

**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**

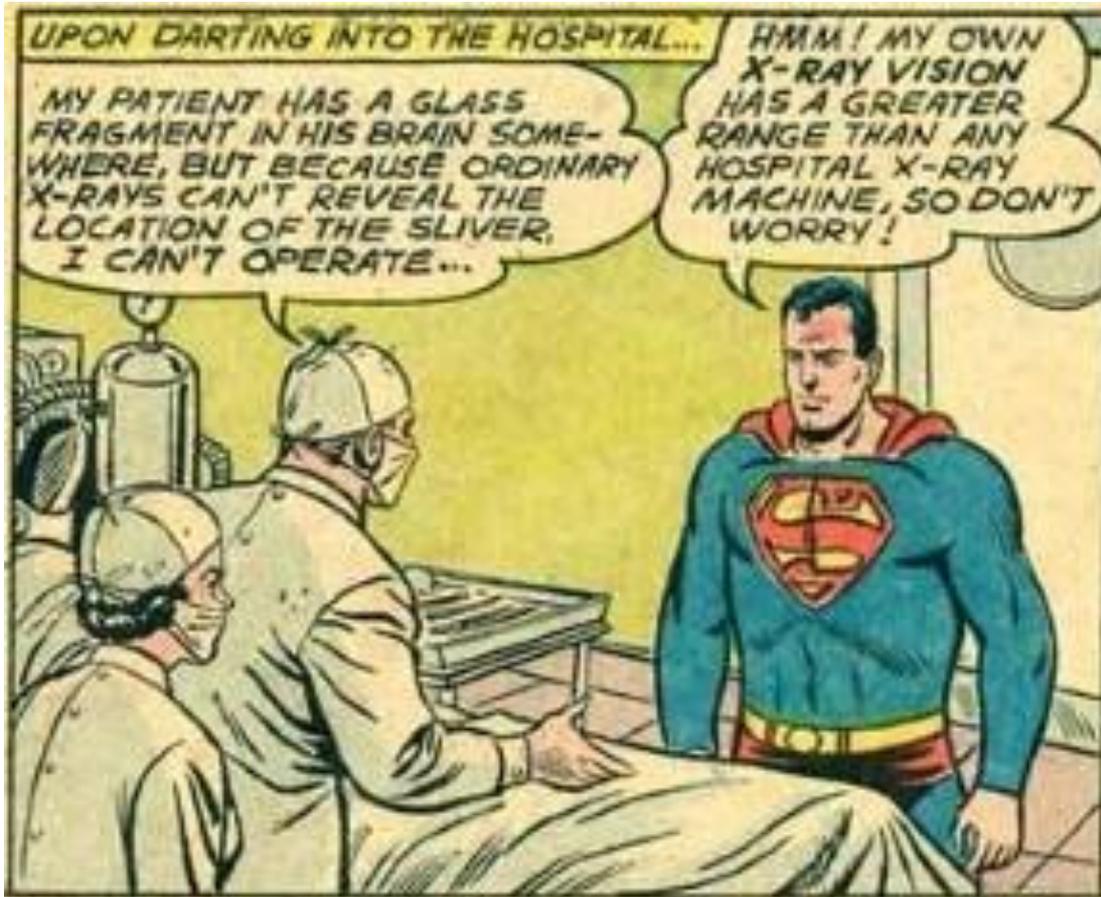
Multiple partenariats avec des assurances et mutuelles:



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



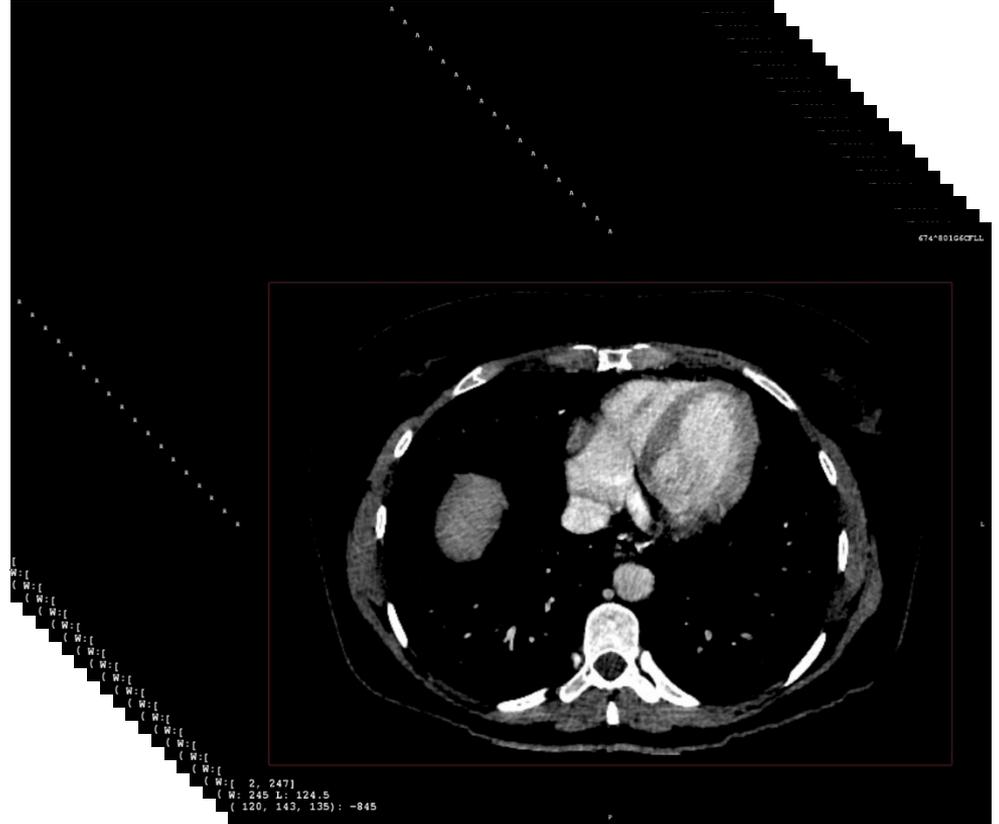
# Utilisation de l'image médicale

A partir d'une image médicale

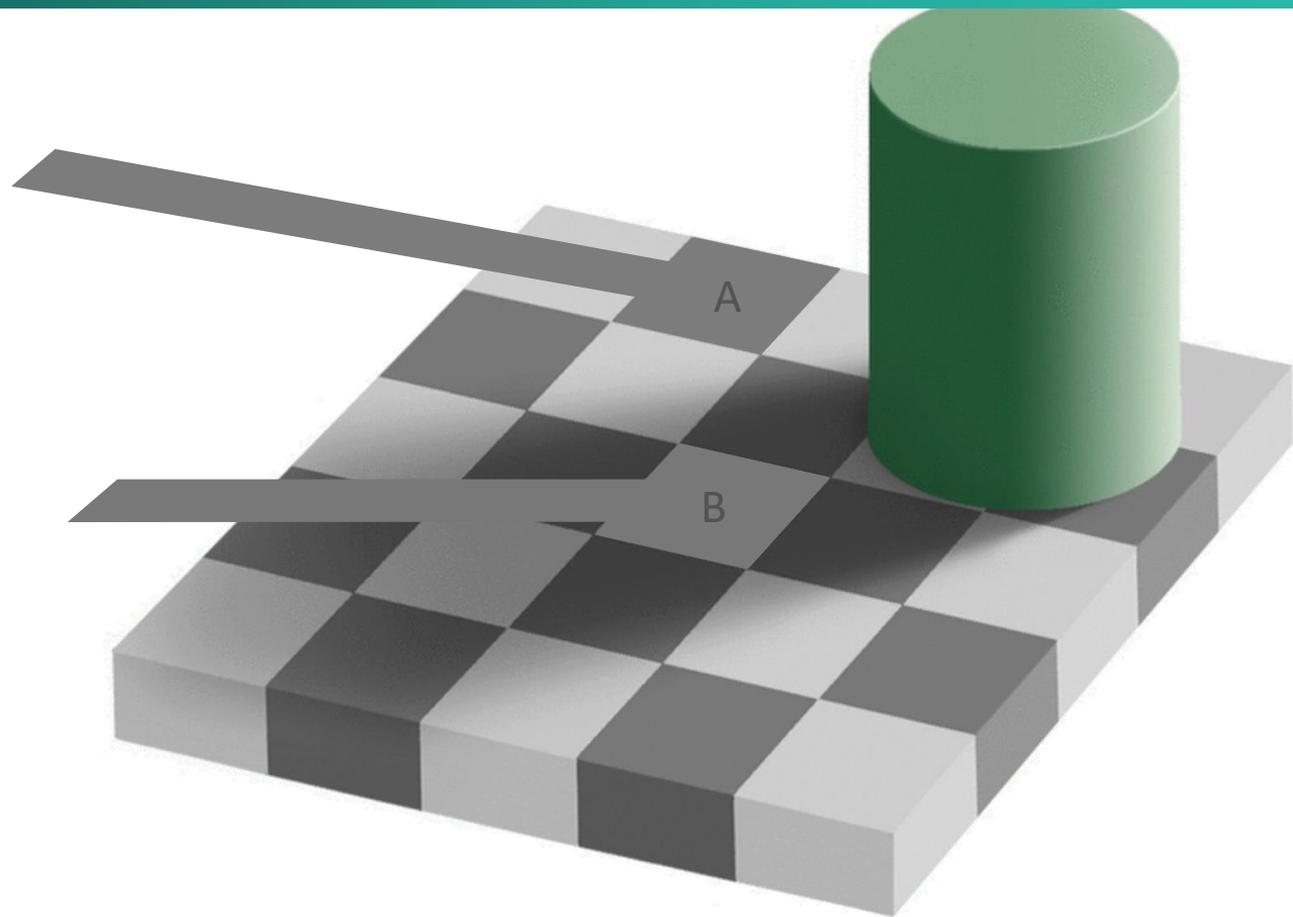
MRI



CT-Scan



# Photorécepteurs humains non adaptés aux niveaux de gris

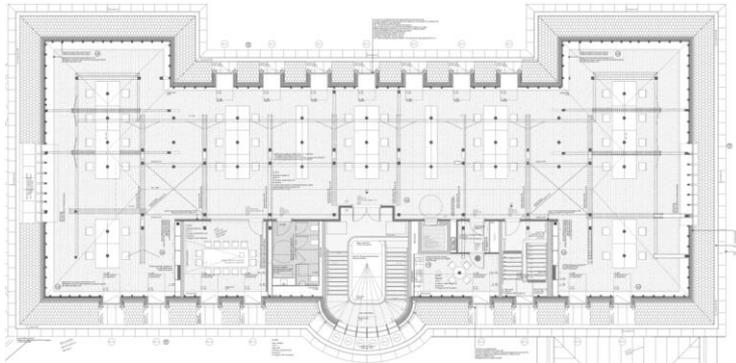


Nous ne percevons que 30 niveau de gris

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



**Vue externe**



**Vue interne en coupe 2D**



**Vue interne réelle  
correspondante**



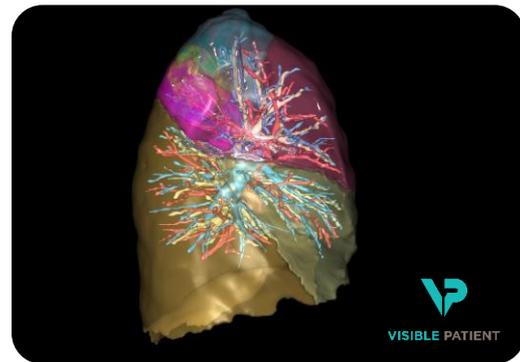
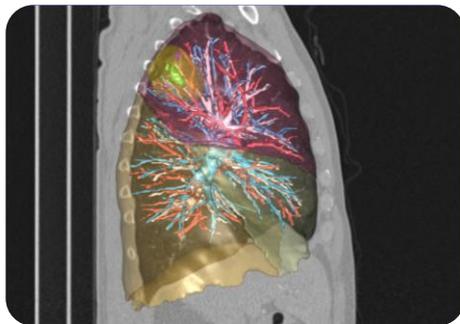
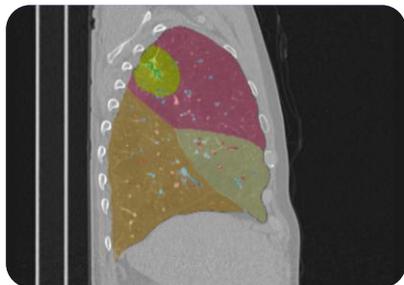
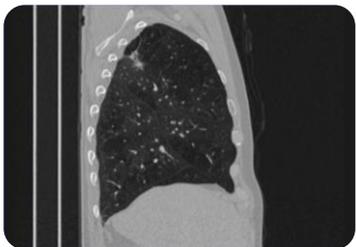
**Une vue en coupe et en  
niveau de gris ne permet  
pas de comprendre la  
réalité 3D**

# 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

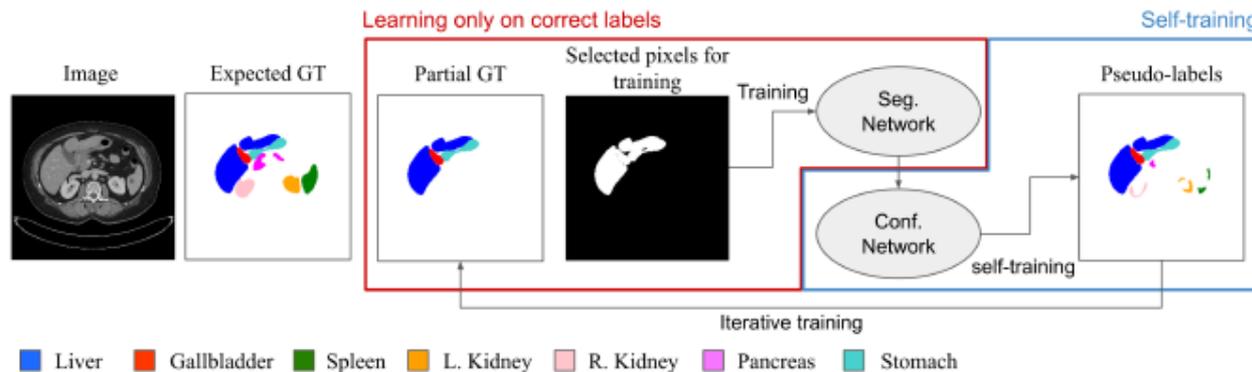
➔ La qualité de la base d'apprentissage est essentielle !

**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:**

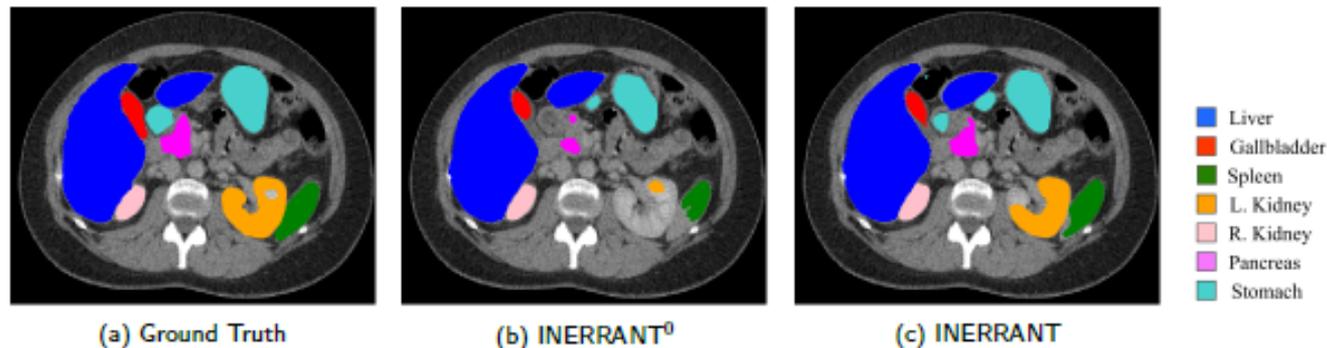


Figure 8: Segmentation results for INERRANT<sup>0</sup> and INERRANT,  $\alpha = 30\%$ .

Method	Multi-organ	TCIA	Liver	Gallbladder	Spleen	Kidney (L)	Kidney (R)	Pancreas	Stomach	Avg.
INERRANT <sup>0</sup>	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

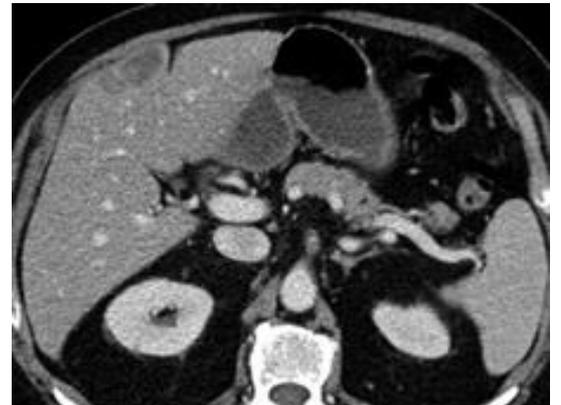
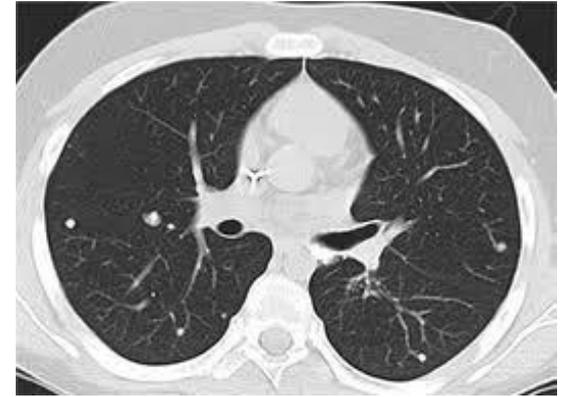
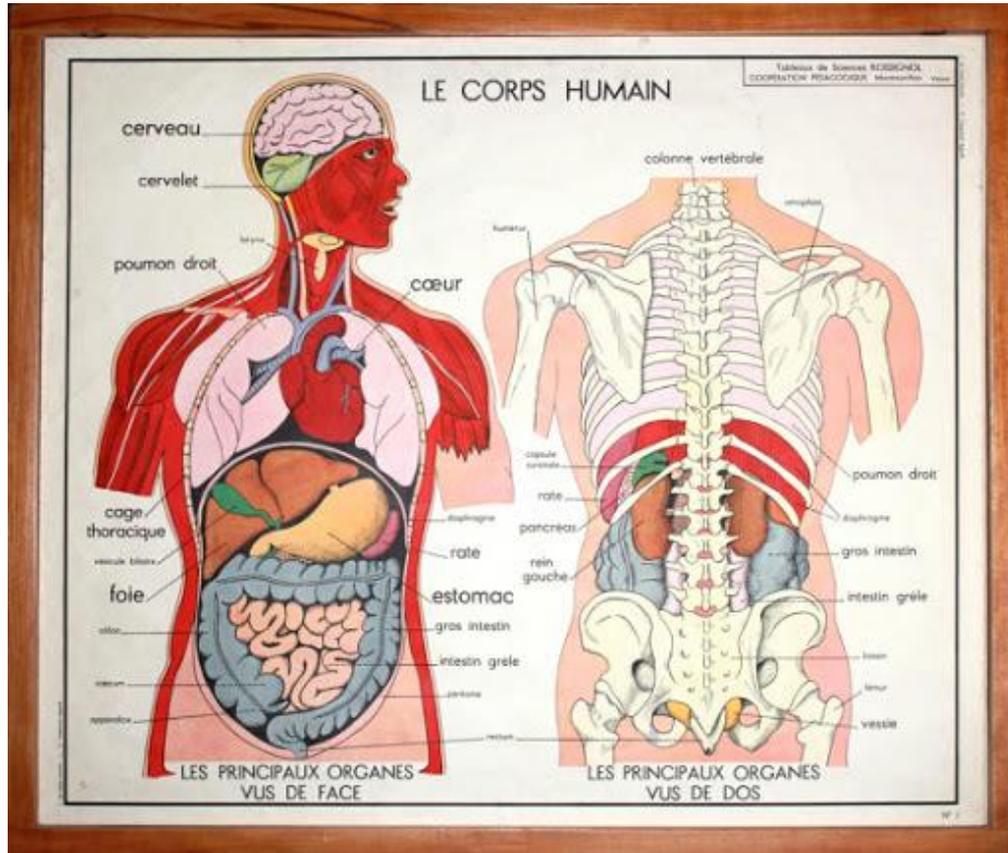
**Table 8**

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 →



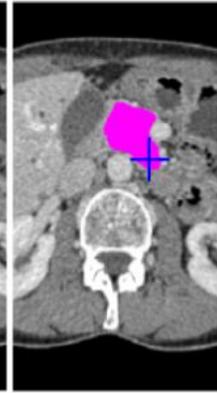
a) Ground Truth



b) Attention map

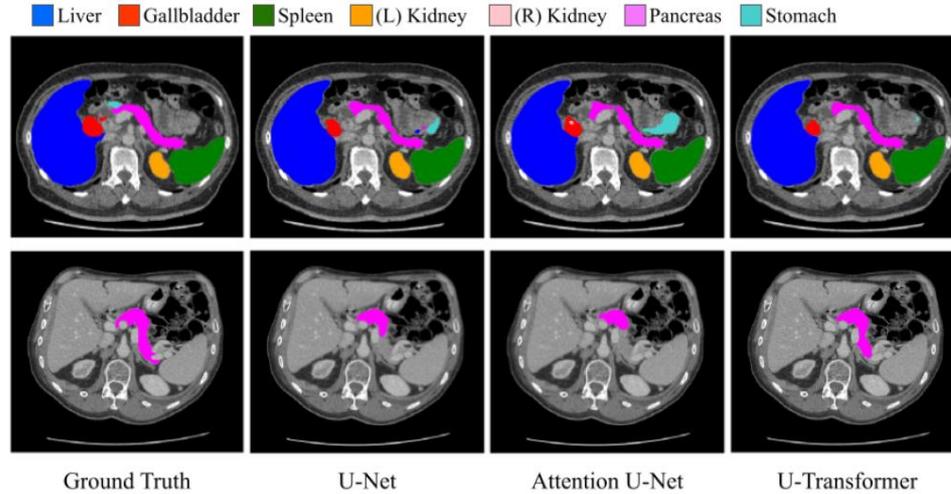


c) U-Net



d) U-Transformer

- Résultats:**

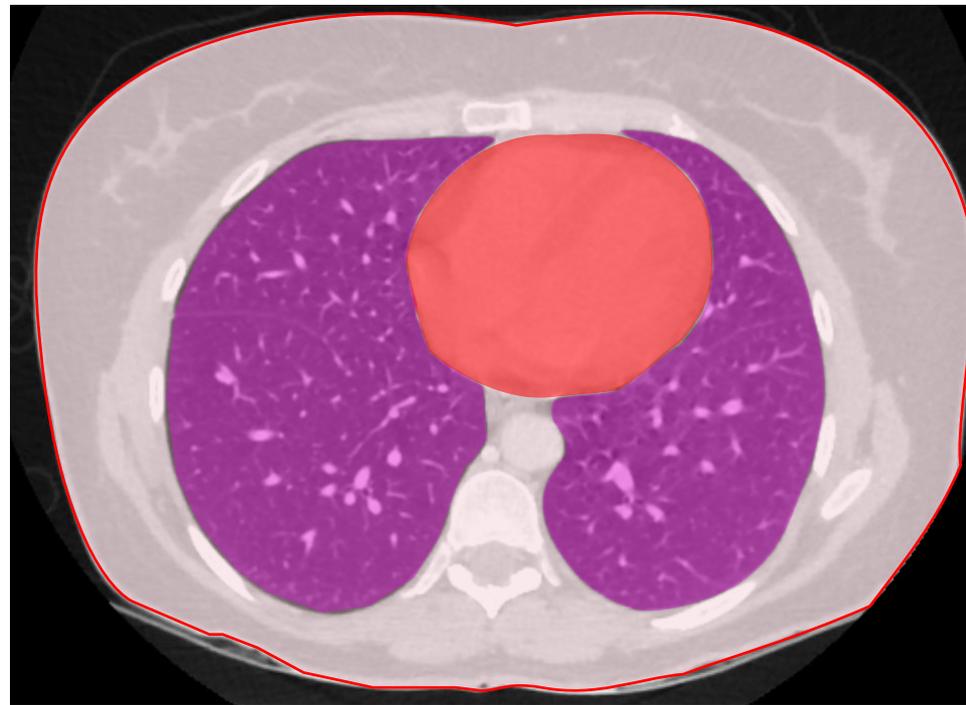
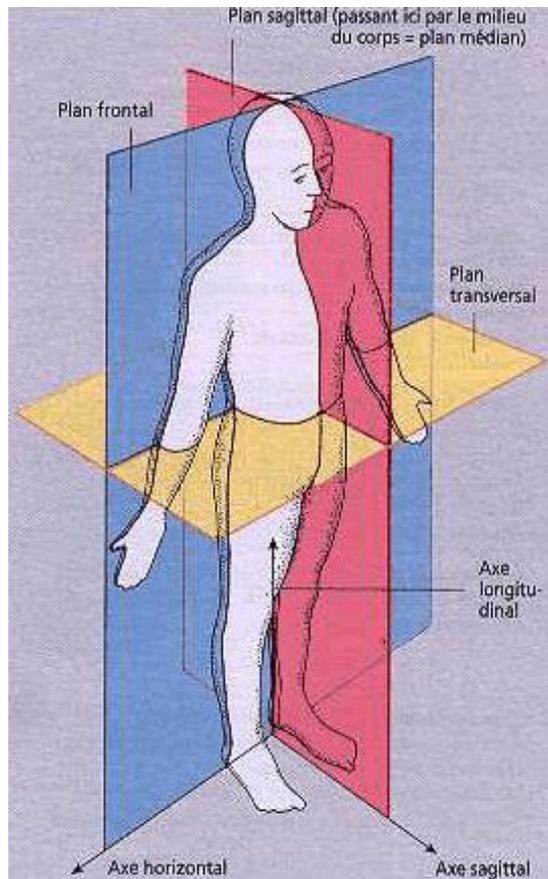


**Table 2.** Results on IMO in Dice similarity coefficient (DSC, %) detailed per organ.

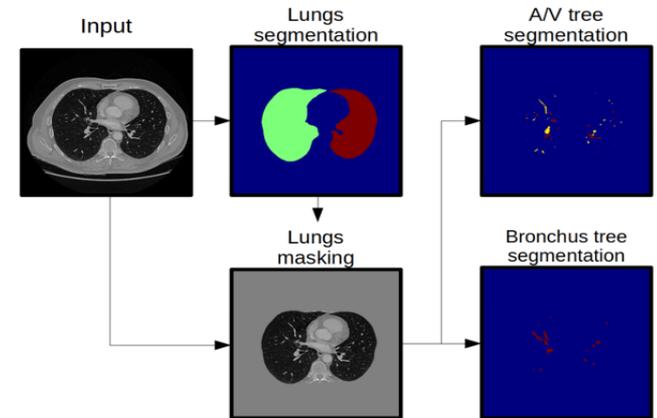
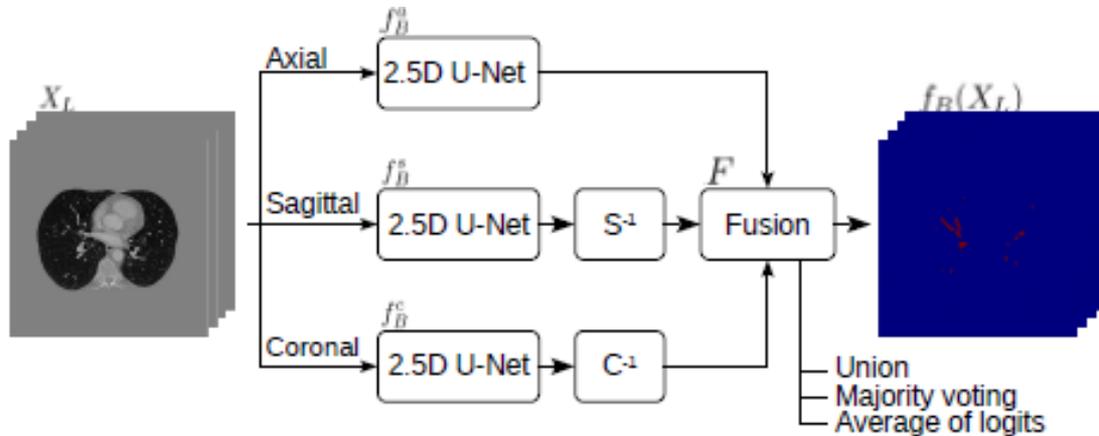
Organ	U-Net [11]	Attn U-Net [13]	MHSA	MHCA	U-Transformer
Pancreas	69.71 ( $\pm$ 3.74)	68.65 ( $\pm$ 2.95)	71.64 ( $\pm$ 3.01)	71.87 ( $\pm$ 2.97)	<b>73.10 (<math>\pm</math> 2.91)</b>
Gallbladder	76.98 ( $\pm$ 6.60)	76.14 ( $\pm$ 6.98)	76.48 ( $\pm$ 6.12)	77.36 ( $\pm$ 6.22)	<b>78.32 (<math>\pm</math>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

# 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*

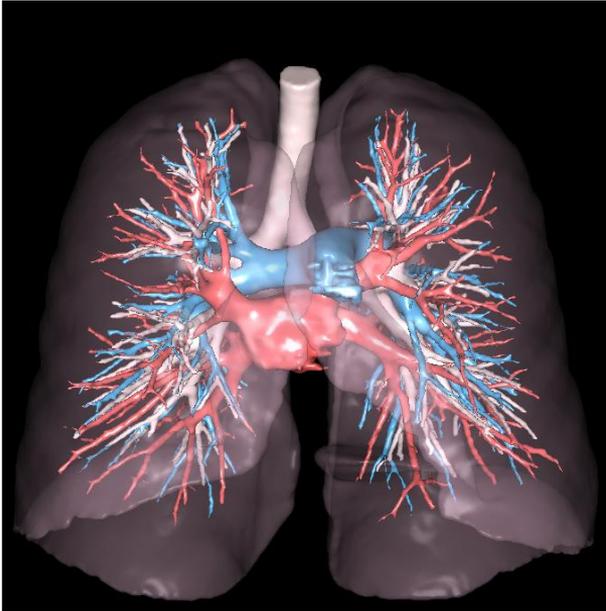
Metrics	Bronchus			
	Axial	Union	MV	LA
Precision	$98.9 \pm 0.8$	$97.7 \pm 2.5$	$99.1 \pm 0.1$	$98.5 \pm 0.4$

Metrics	Arteries		Veins	
	Axial	MV	Axial	MV
Precision	$98.2 \pm 1.4$	$98.8 \pm 1.2$	$98.5 \pm 0.8$	$98.9 \pm 0.9$

## 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

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

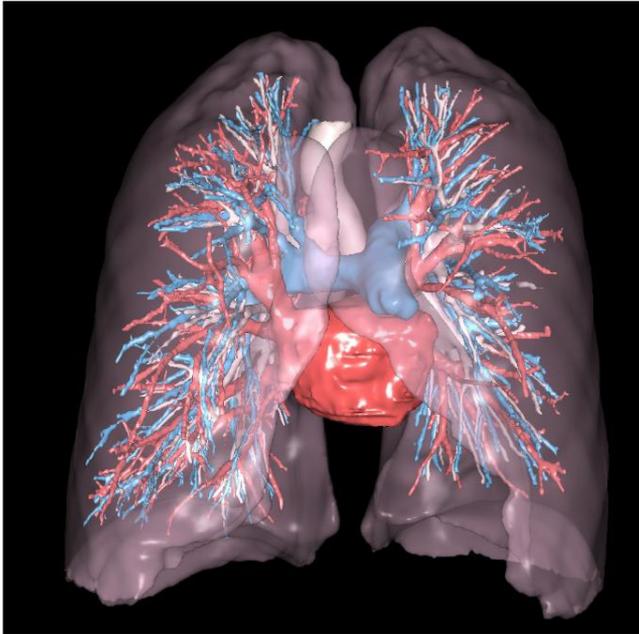
Début de validité / Effective date : March 19th, 2021 (included)  
Valable jusqu'au / Expiry date : May 26th, 2024 (included)

  
Lionel DREUX  
Certification Director

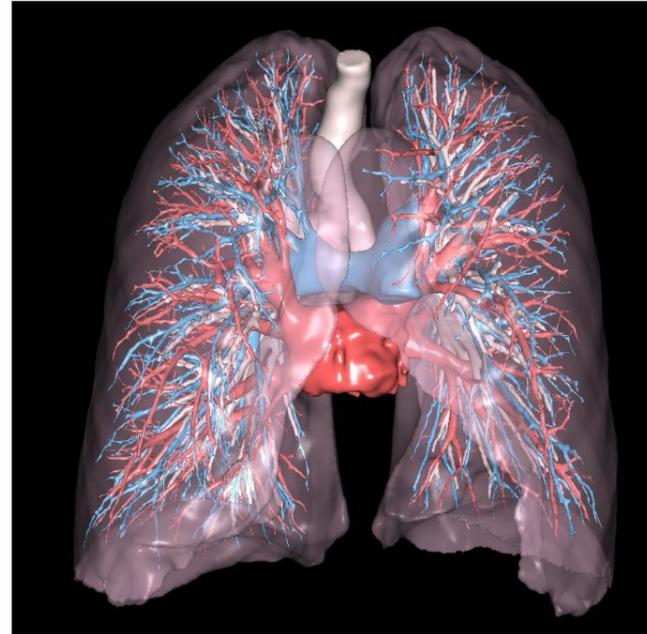
GMED - 28229 rev. 9  
Modifie le certificat 28229-8

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**



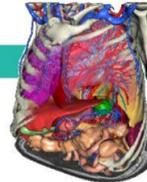
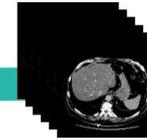
2

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

**VISIBLE PATIENT**  
Modélisation 3D du patient

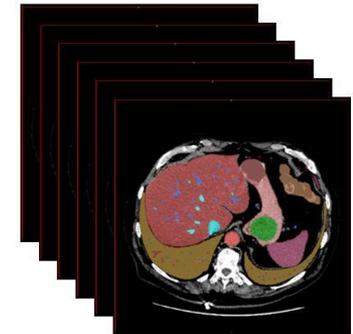


Quality: Double check



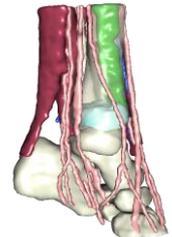
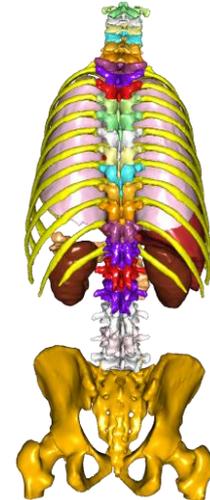
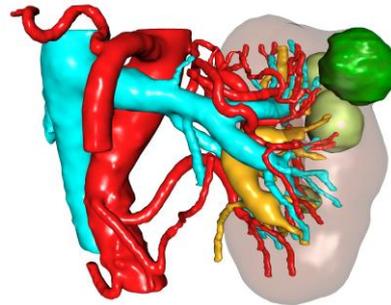
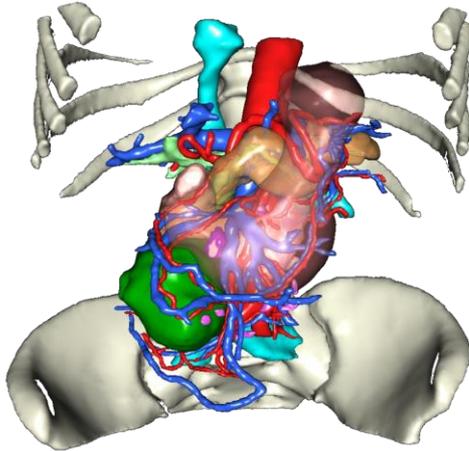
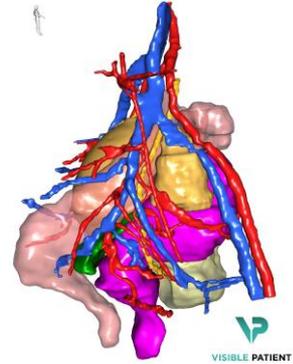
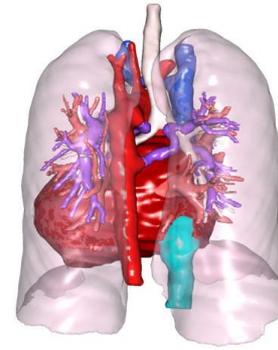
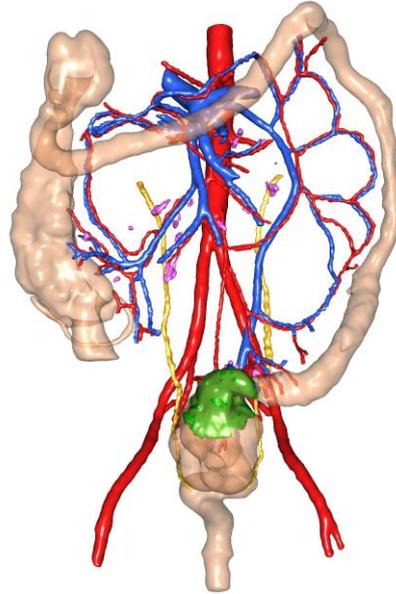
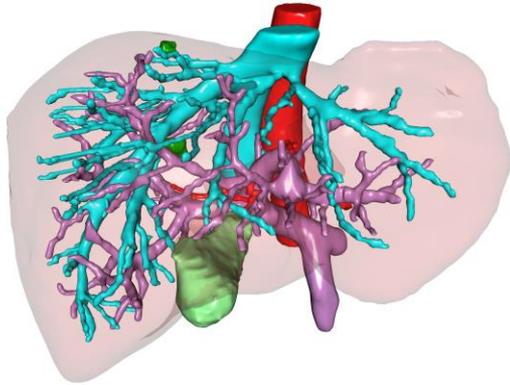
3

Le clone numérique 3D du patient est renvoyé



Certifié pour tout organe, adultes + enfants

VISIBLE PATIENT

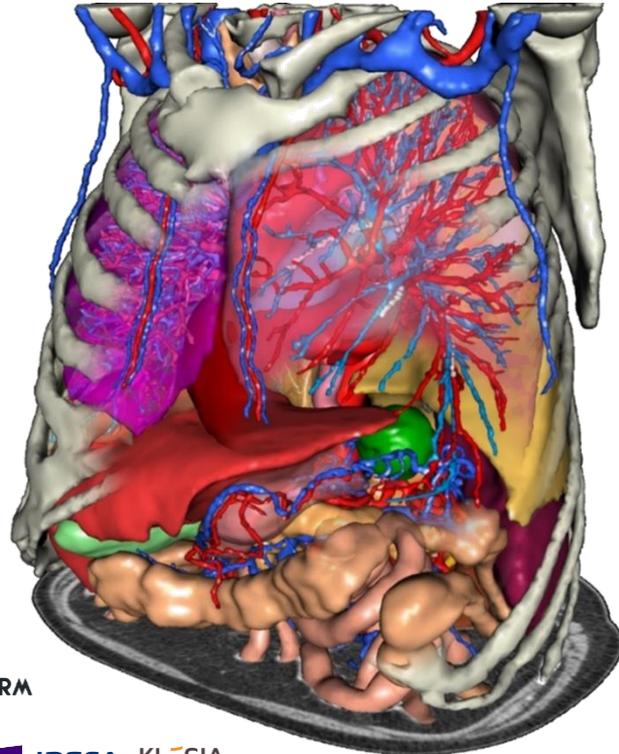


# Coverage in France

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 Cr dit Mutuel ARPEGE Energie MUTUELLE Groupama Harmonie mutuelle GROUPE vyv mmc mutest MTRL PRO BTP SANT CLAIR mon repaire santé

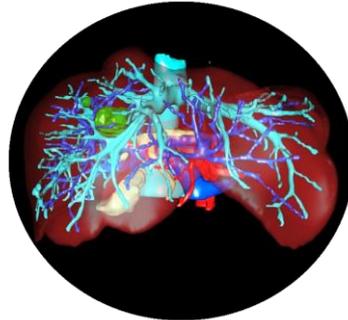


A GEO ANCRE Aon apgis AREAS baloo BCAC BESSÉ BPCE MUTUELLE carcept prev Carrefour assurance cetim CGRM collecteam COMPL VIE CPMS Diot DiotSiaci FORTEGO Génération Gerep Gestineo GMF Hélium HEMOS SANTÉ Henner INT RIALE IPECA KL SIA LA BANQUE POSTALE Lamie LUXIOR logo maaf logo MAPA m.b.a meilleurtaux 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



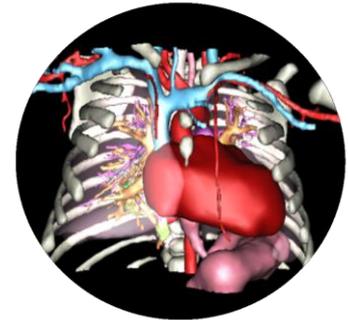
Thorax



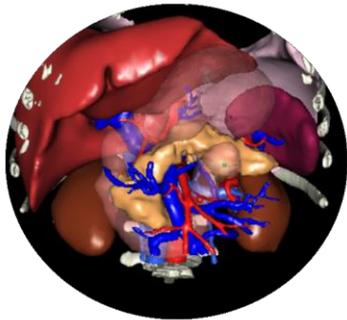
Foie



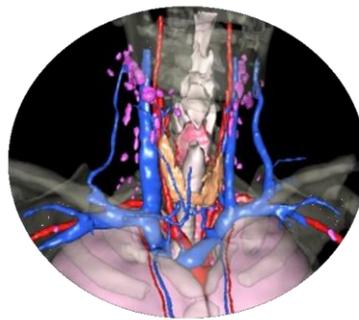
Urologie



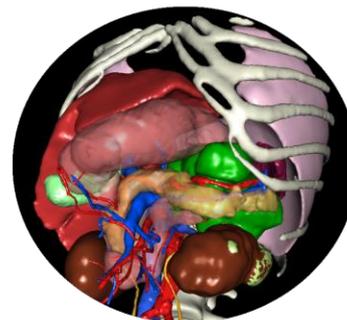
Pédiatrie



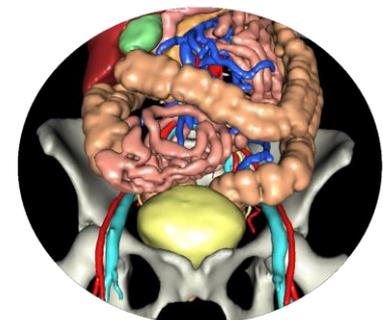
Pancréas



ParaThyroïde



Surrénales



Colorectal

# Exemple d'utilisation de la solution Visible Patient

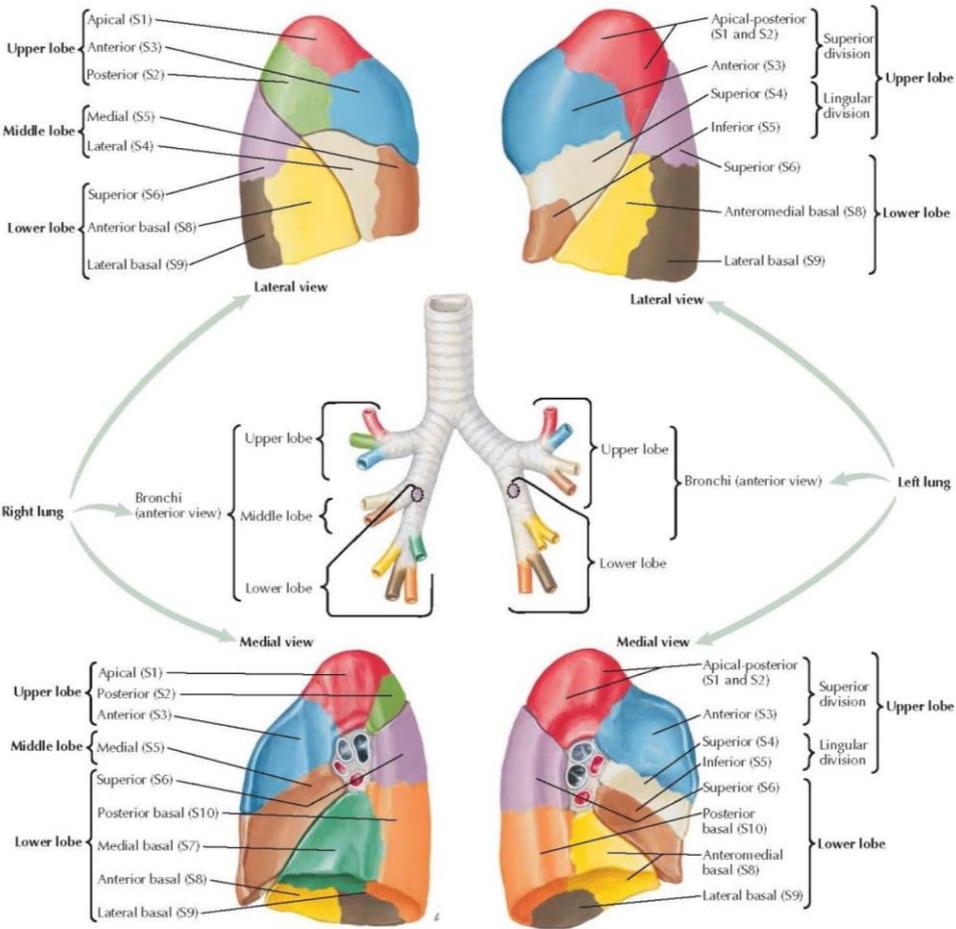
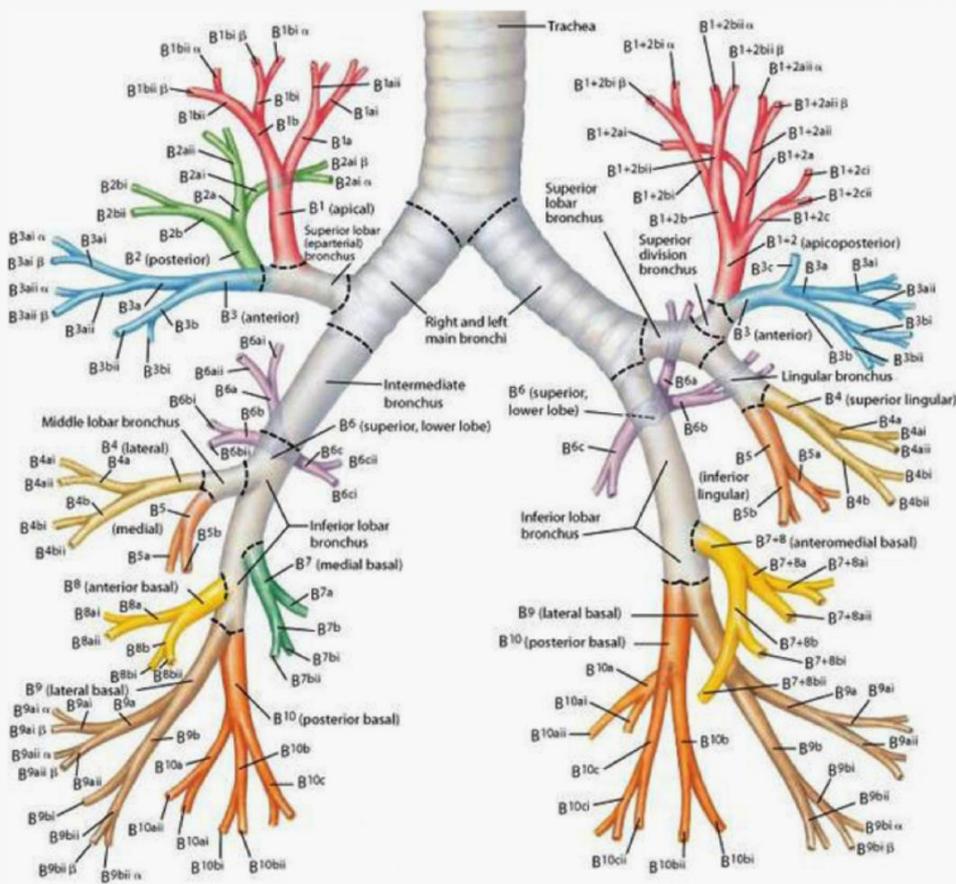
## VP Planning : Logiciel de planification pré-opératoire

<https://www.visiblepatient.com>

- Dispositif médical certifié Classe II.a
- Logiciel sur PC Windows, MacOS
- Téléchargement gratuit sur : [www.visiblepatient.com](http://www.visiblepatient.com)
- Version Mobile iOS sur l'AppStore
- 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)

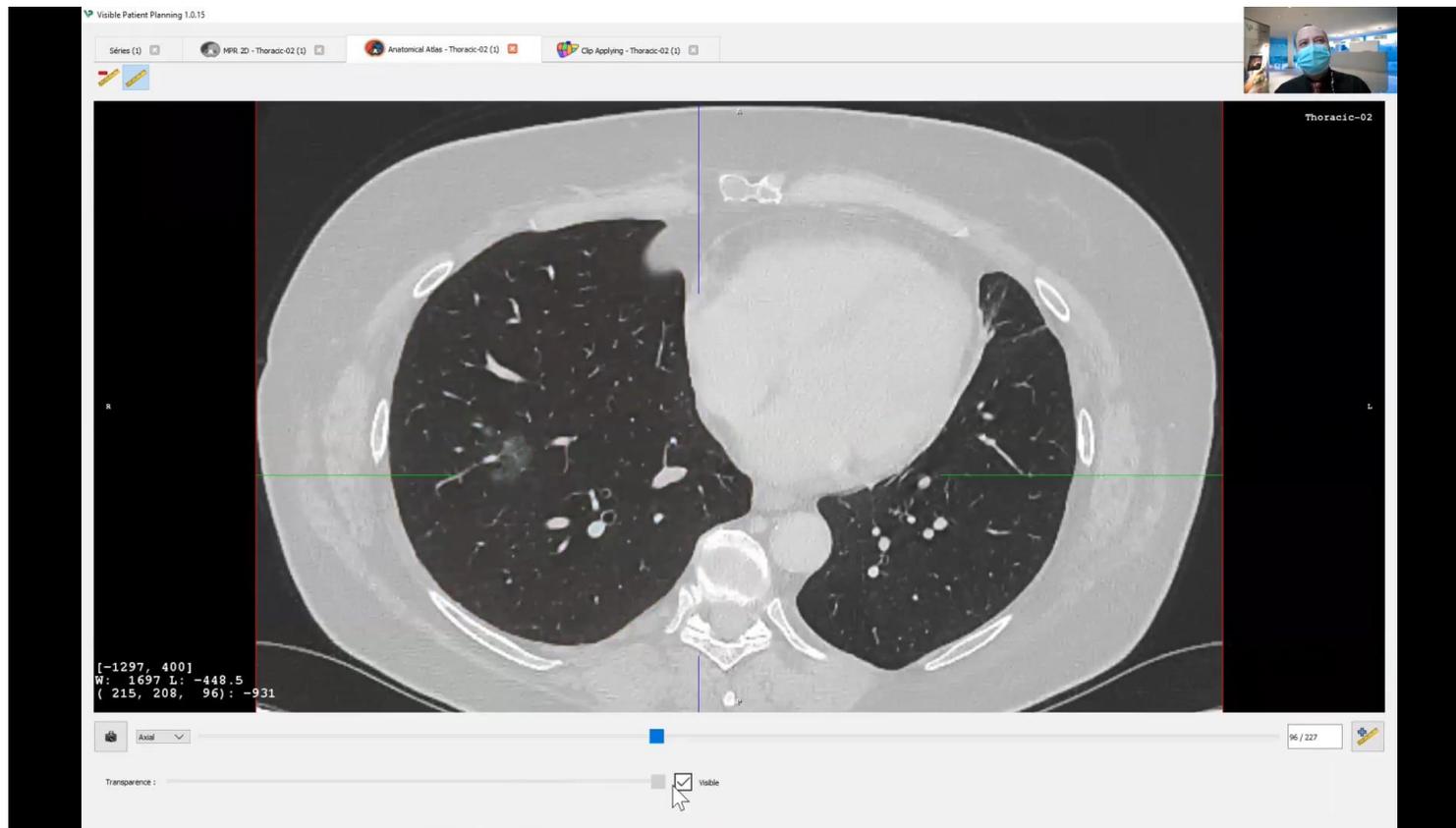
Patiente de 48 ans ayant déjà subie 2 lobectomies :

Lobectomie supérieure droite et lobectomie supérieure gauche



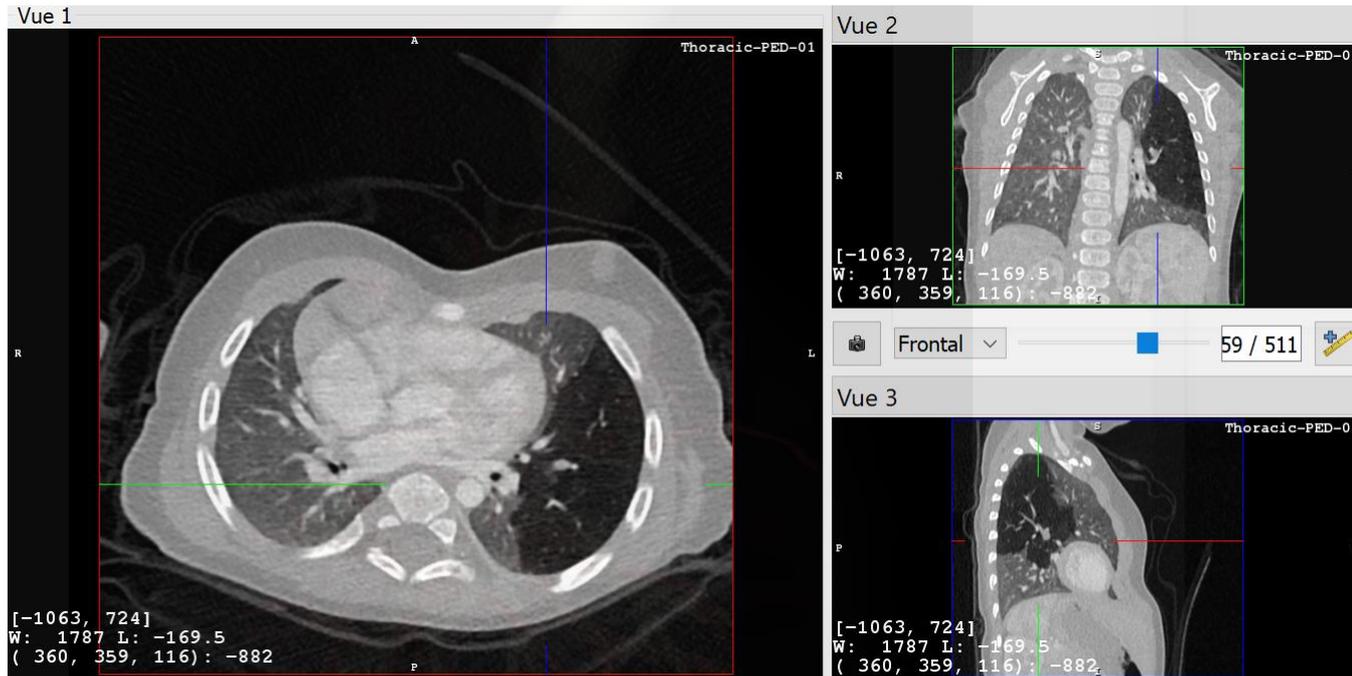
**Nouvelle  
lobectomie  
impossible**

# Chirurgie Pulmonaire: exemple 01

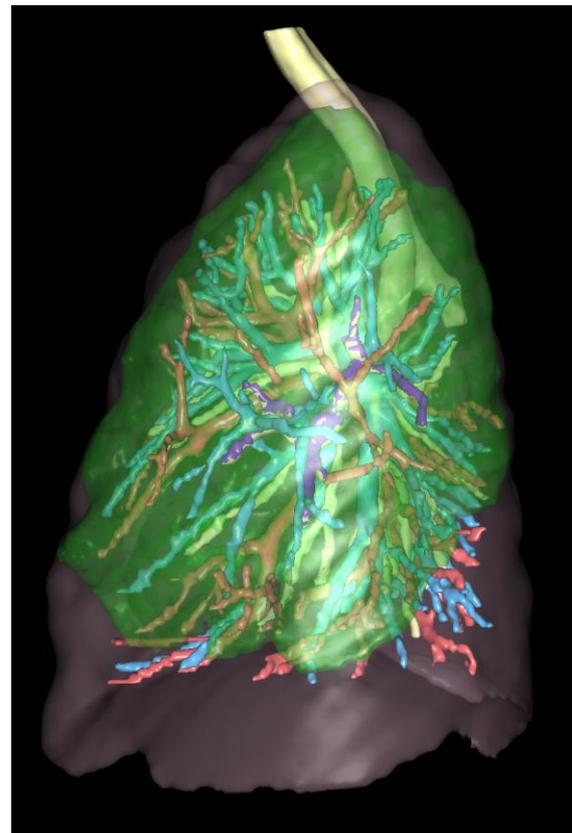
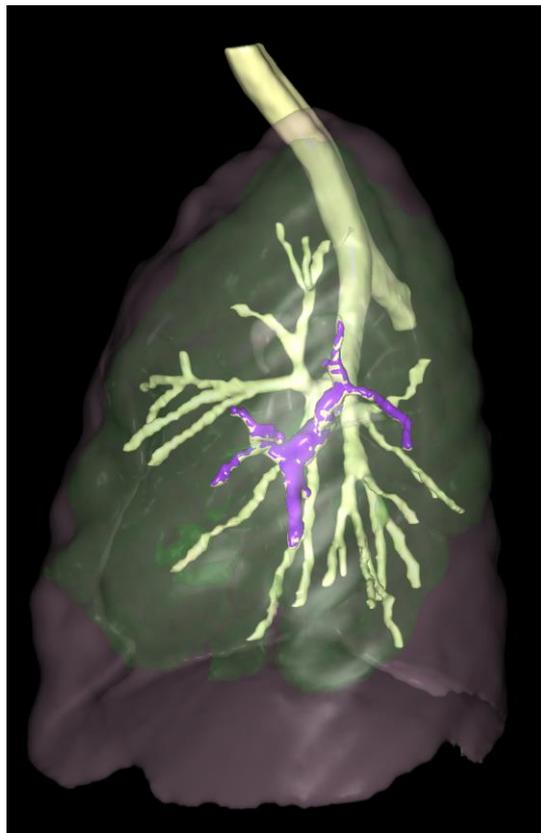
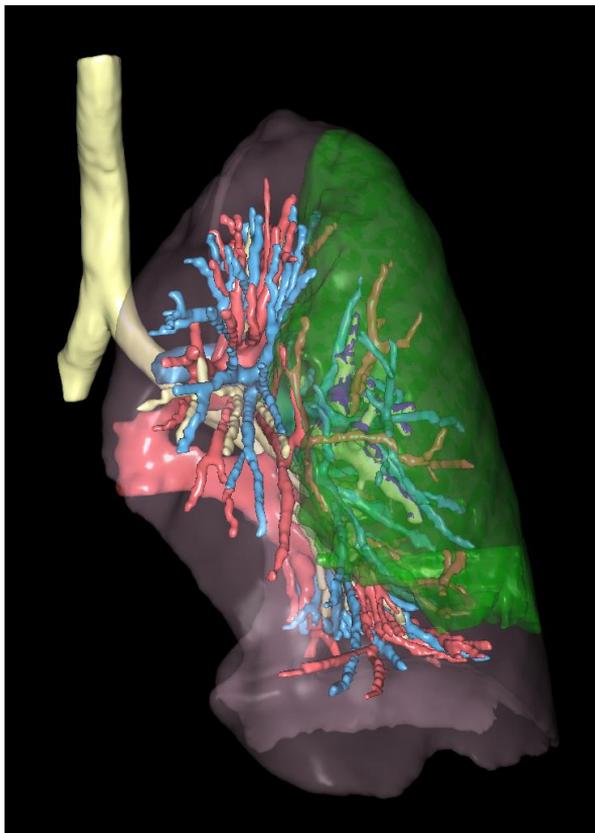


# Chirurgie Pulmonaire: Exemple pédiatrique

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.

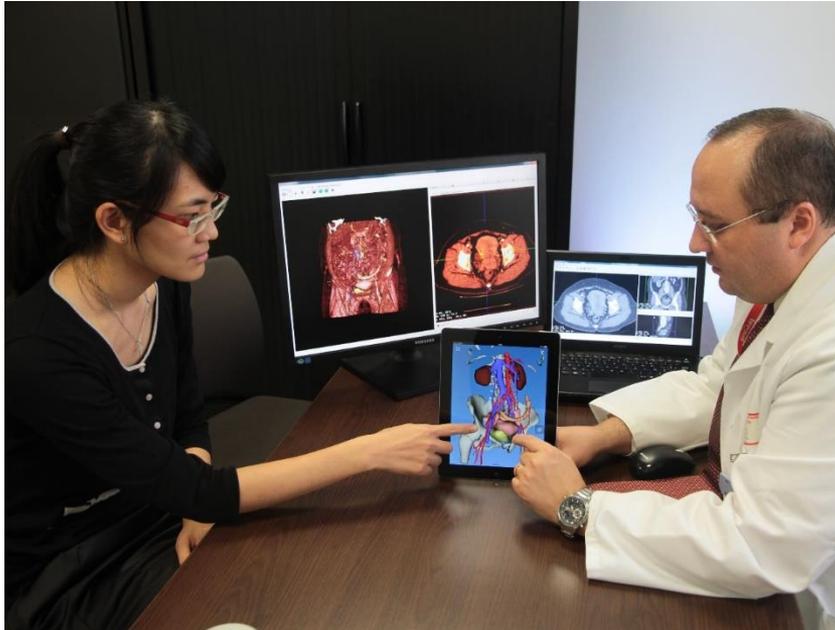


# Chirurgie Pulmonaire: Exemple pédiatrique



# multiples bénéfiques des modélisations 3D

Améliore la communication  
patient



Améliore le partage et  
l'échange entre experts



# Utilisation des modélisations 3D pendant l'opération

FDA  
510(k)

CE  
0459

Intraoperative use



Plug & Play with robot



**VISIBLE PATIENT**

# Integration in Robodans le robot: GPS

FDA  
510(k)

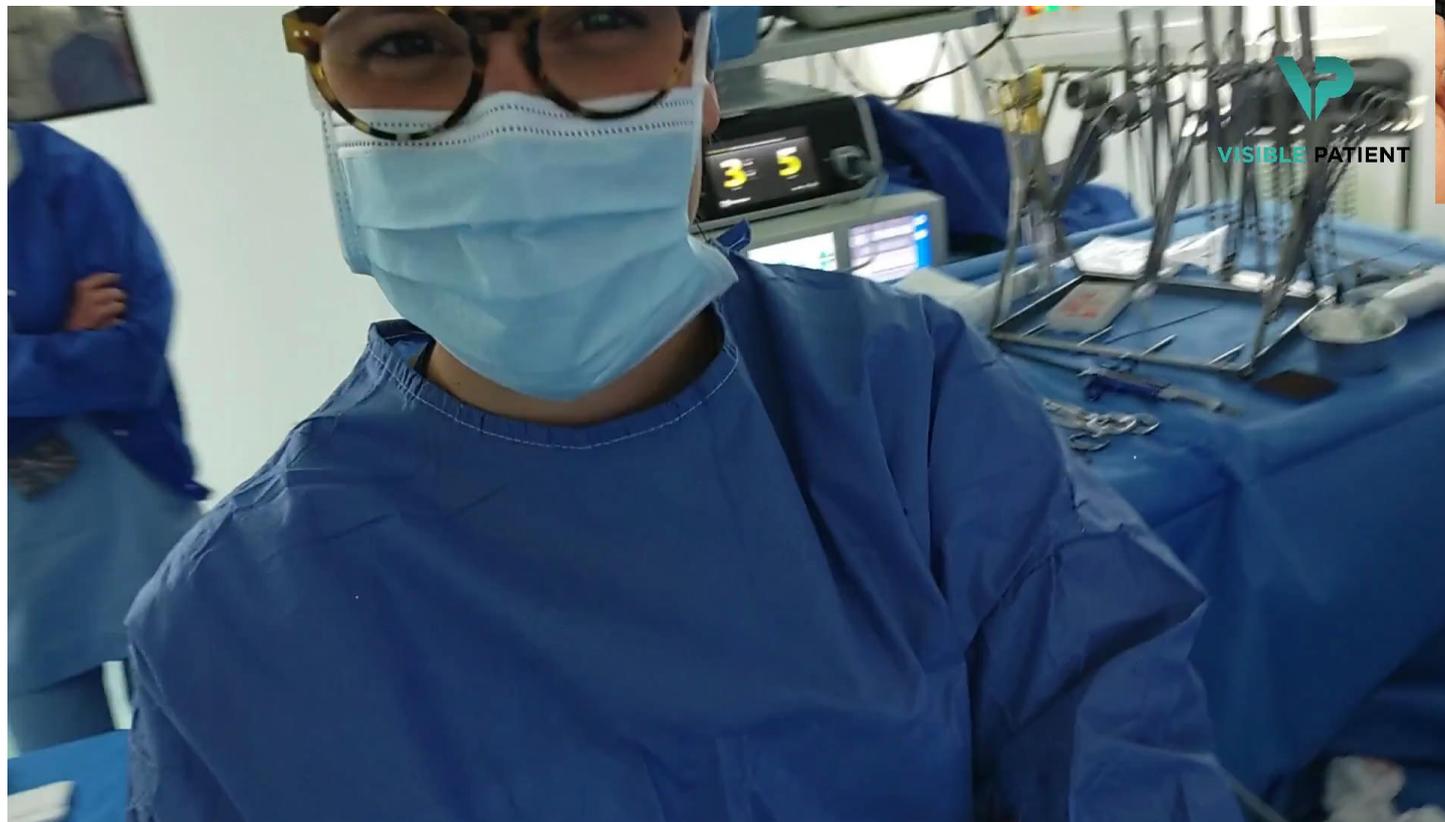
CE  
0459



# Une solution possible: devenir un iron-surgon



# The Iron-Surgeon : La chirurgie digitale

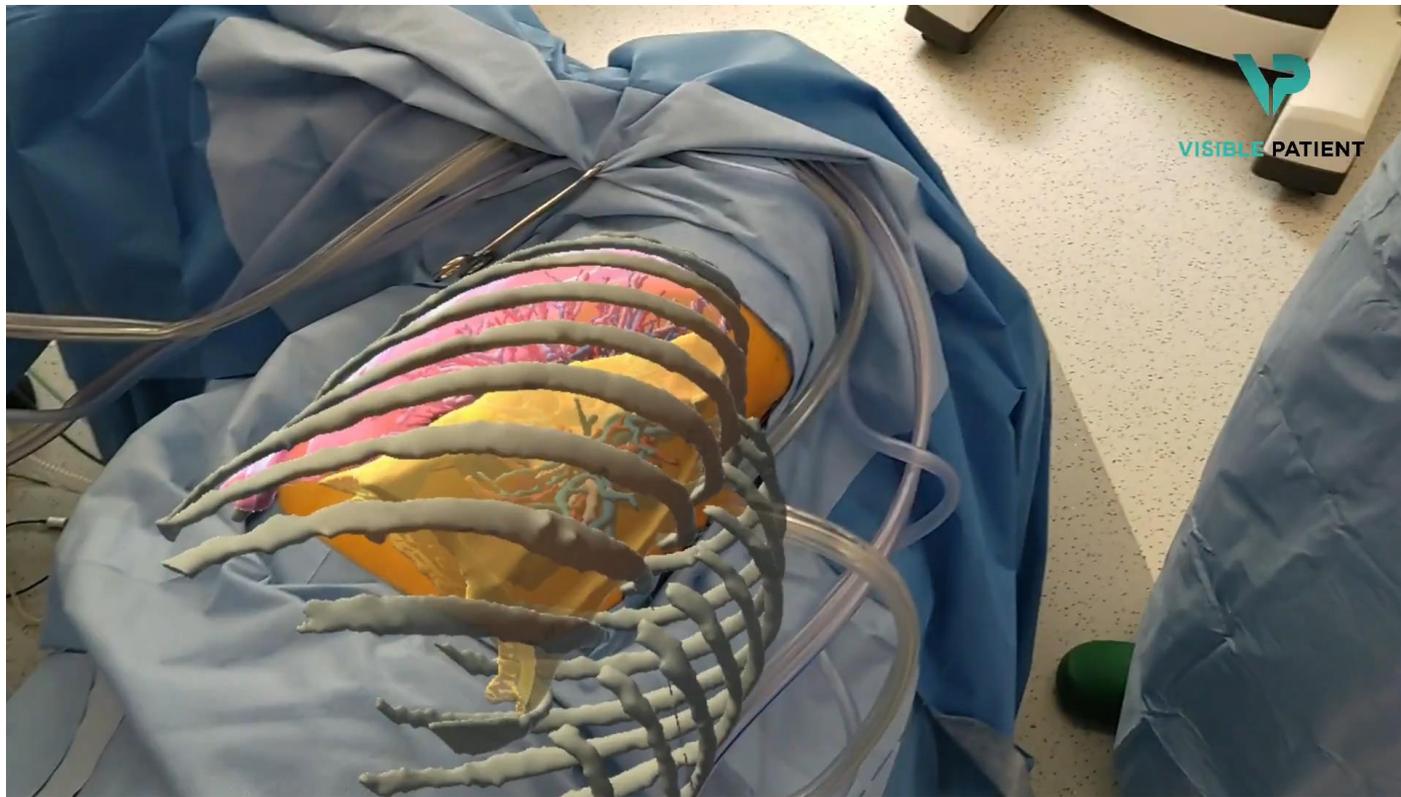


**ETHICON** Prof. De Latour, Chirurgie thoracique, CHU Rennes

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

**STORZ**  
KARL STORZ – ENDOSKOPE

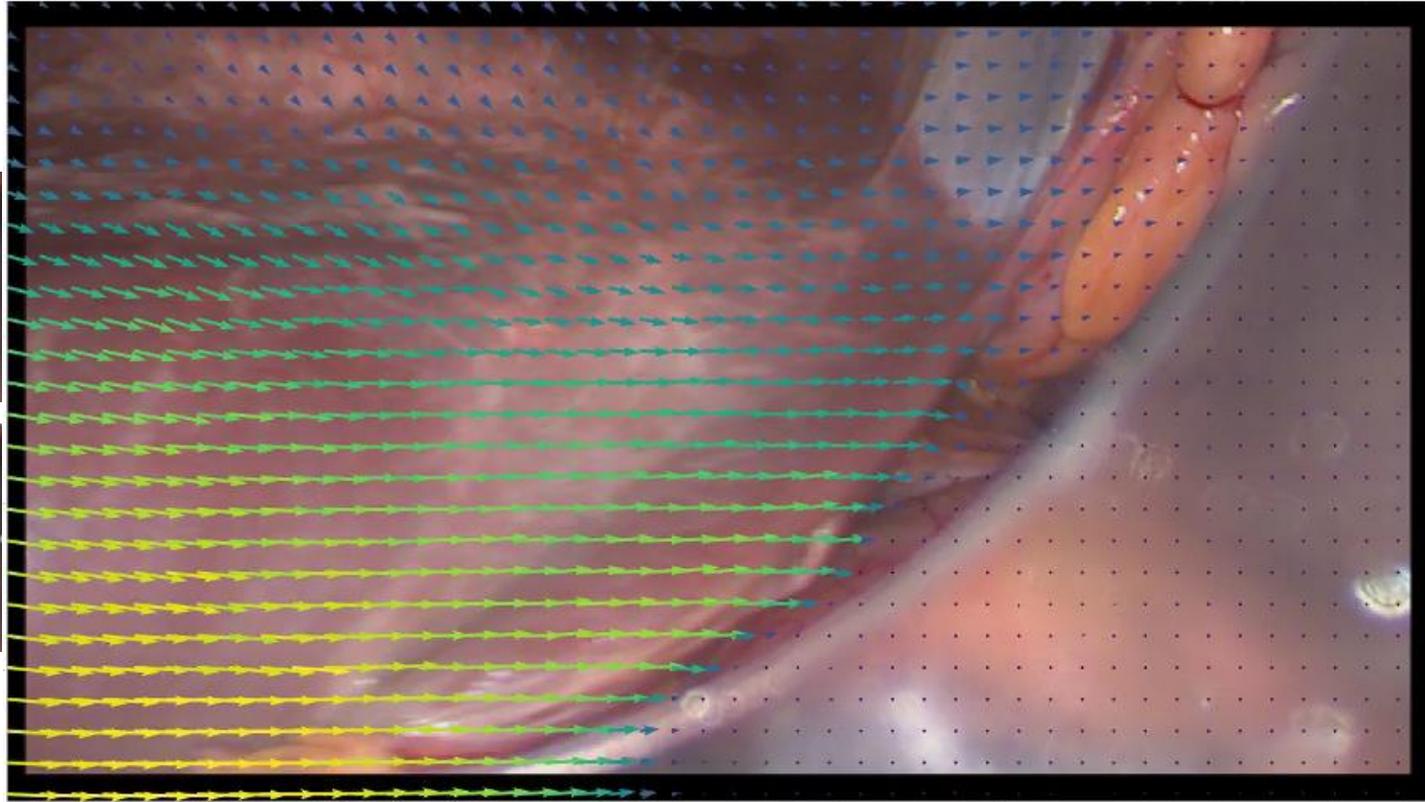
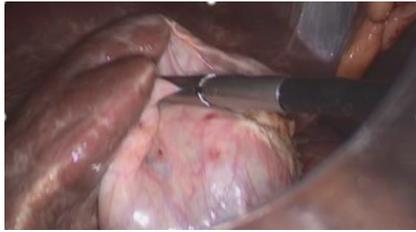
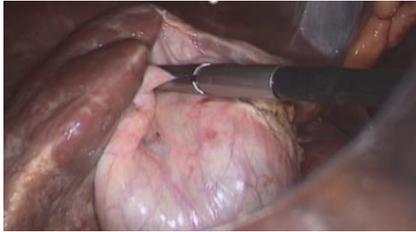
**SIEMENS**



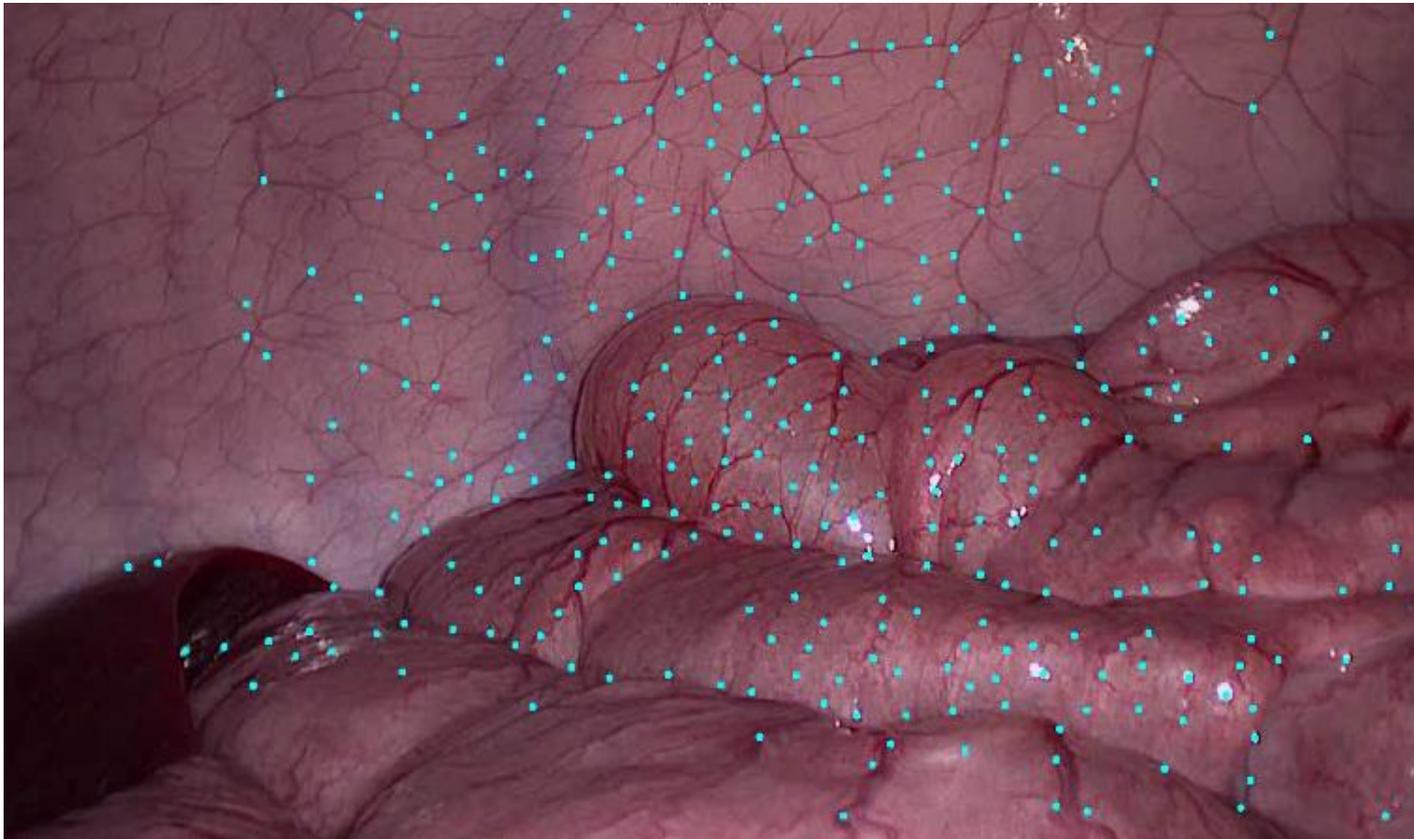
# Concept of GPS with (or without) satellite



# The Surgeon GPS : analysis of organ movements

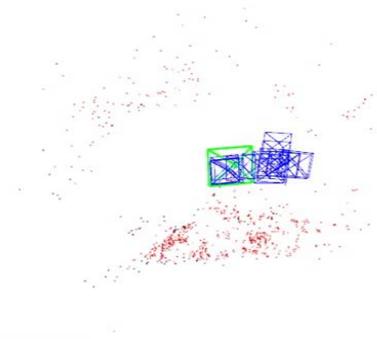


# The Surgeon GPS : analysis of organ movements

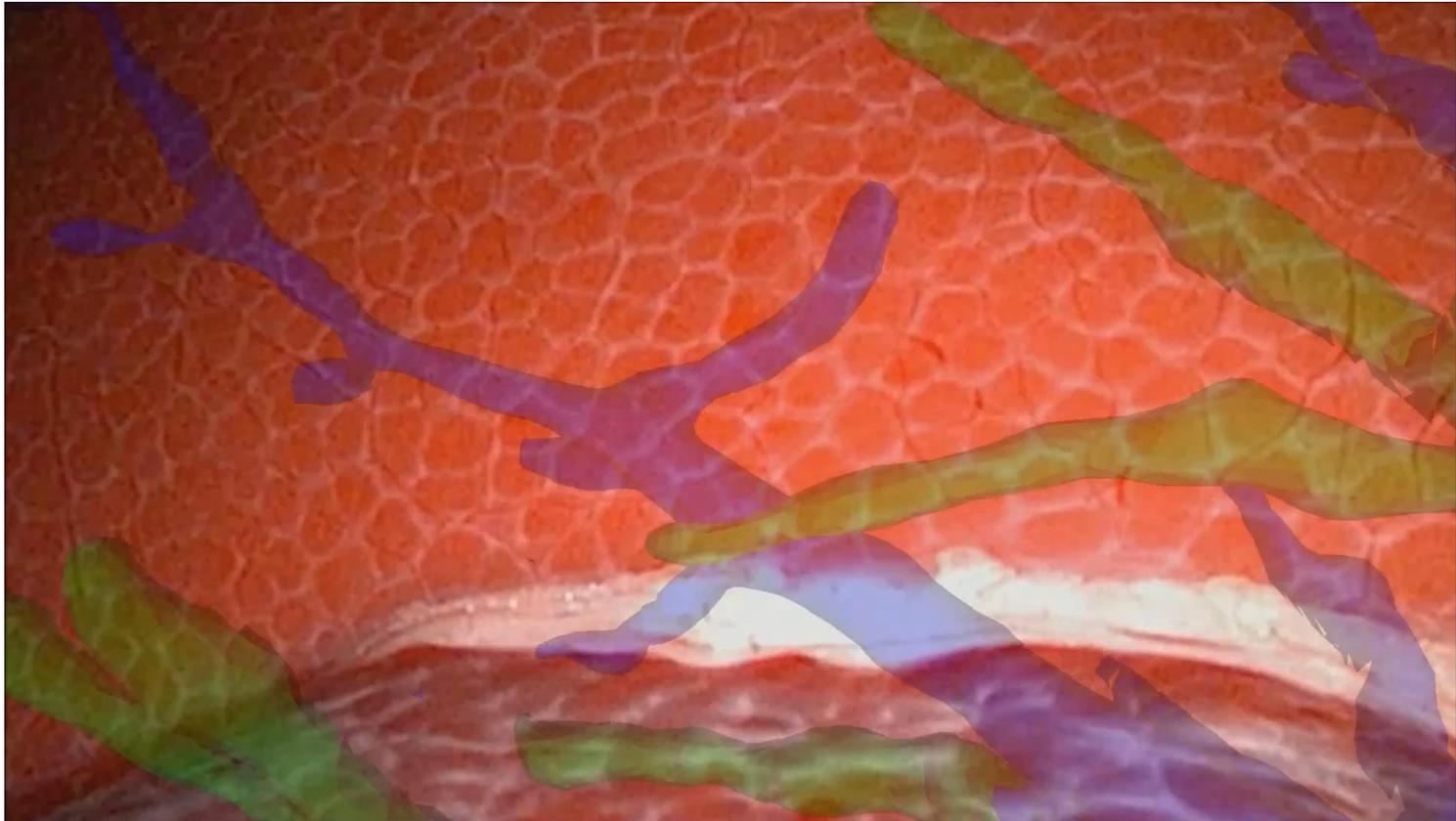


# The Surgeon GPS : analysis of organ movements

- 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



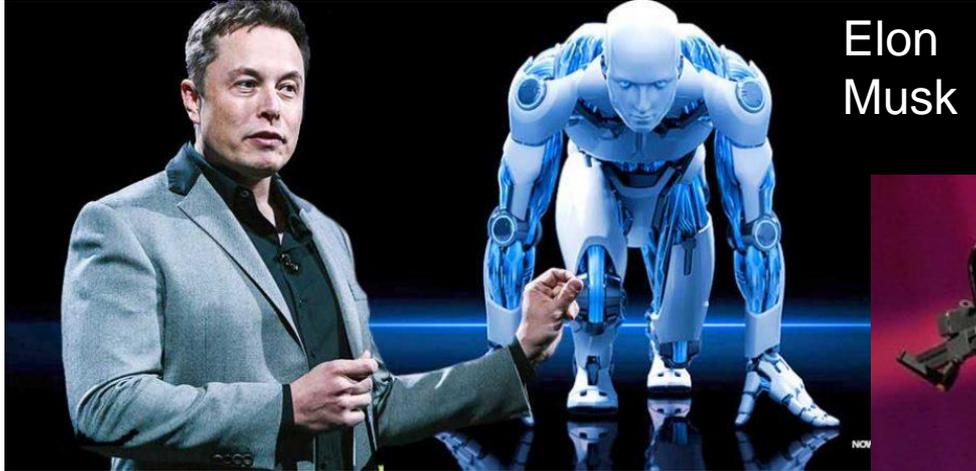
Mountney P et. al., An augmented reality framework for soft tissue surgery,  
*Med Image Comput Assist Interv.* 2014;17(Pt 1):423-31

# Première étape de la chirurgie digitale



# Les dangers de l'IA ?

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

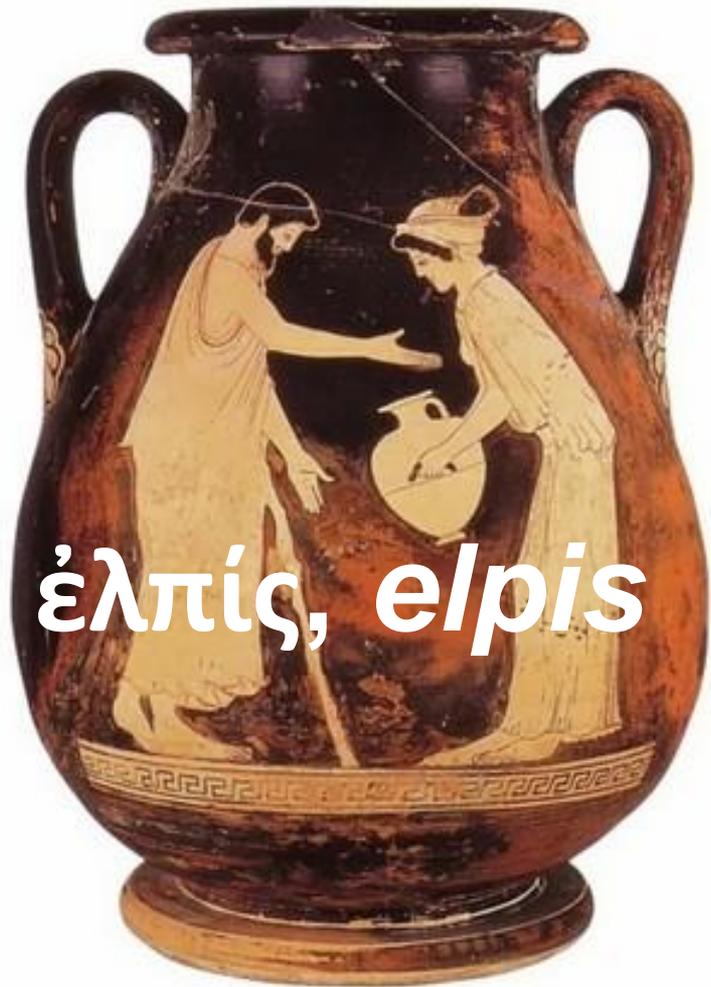


Elon  
Musk

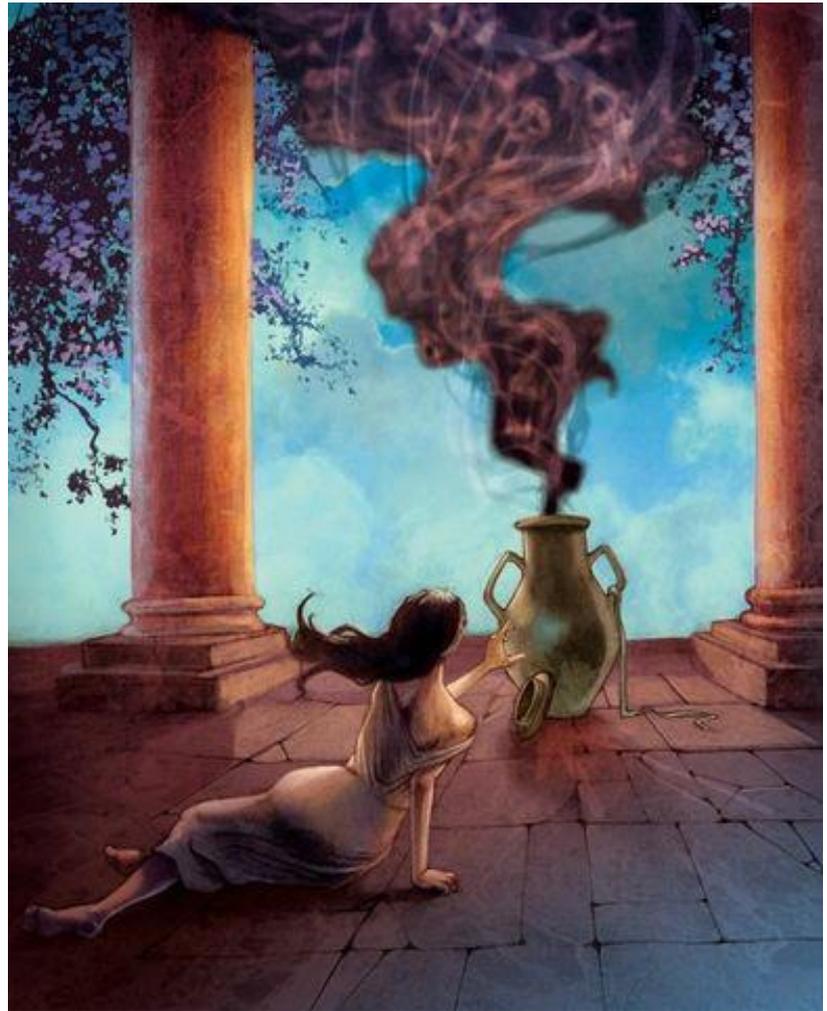


Stephen  
Hawking





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](http://www.visiblepatient.com)

## **VISIBLE PATIENT**

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

[contact@visiblepatient.com](mailto:contact@visiblepatient.com)

[www.visiblepatient.com](http://www.visiblepatient.com)

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

