

# SurgAR, la réalité augmentée et l'intelligence artificielle au service de la chirurgie.

Nicolas Bourdel <sup>a,b,c</sup>, Cécile Issert <sup>a</sup>, Adrien Bartoli <sup>a,c</sup>, Benjamin Rémy <sup>a</sup>.

a. SurgAR, Clermont-Ferrand, France.

b. Département de gynécologie, Centre Hospitalier Universitaire Estaing, Clermont-Ferrand, France.

c. EnCoV, UMR 6602 CNRS, Université Clermont Auvergne, Clermont-Ferrand, France.

## Introduction : révolutionner la chirurgie

La coelioscopie a révolutionné la pratique de la chirurgie abdominale mais a aussi introduit de nouveaux défis techniques et technologiques pour le chirurgien : déconnexion œil-main, diminution de la sensation tactile, courbe d'apprentissage plus longue... Une des principales difficultés reste notamment la localisation précise des tumeurs, en particulier celles qui ne sont pas visibles. La localisation des structures adjacentes (vascularisation, innervation, etc.) est aussi un défi pour le chirurgien. Les erreurs dans ce processus sont notamment liées aux mécanismes de perception humains, elles sont sources de stress pour le chirurgien et potentiellement préjudiciables pour le patient. Créée en 2019 par trois chirurgiens et un mathématicien, la startup SurgAR (<http://www.surgar-surgery.com/>) a pour ambition de faire entrer la réalité augmentée et l'intelligence artificielle dans le bloc opératoire. SurgAR est le résultat de 11 années de travaux menés par l'unité de recherche EnCoV de l'Institut Pascal (CNRS/UCA/SIGMA, dirigée par le Pr Adrien Bartoli), réunissant chercheurs de l'Université Clermont-Auvergne et cliniciens du CHU de Clermont-Ferrand. La startup développe une série de logiciels d'assistance à la chirurgie pour rendre la chirurgie plus sûre, plus précise et plus rapide, pour le bénéfice du patient.

## La réalité augmentée au service de la chirurgie

La réalité augmentée est une approche qui permet d'ajouter des informations virtuelles (imagerie préopératoire) à l'image coelioscopique obtenue en temps réel. Le logiciel SurgAR permet de créer un modèle 3D de l'organe à partir de l'imagerie préopératoire et de le superposer en temps réel aux images peropératoires (Figure 1). Le chirurgien voit alors apparaître la ou les tumeurs au sein d'un organe, les marges de résection et les éléments anatomiques à ne pas léser. Le chirurgien peut se concentrer sur le geste médical, optimisant ainsi ses performances et le résultat de la coelioscopie. À la différence d'autres technologies, le logiciel SurgAR offre une réalité augmentée robuste, capable de suivre les mouvements de l'organe sans avoir recours à des repères physiques fixes. Ces repères sont utilisés dans d'autres domaines comme la neurochirurgie, pour superposer des images réelles et virtuelles grâce à une technologie similaire au GPS (triangulation). De tels repères ne peuvent être utilisés sur des organes déformables et mobiles. Les travaux menés par l'équipe de recherche EnCoV ont permis de s'affranchir de ces repères et de prendre en compte la déformation de l'organe. L'étape de recalage initial des images se fait via la superposition du modèle 3D préopératoire à un modèle 3D issu des images 2D filmées en temps réel [1]. Afin d'assurer un maximum de précision, un modèle mathématique permet de prendre en compte la déformation de l'organe [2]. Les études précliniques ont montré que la réalité augmentée peut améliorer par un facteur 20 la précision d'un chirurgien pour localiser une tumeur [3] et multiplier par 3 la précision des marges de résection [4].

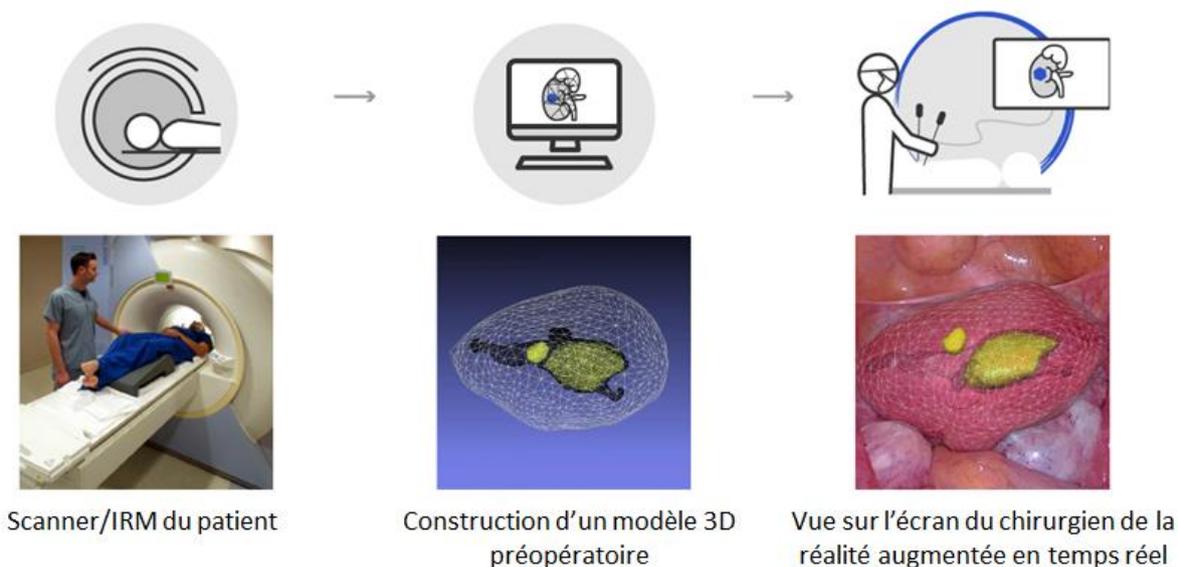


Figure 1 : Mise en place de la réalité augmentée avec le logiciel U-SurgAR pour une opération de l'utérus. Les tumeurs sont affichées en jaune au sein de l'utérus dont la surface est représentée par un maillage gris.

À ce jour, SurgAR développe une suite de logiciels permettant la réalisation d'opérations avec réalité augmentée sur l'utérus, le foie et le rein (U-/L-/K-SurgAR). La technologie a été validée sur plus de 45 patients lors d'études préliminaires [4–6] et elle fait maintenant l'objet de recherches approfondies dans le cadre d'essais cliniques.

### L'intelligence artificielle au service de la chirurgie

L'intelligence artificielle est un domaine scientifique en pleine expansion qui peut apporter une assistance majeure à l'analyse d'image en temps réel : notamment la reconnaissance automatique de structures anatomiques et de lésions [7]. Deux études réalisées par EnCoV et le CHU de Clermont Ferrand ont montré que l'apprentissage profond (*Deep Learning*) permet à l'intelligence artificielle de détecter et de délimiter automatiquement des organes intra-abdominaux [8, 9]. Pour ce faire, il faut disposer d'une grande quantité de données issues d'images de vidéos coelioscopiques annotées par des chirurgiens. Cela suppose un gigantesque travail humain pour délimiter et étiqueter les organes, image par image. Ensuite, ces images vont servir de base d'apprentissage pour la création d'algorithmes d'intelligence artificielle.

Plusieurs projets de recherche ont débuté en oncologie (notamment le projet AIALO [10] : Preuve de Concept du Cancéropôle Lyon Auvergne Rhône Alpes, collaboration du laboratoire EnCoV avec SurgAR) afin d'intégrer des algorithmes d'intelligence artificielle aux logiciels de réalité augmentée. Ils seront ainsi dotés de nouvelles fonctionnalités : reconnaissance des organes, détection des saignements, des instruments et des lésions.

SurgAR développe également l'utilisation de la réalité augmentée et de l'intelligence artificielle pour le diagnostic et le traitement chirurgical de l'endométriose. Pour cela, SurgAR va collaborer au projet de recherche européen FEMaLe au côté de 15 autres partenaires avec un budget total de 5,9 millions d'euros sur 4 ans.

Développer des algorithmes basés sur l'intelligence artificielle suppose de nouer des partenariats forts avec des structures de soins et des chirurgiens experts. C'est dans ce but que SurgAR a signé un contrat de collaboration avec la société Medexprim et le CHU de Clermont-Ferrand [11]. C'est une première en France qui pourrait ouvrir la voie à d'autres collaborations avec des centres hospitaliers.

## Références

1. Collins T, Pizarro D, Gasparini S, et al. Augmented reality guided laparoscopic surgery of the uterus. *IEEE Trans Med Imaging*. 2021;40(1):371-380. <https://doi.org/10.1109/TMI.2020.3027442>
2. Özgür E, Koo B, Le Roy B, Buc E, Bartoli A. Preoperative liver registration for augmented monocular laparoscopy using backward–forward biomechanical simulation. *Int J Comput Assist Radiol Surg* 2018; 13: 1629-40. <https://doi.org/10.1007/s11548-018-1842-3>
3. Bourdel N, Collins T, Pizarro D, et al. Augmented reality in gynecologic surgery: evaluation of potential benefits for myomectomy in an experimental uterine model. *Surg Endosc* 2017; 31: 456-61. <https://doi.org/10.1007/s00464-016-4932-8>
4. Le Roy B, Abdallah M, Espinel Y, et al. A case series study of augmented reality in laparoscopic liver resection with a deformable preoperative model. *Surg Endosc* 2020; 34: 5642-8. <https://doi.org/10.1007/s00464-020-07815-x>
5. Bourdel N, Collins T, Pizarro D, et al. Use of augmented reality in laparoscopic gynecology to visualize myomas. *Fertil Steril* 2017; 107: 737-9. <https://doi.org/10.1016/j.fertnstert.2016.12.016>
6. Bourdel N, Chauvet P, Calvet L, Magnin B, Bartoli A, Canis M. Use of augmented reality in gynecologic surgery to visualize adenomyomas. *J Minim Invasive Gynecol* 2019; 26: 1177-80. doi: 10.1016/j.jmig.2019.04.003. 201926:4
7. Fauw JD, Ledsam JR, Romera-Paredes B, et al. Clinically applicable deep learning for diagnosis and referral in retinal disease. *Nat Med* 2018; 24: 1342-50. <https://doi.org/10.1038/s41591-018-0107-6>
8. Madad Zadeh S, Francois T, Calvet L, et al. SurgAI: deep learning for computerized laparoscopic image understanding in gynaecology. *Surg Endosc* 2020; 34: 5377-83. <https://doi.org/10.1007/s00464-019-07330-8>
9. François T, Calvet L, Madad Zadeh S, et al. Detecting the occluding contours of the uterus to automatise augmented laparoscopy: score, loss, dataset, evaluation and user study. *Int J Comput Assist Radiol Surg* 2020; 15: 1177-86. <https://doi.org/10.1007/s11548-020-02151-w>
10. Trois entreprises régionales lauréates du programme Preuve du Concept CLARA - Cancéropôle Lyon Auvergne Rhône-Alpes – CLARA. [https://www.canceropole-clara.com/3-entreprises-regionales-laureates-du-programme-preuve-du-concept-clara-2/?doing\\_wp\\_cron=1611666647.2870450019836425781250](https://www.canceropole-clara.com/3-entreprises-regionales-laureates-du-programme-preuve-du-concept-clara-2/?doing_wp_cron=1611666647.2870450019836425781250). Accédé le 27 Janvier 2021
11. Communiqué de presse de la collaboration Medexprim, CHU de Clermont-Ferrand et SurgAR. <https://www.linkedin.com/feed/update/urn:li:activity:6760537131573092352/>