

VISIBLE PATIENT
SOLUTION

Jumeaux numériques et Intelligence Artificielle appliquée à la chirurgie: L'exemple de Visible Patient

Prof. Luc Soler

Université de Strasbourg

Président Visible Patient

Membre Académie Nationale de Chirurgie



Déclaration de potentiels conflits d'intérêt

Je suis le président de **VISIBLE PATIENT**

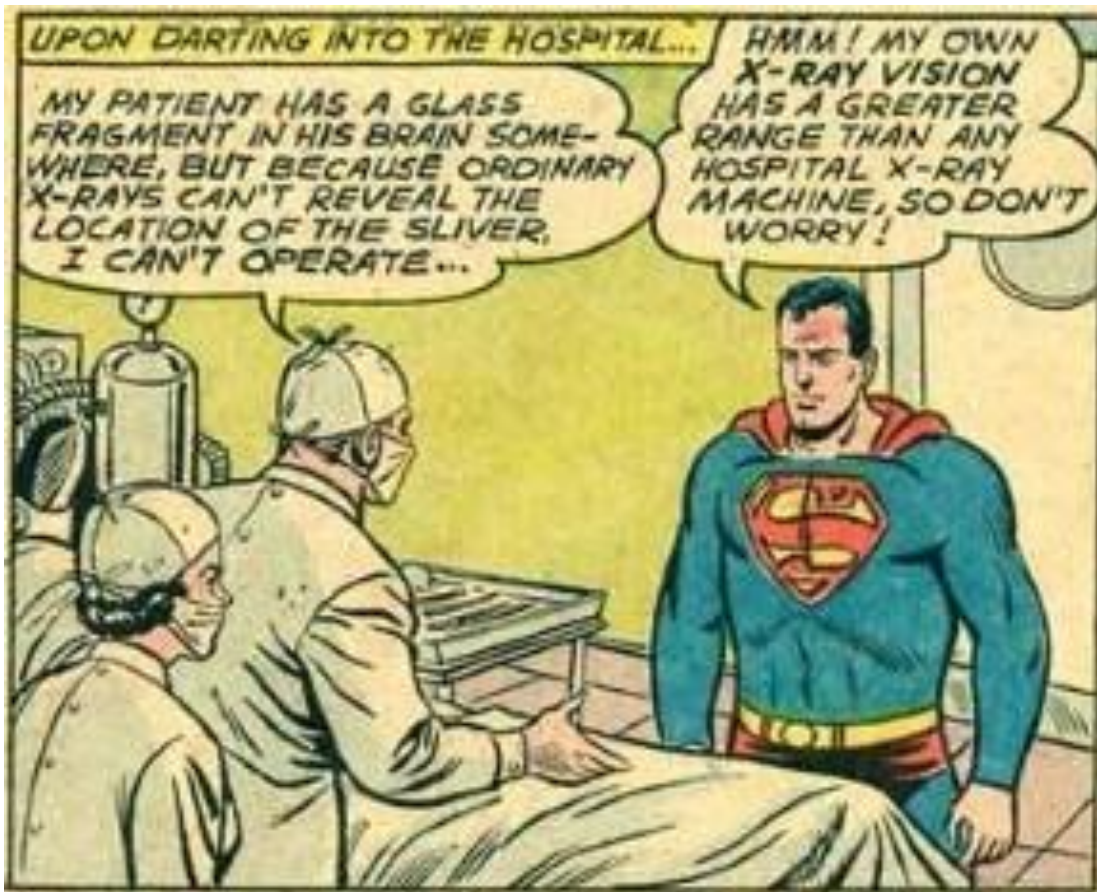
Multiple partenariats avec des assurances et mutuelles:



Contrat de coopération marketing et ventes avec **ETHICON**
+ partenariat technologique avec les sociétés e-media et Docapost

Dans le passé, plusieurs projets de partenariat scientifique avec Karl Storz et Siemens Healthineers

Tout chirurgien rêverait d'être Superman



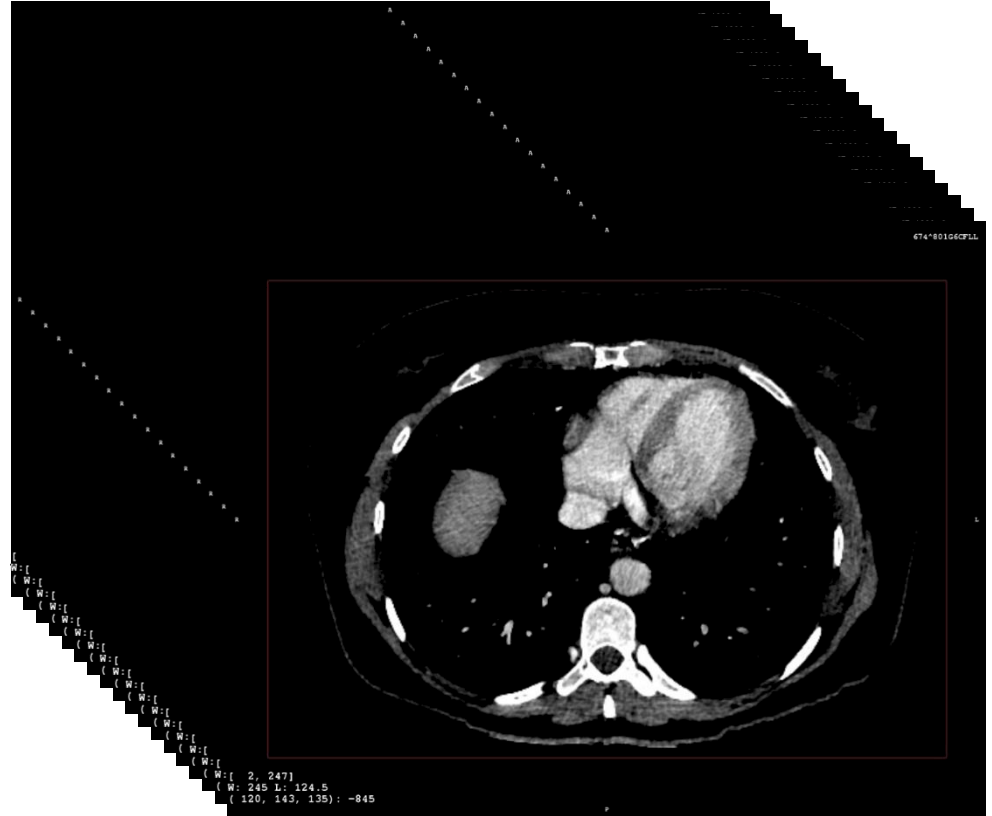
Utilisation de l'image médicale

A partir d'une image médicale

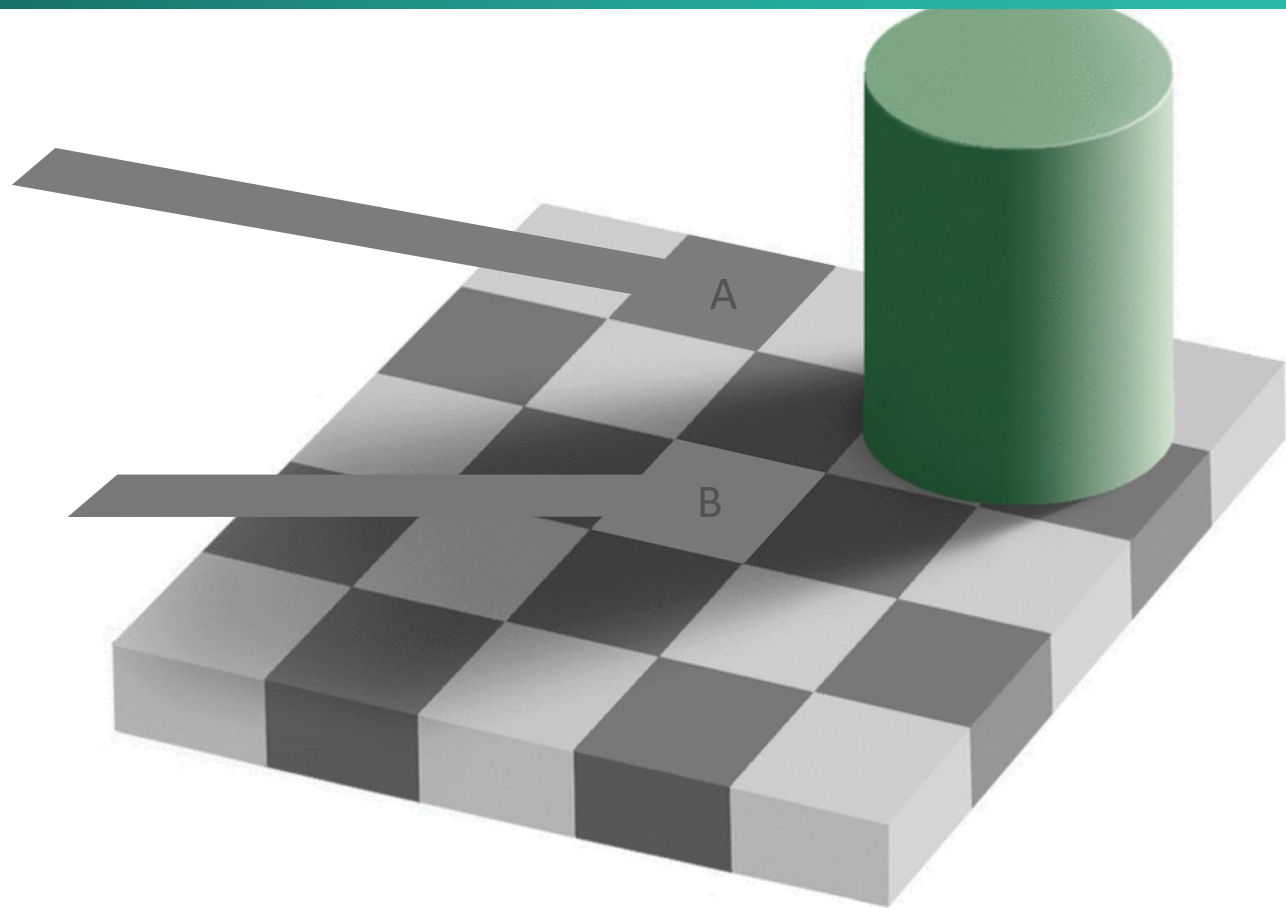
MRI



CT-Scan



Photorécepteurs humains non adaptés aux niveaux de gris

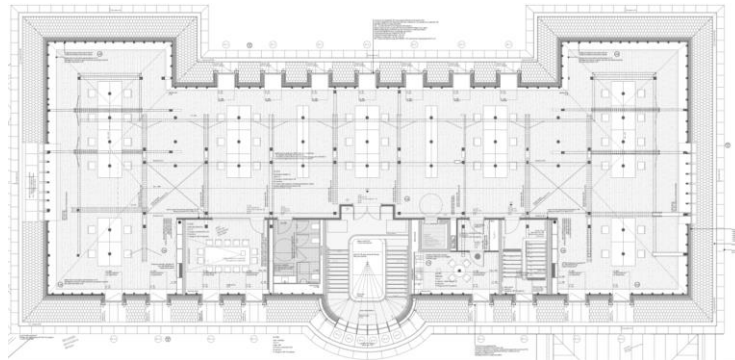


Nous ne percevons que 30 niveau de gris

Nous avons du mal à imaginer le 3D à partir de vues 2D



Vue externe



Vue interne en coupe 2D



**Vue interne réelle
correspondante**



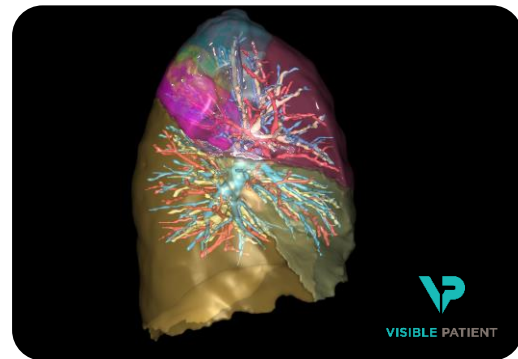
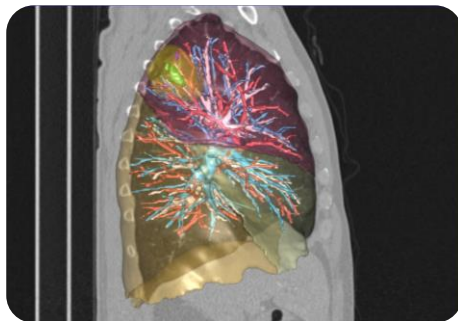
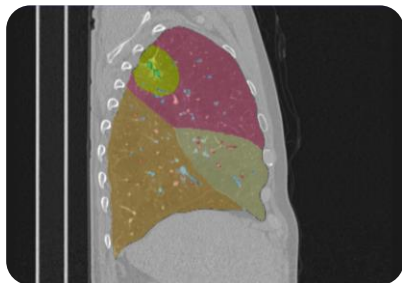
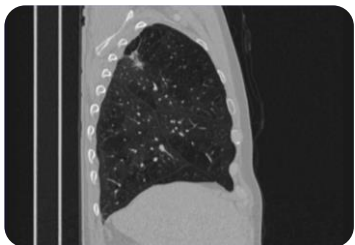
**Une vue en coupe et en
niveau de gris ne permet
pas de comprendre la
réalité 3D**

Une solution possible: faire des Iron-Surgeons



VISIBLE PATIENT

Réaliser la cartographie 3D du patient (*jumeau numérique*)



**Fruit de 15 années de recherche à l'IRCAD +
10 années Visible Patient**

- Apprentissage non supervisé = Sans connaissance à priori
- Apprentissage supervisé = Avec base d'apprentissage

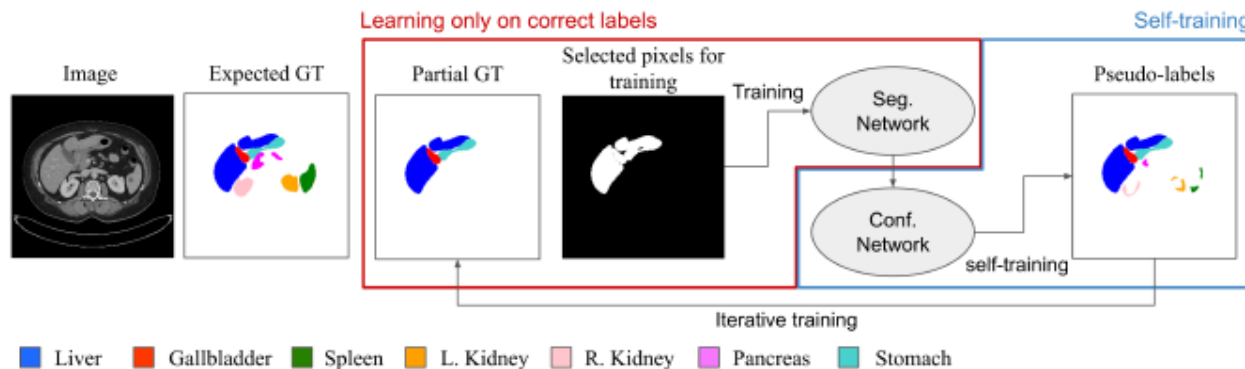
➔ La qualité de la base d'apprentissage est essentielle !

Problème : la base est créée par l'humain imparfait

**L'ordinateur apprend sur une base
contenant des erreurs ou des approximations**

O. Petit, N. Thome, L. Soler. **Iterative Confidence Relabeling with Deep ConvNets for Organ Segmentation with Partial Labels.**

In *Computerized Medical Imaging and Graphics*, May 2021.



Elle propose une correction de la base de connaissance

- **Résultats:**

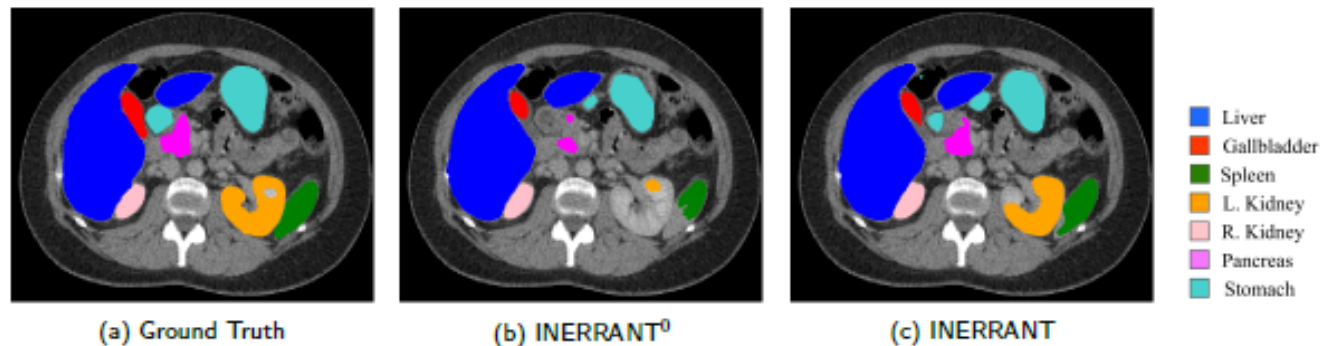


Figure 8: Segmentation results for INERRANT⁰ and INERRANT, $\alpha = 30\%$.

Method	Multi-organ	TCIA	Liver	Gallbladder	Spleen	Kidney (L)	Kidney (R)	Pancreas	Stomach	Avg.
INERRANT ⁰	9	0	89.43	48.09	84.72	78.39	80.78	32.55	48.13	66.02
INERRANT	9	82	89.85	57.63	87.46	85.22	85.33	58.15	58.85	74.64

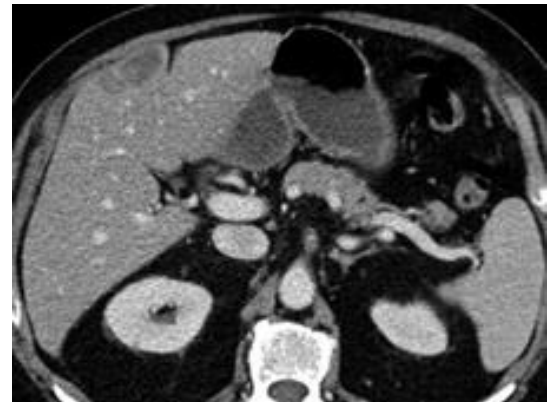
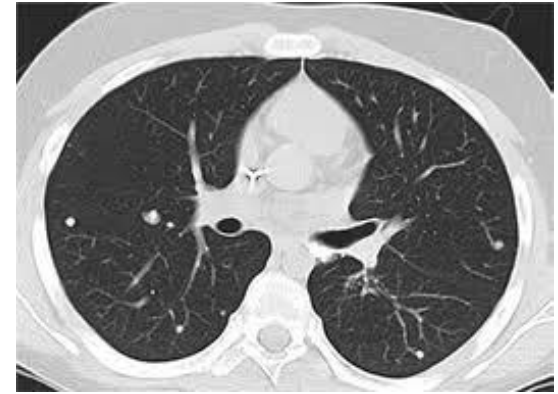
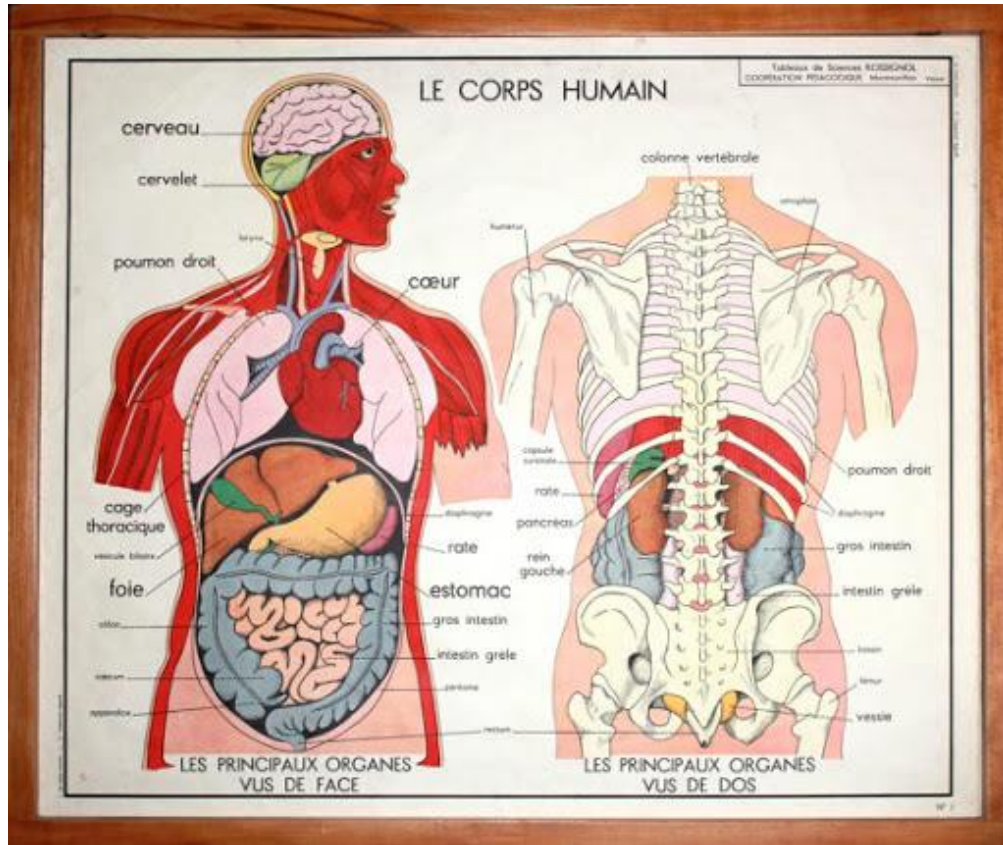
Table 8

Results in DSC (%) when combining 9 completely labeled examples from the multi-organ dataset with the 82 partially labeled examples (only the pancreas) of the TCIA dataset with INERRANT. The models are evaluated on the remaining 81 multi-organ examples.

Tenir compte du contexte



Tenir compte du contexte



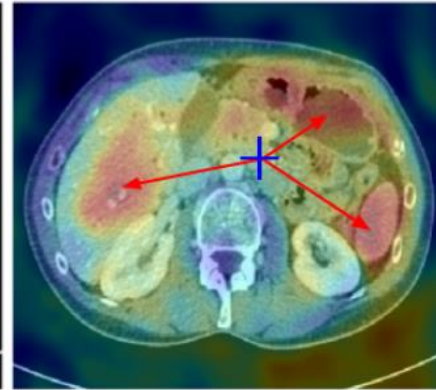
O. Petit, N. Thome, C. Rambour, L. Soler. **U-Net Transformer: Self and Cross Attention for Medical Image Segmentation.**

in *ArXiv, Computer Science, Engineering*, 2021.

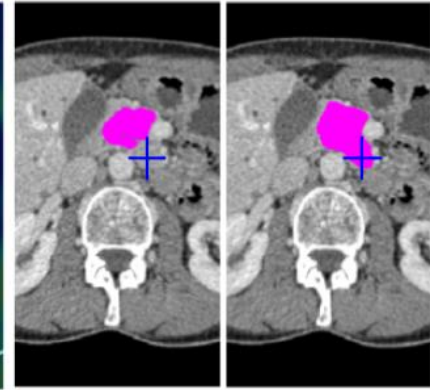
Une I.A. qui
tient compte
du contexte →



a) Ground Truth



b) Attention map



c) U-Net

d) U-Transformer

- Résultats:**

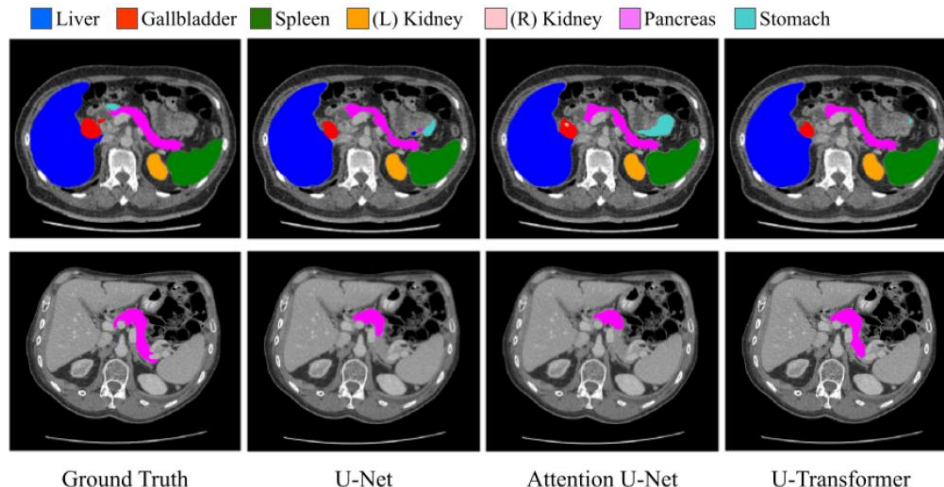
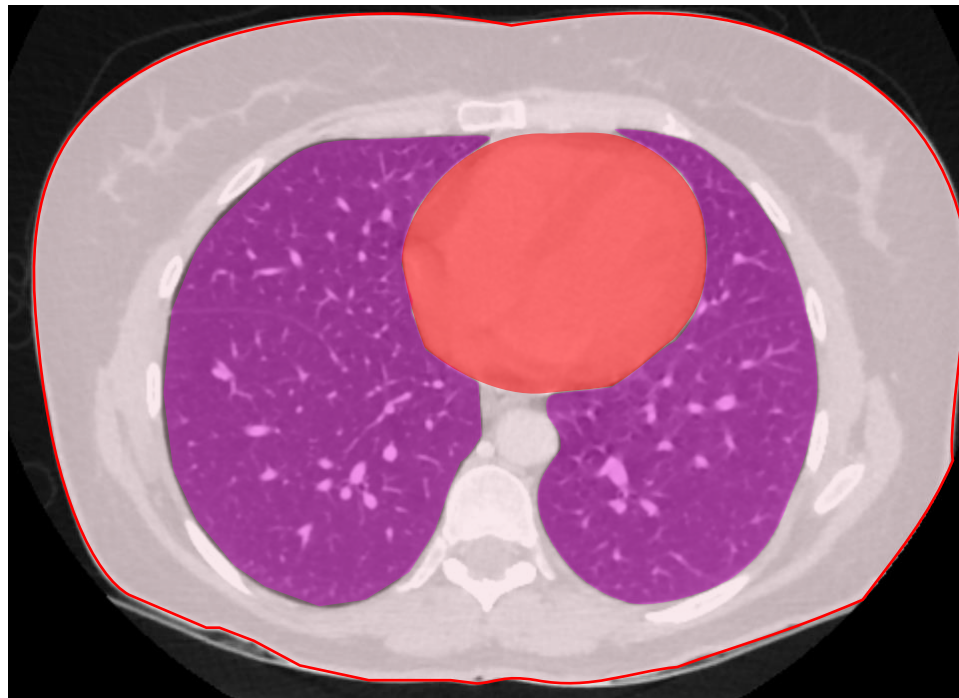
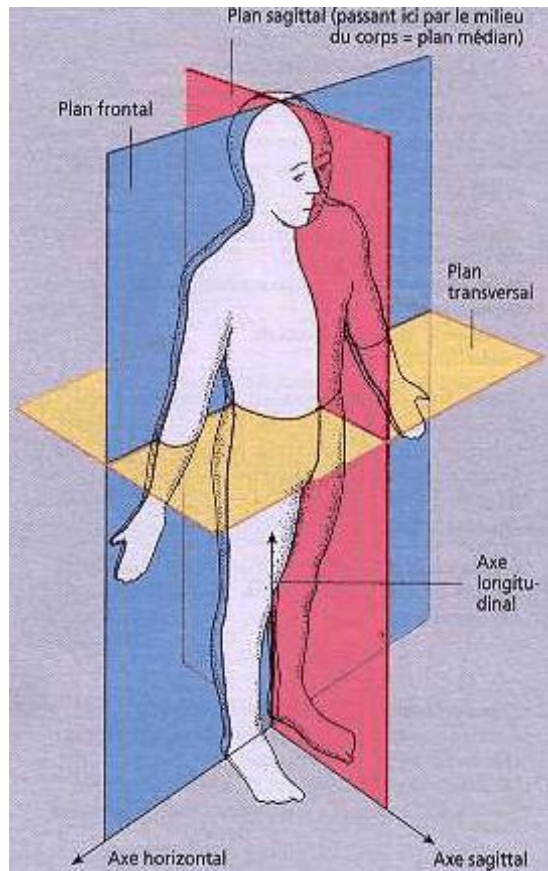


Table 2. Results on IMO in Dice similarity coefficient (DSC, %) detailed per organ.

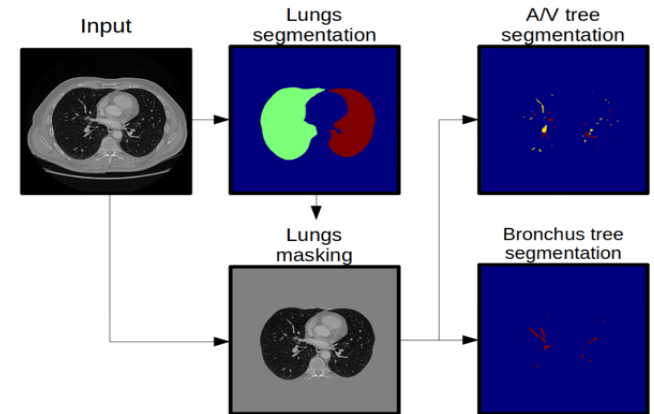
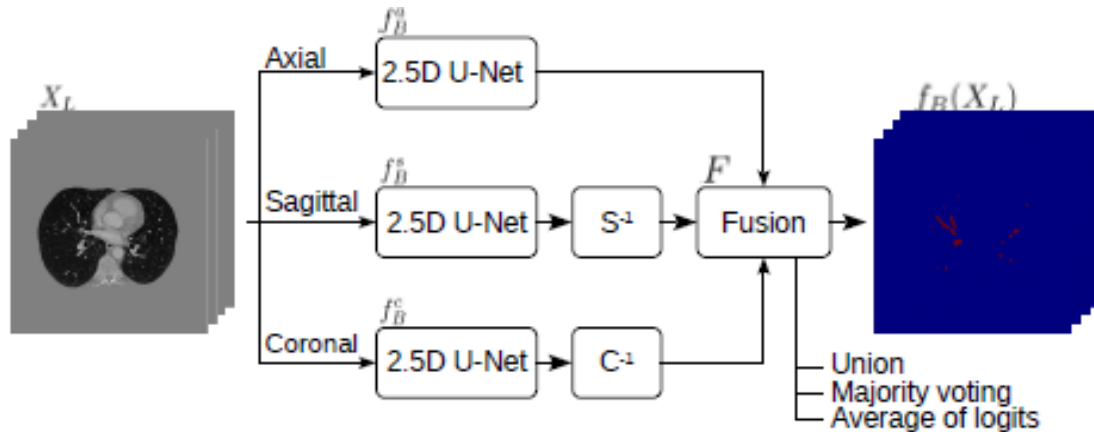
Organ	U-Net [11]	Attn U-Net [13]	MHSA	MHCA	U-Transformer
Pancreas	69.71 (\pm 3.74)	68.65 (\pm 2.95)	71.64 (\pm 3.01)	71.87 (\pm 2.97)	73.10 (\pm 2.91)
Gallbladder	76.98 (\pm 6.60)	76.14 (\pm 6.98)	76.48 (\pm 6.12)	77.36 (\pm 6.22)	78.32 (\pm 6.12)
Stomach	83.51 (\pm 4.49)	82.73 (\pm 4.62)	84.83 (\pm 3.79)	84.42 (\pm 4.35)	85.73 (\pm 3.99)
Kidney(R)	92.36 (\pm 0.45)	92.88 (\pm 1.79)	92.91 (\pm 1.84)	92.98 (\pm 1.70)	93.32 (\pm 1.74)
Kidney(L)	93.06 (\pm 1.68)	92.89 (\pm 0.64)	92.95 (\pm 1.30)	92.82 (\pm 1.06)	93.31 (\pm 1.08)
Spleen	95.43 (\pm 1.76)	95.46 (\pm 1.95)	95.43 (\pm 2.16)	95.41 (\pm 2.21)	95.74 (\pm 2.07)
Liver	96.40 (\pm 0.72)	96.41 (\pm 0.52)	96.82 (\pm 0.34)	96.79 (\pm 0.29)	97.03 (\pm 0.31)

Une I.A. 3D et séquentielle

VISIBLE PATIENT



A. Heitz, J. Weinzorn, V. Noblet, B. Naegel, A. Charnoz, F. Heitz, L. Soler. **Lubrav: a new frame for segmentation of the lung's tubular structures**. *ISBI 2021 – to be published*



A. Heitz, J. Weinzorn, V. Noblet, B. Naegel, A. Charnoz, F. Heitz, L. Soler. **Lubrav: a new frame for segmentation of the lung's tubular structures.** *ISBI 2021 – to be published*

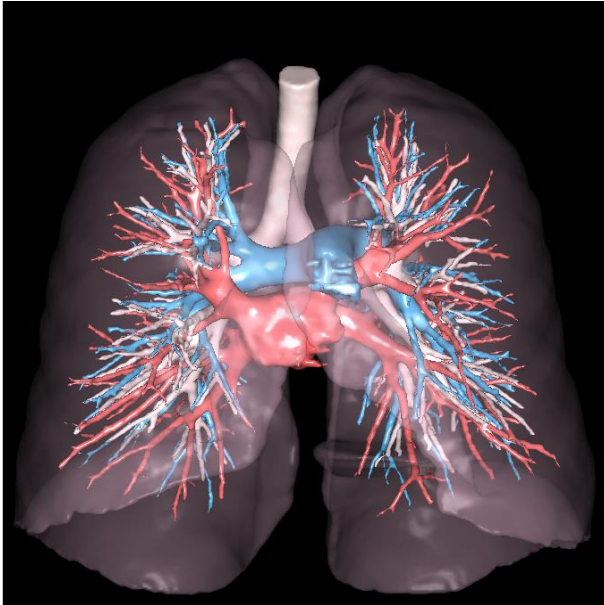
Metrics	Bronchus			
	Axial	Union	MV	LA
Precision	98.9 ± 0.8	97.7 ± 2.5	99.1 ± 0.1	98.5 ± 0.4

Metrics	Arteries		Veins	
	Axial	MV	Axial	MV
Precision	98.2 ± 1.4	98.8 ± 1.2	98.5 ± 0.8	98.9 ± 0.9

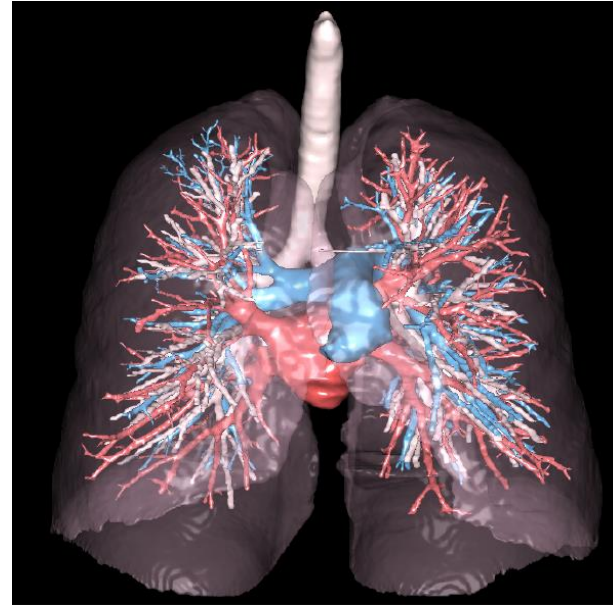
New Precision :

- **Bronchus = 99,1%,**
- **Arteries = 98,8%,**
- **Vein = 98,9%**

From VP Suite 0.13 without AI to AI VP Suite V1.1 certified in 2021



V0.13: 2020 3D modelling



V1.1: Current 3D modelling

New Convolutional Neural network Algorithm

Intégré à VP-Lab :

Dispositif médicale Classe II.A
en seulement 3 mois !!!

GMED
GROUPE LNE

ATTESTATION / CERTIFICATE N° 28229 rev. 9
Délivrée à Paris le 19 mars 2021
Issued in Paris on March 19th, 2021

ATTESTATION CE / EC CERTIFICATE
Approbation du Système Complet d'assurance Qualifié / Approval of full Quality Assurance System
ANNEXE II excluant le point 4 Directive 93/42/CEE relative aux dispositifs médicaux
ANNEX II excluding section 4 Directive 93/42/EEC concerning medical devices
Pour les dispositifs de classe III, un certificat CE de conception est requis
For class III devices, a EC design certificate is required

Fabricant / Manufacturer
VISIBLE PATIENT
8 rue Gustave Adolphe Hrn
67000 STRASBOURG FRANCE

Catégorie du(des) dispositif(s) / Device(s) category
Ensemble de logiciel de modélisation 3D des patients, de visualisation, de planification et d'assistance pré, per et postopératoire
Software suite for 3D patient modelling, visualization, planning and pre, intra and postoperative assistance
n° 37025

Voir document complémentaire GMED / See GMED additional document
n° 37025

GMED atteste qu'à l'examen des résultats figurant dans le rapport référencé P601532, P600921, le système d'assurance qualité - pour la conception, la production et le contrôle final - des dispositifs médicaux énumérés ci-dessus est conforme aux exigences de l'annexe II excluant le point 4 de la Directive 93/42/CEE.
GMED certifies that, on the basis of the results contained in the file referenced P601532, P600921, the quality system - for design, manufacturing, and final inspection - of medical devices listed here above complies with the requirements of the Directive 93/42/EEC, annex II excluding section 4.

La validité du présent certificat est soumise à une vérification périodique ou imprévue
The validity of the certificate is subject to periodic or unexpected verification

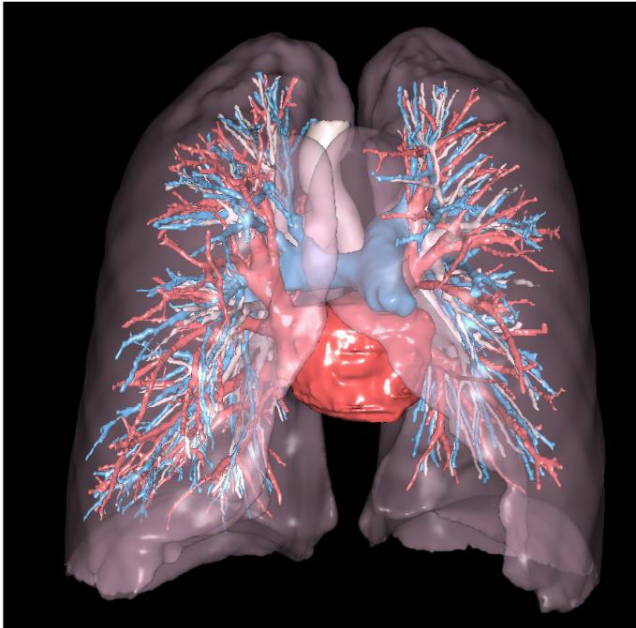
Début de validité / Effective date : March 19th, 2021 (included)
Valable jusqu'au / Expiry date : May 26th, 2024 (included)


Lionel DREUX
Certification Director

GMED - 28229 rev. 9
Modifie le certificat 28229-8

GMED • Société par Actions Simplifiée au capital de 300 000 € • Organisme Notifié/Notified Body n° 0459
Siège social : 1, rue Gaston Boissier - 75015 Paris • Tél. : 01 40 43 37 00 • gmed.fr

From VP Suite 1.1 with AI to AI VP Suite V1.2 certification in 2023



V1.1: Current 3D modelling



V1.2: Fully automated AI

Solution laboratoire d'analyse : Visible Patient

1

Le médecin envoie l'image pour analyse



Le médecin définit la thérapie optimale grâce à la simulation

ETHICON

Johnson & Johnson SURGICAL TECHNOLOGIES

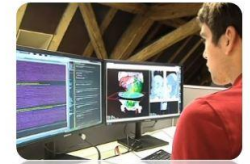
Sur le serveur de transfert sécurisé
VISIBLE PATIENT



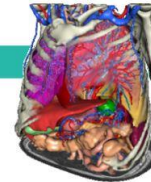
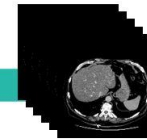
2

Visible Patient réalise alors l'analyse 3D de l'image

VISIBLE PATIENT
Modélisation 3D du patient

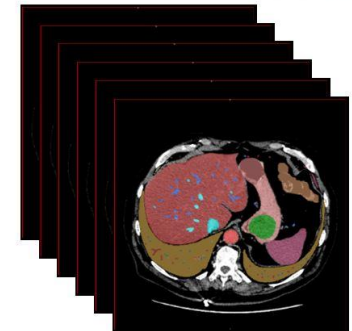


Quality: Double check



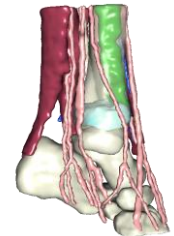
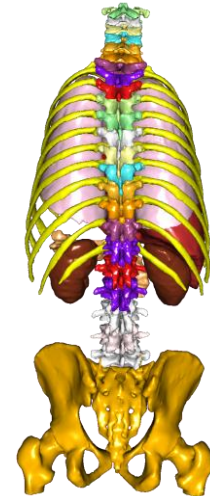
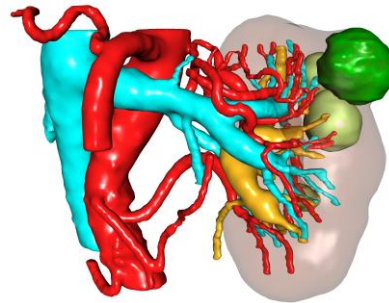
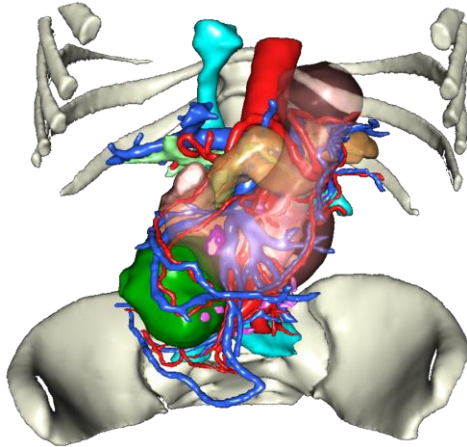
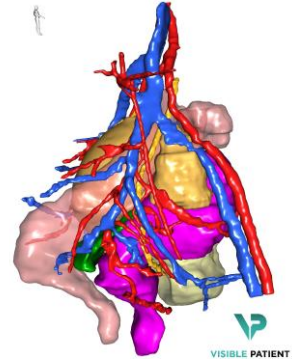
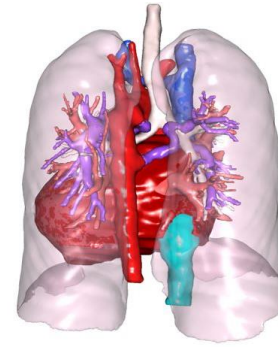
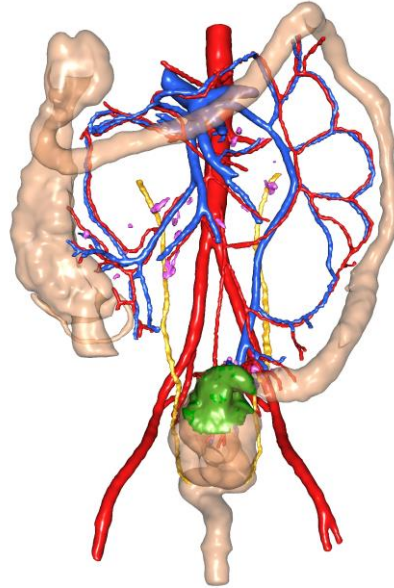
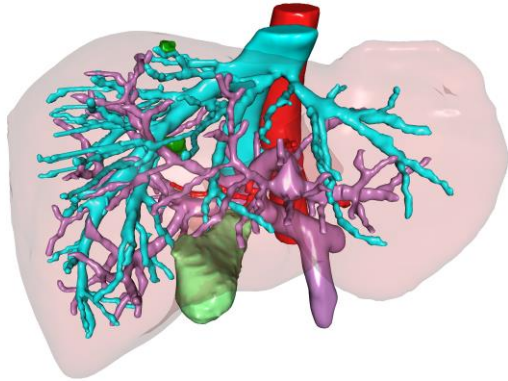
3

Le clone numérique 3D du patient est renvoyé



Certifié pour tout organe, adultes + enfants

VISIBLE PATIENT

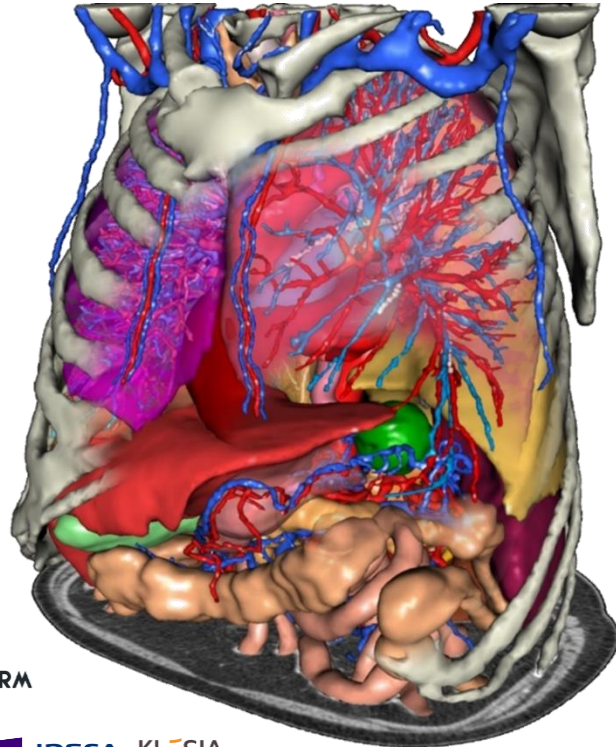


Coverage in France

VISIBLE PATIENT

Visible Patient is the unique solution covered by private Health Insurance in France

More than 30% of the 3D modelling
100% covered in 2023



Allianz AG2R LA MONDIALE Assurances Crédit Mutuel ARPEGE Energie MUTUELLE Groupama Harmonie mutuelle GROUPE vyv mmc mutest MTRL PRO BTP SANTÉCLAIR mon repaire santé

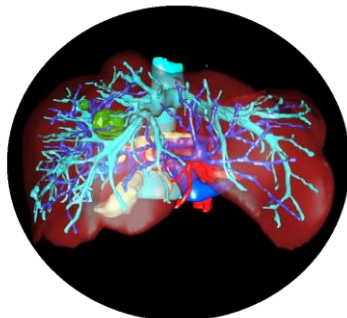


A GEO ANCRE Aon apgis AREAS baloo BCAC BESSÉ BPCE MUTUELLE carcept prev Carrefour assurance cetim CGRM collecteam COMPL VIE CPMS Diot DiotSiaci FORTEGO Génération Gerep Gestineo GMF Hélium HEMOS SANTÉ Henner INT RIALE IPECA KL SIA LA BANQUE POSTALE Lamie LUXIOR logo maaf logo MAPA m.b.a meilleurtaux Mercer MGP mgas mutuelle MGC Mutuelle AIR FRANCE Mutuelle de l'Assurance de la Bourgogne mutuelles du soleil Mutuelle de Pays de Vienne noveo care NYMPH A SANTÉ ROEDERER SAFIAG SIMAX SG santé smi SPVIE ASSURANCES SURAVENIR uneo unim VERSPIEREN VIVINTER wtw

Principales applications



Thorax



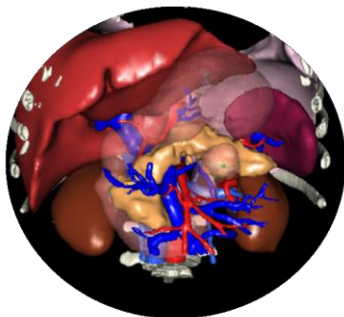
Foie



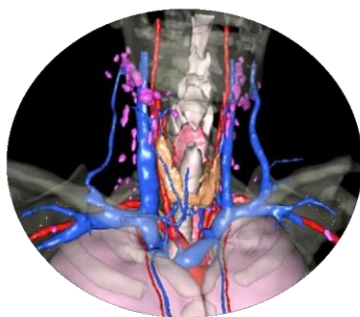
Urologie



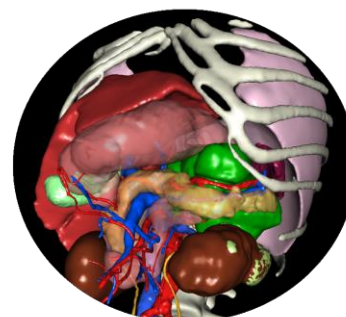
Pédiatrie



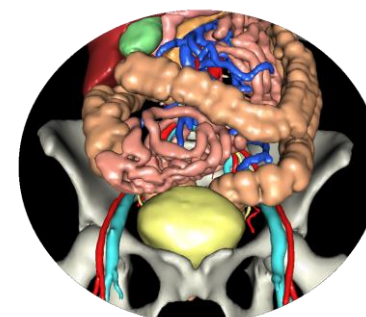
Pancréas



ParaThyroïde



Surrénales



Colorectal

Exemple d'utilisation de la solution Visible Patient

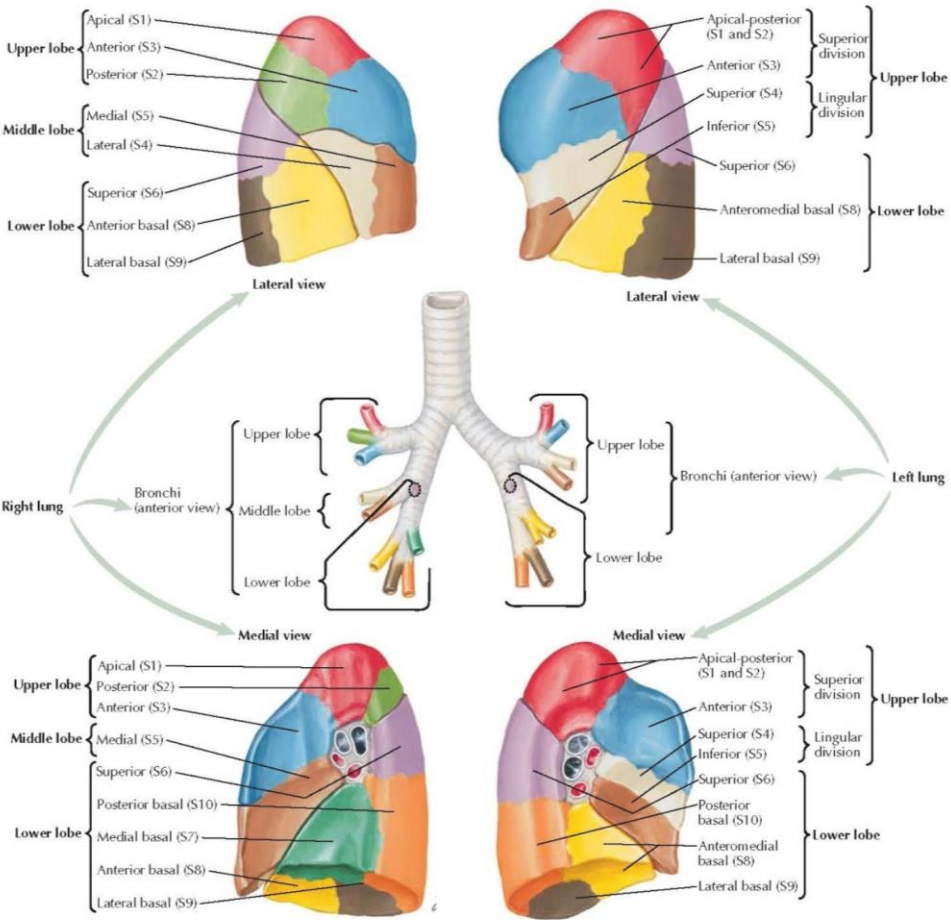
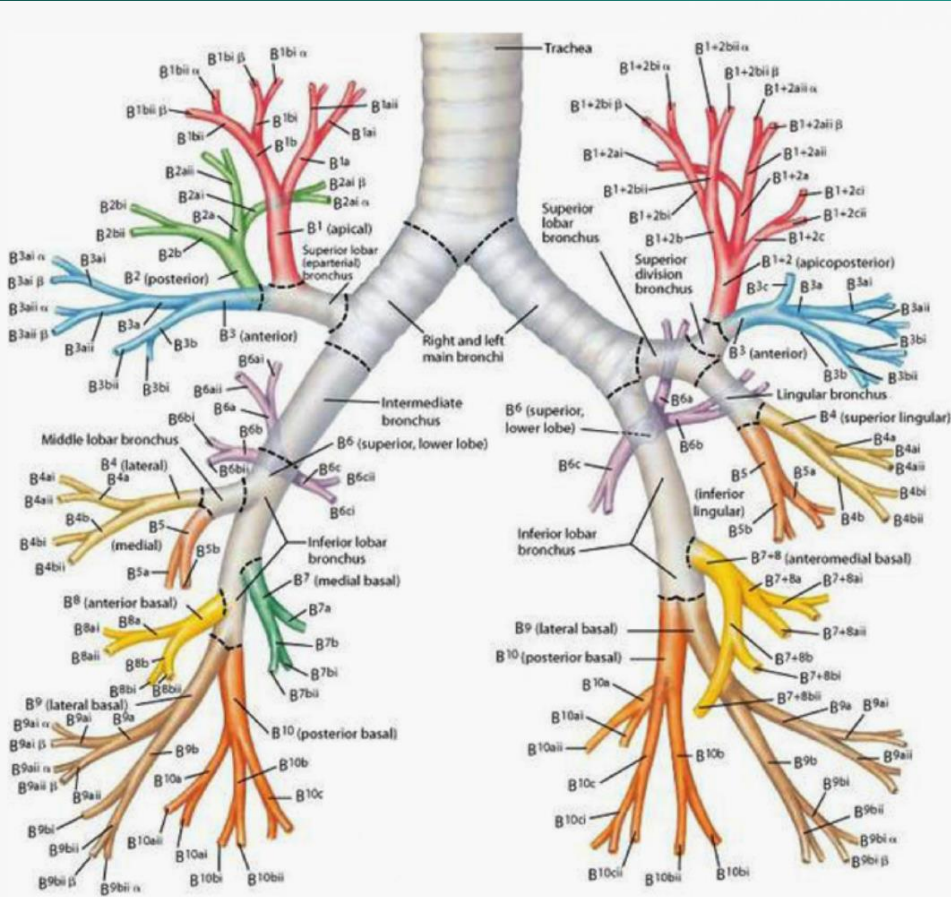
VP Planning : Logiciel de planification pré-opératoire

<https://www.visiblepatient.com>

- Dispositif médical certifié Classe II.a
- Logiciel sur PC Windows, MacOS
- Téléchargement gratuit sur : www.visiblepatient.com
- Version Mobile iOS sur l'AppleStore
- Inclu la simulation de pose de clips avec le calcul automatique des territoires dévascularisés et de leur volume



Exemple 1: Les poumons

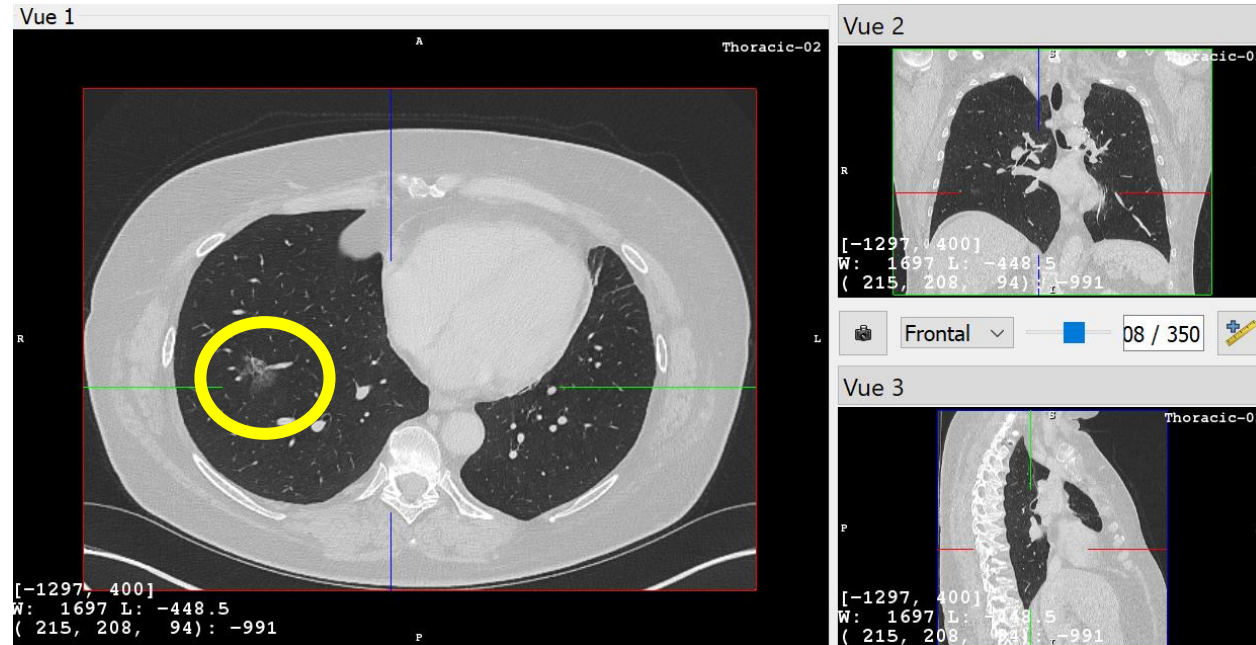


Chirurgie Pulmonaire: exemple 01

Tumeur en Verre dépoli du Poumon droit (segment 8 or 9)

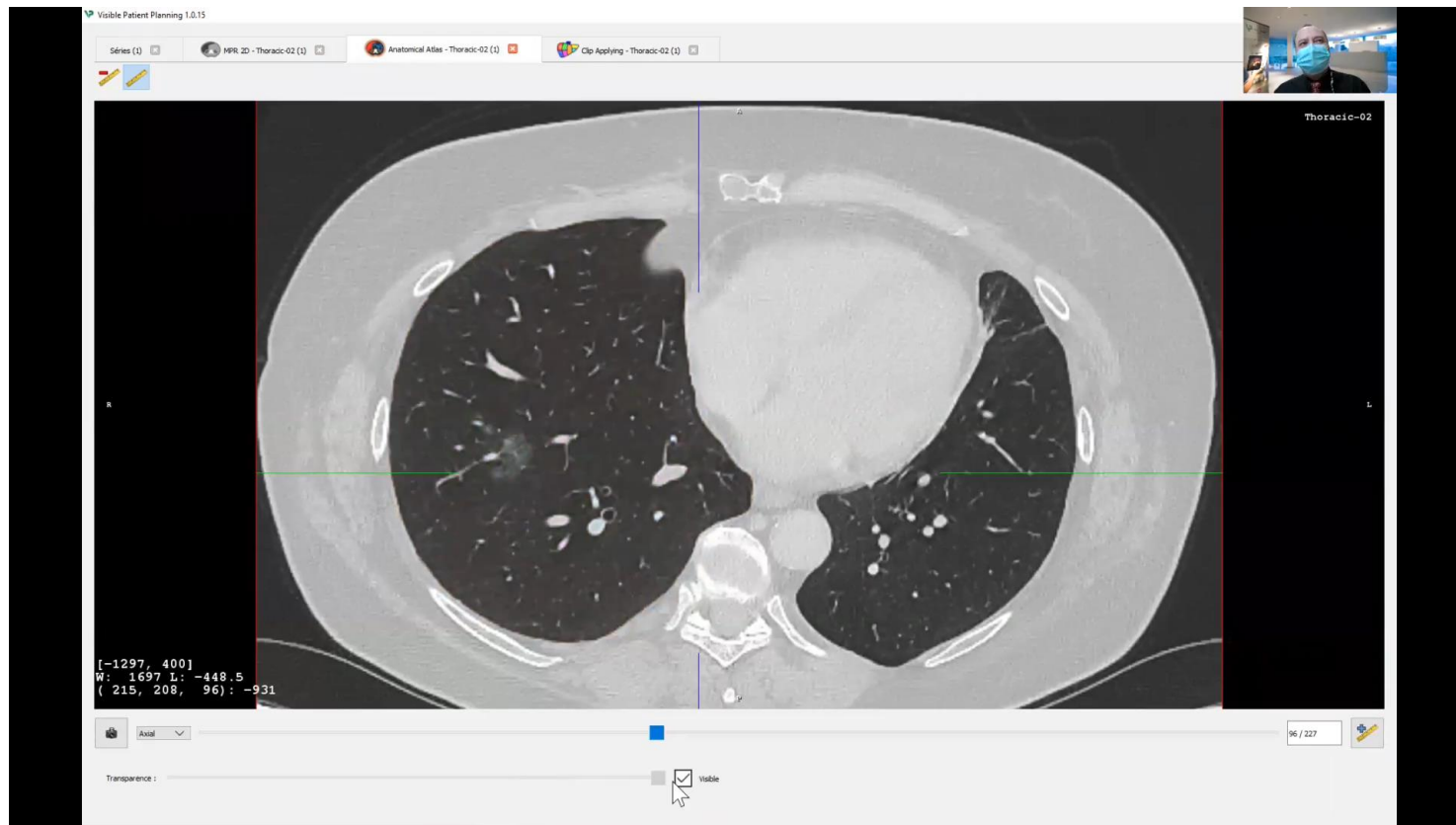
Patiente de 48 ans ayant déjà subie 2 lobectomies :

Lobectomie supérieure droite et lobectomie supérieure gauche



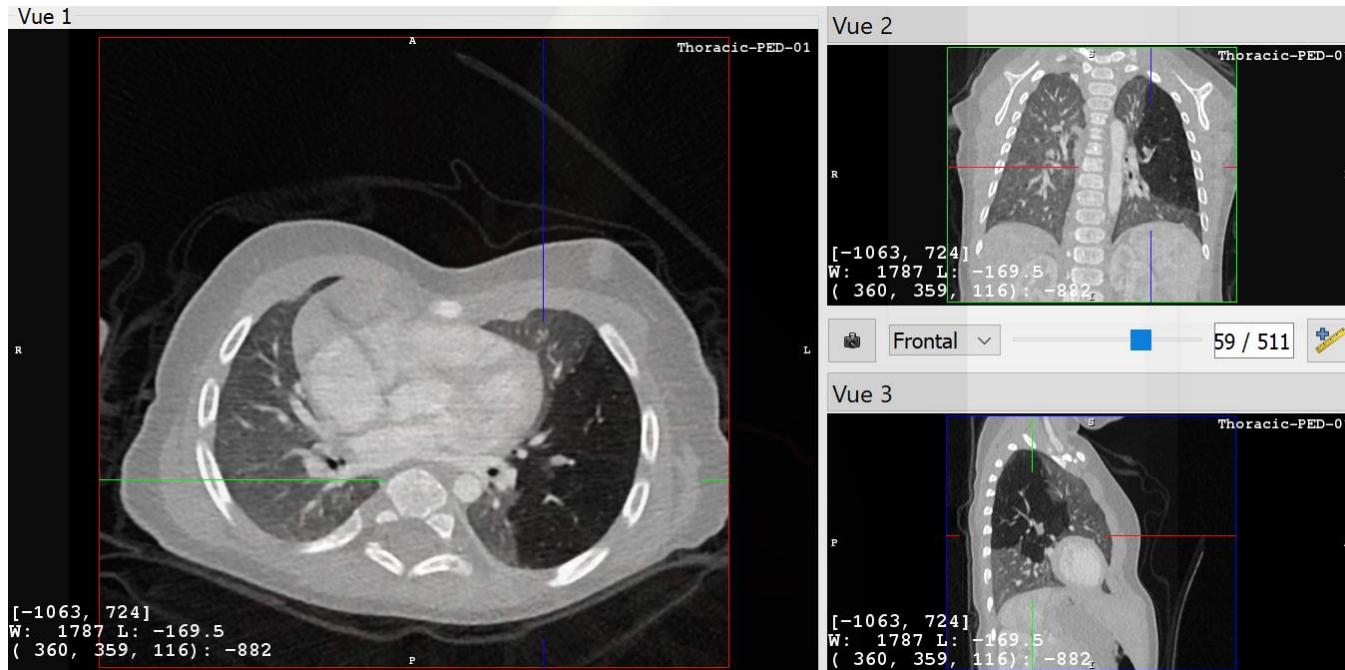
**Nouvelle
lobectomie
impossible**

Chirurgie Pulmonaire: exemple 01

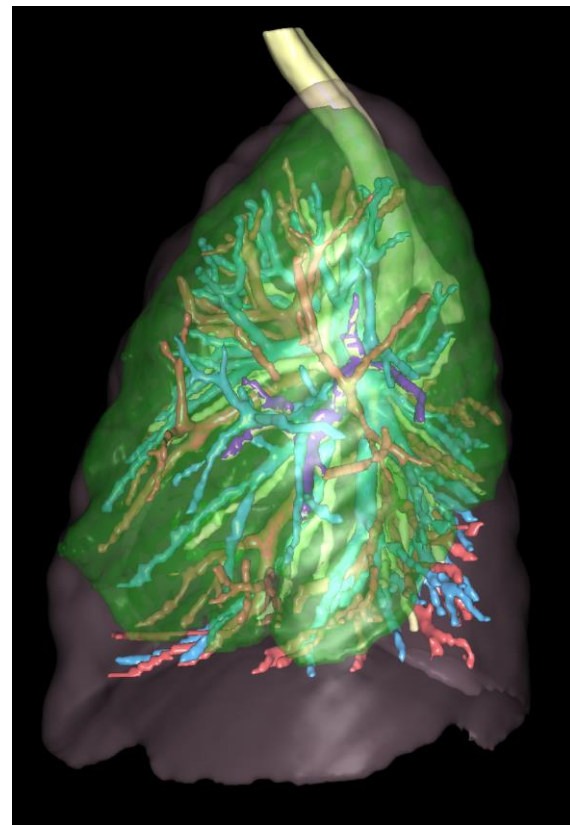
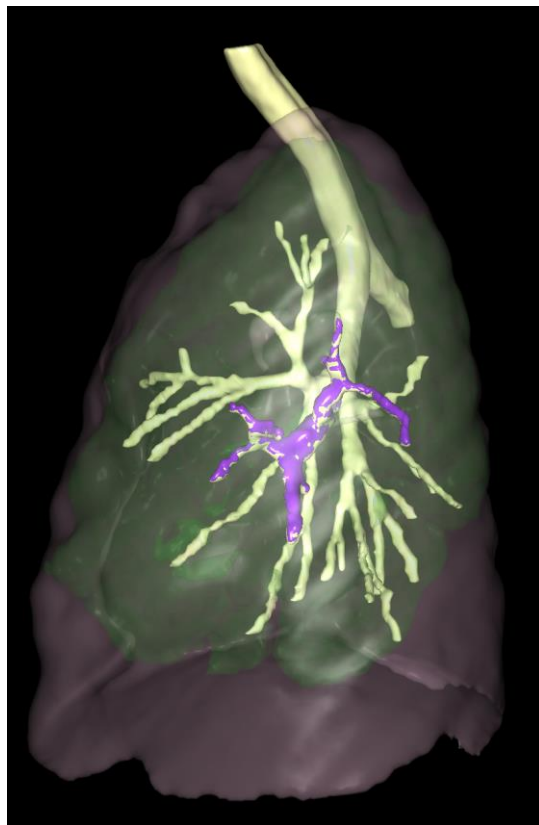
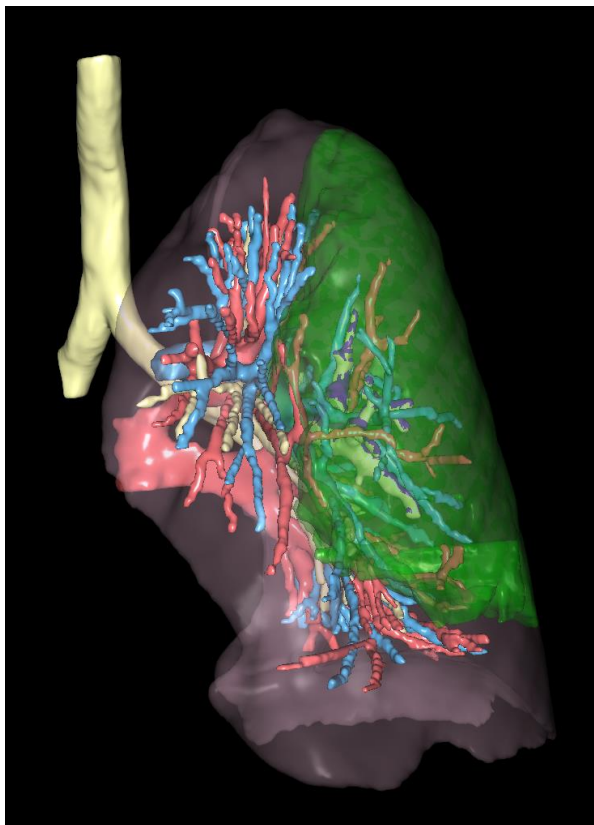


Chirurgie Pulmonaire: Exemple pédiatrique

Emphysème congénital géant segmentaire du poumon gauche (enfant de 6 mois). Lobe inférieur pour le radiologue mais le chirurgien n'est pas d'accord avec la définition du lobe.

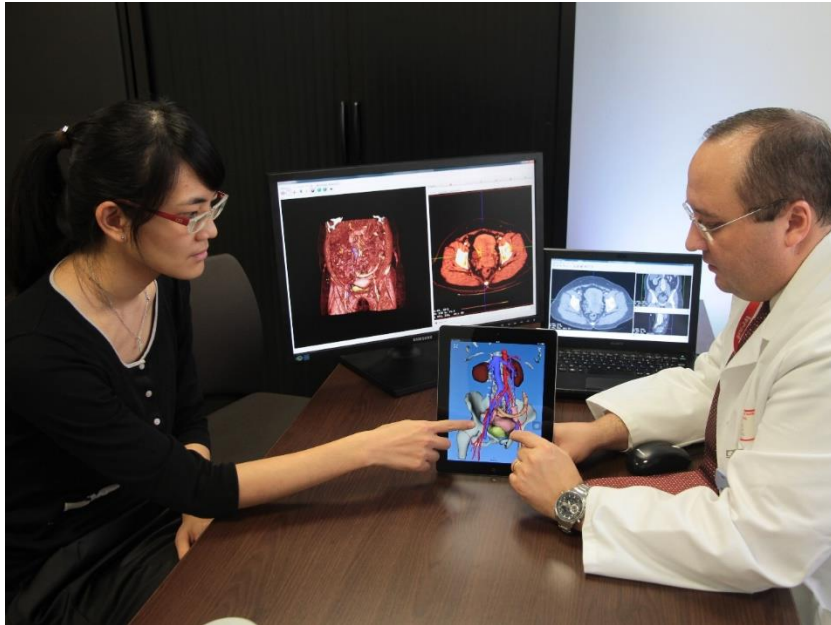


Chirurgie Pulmonaire: Exemple pédiatrique



multiples bénéfiques des modélisations 3D

Améliore la communication
patient



Améliore le partage et
l'échange entre experts



Utilisation des modélisations 3D pendant l'opération

Intraoperative use



Plug & Play with robot



Integration in Robodans le robot: GPS

FDA
510(k)

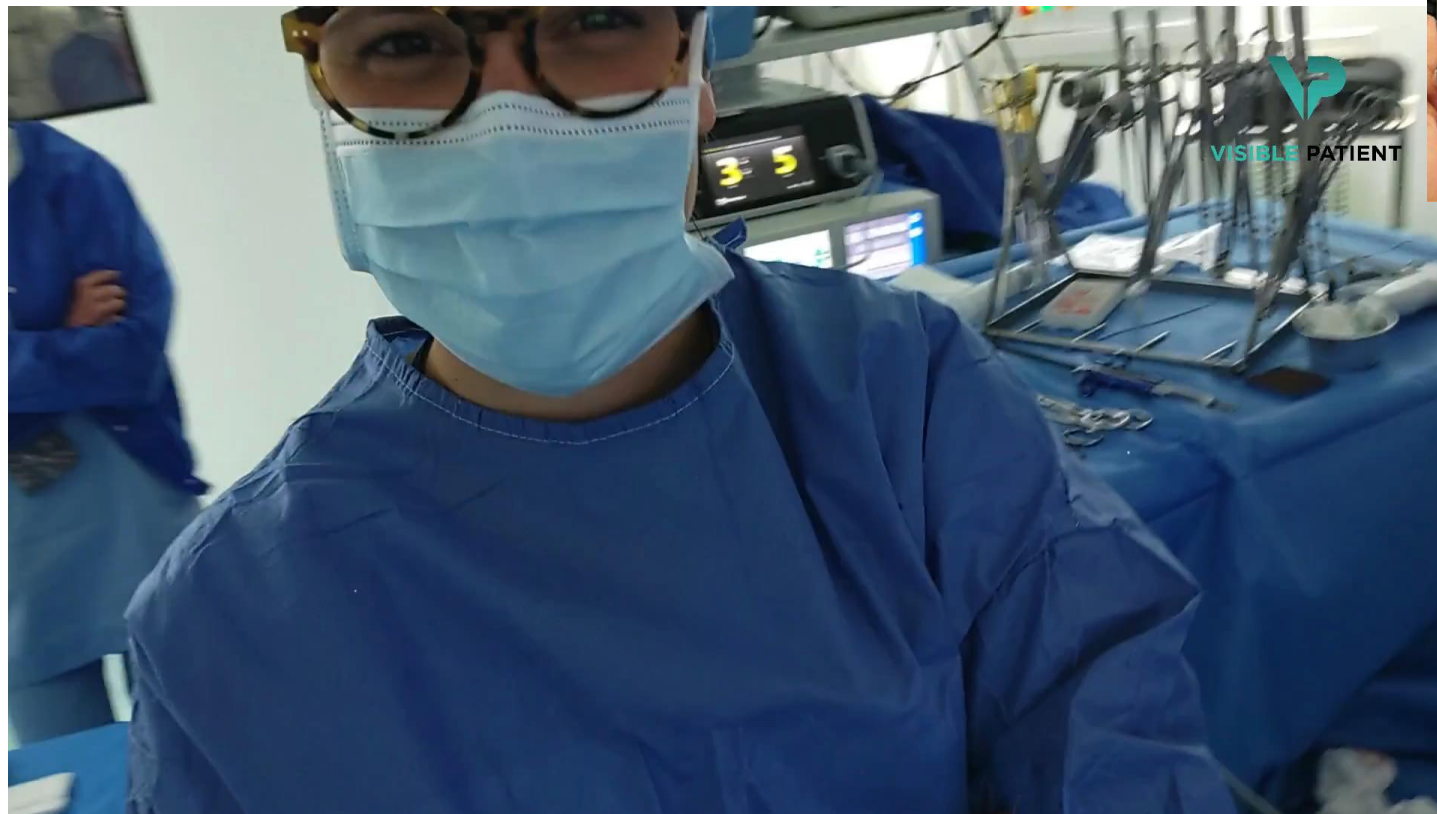
CE
0459



Une solution possible: devenir un iron-surgon



The Iron-Surgeon : La chirurgie digitale

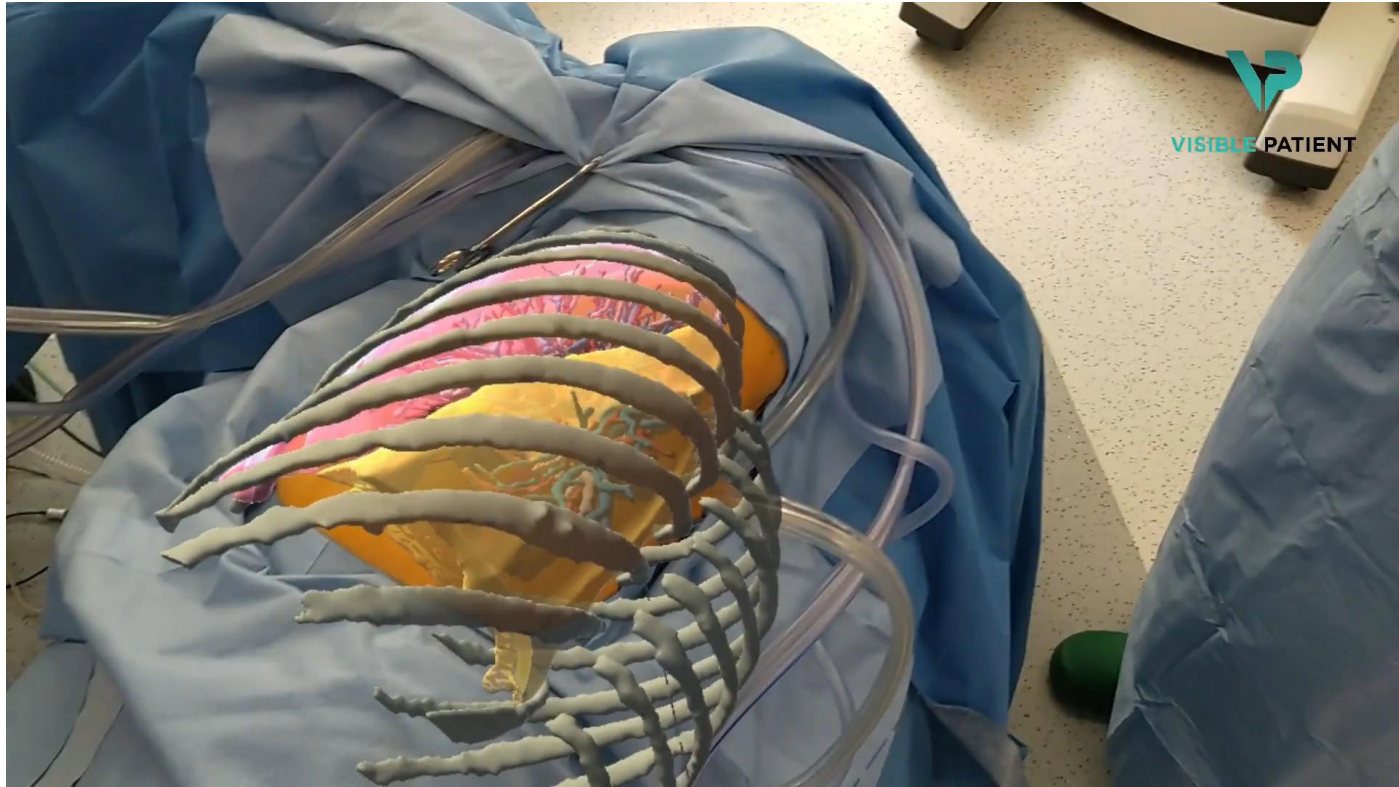


ETHICON Prof. De Latour, Chirurgie thoracique, CHU Rennes

Johnson & Johnson SURGICAL TECHNOLOGIES

VISIBLE PATIENT

Visible Patient using HoloLens™ Microsoft



First Test on Lung surgery at CHU Rouen, Prof. baste

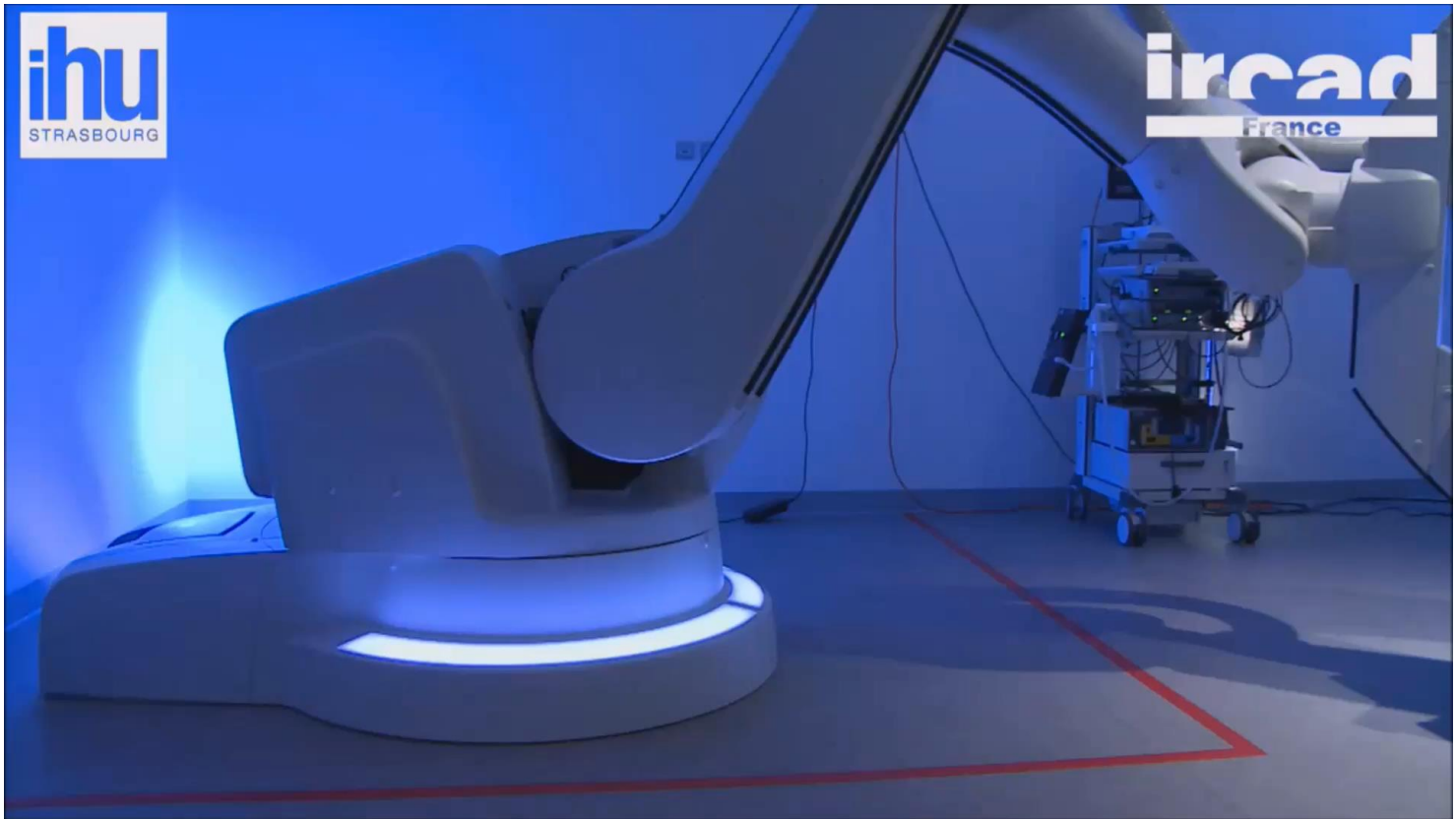
VISIBLE PATIENT

Vers la chirurgie augmentée



WARNING:
This Hololens Software is a prototype and not a medical device and can be used only in educational and research program

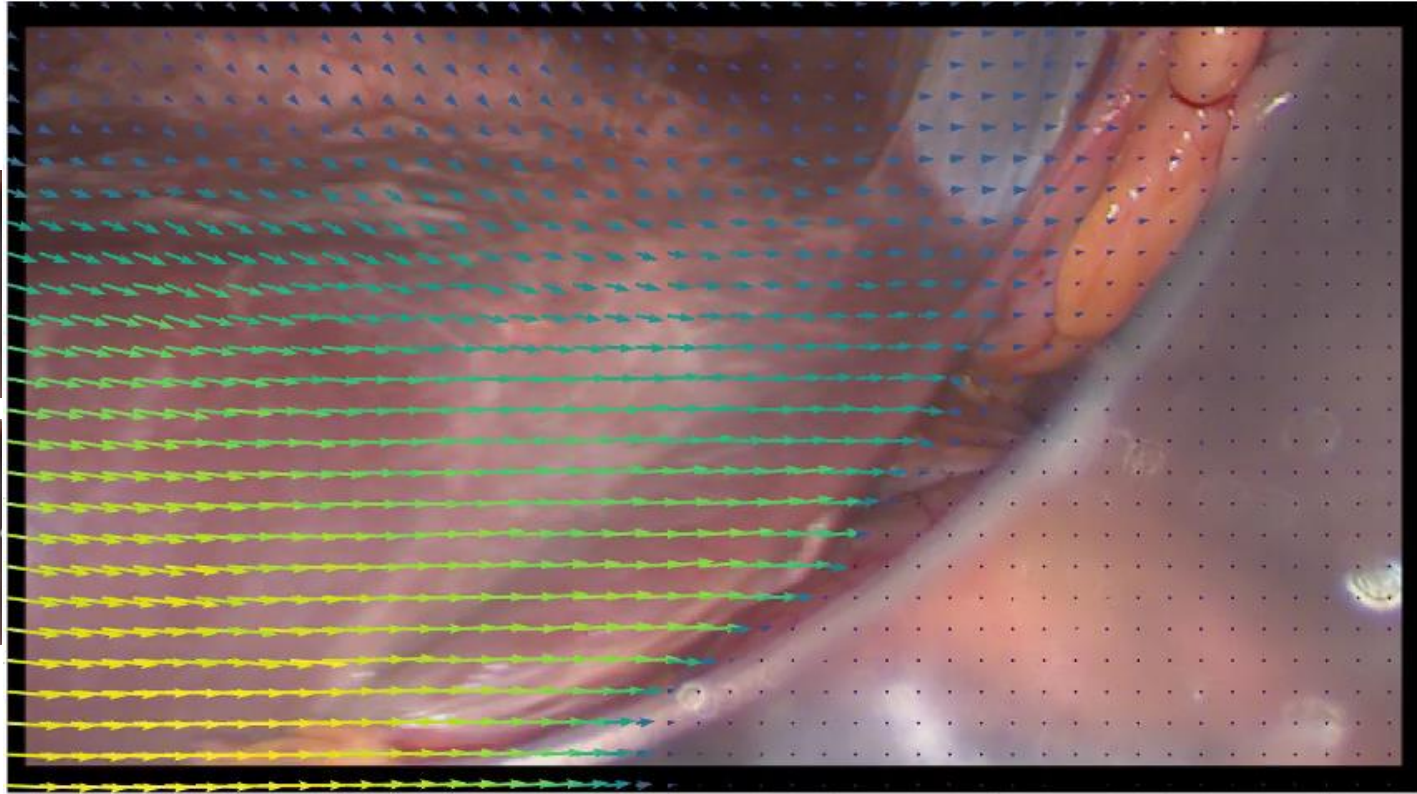
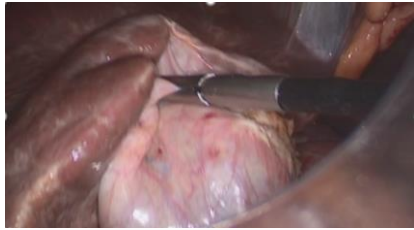
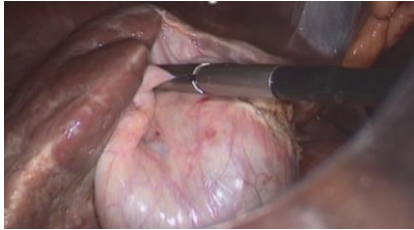
Next Step: Fully automated solution



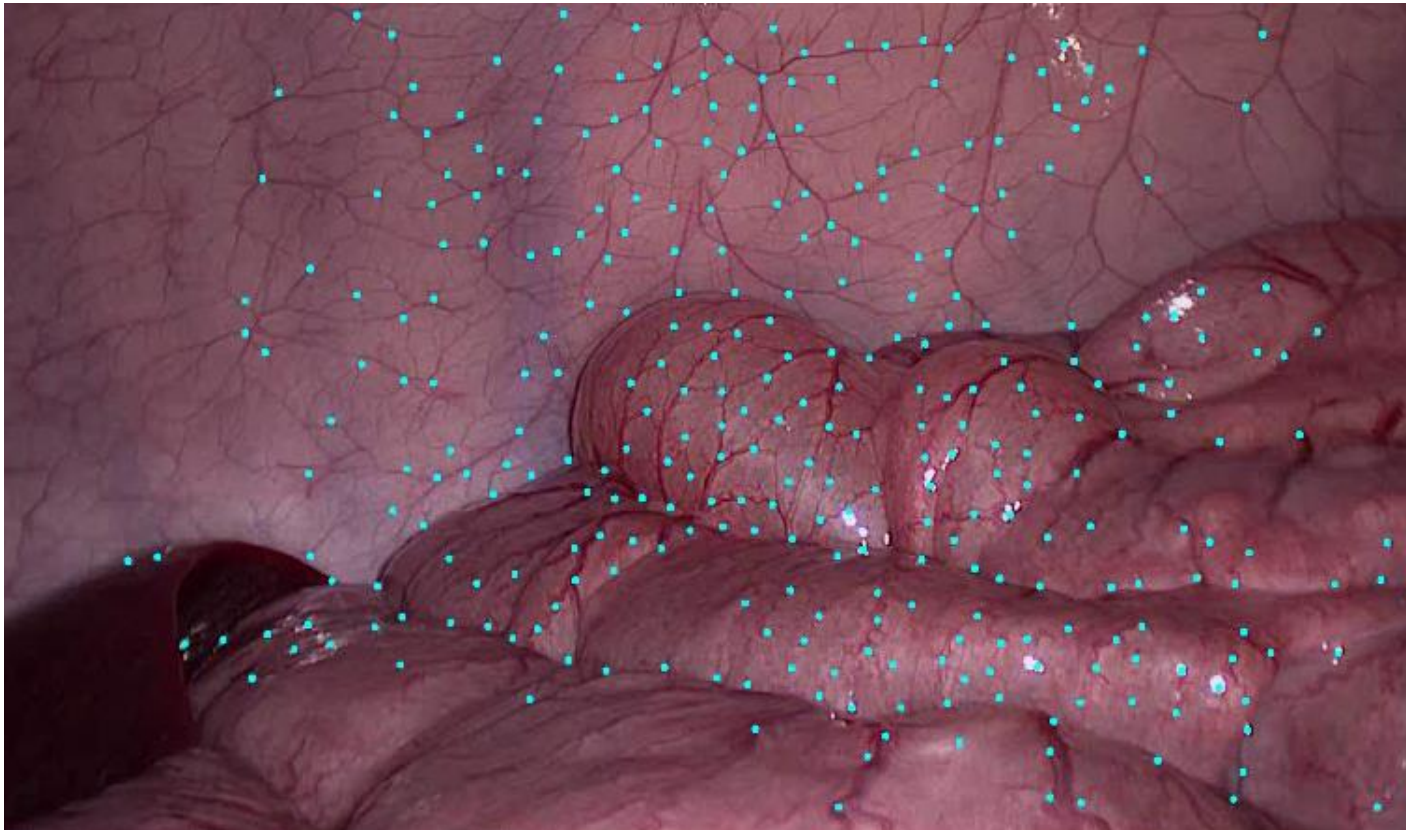
Concept of GPS with (or without) satellite



The Surgeon GPS : analysis of organ movements

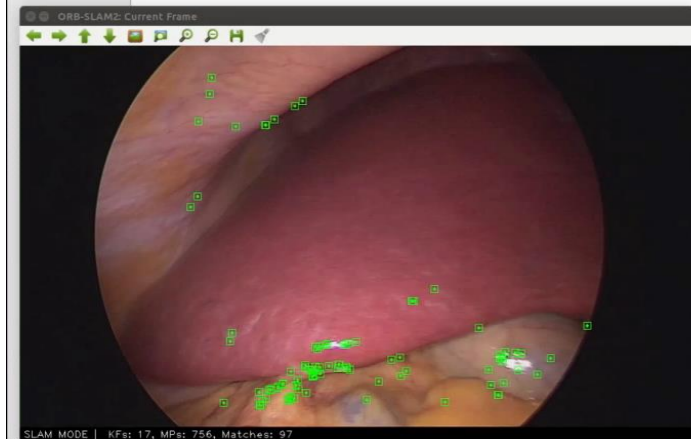
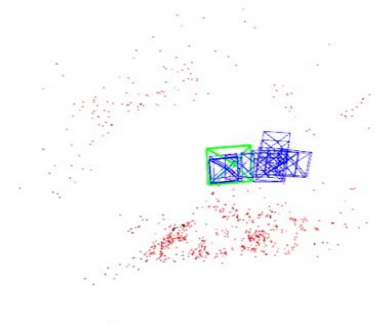


The Surgeon GPS : analysis of organ movements

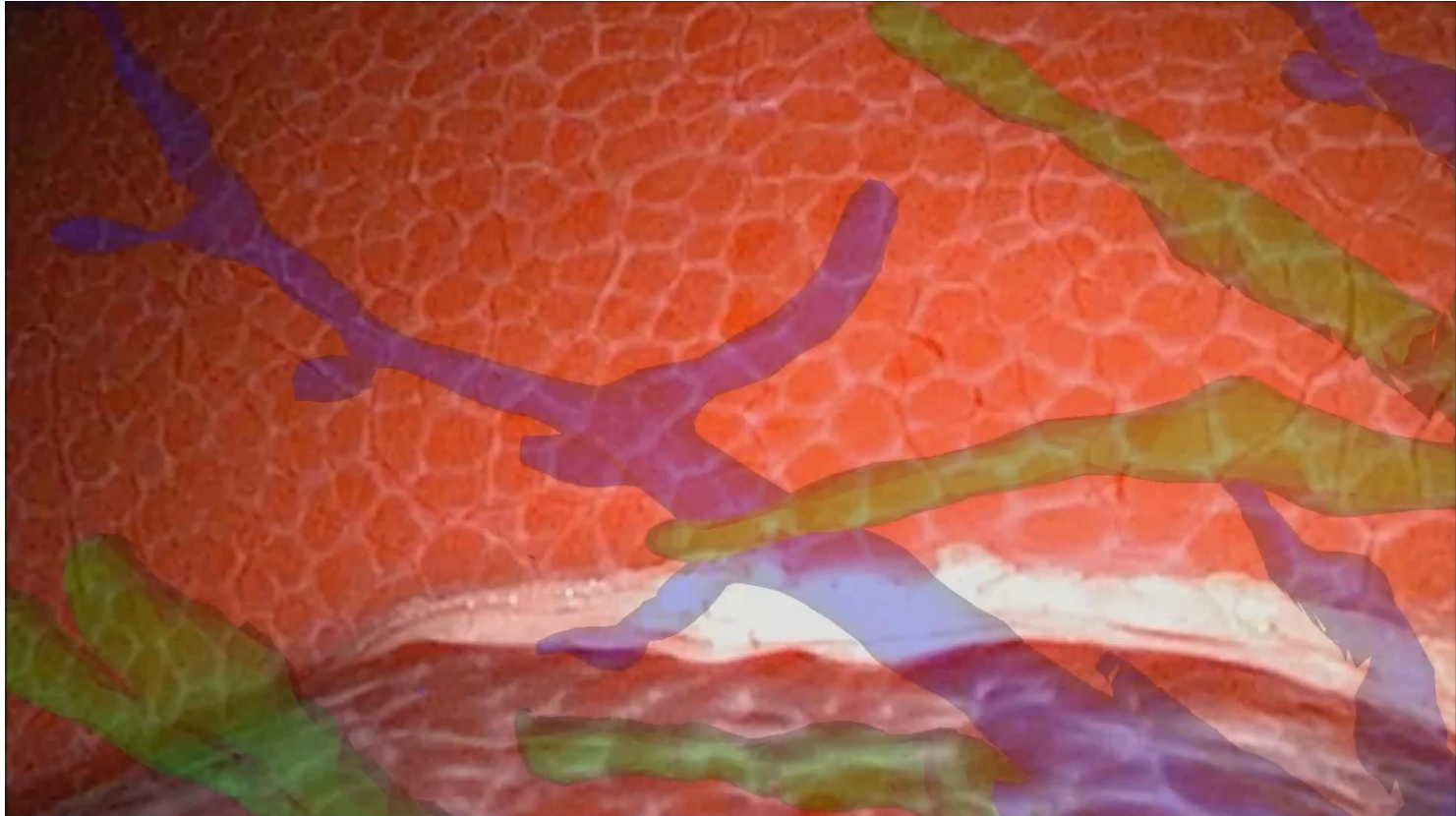


The Surgeon GPS : analysis of organ movements

- Follow Camera
- Show ORB Points
- Show Dense Points
- Show KeyFrames
- Show Graph
- Localization Mode
- Pause
- Resume
- Compute Dense
- Compute Dense W/M
- Suspend Dense
- Resume Dense
- Reset

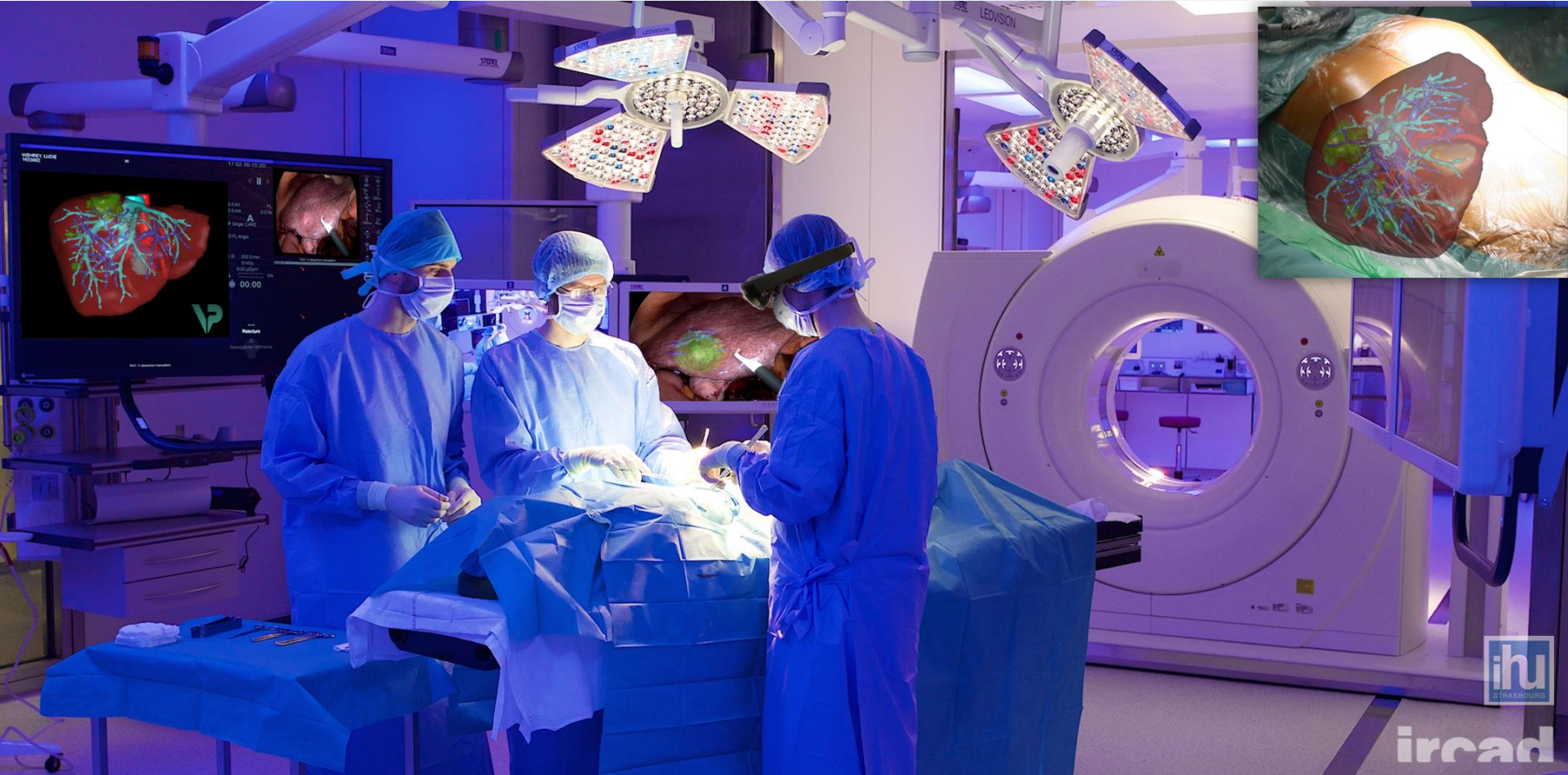


Next Step: Fully automated solution



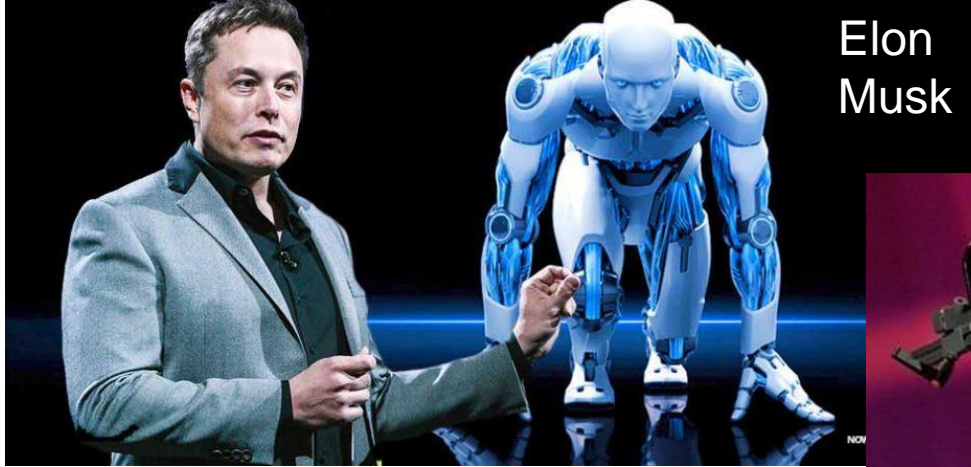
Mountney P et. al., An augmented reality framework for soft tissue surgery,
Med Image Comput Assist Interv. 2014;17(Pt 1):423-31

Première étape de la chirurgie digitale



Les dangers de l'IA ?

A DANGER THAT CAN KILL HUMANITY : WE OPEN THE PANDORA BOX !

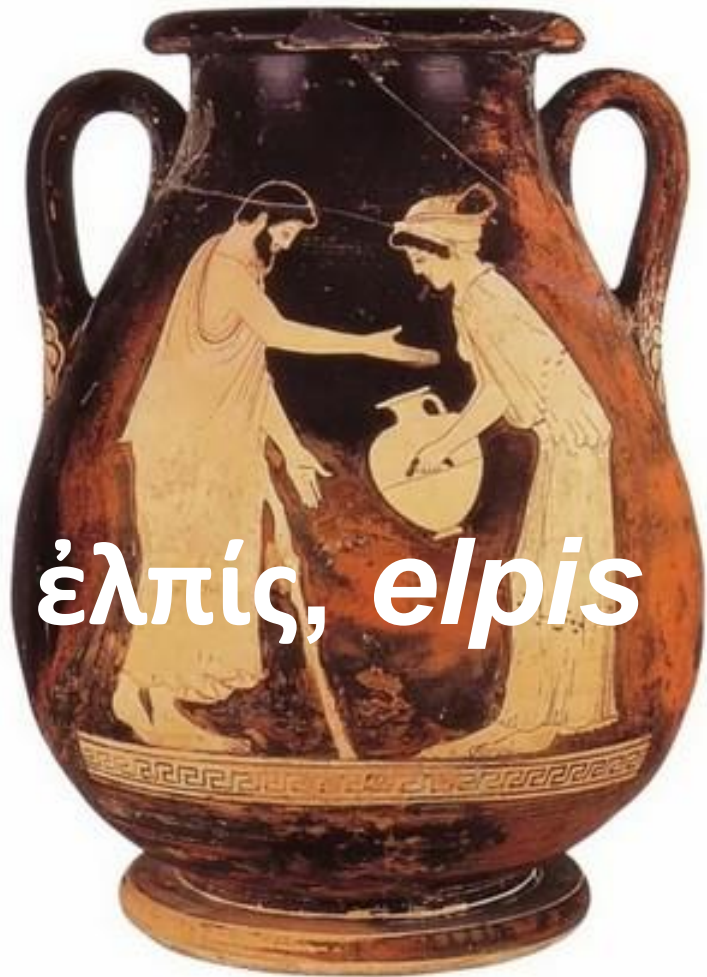


Elon
Musk

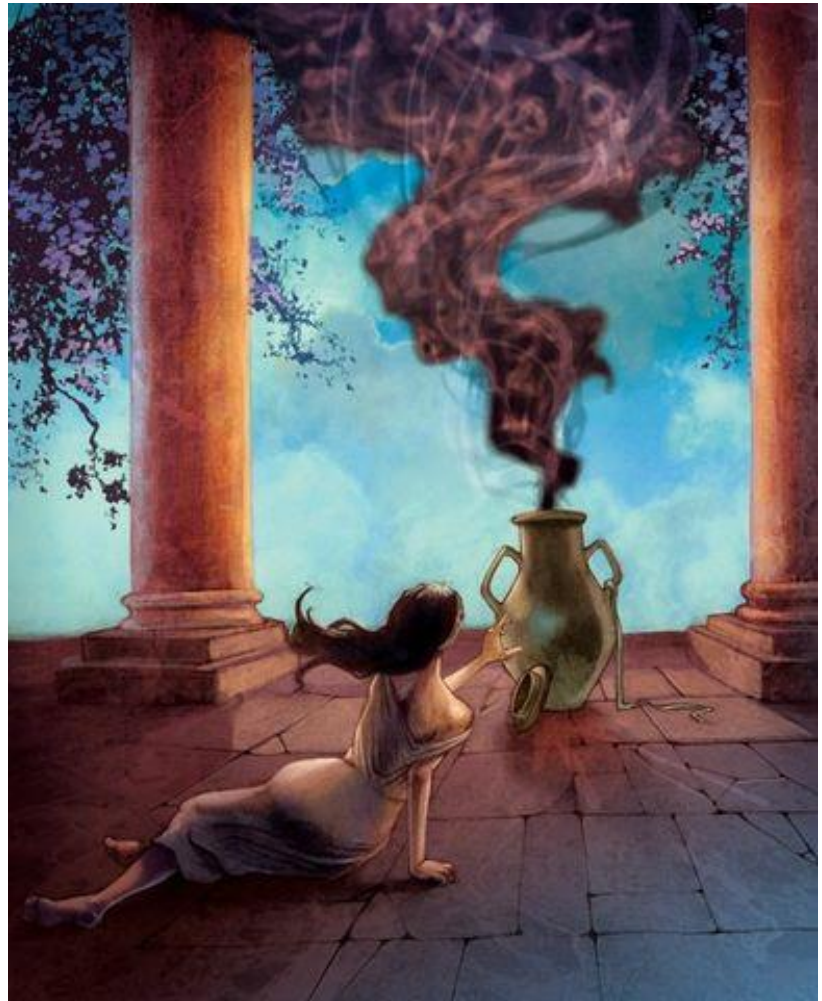


Stephen
Hawking





ἐλπίς, *elpis*





A young boy with short brown hair is shown from the chest up, looking upwards and to the right. He is holding a stack of several wafers in his mouth with both hands. He is wearing a white t-shirt with an orange collar. The background is a plain, light green wall.

Vivre c'est prendre des risques

**L'intelligence c'est de les
maîtriser, pour le bien de
l'humanité**



VISIBLE PATIENT SOLUTION

Merci pour votre attention !
www.visiblepatient.com

VISIBLE PATIENT

8 rue Gustave Hirn
67000 Strasbourg – France
Tél : +33 (0)3 68 66 81 81

contact@visiblepatient.com

www.visiblepatient.com

SAS : Société par actions simplifiées
Share Capital : 140.537€
RCS Strasbourg TI 794 458 125
N° TVA intracommunautaire : FR 94794458125

