magnétique). Ce modèle est la copie conforme du patient, permettant une navigation à l'intérieur du corps, l'identification des structures anatomiques et pathologiques[1]. Sur ce modèle, le chirurgien peut « planifier la stratégie opératoire. La Réalité Augmentée (ou réalité mixte) est la synthèse d'images réelles, capturées par la caméra lors d'une intervention mini-invasive et d'images virtuelles du même patient, reconstruites à partir de l'imagerie médicale[2]. Cela permet de voir des structures cachées (vaisseaux, ganglions, etc.) en « transparence virtuelle » durant l'opération (**Figure 1**).

**Voir l'invisible:** Chirurgie assistée par la vision aux lasers infrarouges

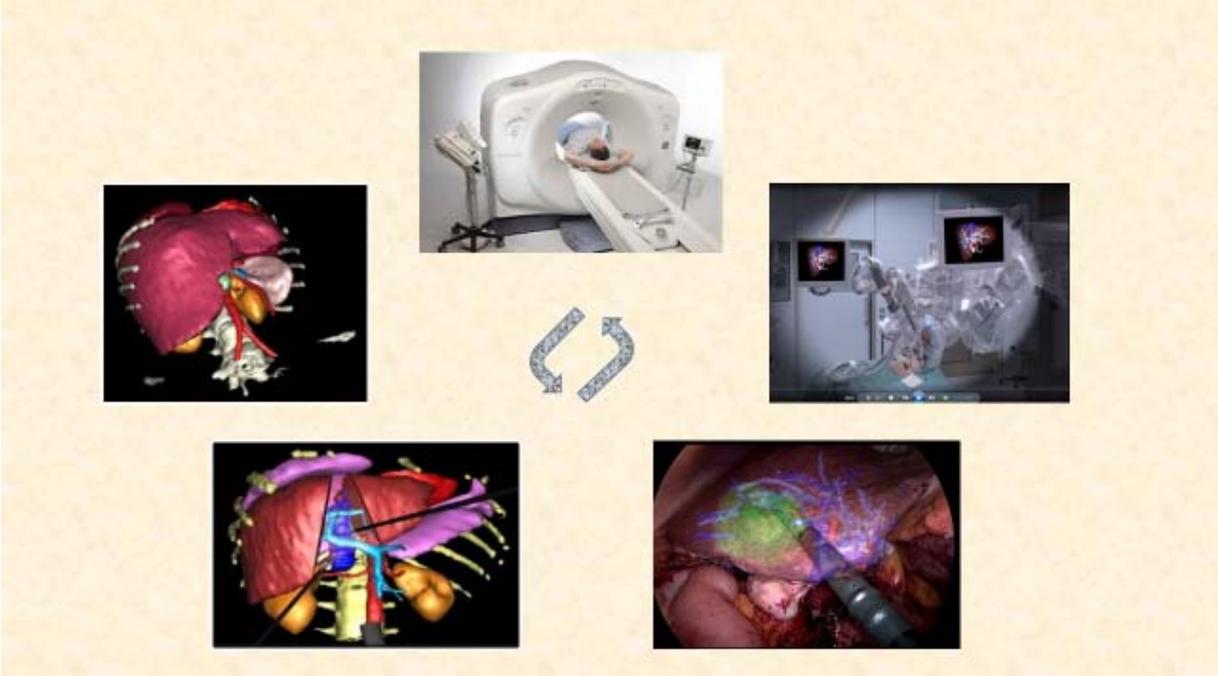
Un artifice supplémentaire pour améliorer les performances et la sécurité du geste opératoire est le concept de chirurgie guidée par la fluorescence. Grâce au développement de laparoscopes avec des sources de lumière émettant des fréquences infrarouges il est possible de visualiser des structures nobles, invisibles à l'œil nu. Ce concept se marie bien avec la Réalité Augmentée du moment que les images laparoscopiques avant et après visualisation par fluorescence peuvent être intégrées pour donner une image 2D + l'évolution dans le temps (3D virtuel) grâce à un logiciel développé à l'IRCAD[3]. Les applications possibles faisant l'objet d'études à l'IRCAD sont multiples : détection de la perfusion capillaire au site de résection digestive (**Figure 2**), détection du ganglion sentinelle, visualisation de l'anatomie de l'arbre biliaire, détection per-opératoire de fuites biliaires en cours d'hépatectomie.

**Voir l'infiniment petit:** Chirurgie assisté par la vision microscopique en temps réel.

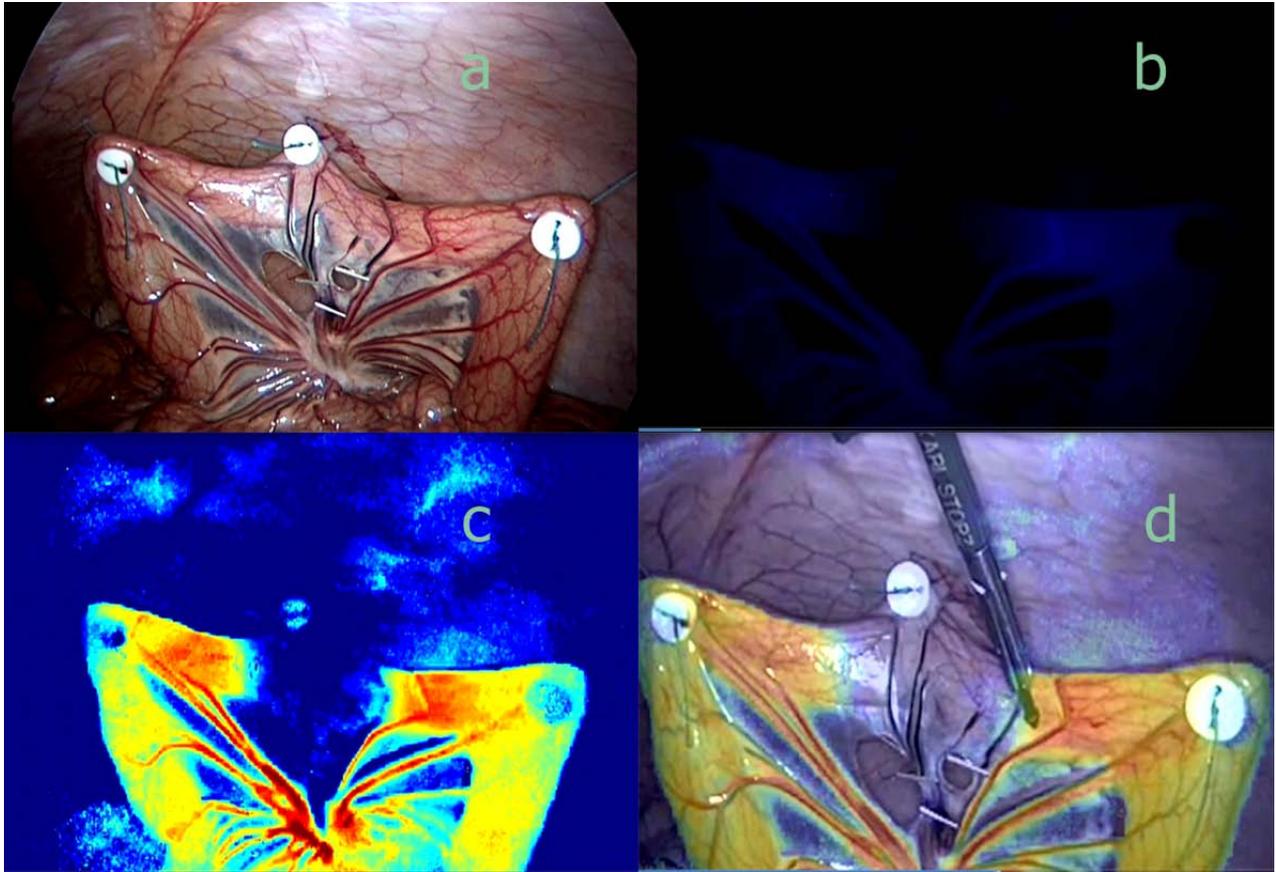
La possibilité d'effectuer un examen microscopique en intra opératoire en temps réel représente une avancée majeure, surtout dans la chirurgie oncologique, pour pouvoir déterminer avec rapidité la précision des marges de résection. MaunaKea Technologies a mis au point un système d'imagerie microscopique laser à haute résolution « confocale », c'est à dire dotée de capacité de sélectionner la profondeur du point focal, permettant de faire des « biopsies » virtuelles en temps réel (**Figure 3**). La sonde laser est conçue pour être introduite dans les endoscopes flexibles et prochainement aussi dans les laparoscopes rigides. Cette technologie d'augmentation de la vision du chirurgien, exprime un potentiel énorme et sera très probablement un outil indispensable d'aide à la décision intra opératoire, avec des logiciels permettant un « diagnostic pathologique automatisé ».

1. Nicolau S, Soler L, Mutter D, Marescaux J "Augmented Reality in Laparoscopic Surgical Oncology", *Surg Oncol* 20:189-201, 2011.
2. Marescaux J, Diana M, Soler L , "Augmented Reality and Minimally Invasive Surgery", *Journal of Gastroenterology and Hepatology Research* 2, 2013.
3. Diana M, Noll E, Diemunsch P, Dallemagne B, Benahmed MA, Agnus V, Soler L, Barry B, Namer IJ, Demartines N, Charles AL, Geny B, Marescaux J, "Enhanced-Reality Video Fluorescence: A Real-Time Assessment of Intestinal Viability", *Ann Surg*, 2013.

Figure 1 Processus de l'utilisation de la Réalité Augmentée en Chirurgie

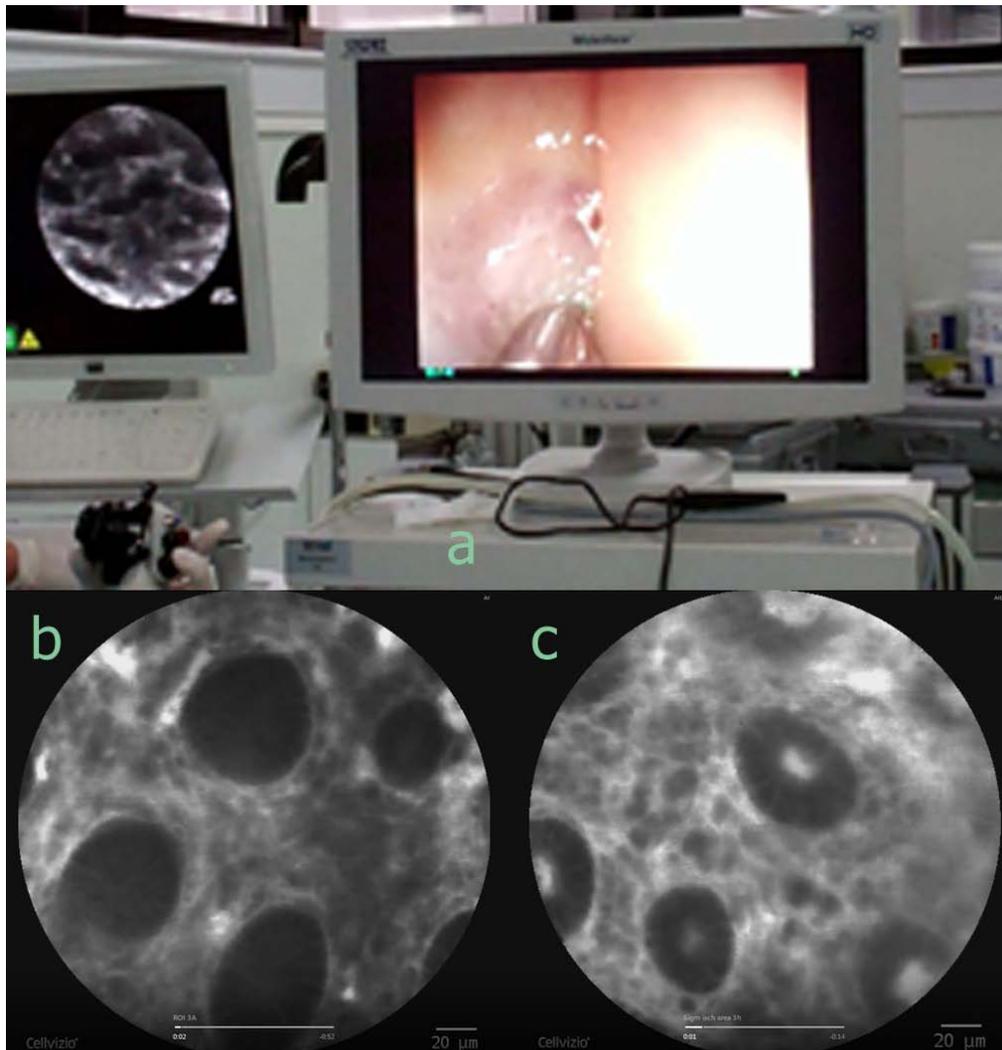


**Figure 2 Vidéographie par Fluorescence avec Réalité Augmentée pour déterminer la perfusion intestinale**



Evaluation de la perfusion intestinale par vidéographie par fluorescence et Réalité Augmentée utilisant la camera à infrarouge D-Light P développée par Karl Storz (Tuttlingen, Germany) et un logiciel (VR Perfusion) développé à l'IRCAD. La figure montre la validation de la technique sur un modèle d'ischémie intestinale : a) une zone ischémique était créée sur une anse intestinale à l'aide de clips métalliques ; b) après injection de Vert d'Indocyanine la camera D-Light P est positionnée sur modalité infrarouge pour détecter la fluorescence émise par le Vert d'Indocyanine ; c) le logiciel reconstruit l'image sur la base du temps requis pour attendre le pic d'intensité que représente la perfusion du tissu ; d) le modèle virtuel est superposé à l'image réelle pour obtenir de la réalité augmentée et tracer avec précision la région ischémique.

**Figure 6 Evaluation de la perfusion intestinale en temps réel par microscopie confocale**



a) La sonde laser du Cellvizio® est conçue pour être introduite dans les endoscopes classiques et permet d'obtenir en temps réel des images microscopiques de la muqueuse intestinale. Nous avons utilisé le Cellvizio® pour déterminer le niveau de perfusion intestinale, sur la base des modifications précoces de la muqueuse intestinale subséquentes à l'ischémie : en b) visualisation des glandes dans un segment bien perfusé en c) aspect « en cible » des glandes due à l'accumulation de dépôts de fibrine suite à l'ischémie. (M Diana, données en cours de publication)