

Chaire Informatique et sciences numériques



8. Réalité virtuelle, simulation et perspectives

Nicholas Ayache

17 juin 2014

Collège de France



Le patient numérique personnalisé
Images, médecine et informatique



**COLLÈGE
DE FRANCE**
— 1530 —

Cours et séminaires

- 29 avril 2014 **Sciences des images médicales : les grandes classes de problèmes + recalage**
Chirurgie du futur guidée par l'image numérique, Jacques Marescaux, *IHU Strasbourg, IRCAD*
Cardiologie du futur à l'ère du patient numérique, Michel Haïssaguerre, *CHU Bordeaux, Université Victor-Segalen, IHU LIRYC*
- 6 mai 2014 **Se repérer dans les images : recalage et segmentation**
Mesurer le cerveau numérique, Jean-François Mangin, *Neurospin Saclay*
Reconstruction d'organes dans les formes, Hervé Delingette, *Inria, Sophia Antipolis*
- 13 mai 2014 **Variabilité anatomique et fonctionnelle : atlas statistiques**
Phénotype, fonction et génotype, Bertrand Thirion, *Inria Saclay Île-de-France, CEA, DSV, I2BM, Neurospin*
Statistiques de formes et variétés anatomiques, Xavier Pennec, *Inria Sophia Antipolis*
- 20 mai 2014 **La dimension temporelle : quantifier une évolution**
La neuro-imagerie à l'ère du patient numérique, Stéphane Lehericy, *IHU Pitié Salpêtrière*
Biomarqueurs d'imagerie dans les pathologies cérébrales, Christian Barillot, *CNRS, Inserm, Inria Rennes*
- 27 mai 2014 **Imagerie des tumeurs : modèles biophysiques pour mesurer et prédire**
Neurochirurgie guidée par l'image, Emmanuel Mandonnet, *Hôpital Lariboisière*
Radiothérapie guidée par l'image, Jocelyne Troccaz, *TIMC Grenoble, CNRS*
- 03 juin 2014 **Imagerie microscopique in vivo : mosaïques numériques et indexation**
Les enjeux médicaux de l'endomicroscopie, Jean-Paul Galmiche, *CHU Nantes*
Des étoiles aux cellules, de la recherche à l'entreprise, Sacha Loiseau, *Mauna Kea Technologies*
- 10 juin 2014 **Le cœur numérique personnalisé : diagnostic, pronostic et thérapie**
Images et signaux cardiaques : état de l'art et futur, Pierre Jaïs, *CHU Bordeaux, Université Victor-Segalen, IHU LIRYC*
Vers un système vasculaire numérique, Jean-Frédéric Gerbeau, *Inria UPMC*
- 17 juin 2014 **Réalité virtuelle, simulation, et perspectives**
Réalité augmentée en endoscopie et chirurgie, Luc Soler, *IRCAD/IHU, Strasbourg*
Simulation en médecine : présent et futur, Stéphane Cotin, *Inria*

Le dernier cours...

8. Réalité virtuelle, simulation et perspectives

7. Le cœur numérique personnalisé

6. Imagerie microscopique *in vivo*

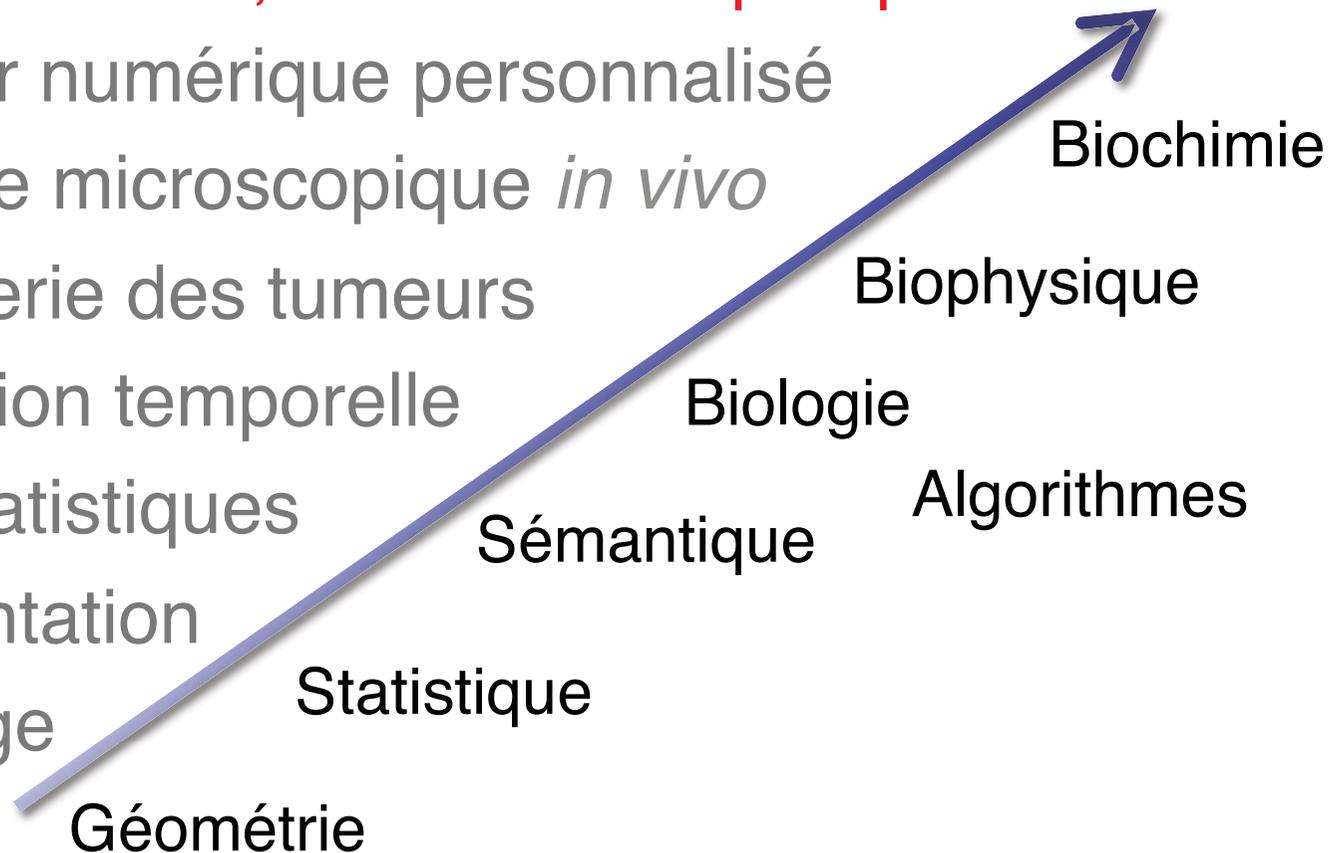
5. L' imagerie des tumeurs

4. Dimension temporelle

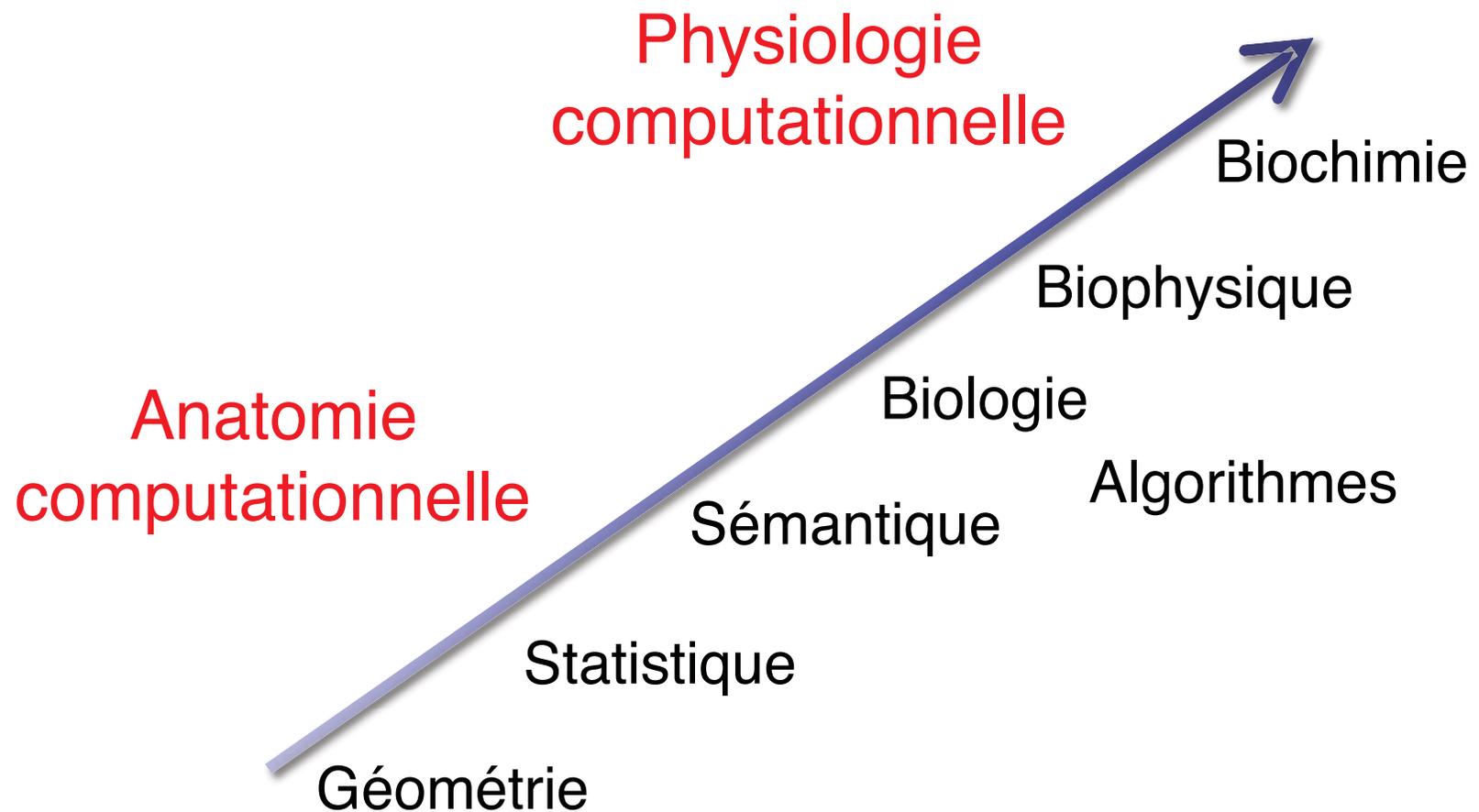
3. Atlas statistiques

2. Segmentation

1. Recalage



Le patient numérique



Plan

- réalité augmentée (introduction)
- réalité virtuelle (introduction)
- simulation (nouvelles formes de)
- perspectives (le futur)

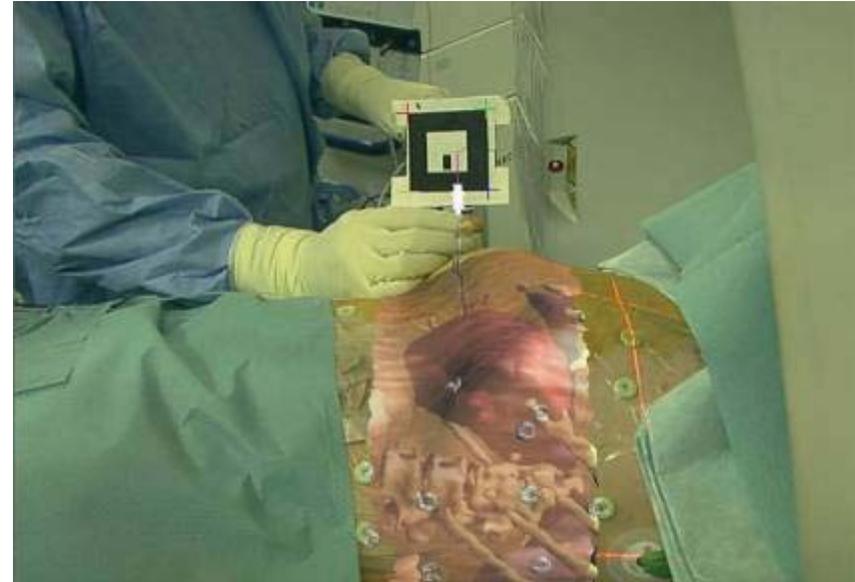
Réalité augmentée



Magritte : *La condition humaine*

Un problème de fusion d'images

Réalité augmentée



- fusion d'images pré-op et per-op (-ératoires)

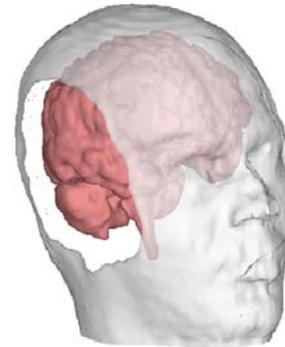
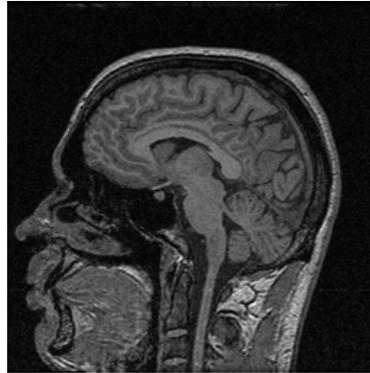
S. Nicolau, Xavier Pennec, Luc Soler, X. Buy, A. Gangi, Nicholas Ayache, and J. Marescaux. *An Augmented Reality System for Liver Thermal Ablation: Design and Evaluation on Clinical Cases*. *Medical Image Analysis*, 2009.

Recalage d'images

- Mettre en correspondance une image 3-D avec une image projective 2-D
- Cas rigide :
 - rotation + translation : 6 ddl à estimer
 - projection connue après étalonnage de la caméra
- Algorithmes de prédiction-vérification d'hypothèses (cf. cours 1)
 - Marqueurs anatomiques ou artificiels pour guider la prédiction d'hypothèses

Images pré- et per-opératoires

- IRM pré-op



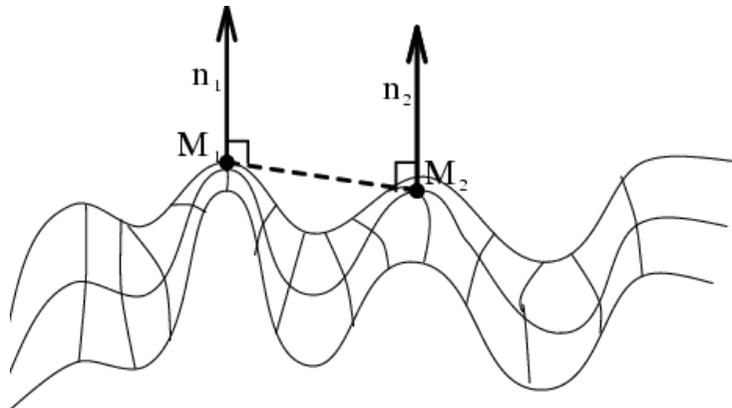
- Vidéo stéréo



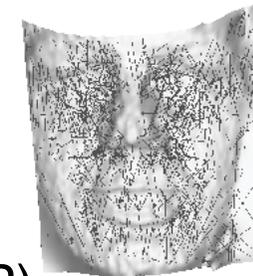
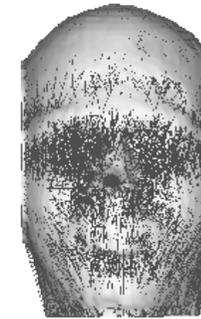
J. Feldmar, N. Ayache, F. Betting, F. Devernay CVRMed 95

Bitangentes

- Couples de points partageant le même plan tangent (invariants pour les transformations rigides)

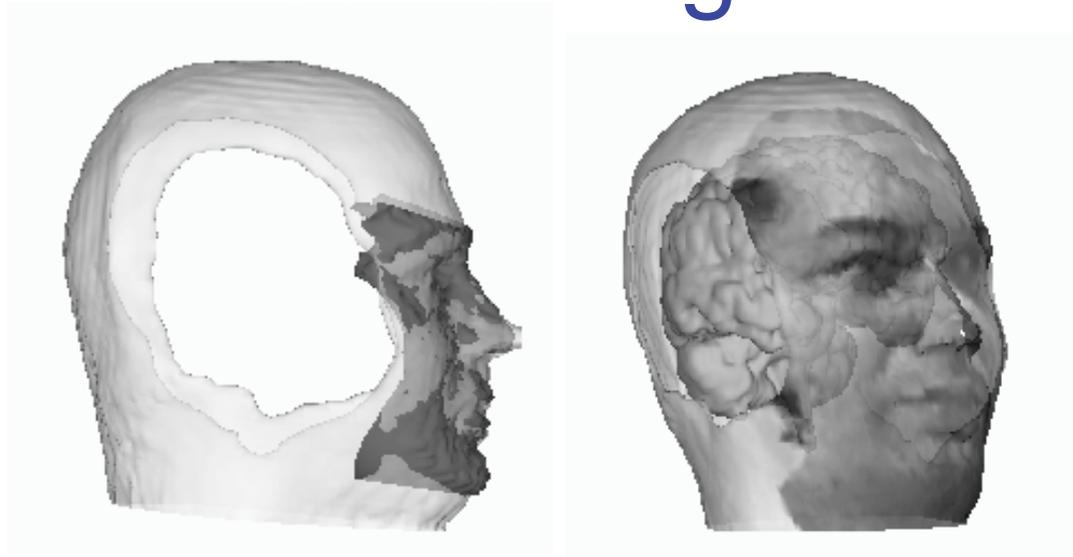


- Prédiction d'hypothèses plausibles
- Vérification :
 - algorithme du point le plus proche itéré (ICP)



J. Feldmar, N. Ayache, F. Betting, F. Devernay CVRMed 95

Réalité Augmentée



Surfaces recalées



IRM projetée dans les images vidéos

Feldmar et al. 1995

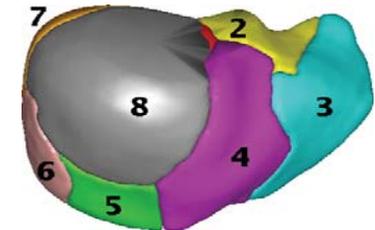
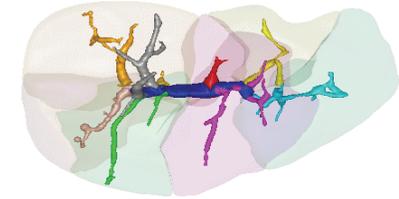
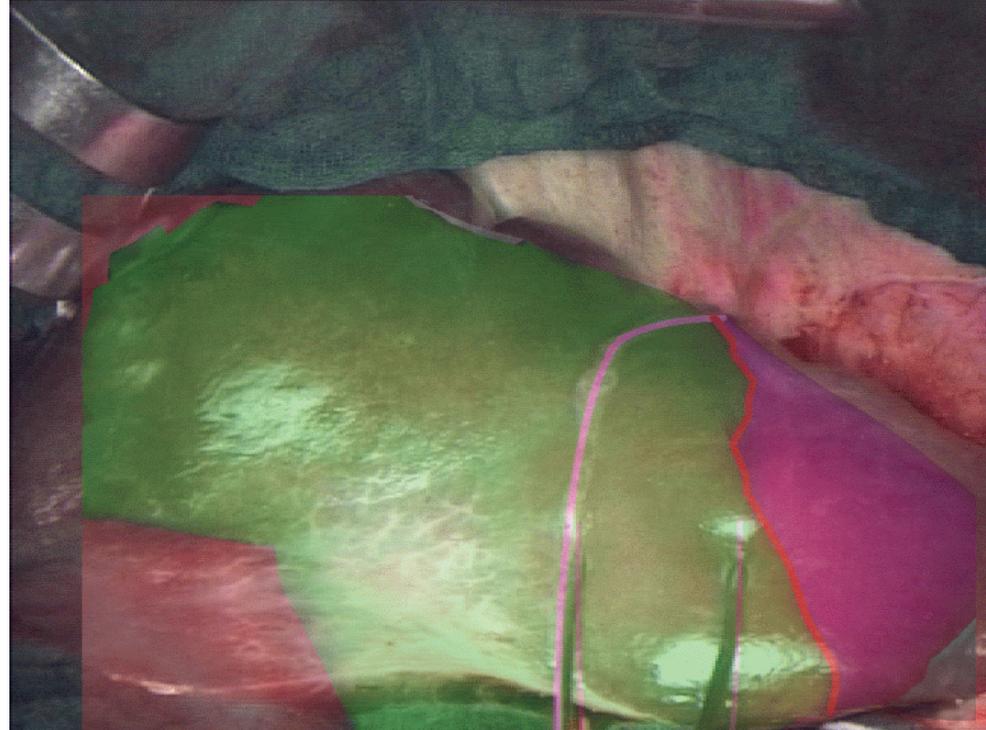
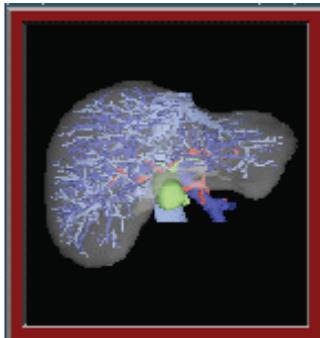
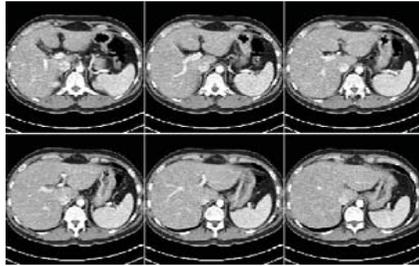
Réalité augmentée



Information mutuelle entre intensité vidéo et les 2 composantes de la normale de la surface du crâne dans l'image IRM

Wells WM, Viola P, Atsumi H, Nakajima S, Kikinis R. *Multi-Modal Volume Registration by Maximization of Mutual Information.* Medical Image Analysis, 1996

Réalité Augmentée: Chirurgie Hépatique



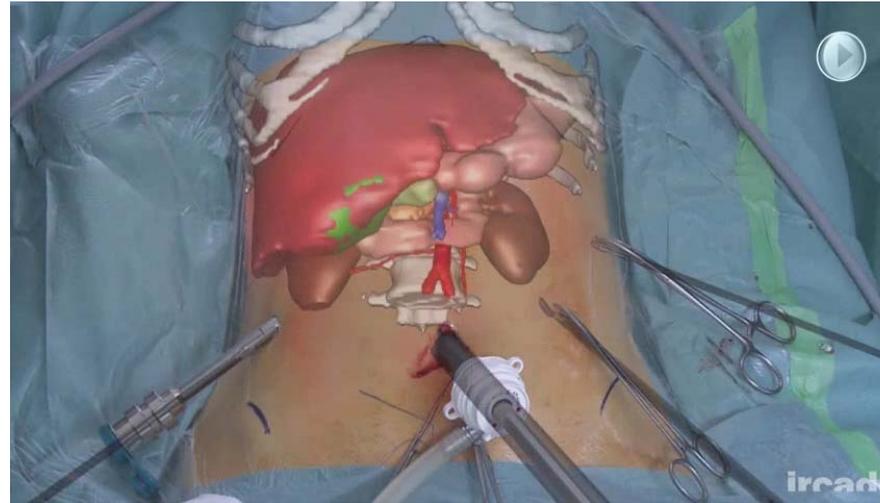
L. Soler 1998

Aujourd'hui

- Prendre en compte mouvements, changements topologie, et déformations
 - physiologie
 - interactions, etc.
- De 6 degrés de liberté à un nombre potentiellement infini
 - augmenter le nombre de marqueurs entre les images
 - modèle rigide par morceaux
 - modèle biomécanique (élastométrie)

Patient virtuellement transparent

Rigide par morceaux
+
changement
de topologie



Présentation
de
L. Soler



ihu
STRASBOURG

Nicholas Ayache
17 juin 2014

Le patient numérique personnalisé
Images, médecine & informatique



COLLÈGE
DE FRANCE
—1530—

15

Mouvement physiologique



Nicholas Ayache
17 juin 2014

Le patient numérique personnalisé
Images, médecine & informatique

Luc Soler



16

Patient virtuellement transparent

Grandes déformations

Accurate Tracking of Hepatic Tumors for Augmented Reality in Robotic Assisted Surgery

Nazim Haouchine, Jeremie Dequidt, Igor Peterlik, Erwan Kerrien,
Marie-Odile Berger and Stéphane Cotin

ICRA 2014 - Submission ID 1464



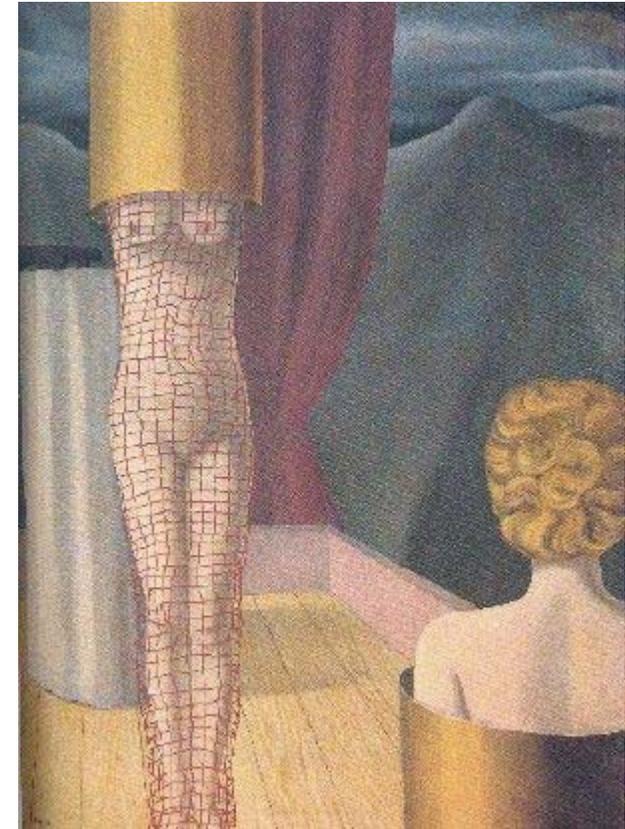
S. Cotin, M.O Berger et al.

Plan

- réalité augmentée (une introduction)
- **réalité virtuelle** (une introduction)
- simulation (nouvelles formes de)
- perspectives

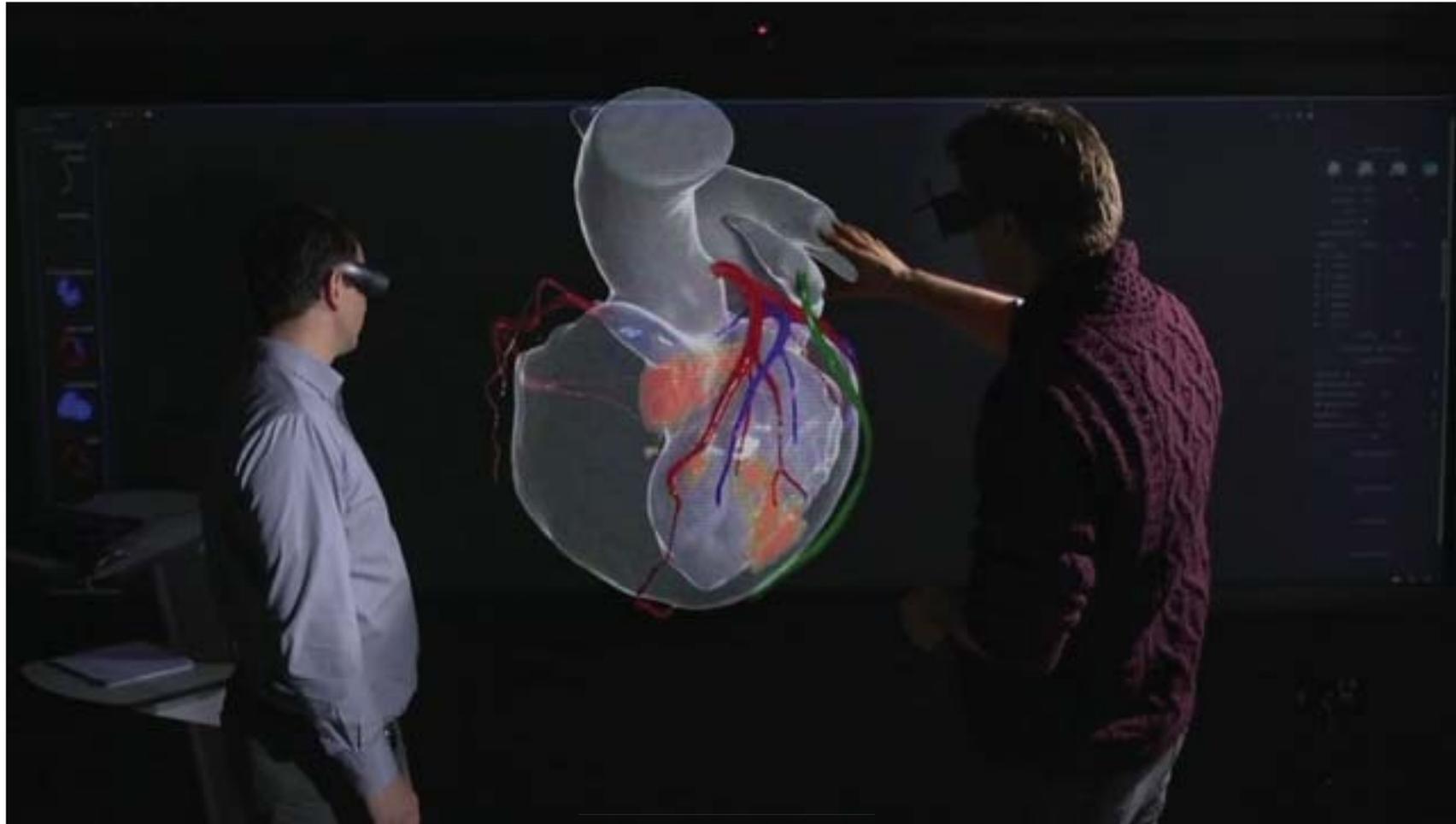
Réalité virtuelle

- Immersion sensorielle
 - retour visuel
 - retour d'effort
 - autres sens (auditif, ...)



Magritte
Les complices du magicien

Immersion visuelle



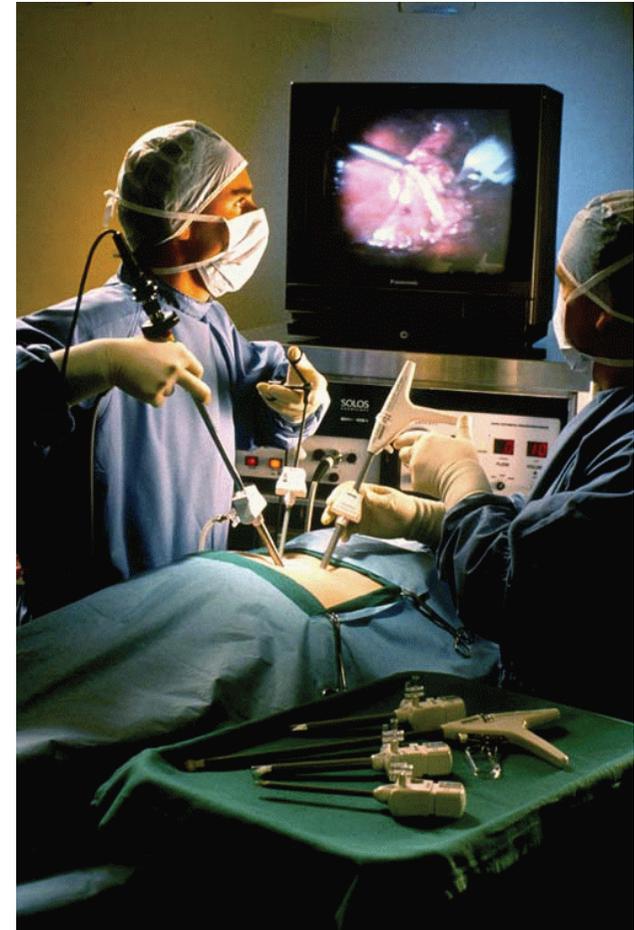
Maxime Sermesant



Hubert Cochet

Interagir

- D'une navigation visuelle à une interaction « physique » avec des organes numériques
- Simulation de chirurgie laparoscopique
- Coordination œil-main



Alternatives

- Simulateur mécanique passif
- Animaux (éthique, isomorphisme)
- Patients (courbe d'apprentissage)



© 1997 United States Surgical Corporation



© 1995 Universal Pictures



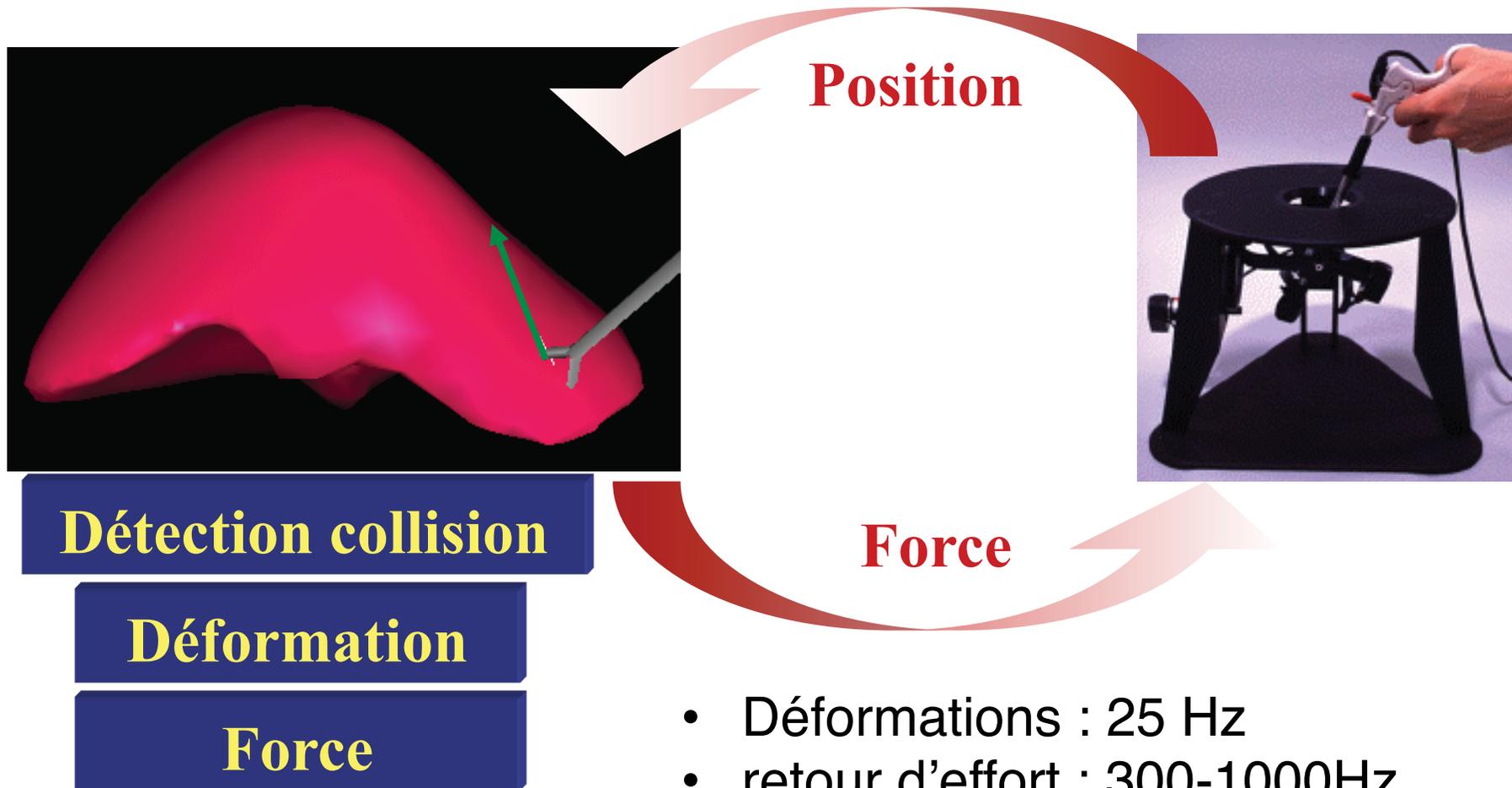
© 1997 United States Surgical Corporation

Modélisation biophysique

- Indispensable pour des interactions réalistes
 - Déformations (élasticité linéaire et non linéaire)
 - découpes
 - Retour d'effort



Performances requises



Premier système temps-réel

IEEE TRANSACTIONS ON
**VISUALIZATION AND
COMPUTER GRAPHICS**



Loi de
comportement
élastique des
tissus mous
(éléments finis)

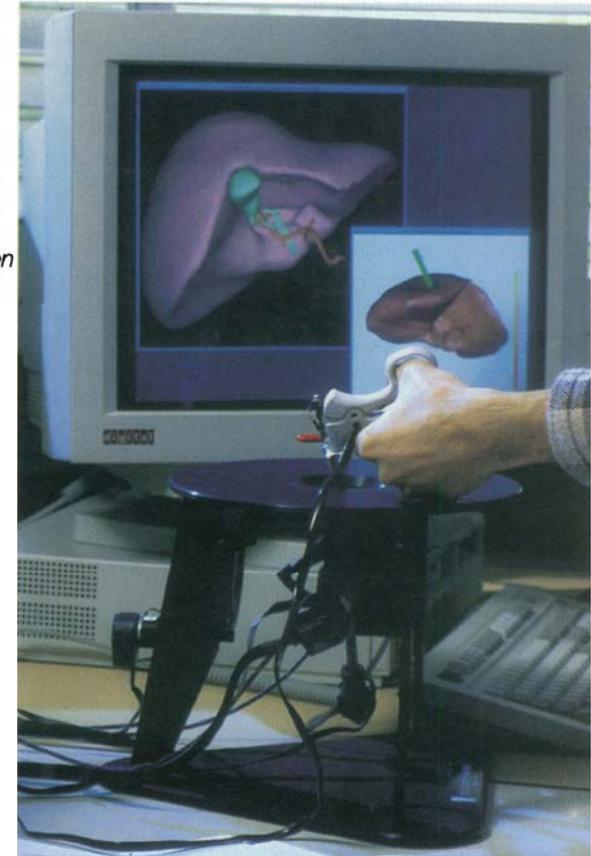
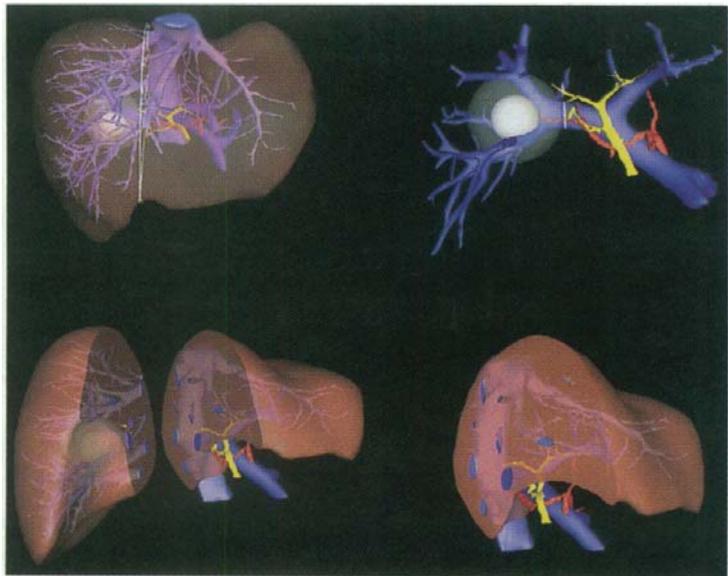
10 000 tétraèdres

S. Cotin, H. Delingette, and N. Ayache. *Real-time elastic deformations of soft tissues for surgery simulation*
IEEE Tr. on Visualization and Computer Graphics, 1999.

Virtual Reality Applied to Hepatic Surgery Simulation: The Next Revolution

Jacques Marescaux, MD,* Jean-Marie Clément,† Vincent Tasseti, MD,* Christophe Koehl,† Stéphane Cotin,‡
Yves Russier, MD,* Didier Mutter, MD,* Hervé Delingette, PhD‡, and Nicholas Ayache, PhD‡

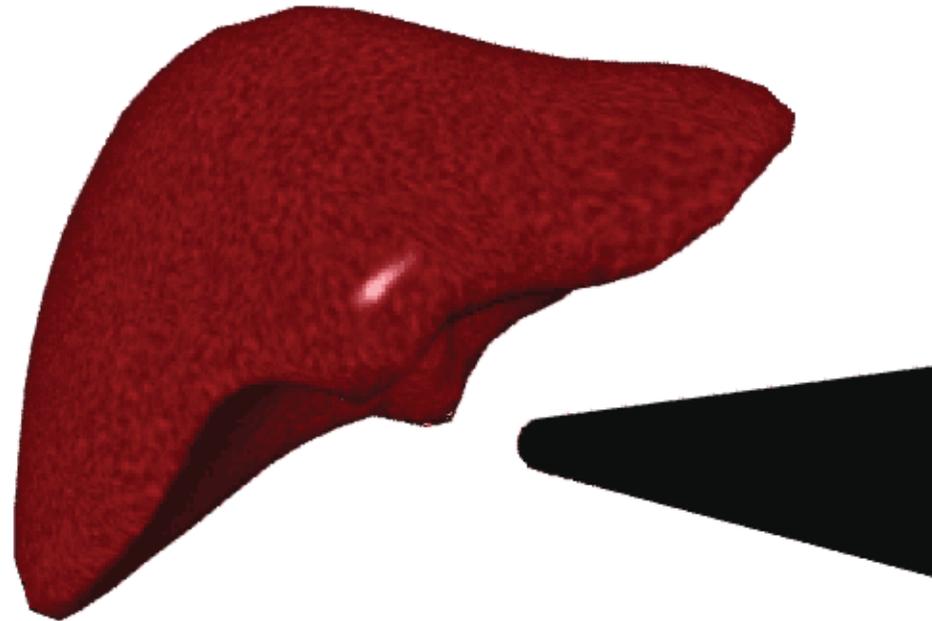
*From the *Department of Digestive and Endocrine Surgery, Université Louis Pasteur, Strasbourg, France; the †Institut de Recherche contre les Cancers de l'Appareil Digestif (IRCAD), Strasbourg, France; and the ‡Institut National de Recherche en Informatique et Automatique (INRIA), Groupe Epidaure, Sophia-Antipolis, France*



Texture



Magritte : *La découverte*

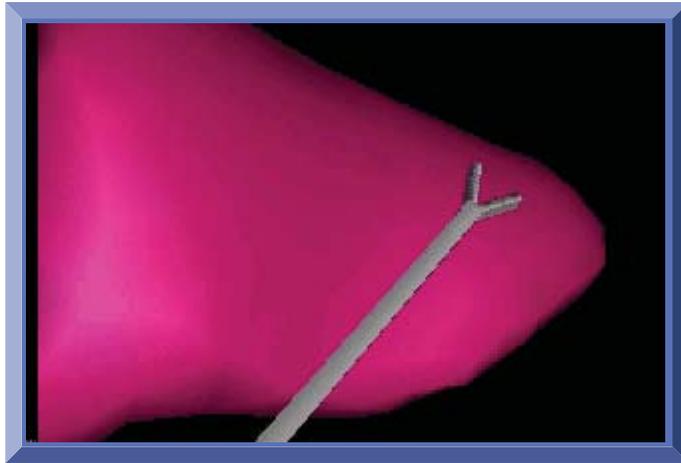


AISIM 1999
Epidaure iMAGIS Sinus

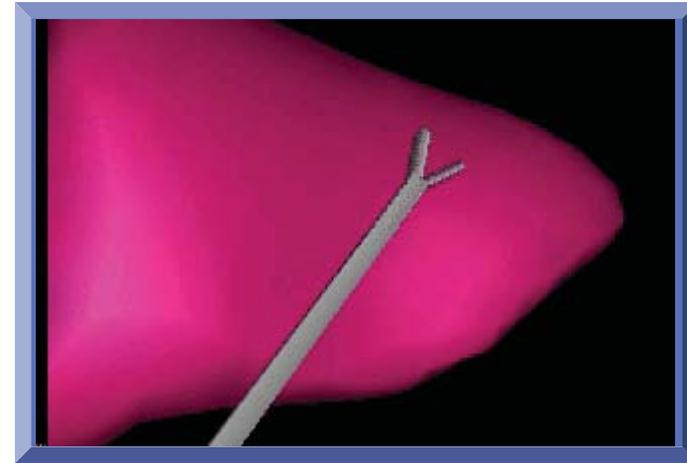
Collaboration avec
Marie-Paule Cani

Lombardo-Cani-Neyret, *Computer Animation' 99*
Neyret-Cani, *Siggraph' 99*

Contacts et découpes



glisser

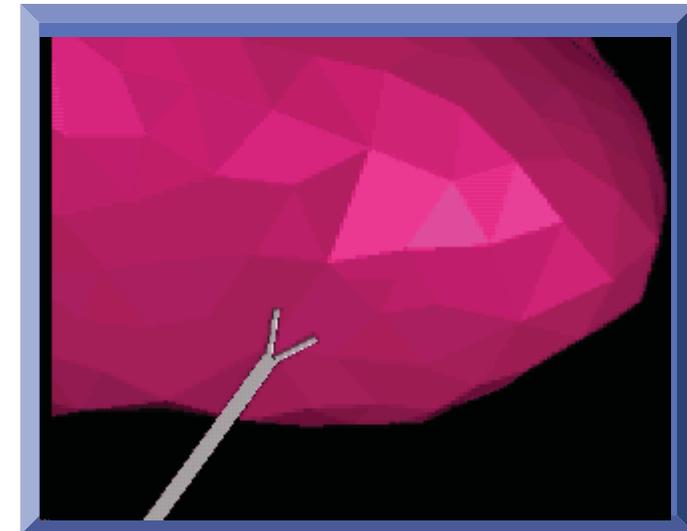


agripper



couper (pince)

changement
topologie



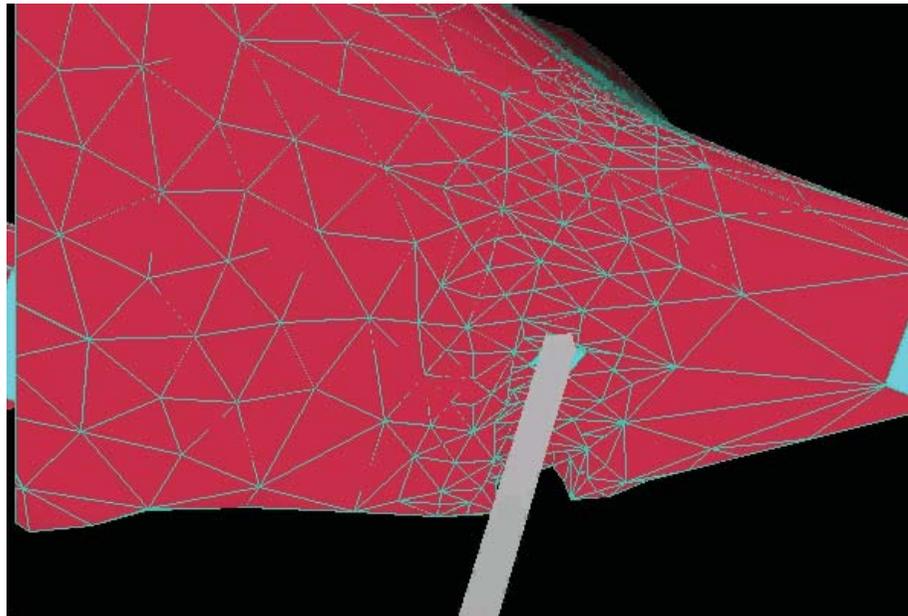
couper (ultrasons)

Masses-
tenseurs

Thèses de
S.Cotin
G. Picinbono
C. Forest

Modèles hybrides

- Élasticité linéaire en petite déformation
- non-linéaire au dessus d'un seuil de déformation

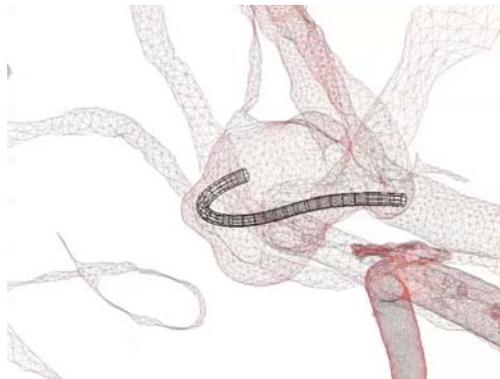
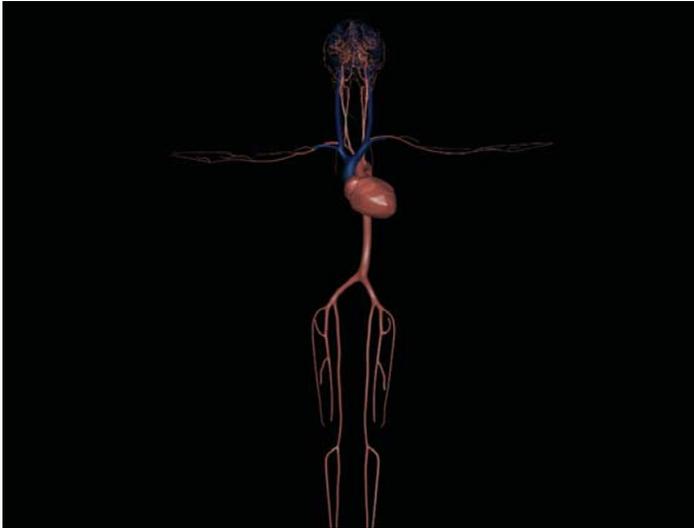


12 000
tétraèdres

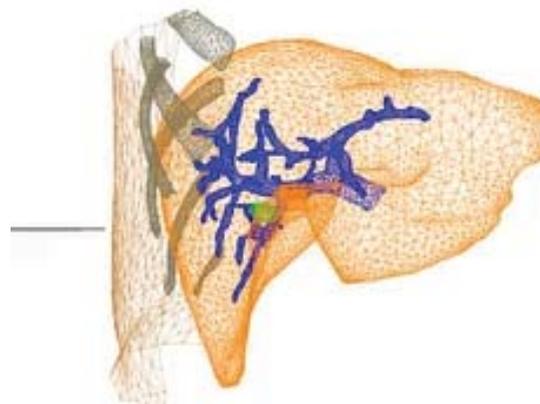
Mass-Tensors: Cotin-Ayache-Delingette, Visual Computer 2000
Force Extrapolation: Picinbono, Lombardo, Delingette, Ayache, ICRA 2001

Simulateurs avancés

endovasculaire

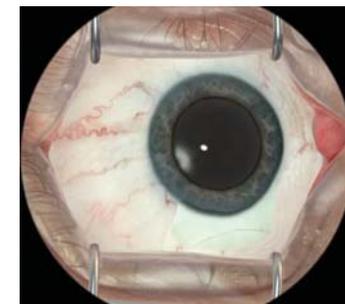
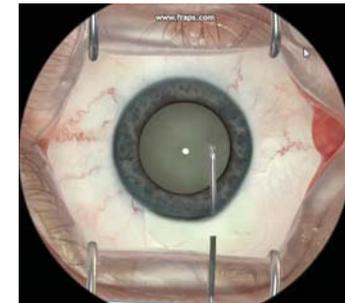


digestif



Digital Trainers

oculaire



HelpMeSee
InSimo

Présentation de S. Cotin

Plan

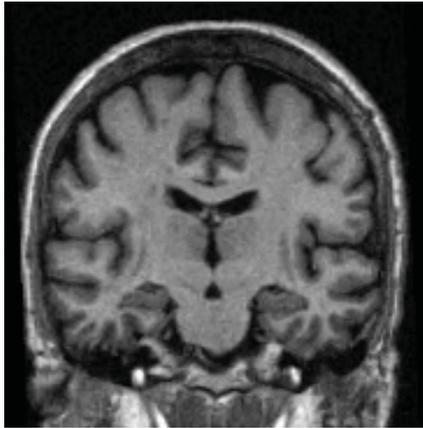
- réalité augmentée (une introduction)
- réalité virtuelle (une introduction)
- **simulation** (nouvelles formes de)
- perspectives

Plan

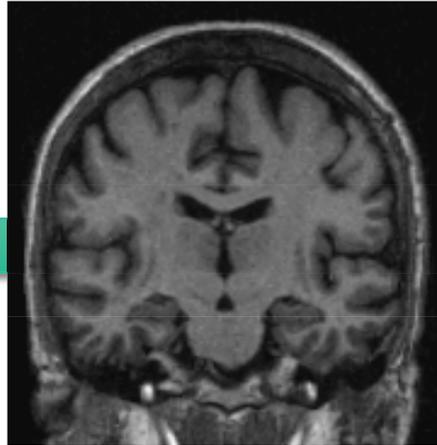
- réalité augmentée (une introduction)
- réalité virtuelle (une introduction)
- **simulation** (nouvelles formes de)
 - **atrophie cérébrale (cours 4)**
 - croissance de tumeurs
 - fonction cardiaque
- perspectives

Simuler une évolution

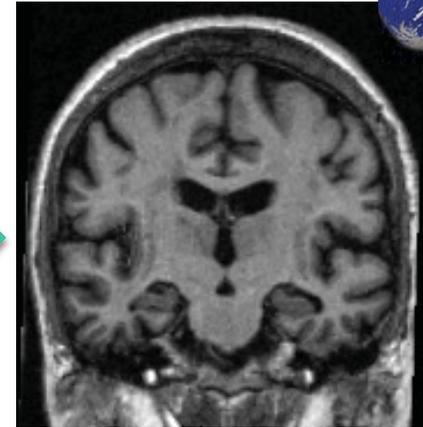
69 ans



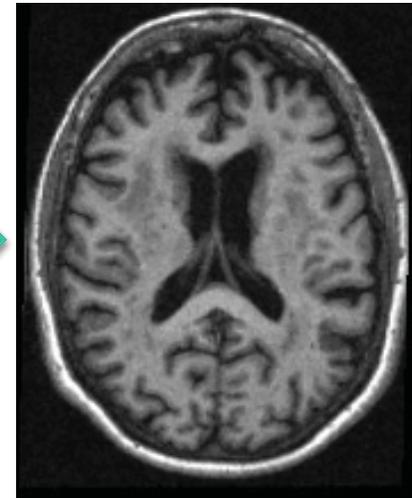
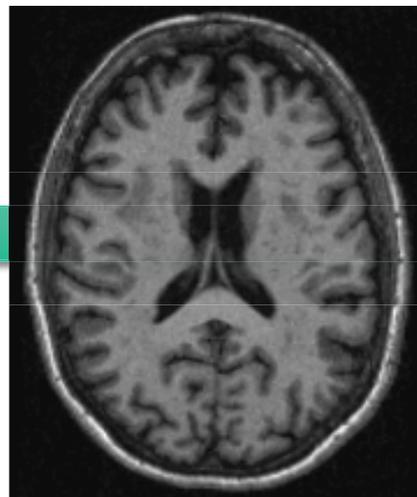
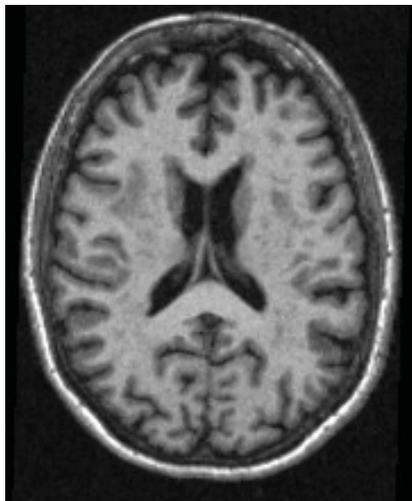
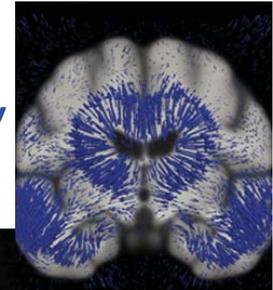
$$\phi(x,t) = \exp(t.v)$$



73 ans



v

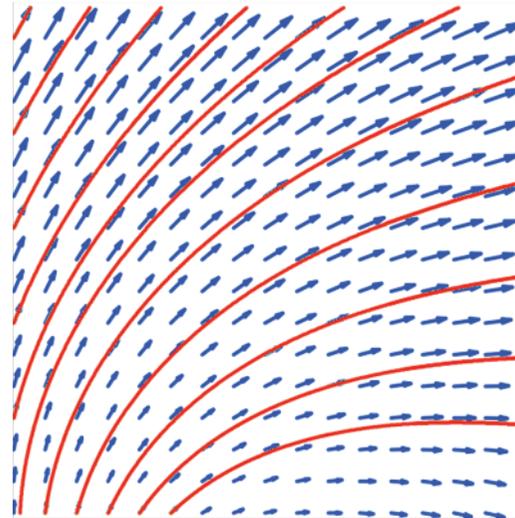


$$E(I, J, T) = \text{Sim}(T(I), J) + \text{Reg}(T)$$

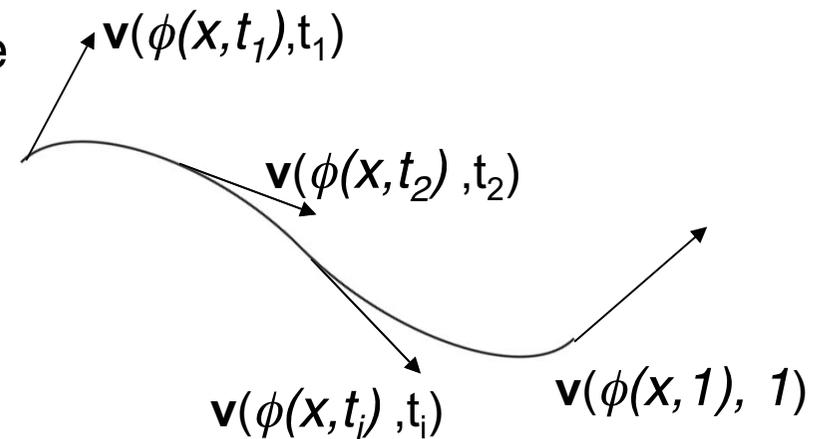
Flots de difféomorphismes

- La transformation $T = \phi(x, t)$ est paramétrée par un champ de vecteurs vitesses

$$\frac{\partial \phi(x, t)}{\partial t} = \mathbf{v}(\phi(x, t), t)$$



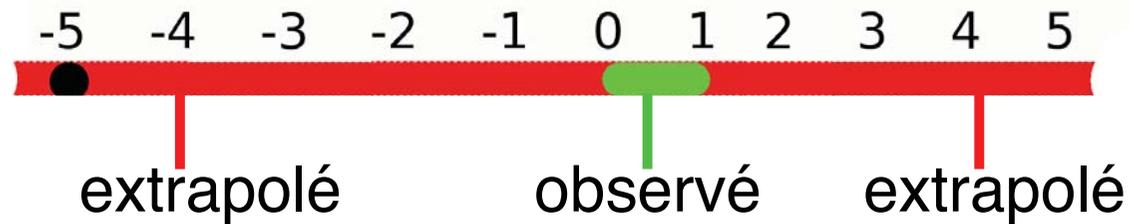
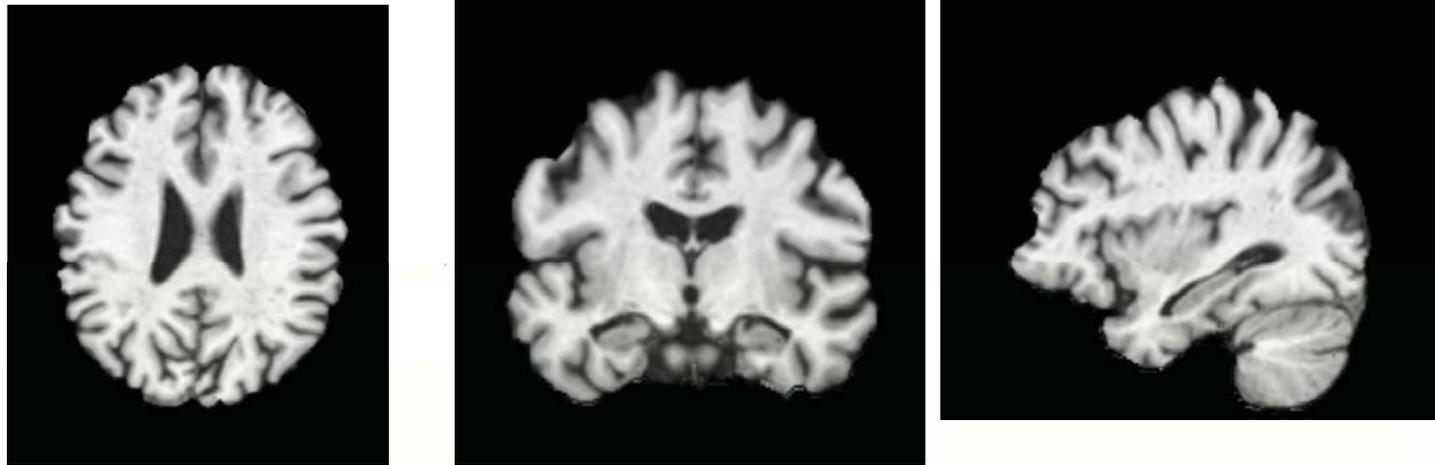
- Leur intégration pendant une unité de temps $(0, 1)$ fournit le déplacement $T(x) = \phi(x, 1)$
- Algorithmes
 - LDDMM (Beg 2005, Ashburner 2011)
 - Log-Démons (Vercauteren 2008, Lorenzi 2013)





Modèle moyen d'atrophie

$$\bar{\phi} = \exp(t\bar{v})$$



70 patients MA, base de données ADNI

M Lorenzi, N Ayache, X Pennec. Schild's Ladder for the parallel transport of deformations in time series of images.

IPMI 2011

Le patient numérique personnalisé
Images, médecine & informatique



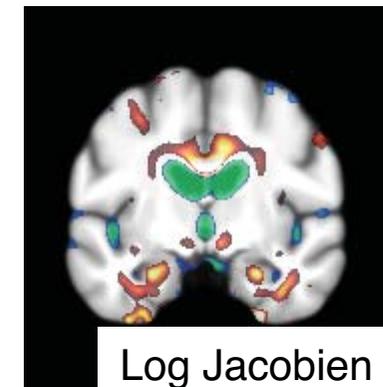
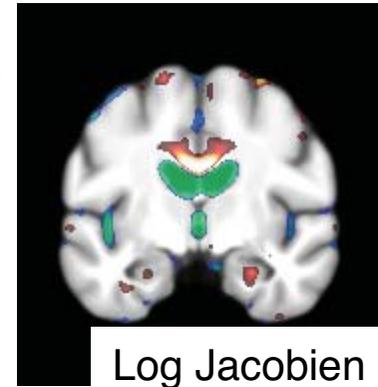
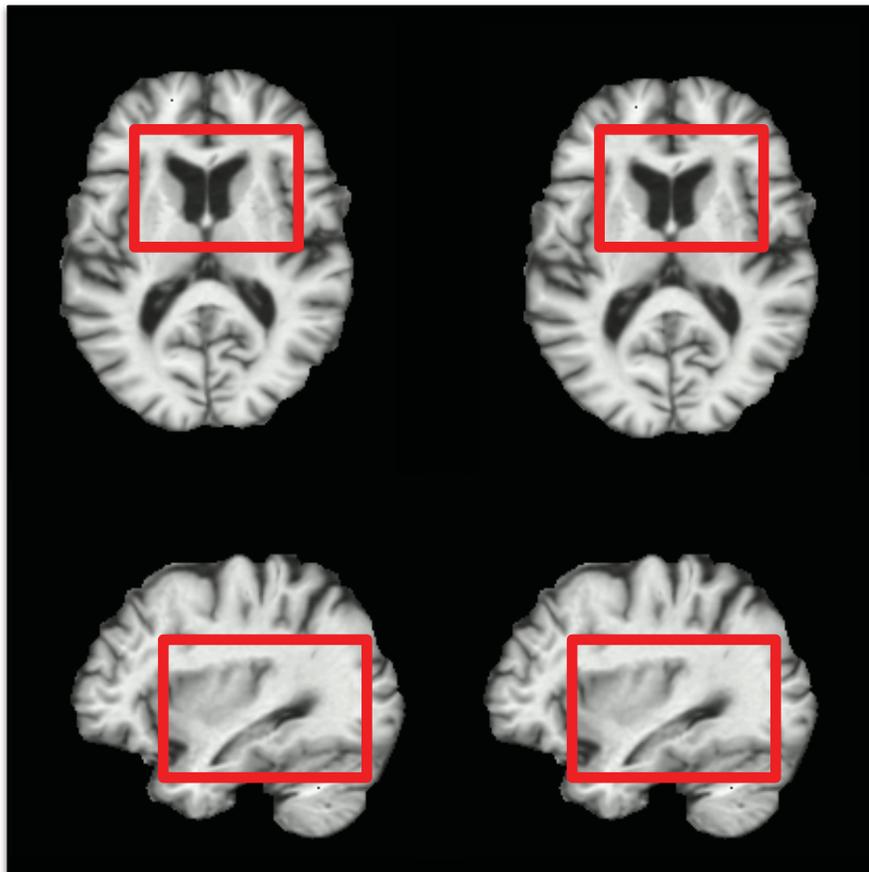
COLLÈGE
DE FRANCE
—1530—

Comparer 2 groupes

3 ans

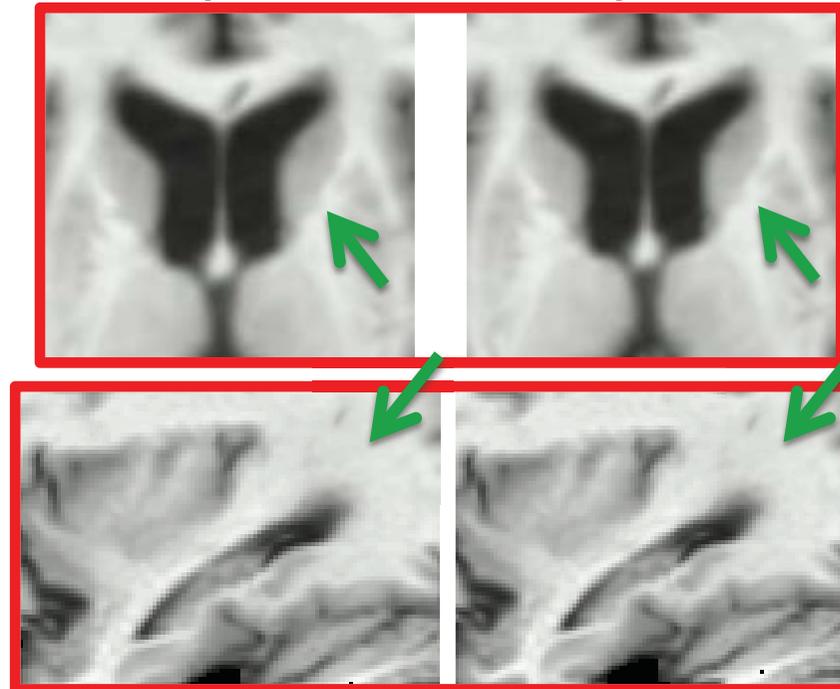
57 participants
 $A\beta 1-42-$

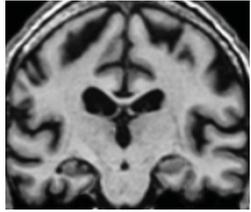
41 participants
 $A\beta 1-42+$



$A\beta 1-42-$

$A\beta 1-42+$





Simulation biophysique d'atrophie cérébrale

- Un modèle linéaire élastique en petites déformations qui simule la perte de matière en certaines régions du parenchyme, compensée par l'apport de liquide céphalo-rachidien (LCR). (thèse B. Khanal)

parenchyme

$$\mu\Delta u - \nabla p = (\mu + \lambda)\nabla a$$

$$\nabla \cdot u = -a.$$

LCR

$$\mu\Delta u - \nabla p = 0$$

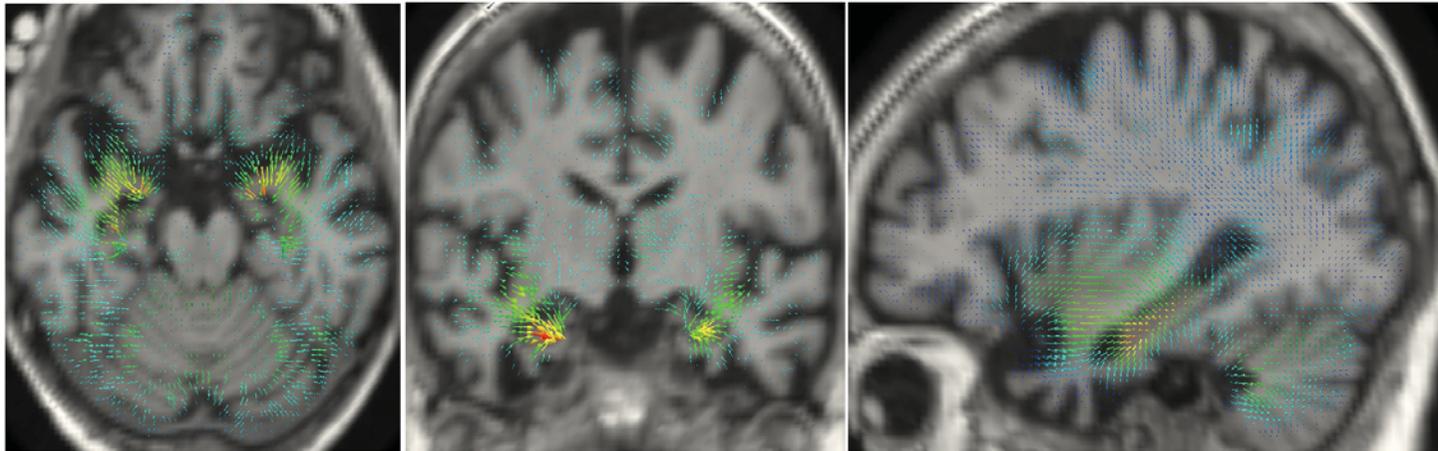
$$\nabla \cdot u + p = 0.$$

a : atrophie prescrite ; u, p : déplacement et pression estimés
 μ, λ : coefficients de Lamé

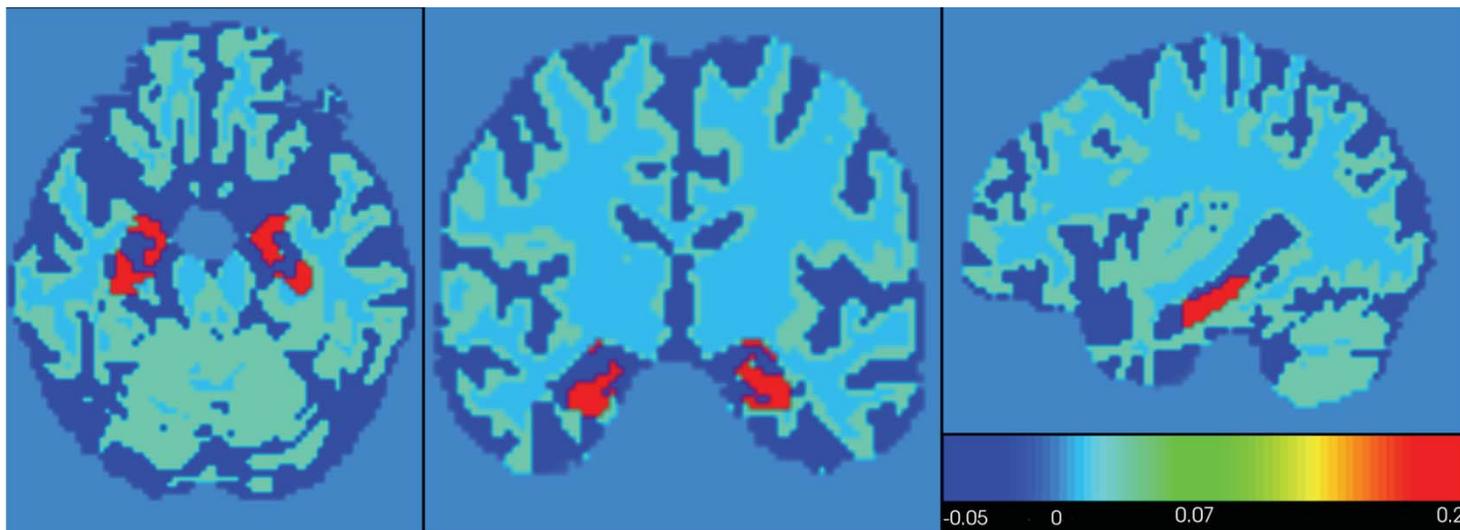
B. Khanal, M. Lorenzi, N. Ayache, X. Pennec. A Biophysical model of shape changes due to atrophy in the brain with Alzheimer's disease. MICCAI 2014.

Résultats simulation

Déplacement
simulé



Atrophie
simulée



Plan

- réalité augmentée (une introduction)
- réalité virtuelle (une introduction)
- **simulation** (nouvelles formes de)
 - atrophie cérébrale
 - **croissance de tumeurs (cours 5)**
 - fonction cardiaque
- perspectives

Prolifération, migration, déformation

Fisher Kolmogorov

u : densité tumorale

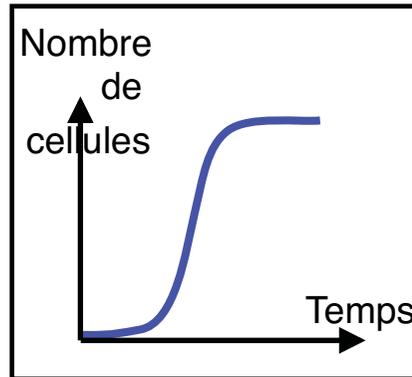
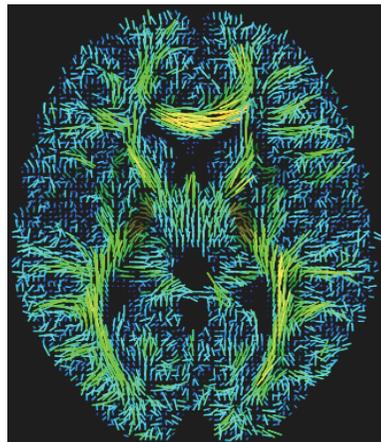
Couplage biomécanique

$$\frac{\partial u}{\partial t} = \nabla \cdot (D \nabla u) + \rho u (1 - u)$$

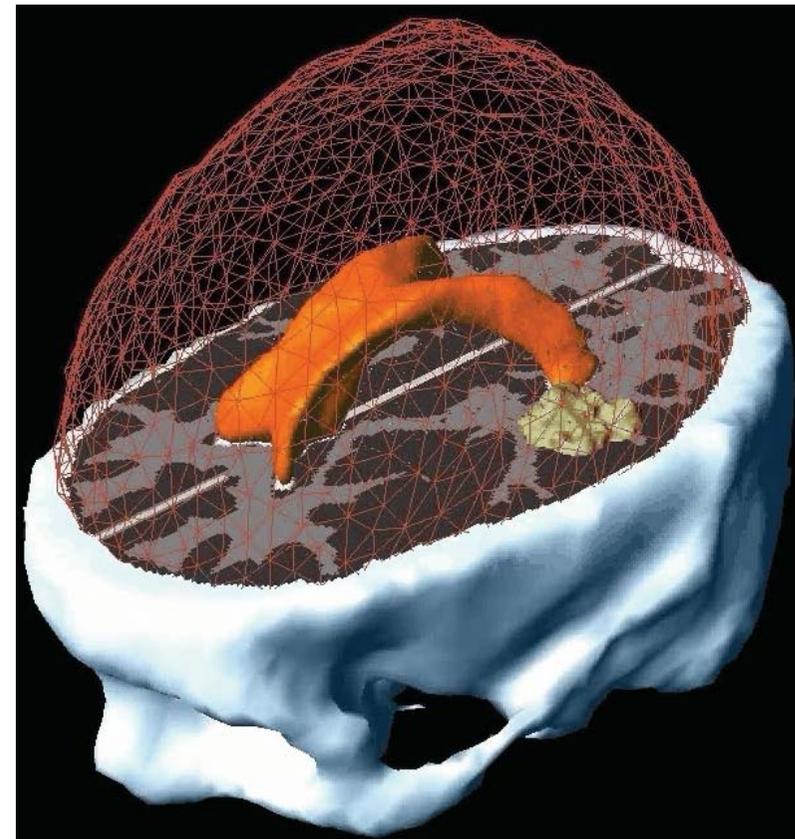
$D(x)$

Migration cellulaire anisotrope

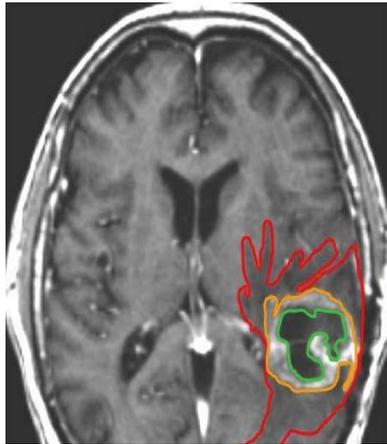
Multiplication cellulaire



$$\text{div}(\sigma - \alpha u I_3) + F e = 0$$



Nécrose et vascularisation



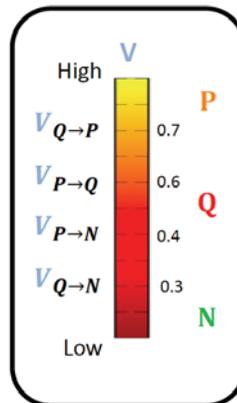
**cellules
tumoriales**

Proliférantes

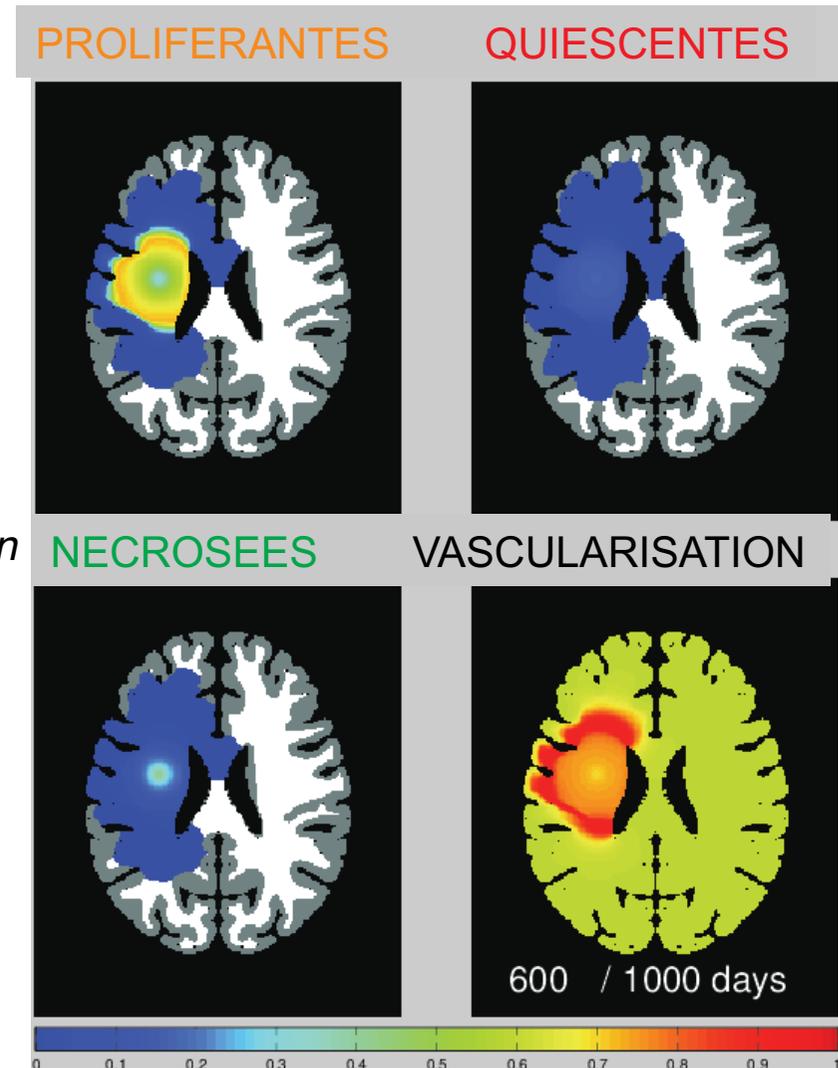
Quiescentes

Nécrosées

- **Transitions** : fonction de la vascularisation



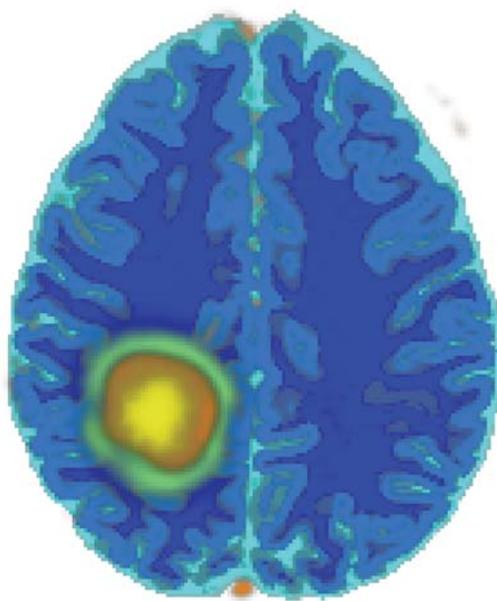
- **Vascularisation** : fonction de P et N



T. Colin, O. Saut et al., M. Le 2012

Simuler des images

Croissance tumorale simulée



matière grise

matière blanche

liquide CR

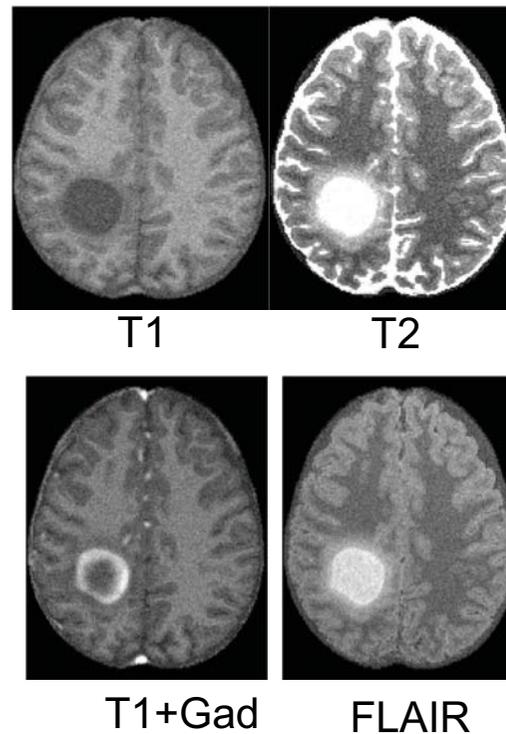
nécrose

vaisseaux

œdème

Univ Utah
Microsoft Research

IRM Simulées 500



T1

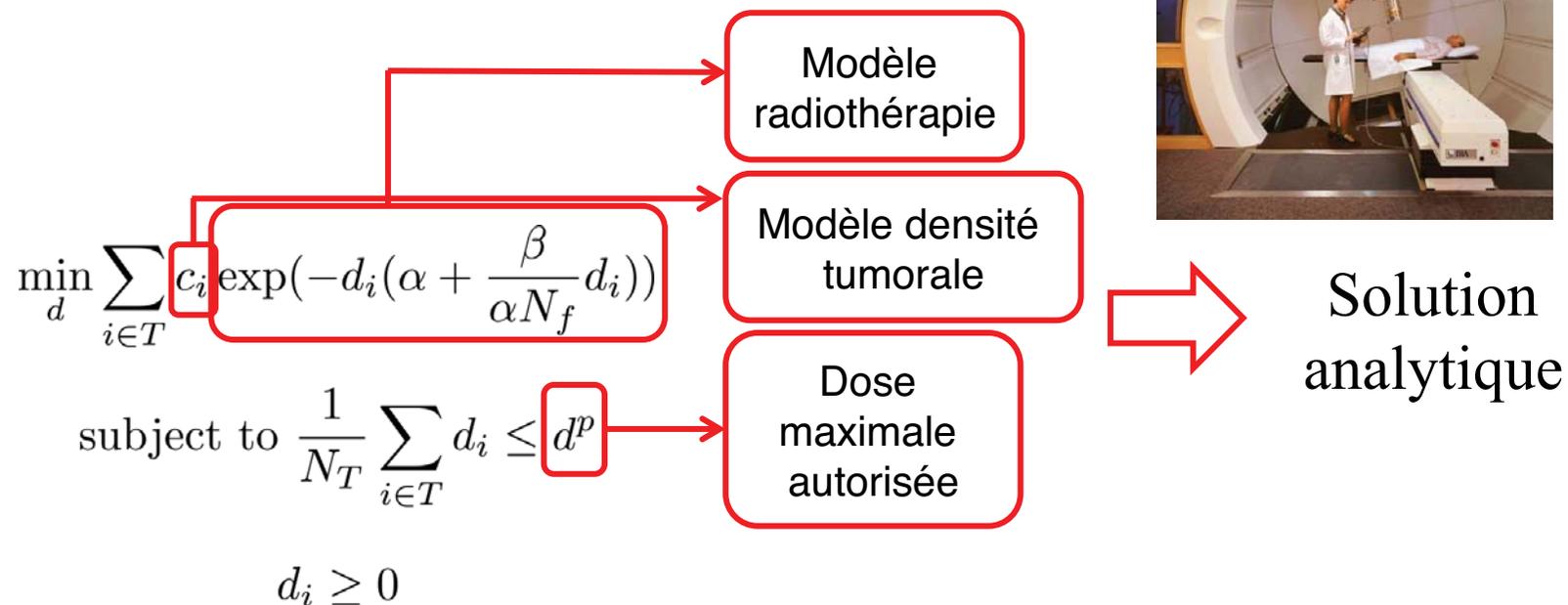
T2

T1+Gad

FLAIR

Simuler la radiothérapie

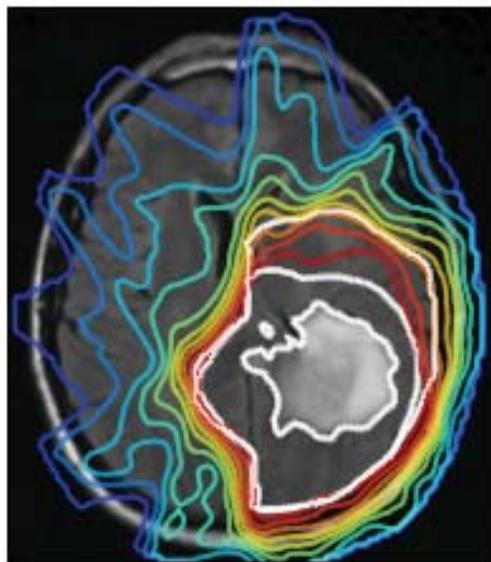
- Optimiser d_i en chaque voxel pour minimiser cellules tumorales survivantes



J Unkelbach B Menze, E Konukoglu, F Dittmann, N Ayache, H Shi, *Radiotherapy planning for glioblastoma based on a tumor growth model: implications for spatial dose redistribution*. *Physics in Medicine and Biology*, December 2013.

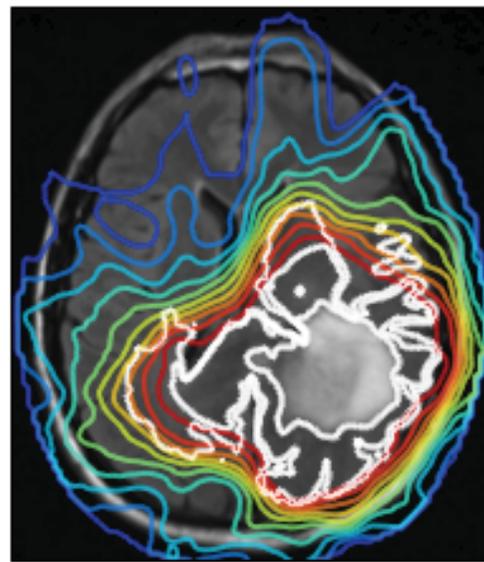
Optimiser la radiothérapie

Dosimétrie standard
Contours tumeurs
+ marges



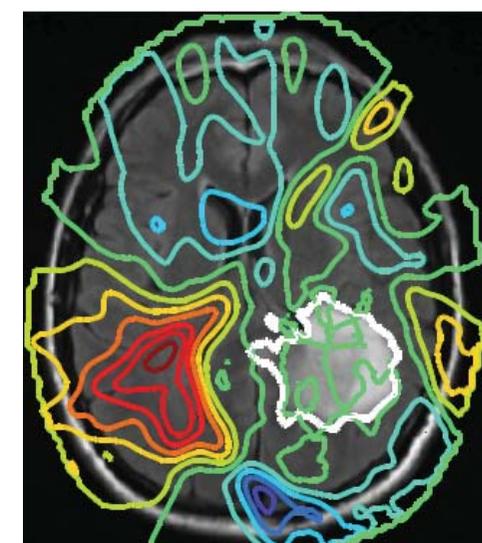
GTV : 60 Gy - T1Gd + 2cm
CTV 46 Gy - T2Flair + 1.5cm

Dosimétrie optimisée
pour le modèle de croissance
personnalisé



Même dose totale

différence

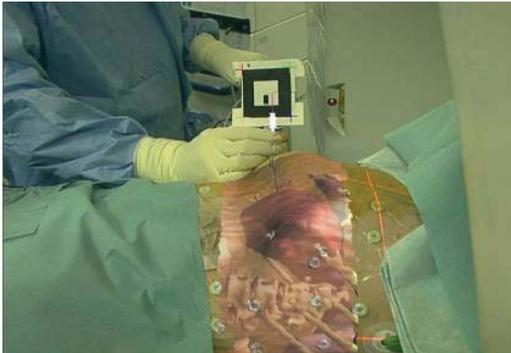


J Unkelbach, B Menze, E Konukoglu, F Dittmann, M Le, N Ayache, H Shi. *Radiotherapy planning for glioblastoma based on a tumor growth model: improving target volume delineation.* Physics in Medicine and Biology, December 2013.

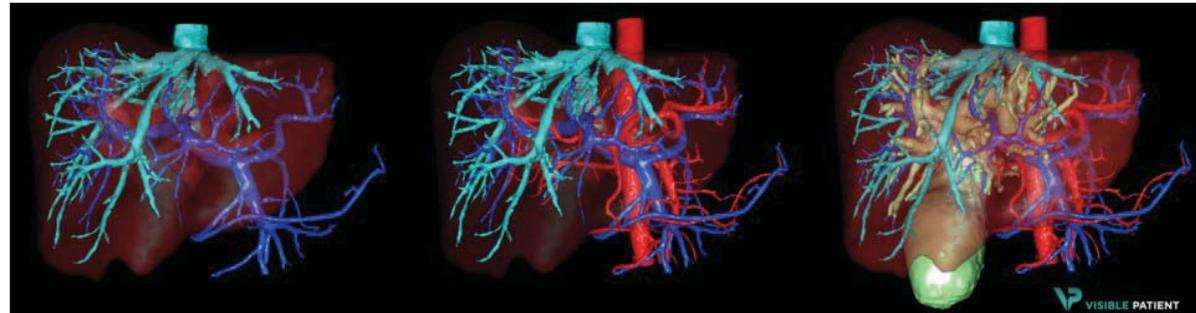
Simuler thermoablation

Siemens Princeton
J. Hopkins
IHU Strasbourg
Inria

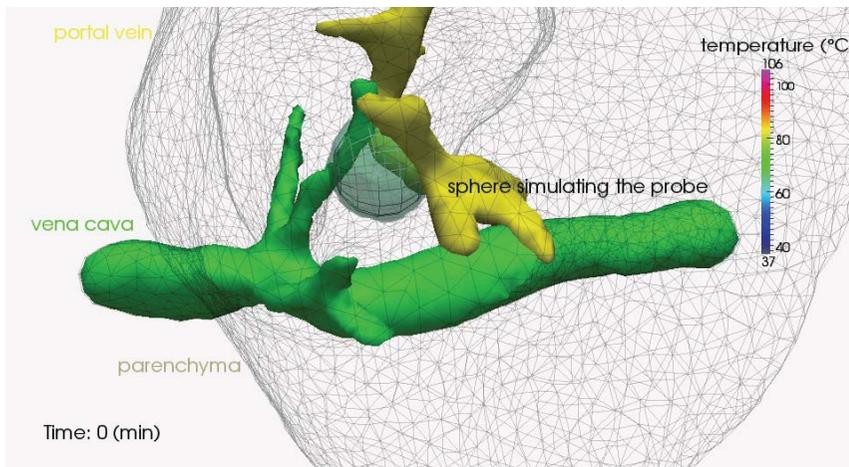
Radiologie interventionnelle



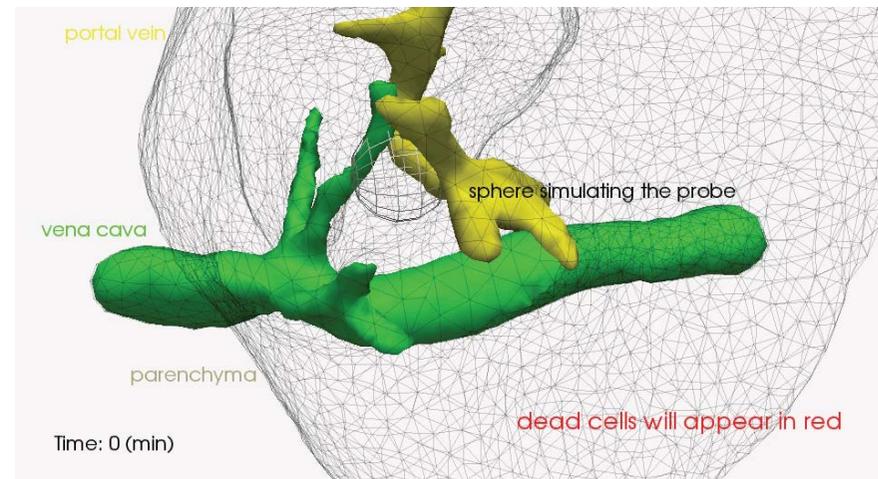
Systèmes vasculaires hépatiques



Modélisation biophysique : flux sanguins, transports thermiques, mort cellulaire



température



nécrose

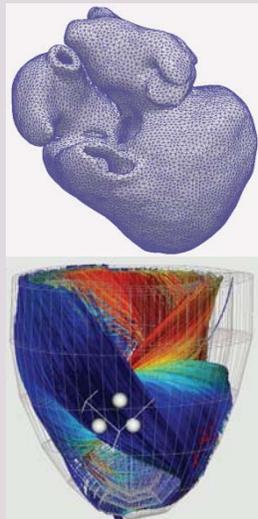
C Audigier, T Mansi, H Delingette, D Comaniciu, N Ayache MICCAI 2013

Plan

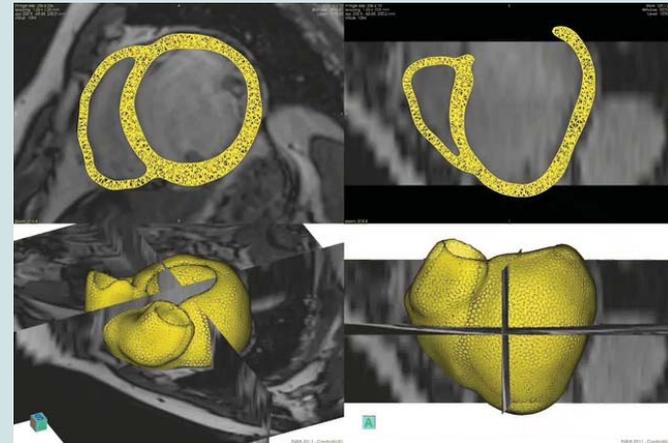
- réalité augmentée (une introduction)
- réalité virtuelle (une introduction)
- **simulation** (nouvelles formes de)
 - atrophie cérébrale
 - croissance de tumeurs
 - **fonction cardiaque (cours 7)**
- perspectives

Simulation cardiaque

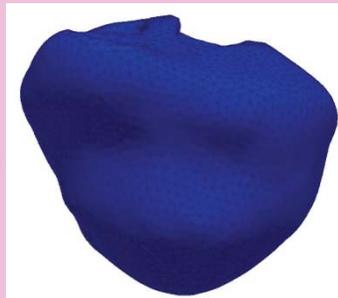
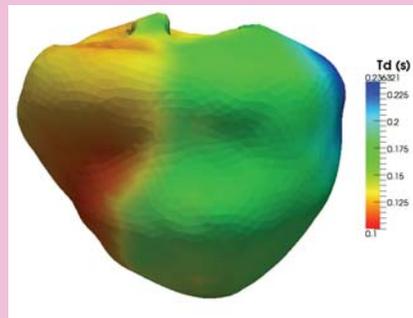
1. Structure



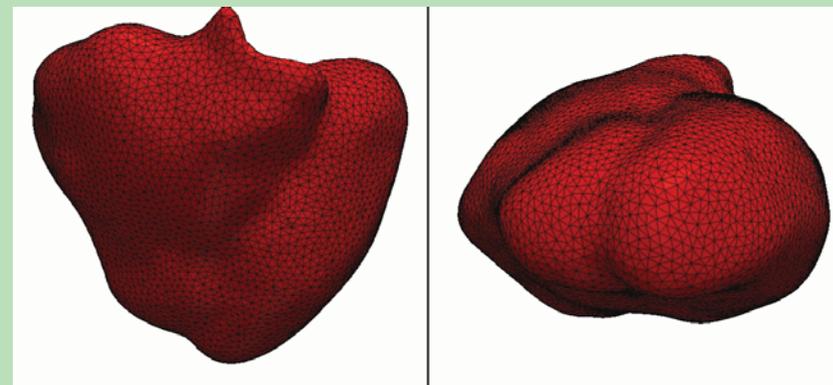
4. Personnalisation



2. Electrophysiologie

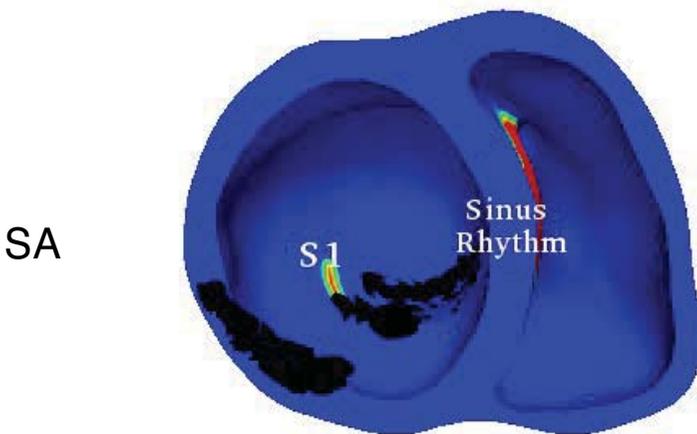


3. Biomécanique

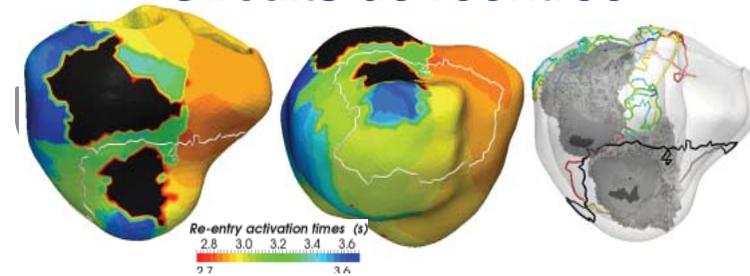


Électrophysiologie personnalisée

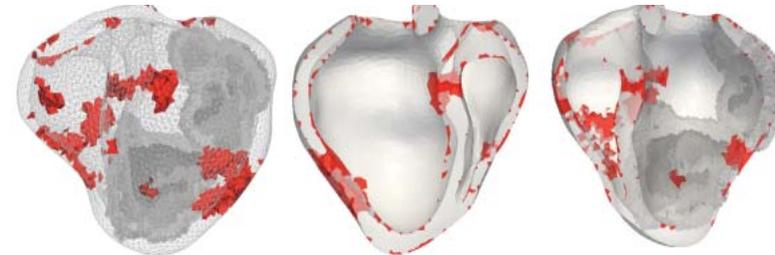
- Protocole VT-stim **simulé** à différentes fréquences



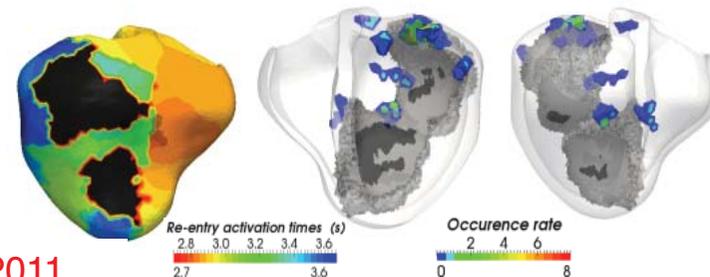
Circuits de réentrée



Carte de risque d'induction tachycardie

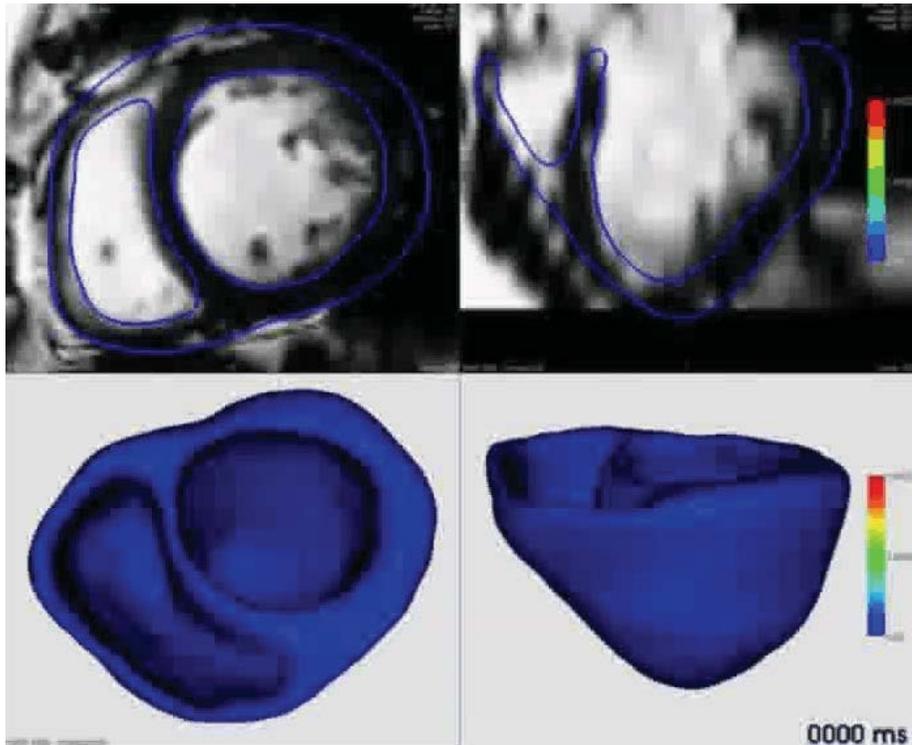
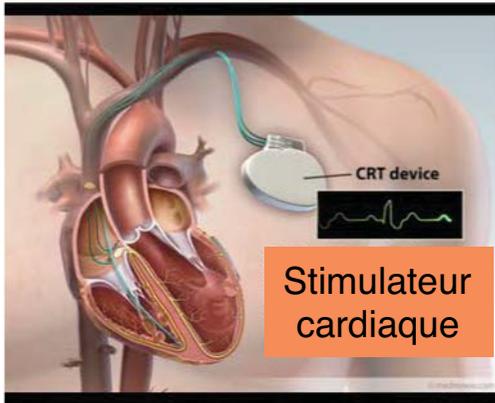


Cibles pour l'ablation

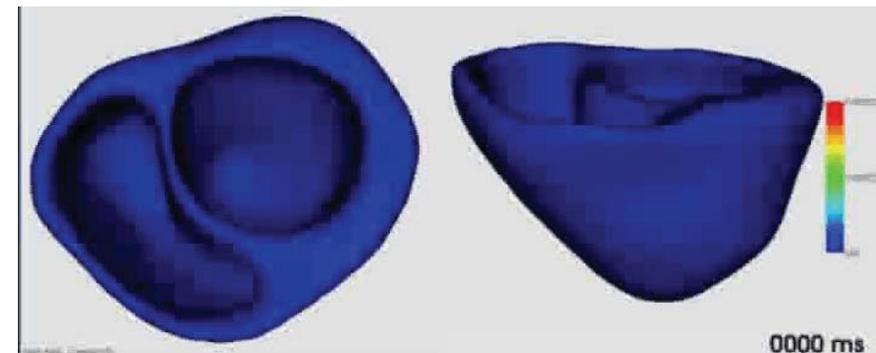
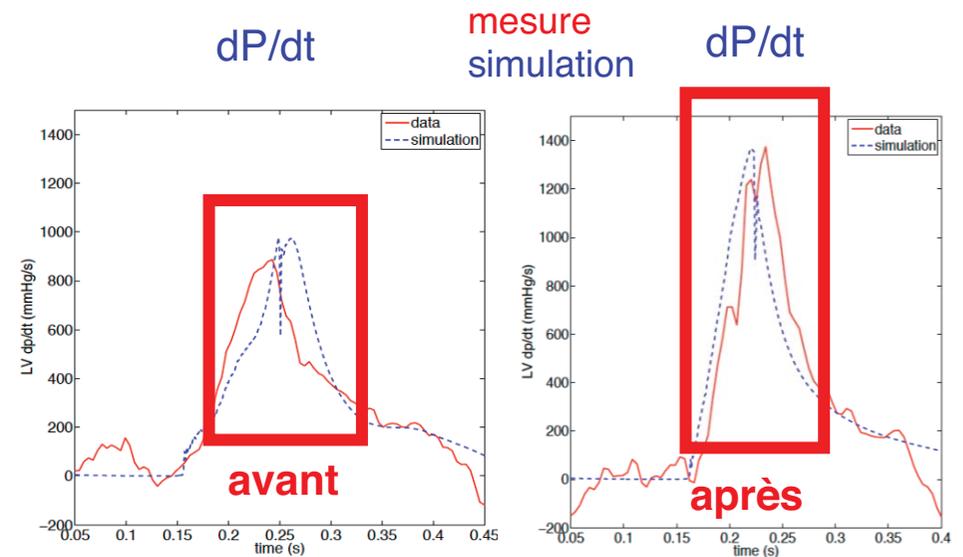


J Relan et al., *Royal Society Journal on Interface Focus*, 2011

Resynchronisation simulée



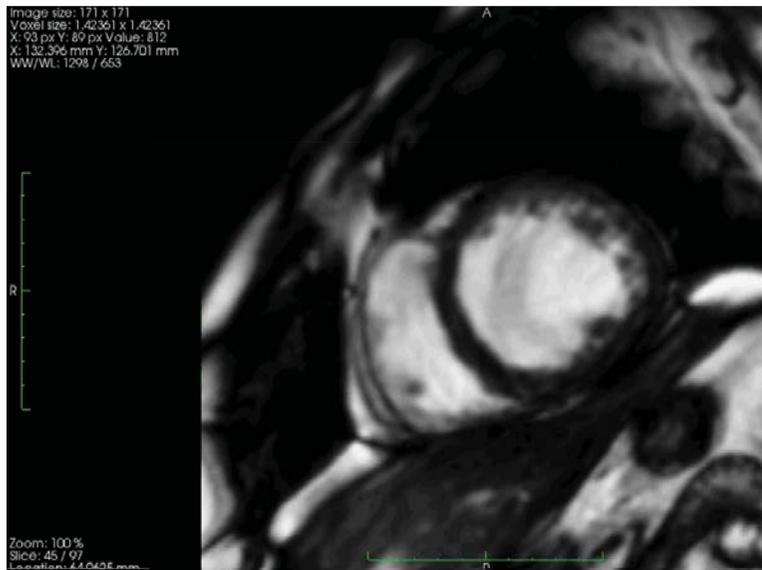
Bloc de branche gauche



Resynchronisation simulée

M. Sermesant, F. Billet, R Chabiniok, T Mansi, P Chinchapatnam, P Moireau, JM Peyrat, K Rhode, M Ginks, P Lambiase, S Arridge, H Delingette, M Sorine, A Rinaldi, D Chapelle, R Razavi, N Ayache, *Personalised Electromechanical Heart Model for Prediction of Acute Effects of CRT*, Medical Image Analysis 2012

Simuler IRM cardiaques

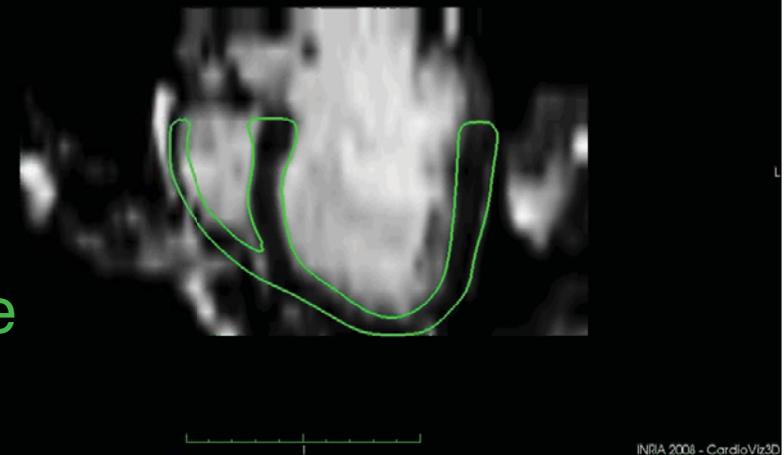
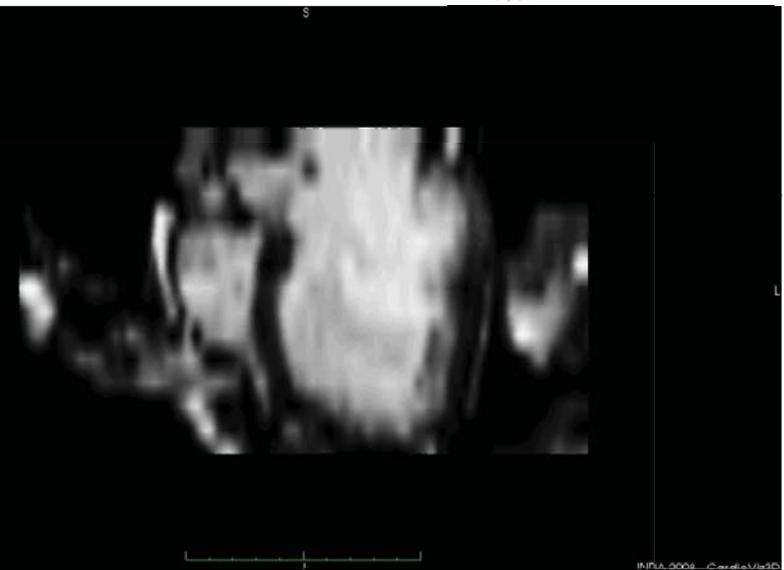


IRM
réelle

Aucun
modèle

IRM
simulée

Modèle
Biophysique



Prakosa, Sermesant, Allain, Villain, Rinaldi, Rhode, Razavi, Delingette, Ayache, IEEE TBME 2013

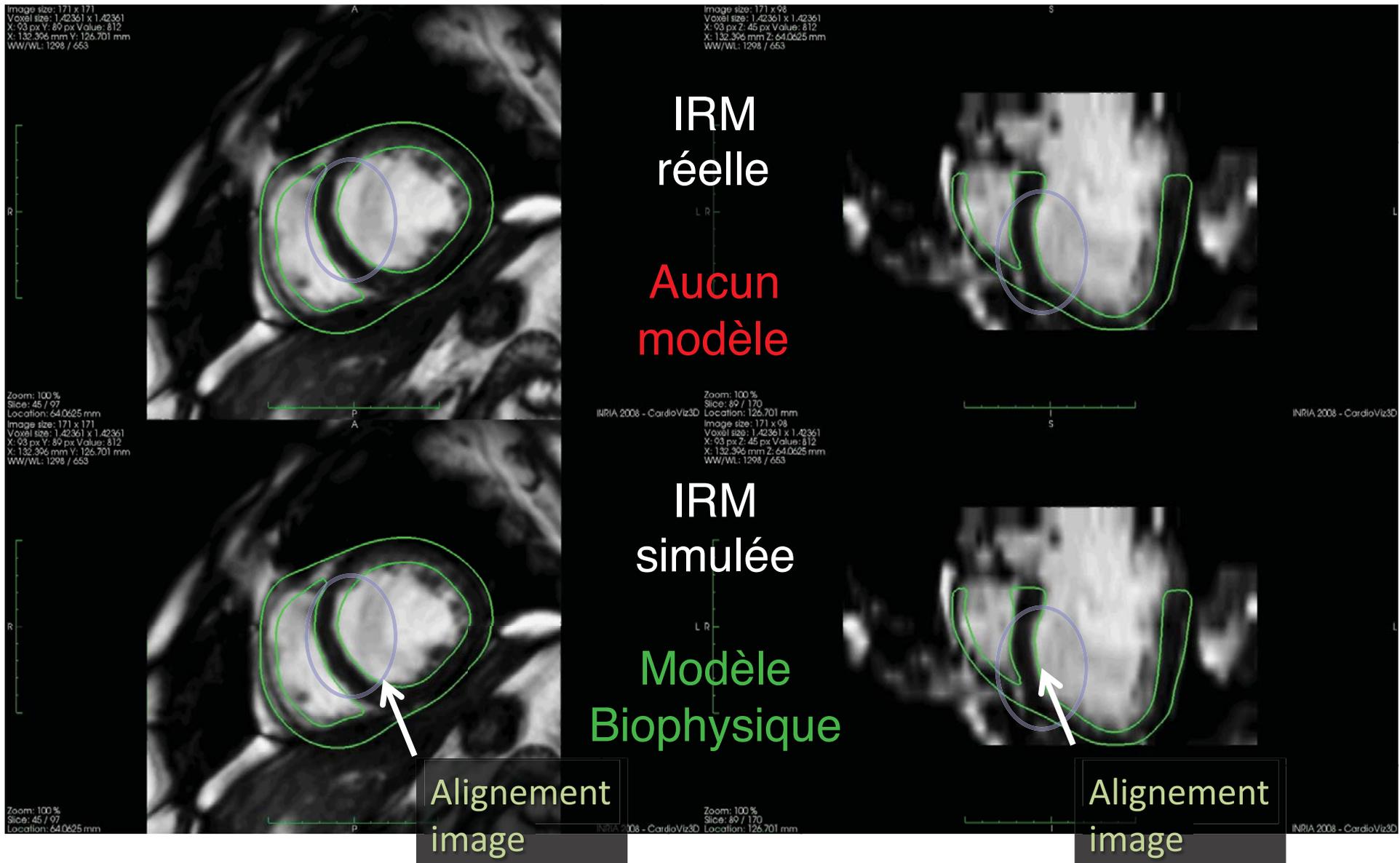
Nicholas Ayache
17 juin 2014

Le patient numérique personnalisé
Images, médecine & informatique



COLLÈGE
DE FRANCE
—1530—

Simuler IRM cardiaques



Plan

- réalité augmentée (une introduction)
- réalité virtuelle (une introduction)
- simulation (nouvelles formes de)
- **Perspectives** : le futur du patient numérique
 - en 10 points

Avertissement

« prédire est très difficile,
surtout si il s'agit du futur »



Niels Bohr



Woody Allen

1. Plus d'images

- La qualité des images, leur résolution spatiale et temporelle continuera à s'améliorer
- Des modalités d'imagerie peu utilisées se généraliseront
- De nouvelles modalités d'imagerie seront inventées et couvriront progressivement toutes les échelles (nano-micro-méso-macro)

Plus d'images



Supersonic Imagine

- Elastographie IRM, US, etc.
- Endomicroscopie confocale
- Tomographie de cohérence optique
- IRM
 - très haut champ (3-12T), spectroscopique, thermométrique, diffusion, perfusion, etc.
- Cartes de champs électriques, magnétiques
- Images théranostiques
 - Ultrasons focalisés
 - Nano-vecteurs (produit de contraste + médicament)



Mauna Kea Technologies



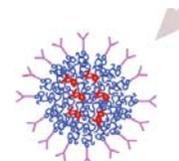
IHU Bordeaux



SiliconAngle

ECG, pression, oxygénation

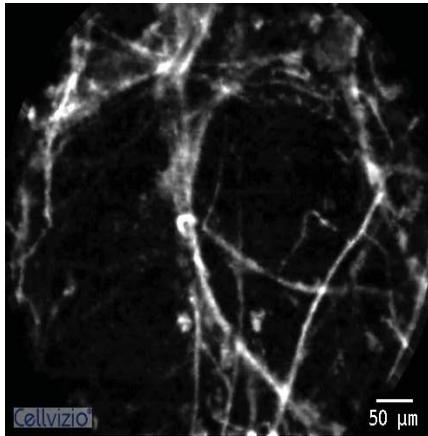
T. Baumert



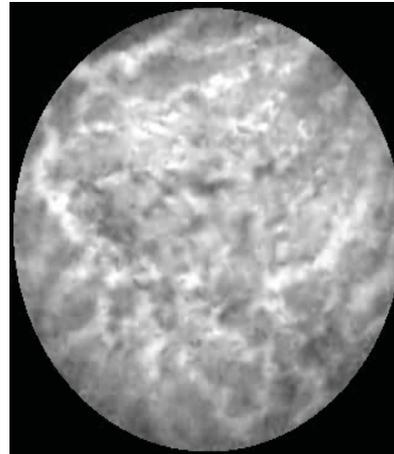
La vie des cellules

Cours 6

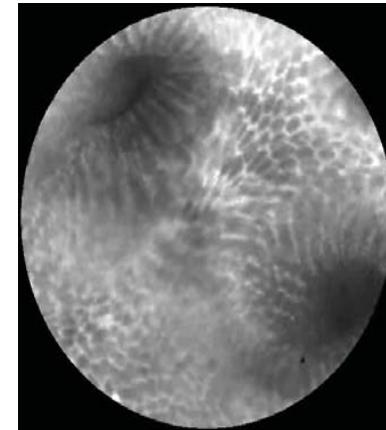
alvéoles



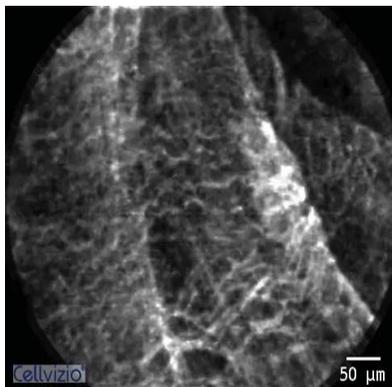
pancréas



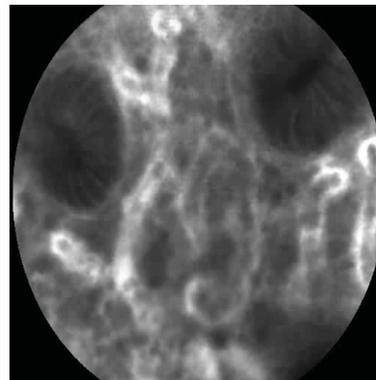
estomac



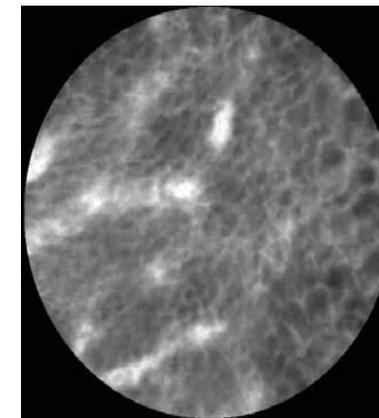
bronches



Intestin grêle



vessie

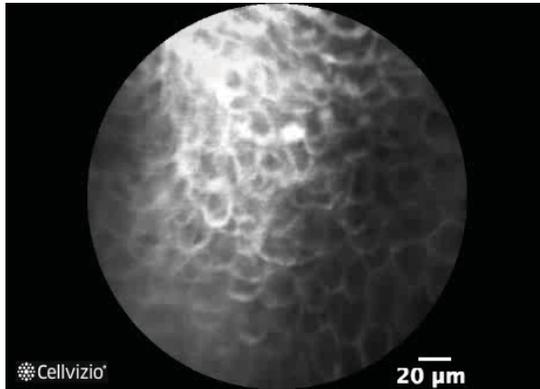


Cellvizio, Mauna Kea Technologies

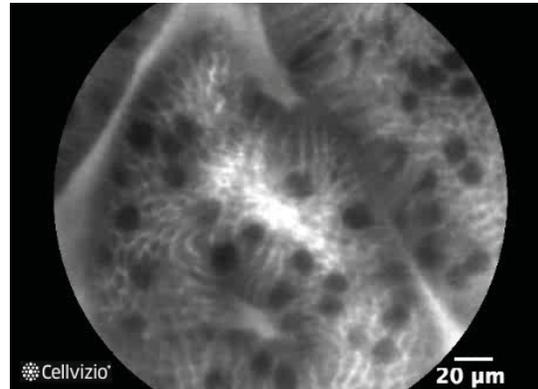
Progression du cancer

Endobrachyœsophage ou Œsophage de Barrett

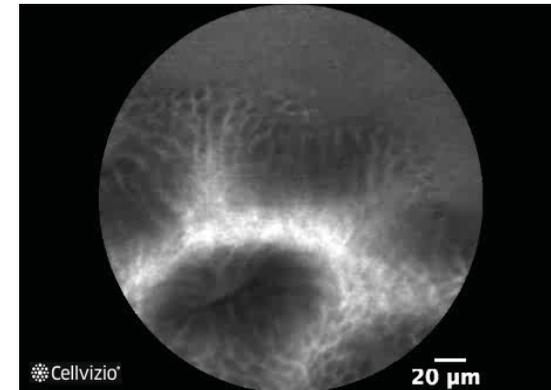
Cours 6



Épithélium normal



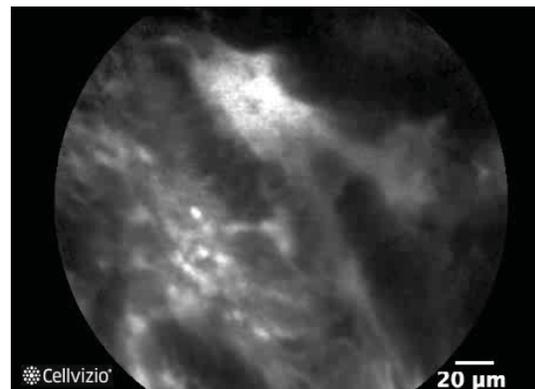
métaplasie



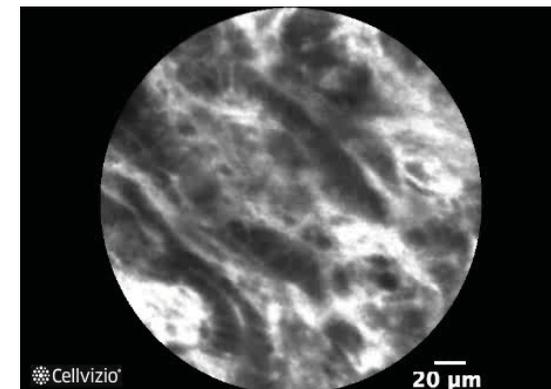
métaplasie



métaplasie



dysplasie



cancer

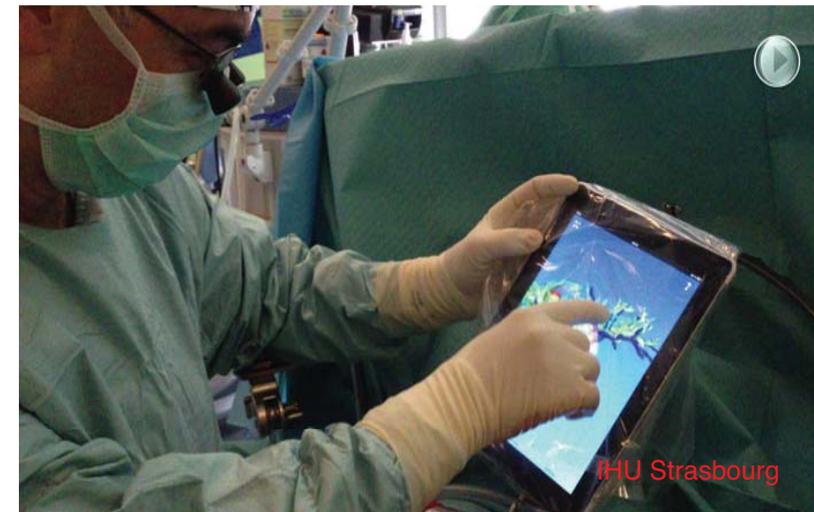
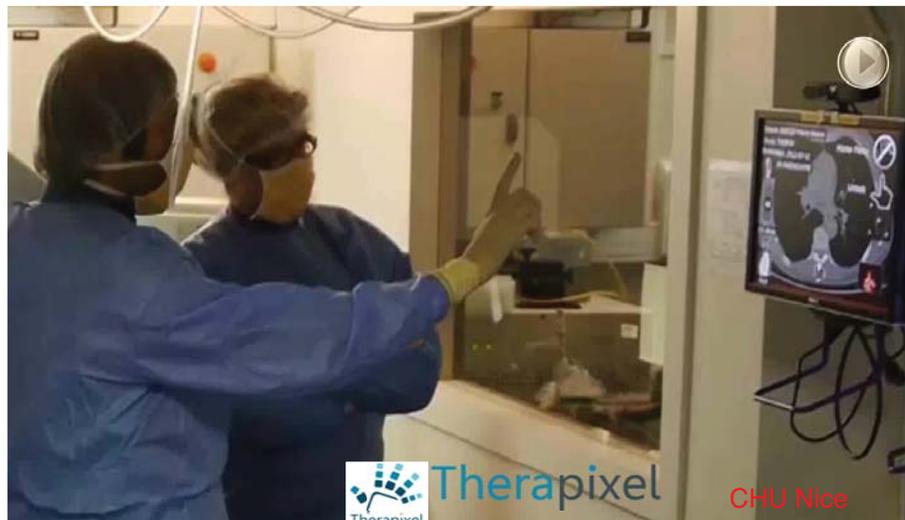
Cellvizio, Mauna Kea Technologies

2. Progrès et sauts technologiques

- Puissance des ordinateurs
 - Loi de Moore : x2 (18 mois)
 - x1000 (15 ans),
 - x1.000.000 (30 ans)...
 - **2014** : **Tihane 2** : 35 millions de milliards d'opérations/sec
 - 3 millions de fois plus puissant que Deep Blue (1997)
 - **2019** : exaflop : 1 milliard de milliards d'opérations/sec
 - **2034** : zetaflop : 1000 milliards de milliards d'opér./sec

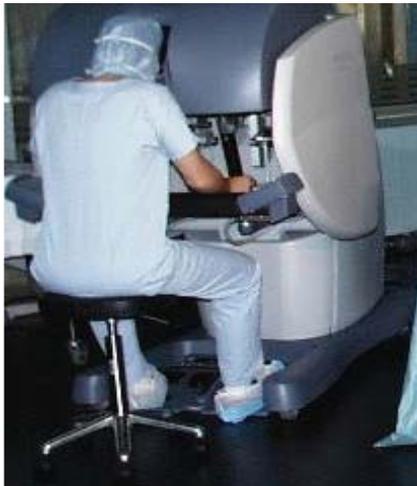
L. Alexandre, Le Monde 12 Février 2014

Progrès et sauts technologiques



Progrès et sauts technologiques

Robot d'intervention



Da Vinci

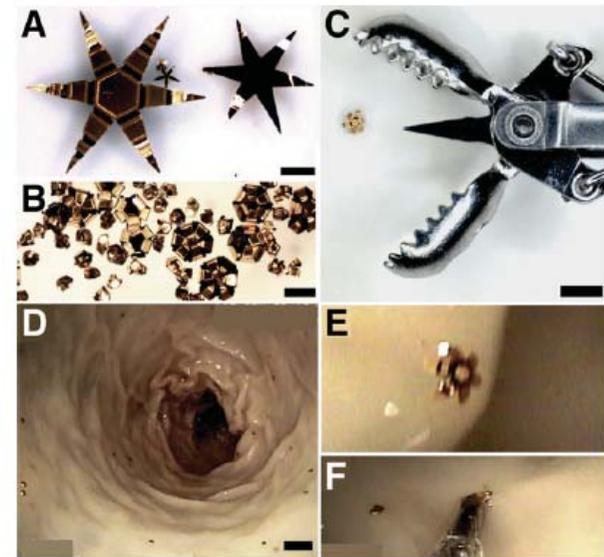
Nicholas Ayache
17 juin 2014

Robot d'imagerie



Zeego

Micro-robots injectés



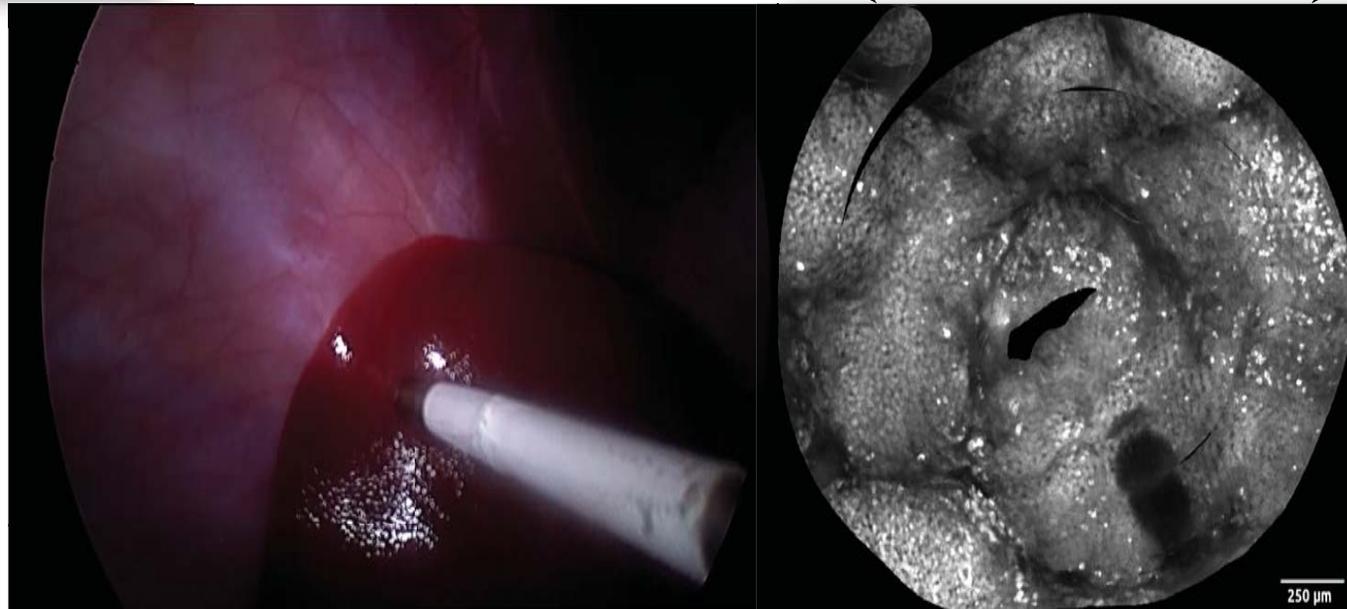
Biologic Tissue Sampling With Untethered Microgrippers

EVIN GULTEPE,^{1,*} SUMITAKA YAMANAKA,^{2,*} KATE E. LAFLIN,¹ SACHIN KADAM,¹ YOOSUN SHIM,¹ ALEXANDRU V. OLARU,² BERKELEY LIMKETKAI,² MOUEN A. KHASHAB,² ANTHONY N. KALLOO,² DAVID H. GRACIAS,^{1,3} and FLORIN M. SELARU²

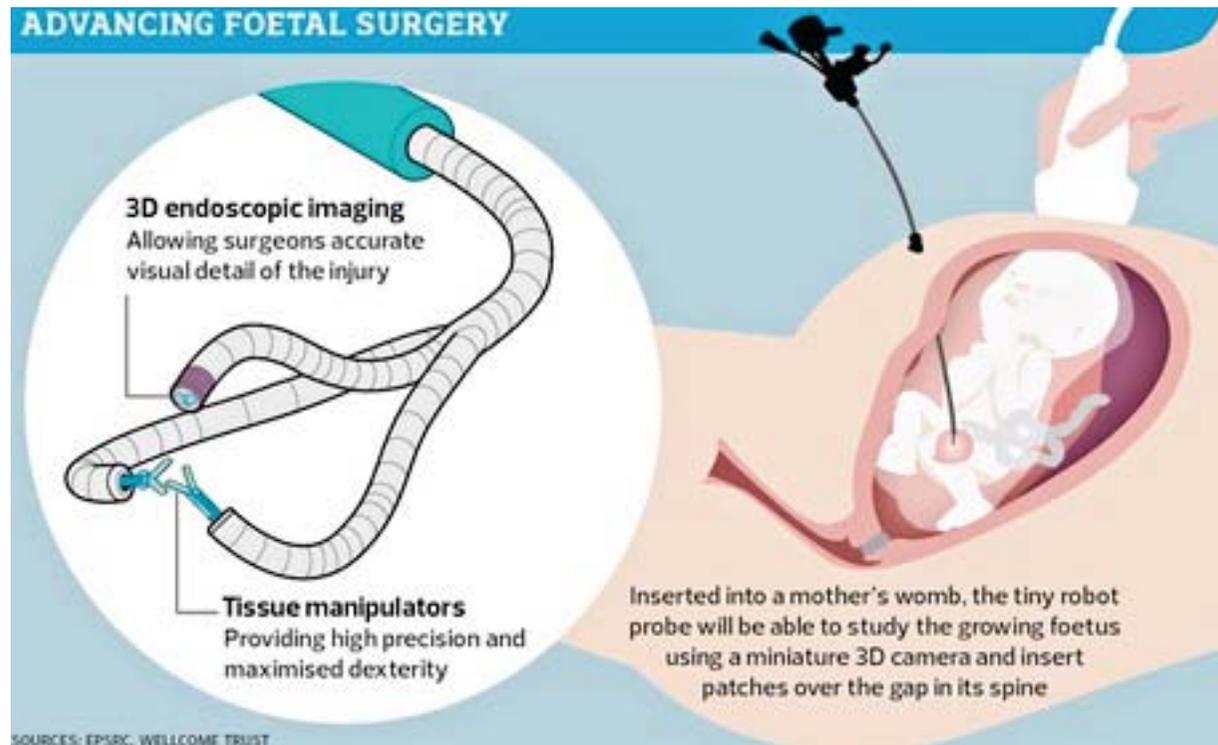
¹Department of Chemical and Biomolecular Engineering, ²Division of Gastroenterology and Hepatology, Department of Medicine, and The Johns Hopkins University, Baltimore, Maryland

Fibroscope robotisé

Cours 6



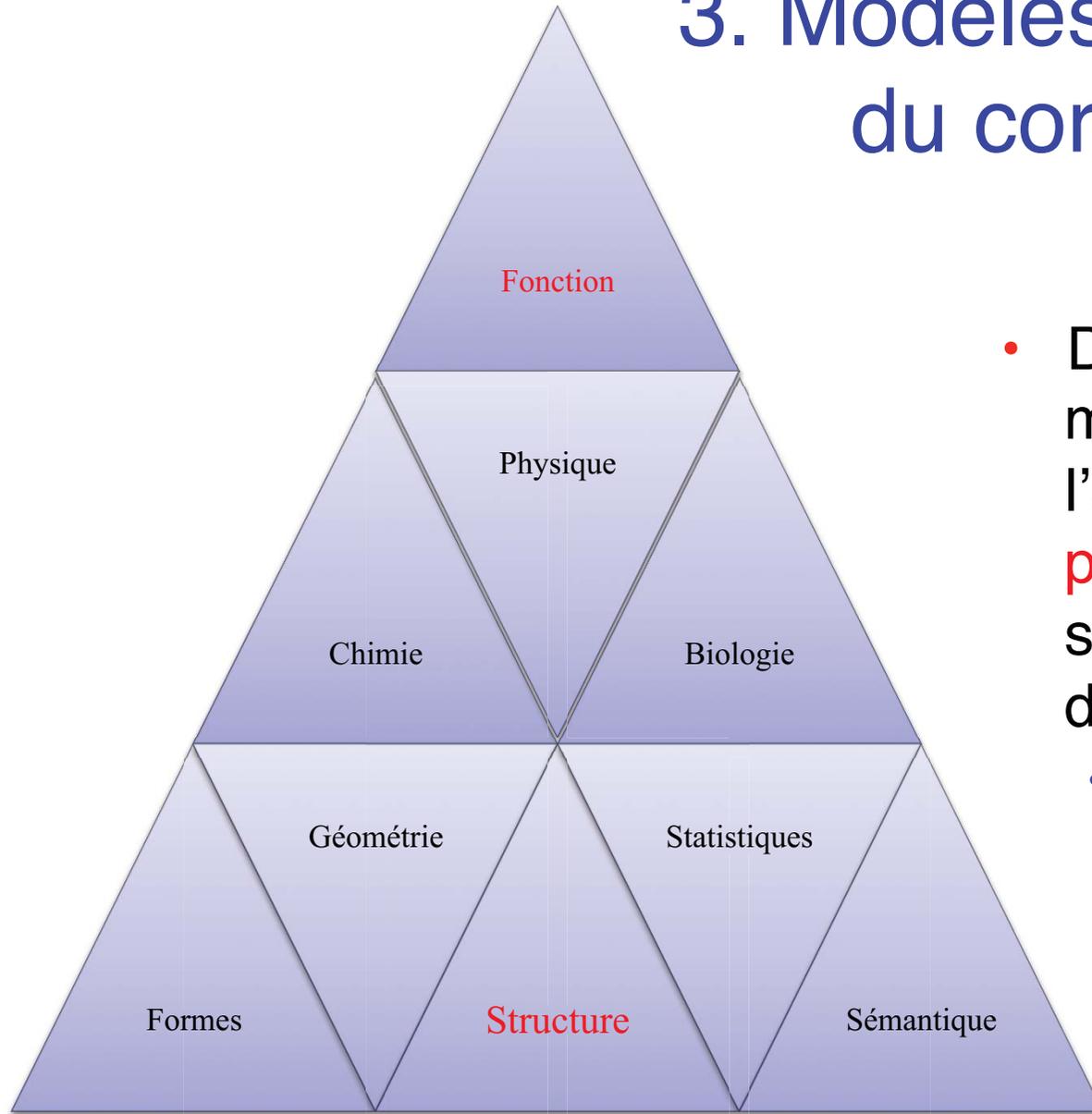
Chirurgie prénatale robotisée guidée par imagerie endoscopique



The Observer 31 May 2014

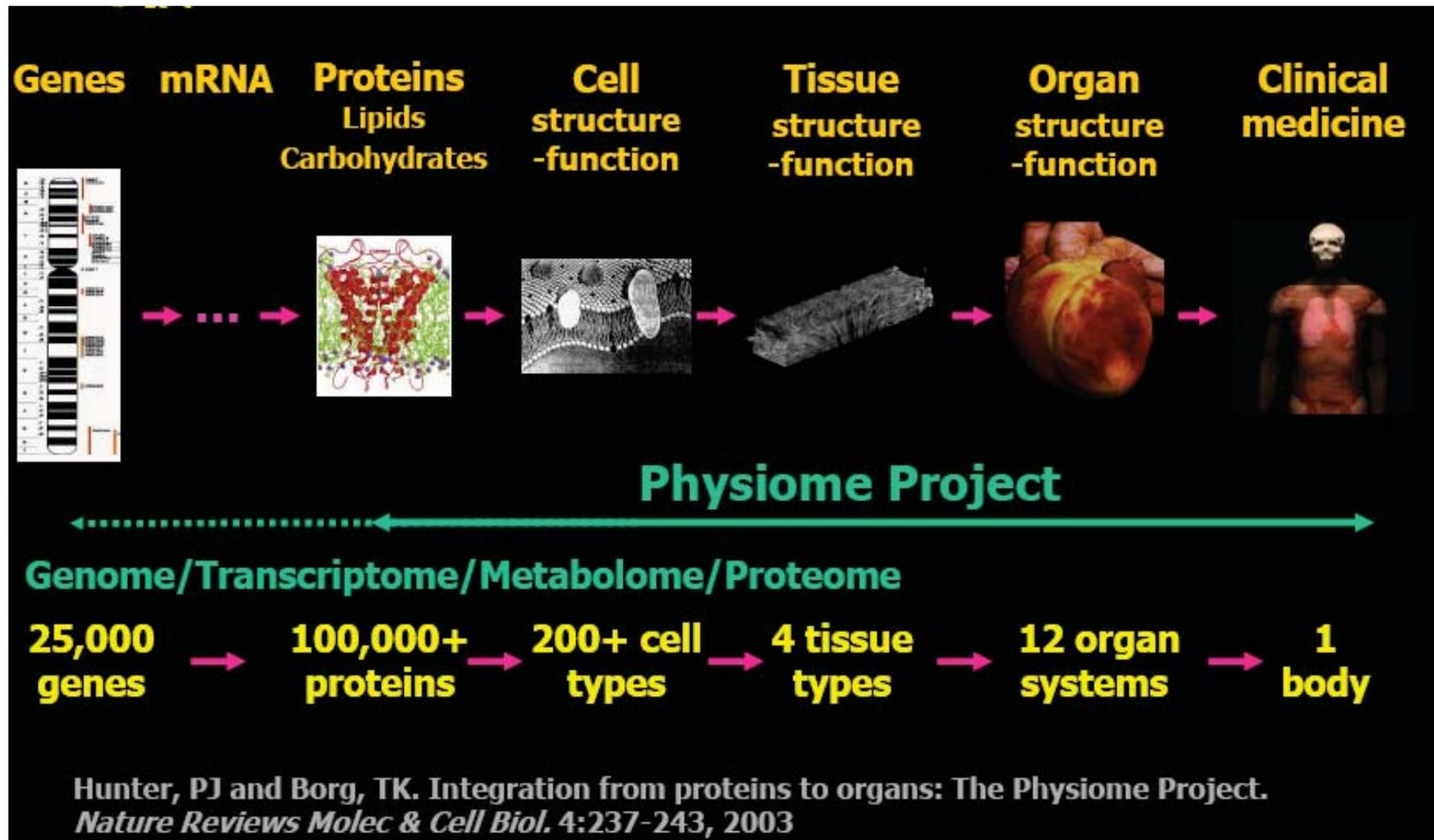
PI : Sebastien Ourselin (UCL)

3. Modèles biophysiques du corps humain



- Développement de modèles numériques de l'**anatomie** et de la **physiologie** des systèmes d'organes à diverses échelles
 - nano-micro-méso-macro

Projet Physiome



Peter Hunter (Auckland & Oxford Universities)

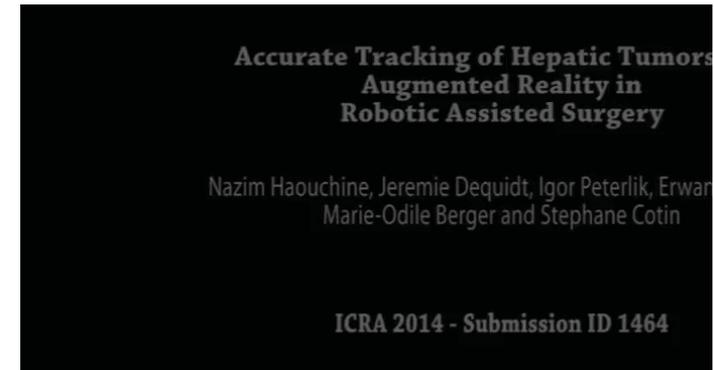
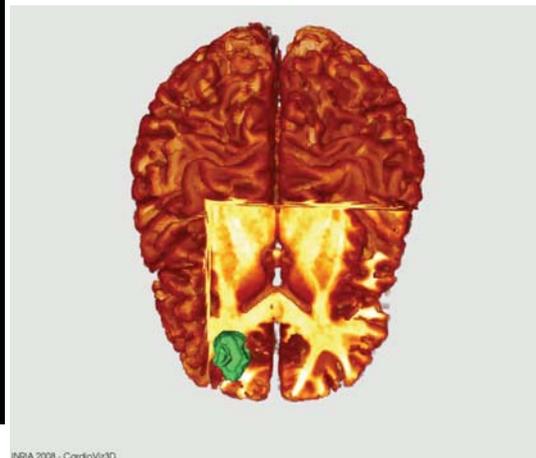
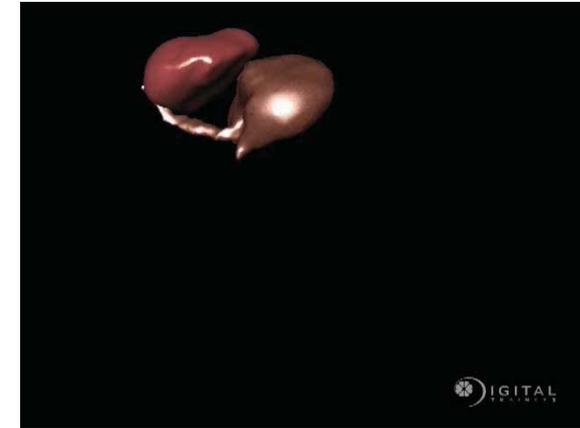
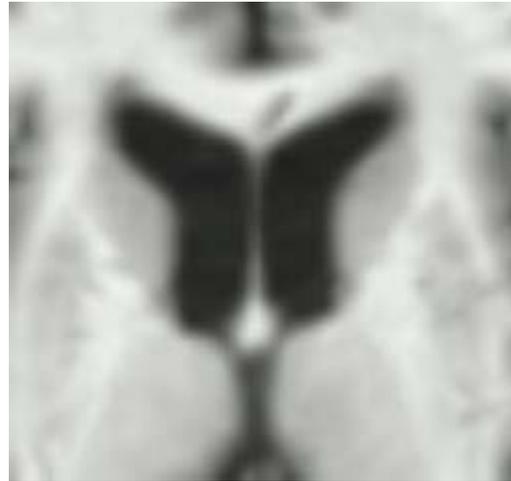
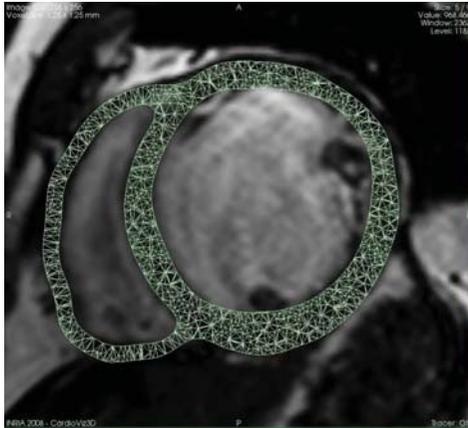
Virtual Physiological Human

- Un institut sans mur pour promouvoir le développement de modèles numériques personnalisés de l'anatomie et de la physiologie humaine



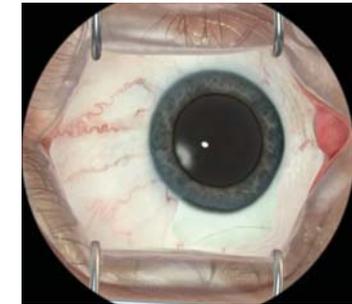
www.vph-institute.org/

4. Personnalisation biophysique par l'image et d'autres signaux

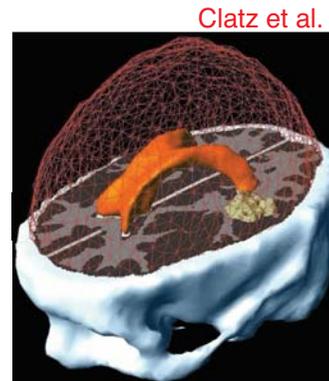


5. Plus de simulation biophysique

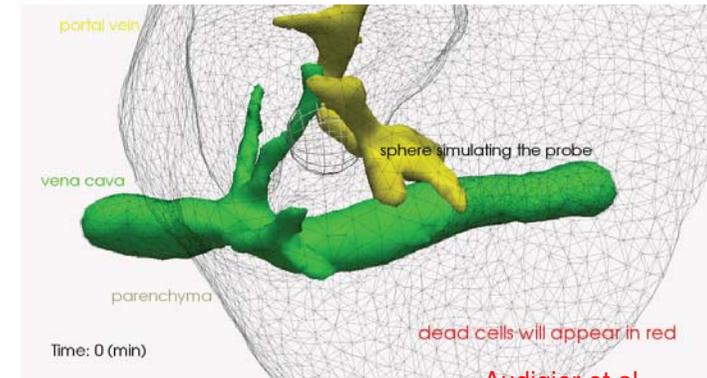
- Un nouveau pilier de la recherche
 - comprendre, prédire
 - planifier, optimiser
 - construire des bases de données



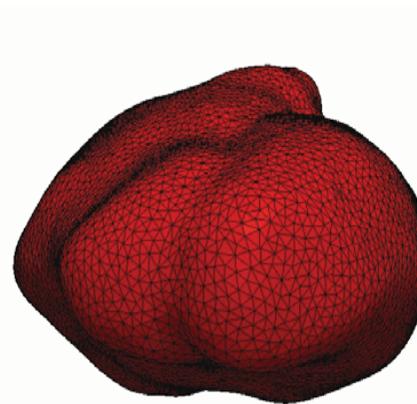
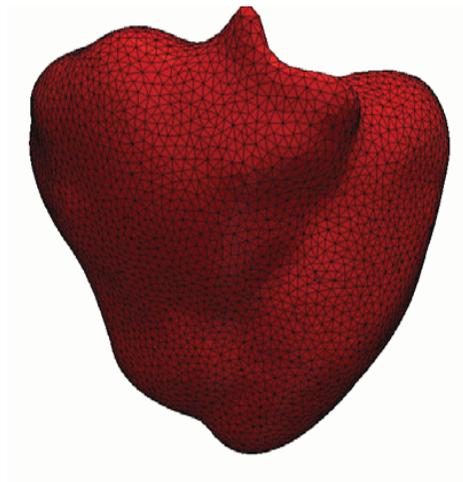
Cotin et al.



Clatz et al.



Audigier et al.

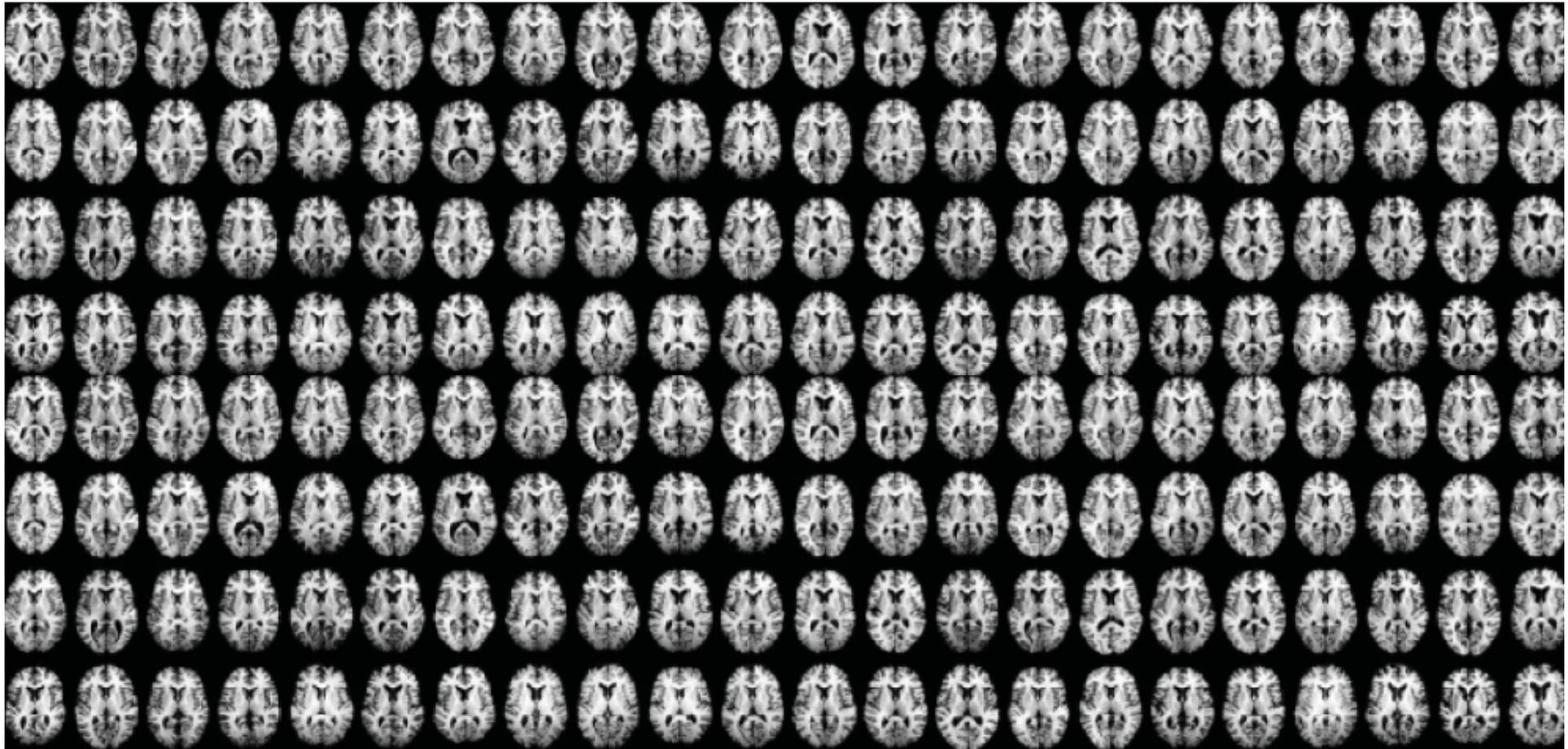


Marchesseau et al.



Talbot et al. 2014

6. *Bigger Data*

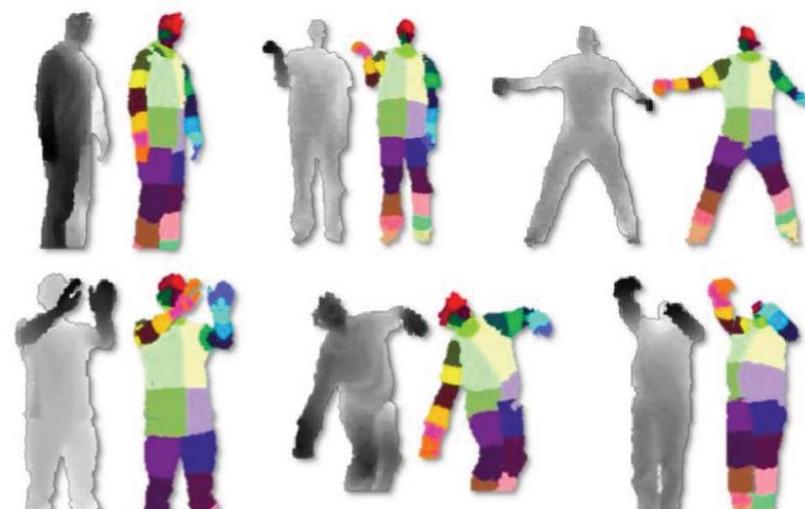
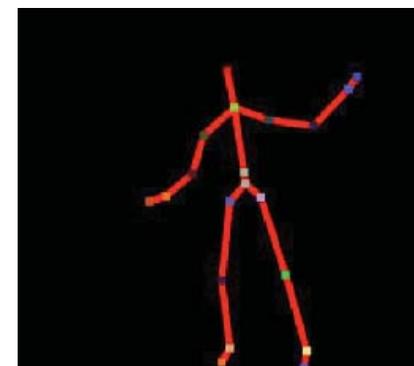


6. *Bigger Data*

- Très grandes bases d'images disponibles sur la toile, expertise associée
 - ADNI, OASIS, CATI, NIH, Creatis,...
 - Challenges MICCAI, etc.
- Complétées par des images simulées

7. Plus d'apprentissage automatique

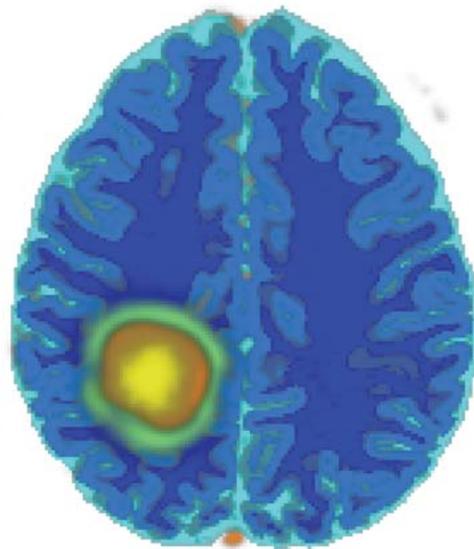
- Algorithmes d'apprentissage automatique sur de très grandes bases de données
 - réelles et synthétiques (cf. Kinect)



Shotton et al., 2011

Simuler pour apprendre

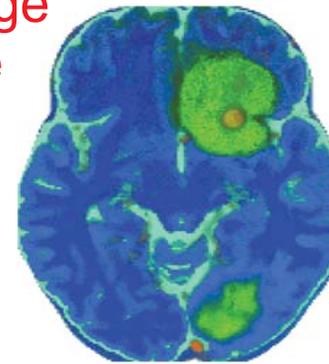
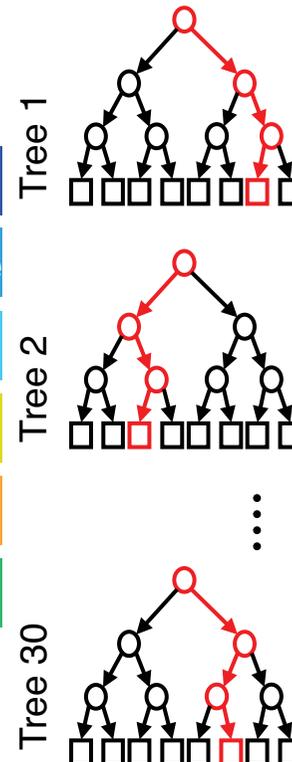
Croissance tumorale simulée



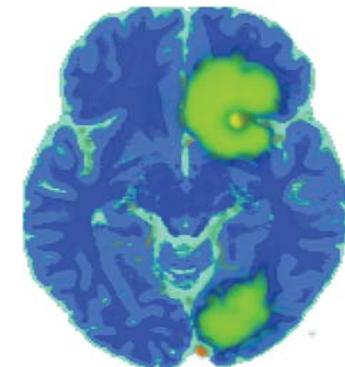
- matière grise
- matière blanche
- liquide CR
- nécrose
- vaisseaux
- œdème

Univ Utah
Microsoft Research

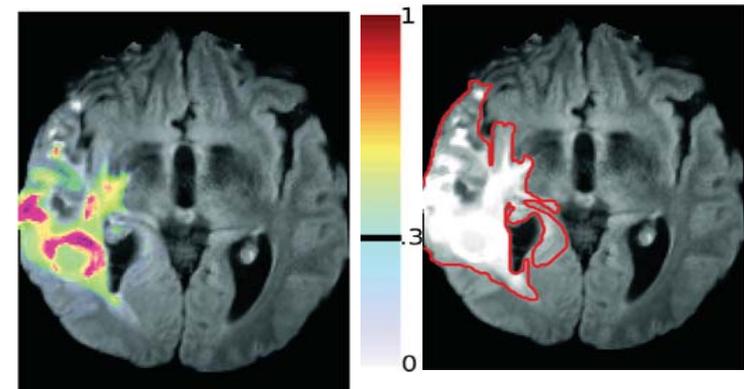
Apprentissage Statistique



prédiction



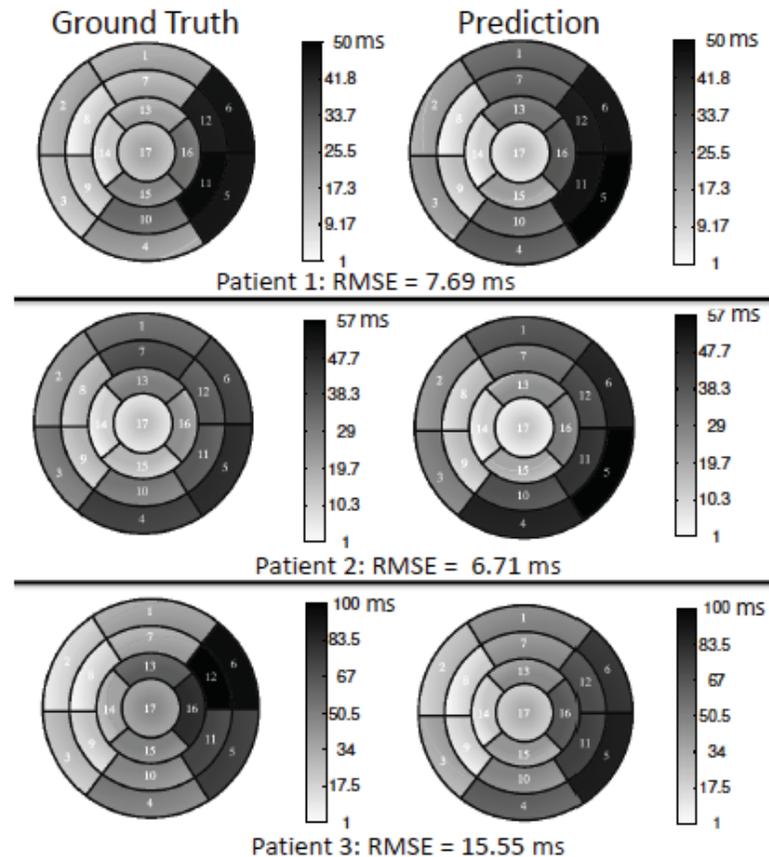
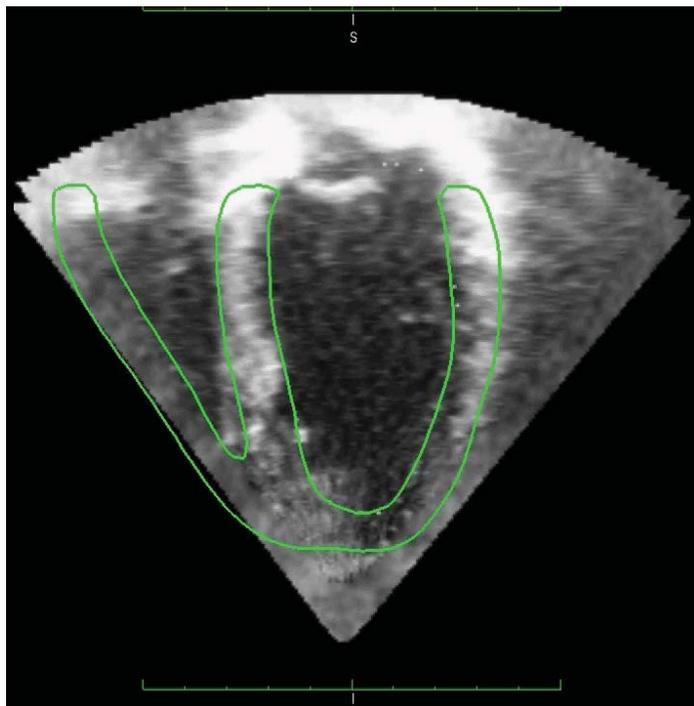
vérité



E Geremia, B H. Menze, M Prastawa, MA Weber, A Criminisi, and N Ayache. *Brain tumor cell density estimation from multi-modal MR images based on a synthetic tumor growth model*. In MICCAI Workshop on Medical Computer Vision, LNCS, 2012.

Simuler pour apprendre

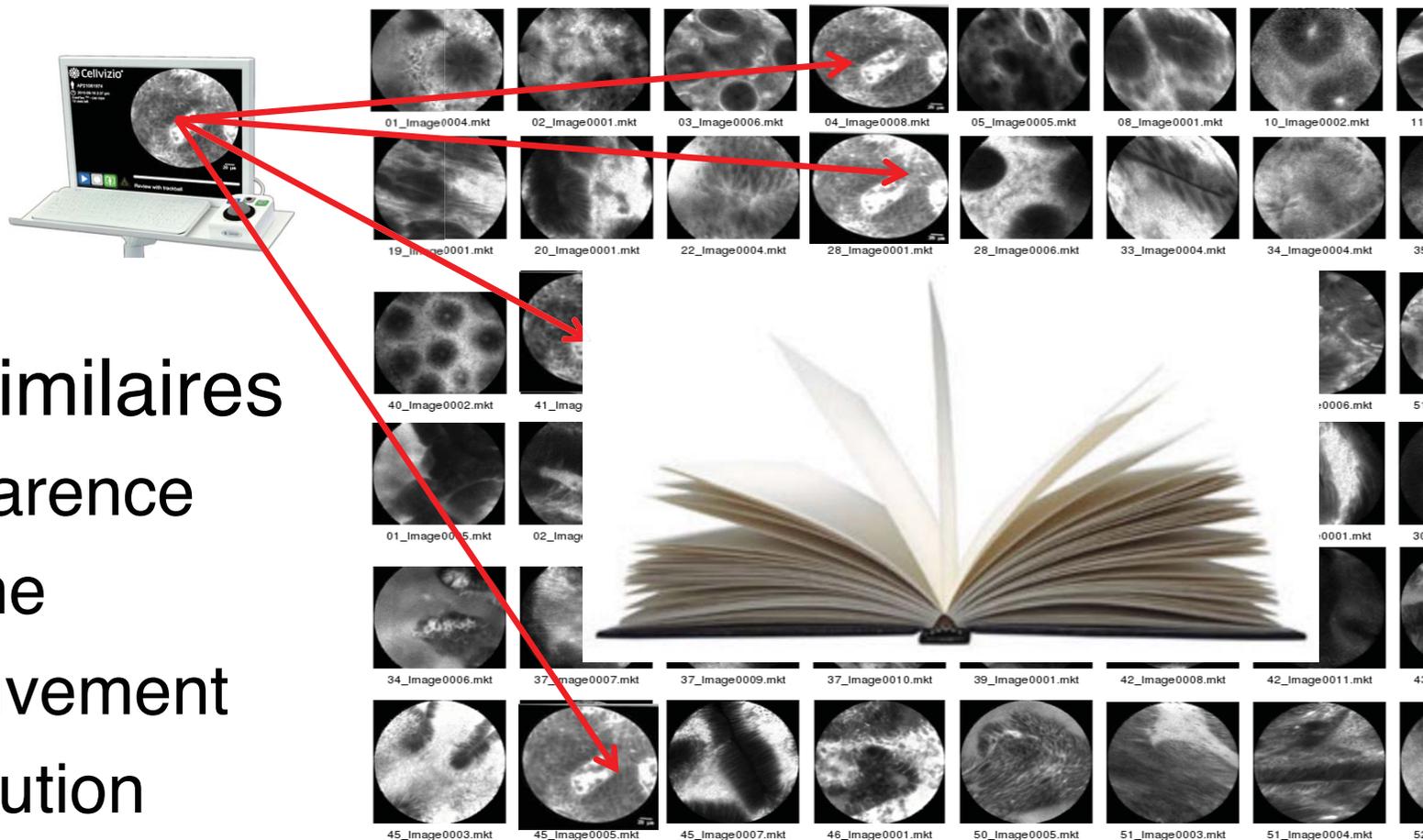
- Prédire temps de dépolarisation à partir de déformations dans les images
- Apprentissage statistique sur images réelles et simulées par modèle biophysique



A Prakosa, M Sermesant, P Allain, N Villain, C Rinaldi, K Rhode,
R Razavi, H Delingette, N Ayache,
IEEE Tr Biomedical Engineering 2013

8. Plus d'atlas intelligents

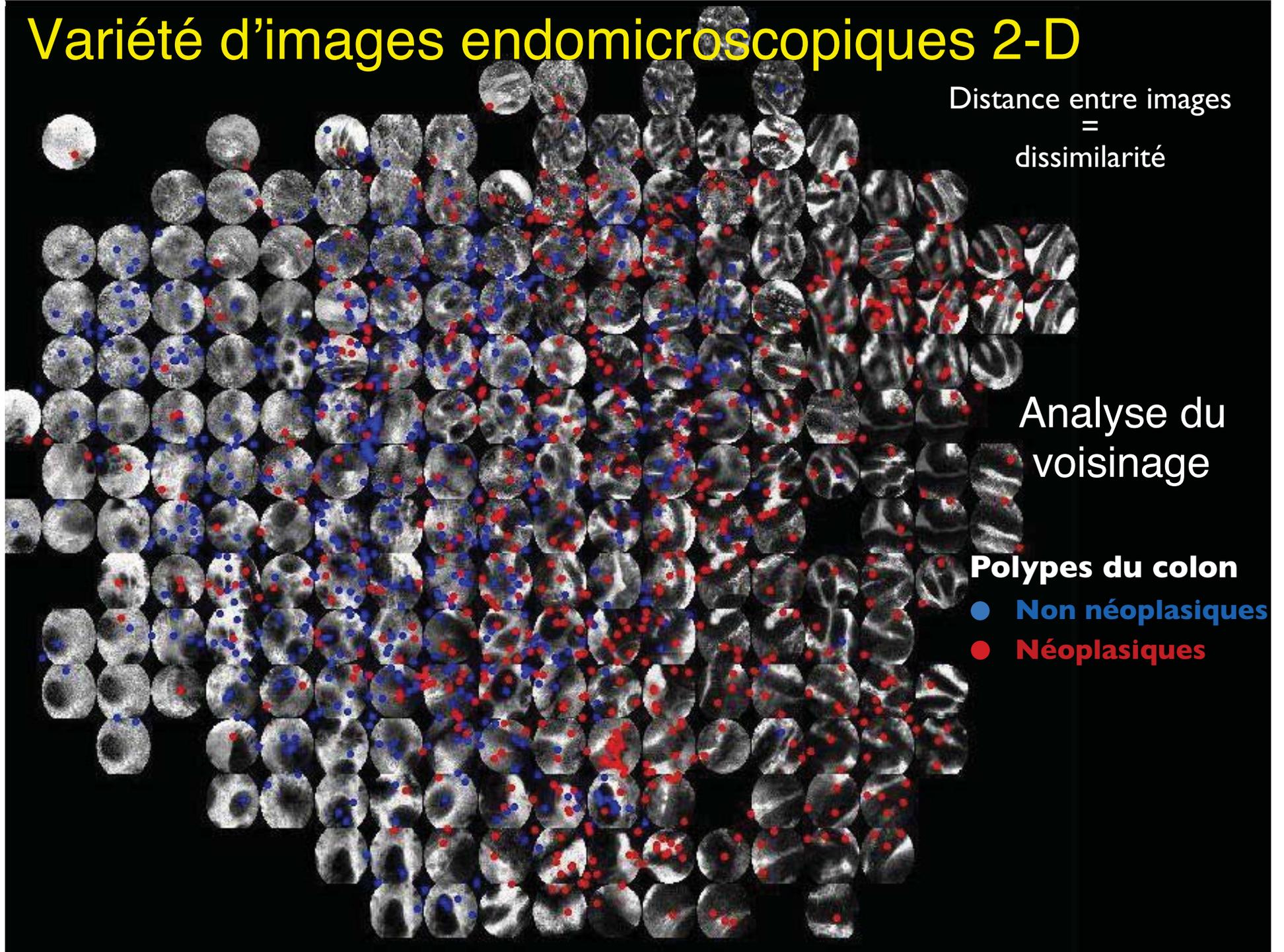
Images et expertises



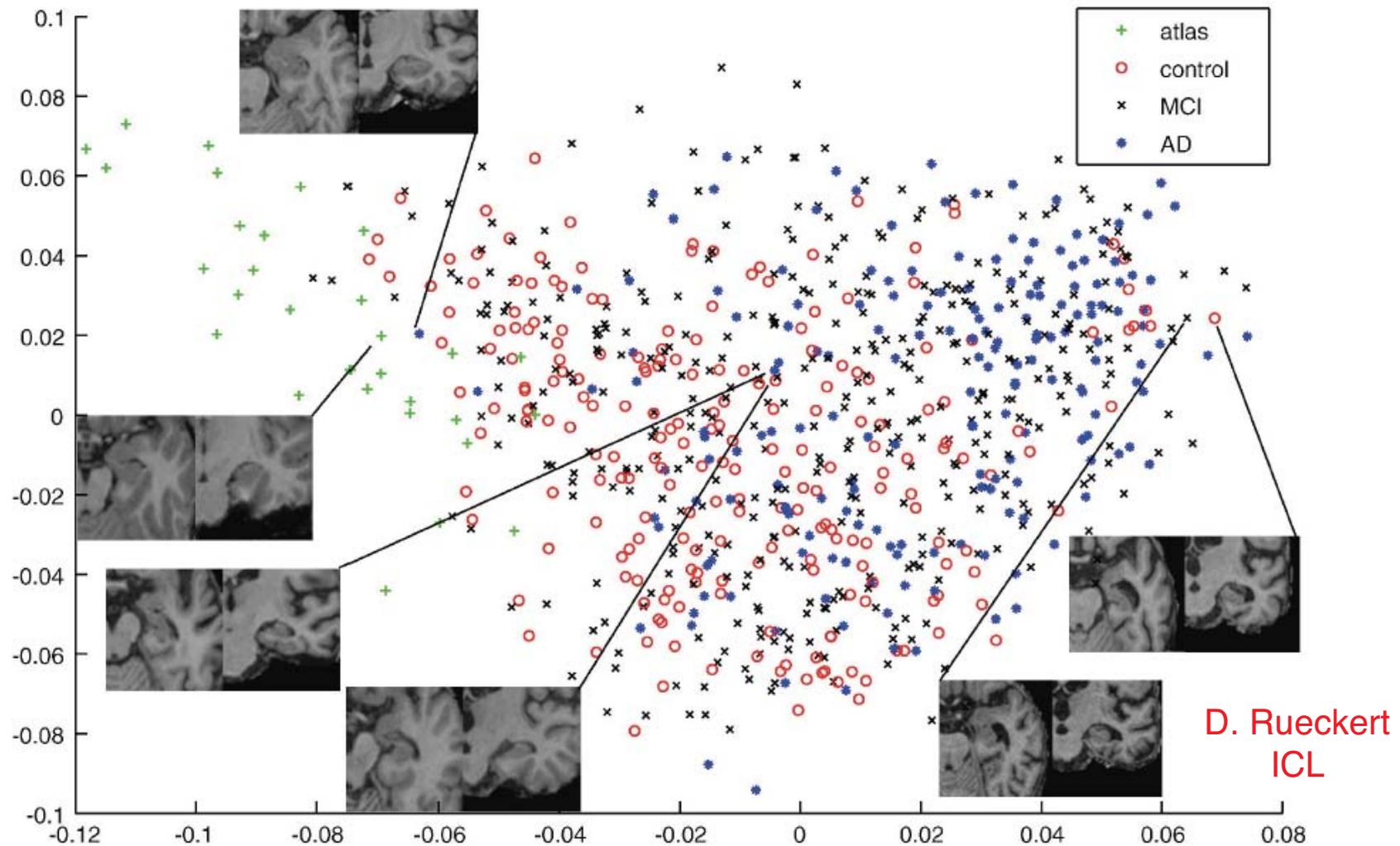
- Cas similaires
 - apparence
 - forme
 - mouvement
 - évolution

B André, T Vercauteren, M B. Wallace, A M. Buchner, N Ayache. *Endoscopic video retrieval using mosaicing and visual words.* Medical Image Analysis 2011

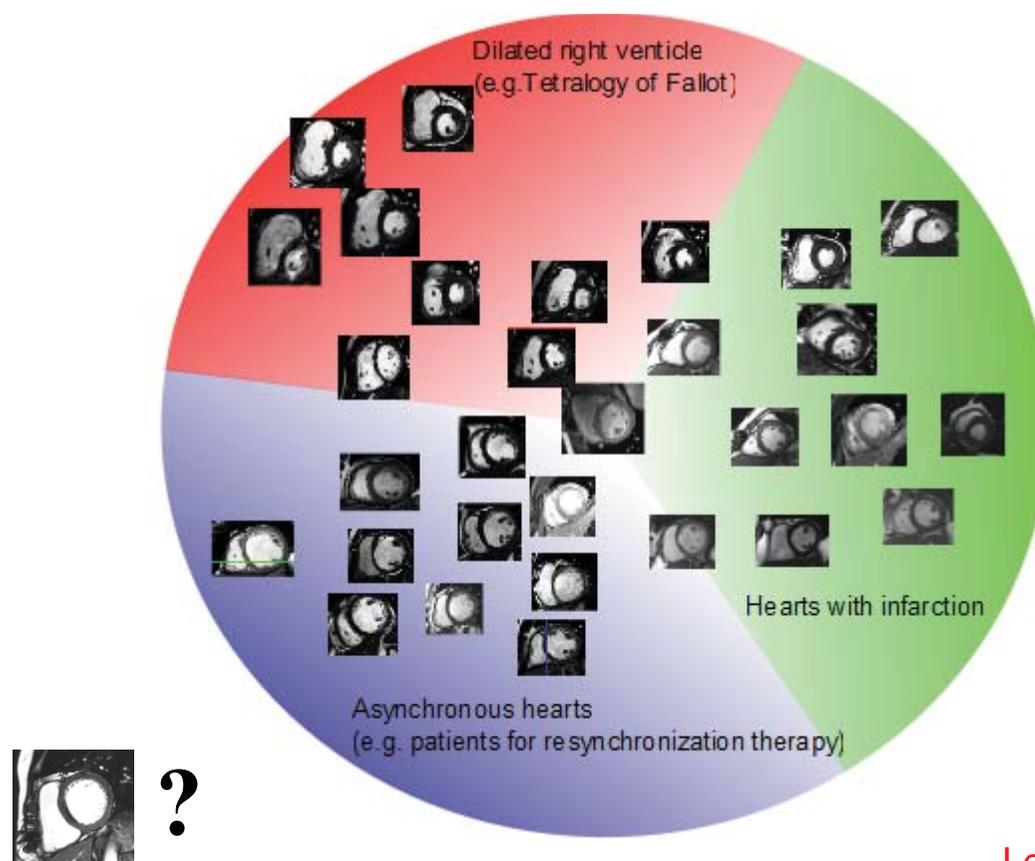
Variété d'images endoscopiques 2-D



Variété d'IRM cérébrales 3-D



Variété d'images cardiaques 4-D



Margeta et al. MIU 2014
Le Folgoc et al. MICCAI 2014
Lombaert et al. MICCAI 2014

9. Plus d'intégration

Images pré-opératoires

Modèles numériques du patient

Planification et simulation
Réalité virtuelle

Imagerie per-opératoire



IHU Strasbourg

Thérapie robotisée

Réalité augmentée

10. Liens plus étroits entre communautés scientifiques

- informatique et sciences numériques
- mathématiques, physique, chimie,
- biologie et médecine
- vision par ordinateur et robotique
- bases de données, sécurité, certification des logiciels, etc.

Imagerie médicale computationnelle

**Recherche
académique
pluridisciplinaire**

patient

**Partenaires
cliniques**

**Partenaires
industriels**

MICCAI Medical Image Computing and Computer Assisted Interventions



Une jeune discipline
portée par une
jeune communauté
de chercheurs

Colloque 24 Juin

09h10 Biophysical Models for Cancer Imaging

Michael Brady, *University of Oxford, United Kingdom*

09h50 Learning Clinical information from Medical Images

Daniel Rueckert, *Imperial College London, United Kingdom*

10h30 Spatiotemporal Analysis of Brain Development and Disease Progression

Guido Gerig, *University of Utah, United States*

11h10 Break

11h20 Decision Forests in Medical Image Analysis

Antonio Criminisi, *Microsoft Research, United Kingdom*

12h00 Computational Physiology: Connecting Molecular Systems Biology with Clinical Medicine

Peter Hunter, *University of Auckland, New Zealand*

14h10 Toward a Statistical Neuroscience

Olivier Faugeras, *Inria, Université de Nice Sophia Antipolis*

14h50 Model-Based Biomedical Image Analysis

James Duncan, *Yale University, United States*

15h30 Multi-Scale Image-Guided Interventions

David Hawkes, *University College London, United Kingdom*

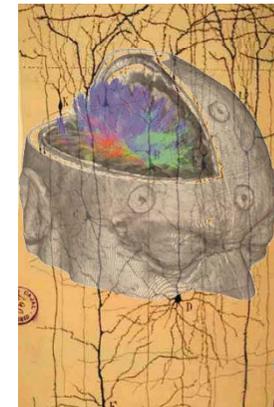
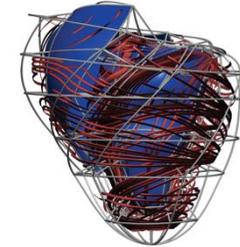
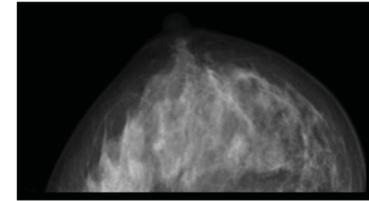
16h10 Break

16h20 Augmented Reality in the Operating Room

Nassir Navab, *Tech. Univ. Munich, Germany & J. Hopkins Univ., United States*

17h00 Towards Image-Based Personalized Medicine

Dorin Comaniciu, *Siemens Corporate Technology, United States*



- 29 avril 2014 **Sciences des images médicales : les grandes classes de problèmes + recalage**
Chirurgie du futur guidée par l'image numérique, Jacques Marescaux, *IHU Strasbourg, IRCAD*
Cardiologie du futur à l'ère du patient numérique, Michel Haïssaguerre, *CHU Bordeaux, Université Victor-Segalen, IHU LIRYC*
- 6 mai 2014 **Se repérer dans les images : recalage et segmentation**
Mesurer le cerveau numérique, Jean-François Mangin, *Neurospin Saclay*
Reconstruction d'organes dans les formes, Hervé Delingette, *Inria, Sophia Antipolis*
- 13 mai 2014 **Variabilité anatomique et fonctionnelle : atlas statistiques**
Phénotype, fonction et génotype, Bertrand Thirion, *Inria Saclay Île-de-France, CEA, DSV, I2BM, Neurospin*
Statistiques de formes et variétés anatomiques, Xavier Pennec, *Inria Sophia Antipolis*
- 20 mai 2014 **La dimension temporelle : quantifier une évolution**
La neuro-imagerie à l'ère du patient numérique, Stéphane Lehericy, *IHU Pitié Salpêtrière*
Biomarqueurs d'imagerie dans les pathologies cérébrales, Christian Barillot, *CNRS, Inserm, Inria Rennes*
- 27 mai 2014 **Imagerie des tumeurs : modèles biophysiques pour mesurer et prédire**
Neurochirurgie guidée par l'image, Emmanuel Mandonnet, *Hôpital Lariboisière*
Radiothérapie guidée par l'image, Jocelyne Troccaz, *TIMC Grenoble, CNRS*
- 03 juin 2014 **Imagerie microscopique in vivo : mosaïques numériques et indexation**
Les enjeux médicaux de l'endomicroscopie, Jean-Paul Galmiche, *CHU Nantes*
Des étoiles aux cellules, de la recherche à l'entreprise, Sacha Loiseau, *Mauna Kea Technologies*
- 10 juin 2014 **Le cœur numérique personnalisé : diagnostic, pronostic et thérapie**
Images et signaux cardiaques : état de l'art et futur, Pierre Jaïs, *CHU Bordeaux, Université Victor-Segalen, IHU LIRYC*
Vers un système vasculaire numérique, Jean-Frédéric Gerbeau, *Inria UPMC*
- 17 juin 2014 **Réalité virtuelle, simulation, et perspectives**
Réalité augmentée en endoscopie et chirurgie, Luc Soler, *IRCAD/IHU, Strasbourg*
Simulation en médecine : présent et futur, Stéphane Cotin, *Inria*

Remerciements

Nicholas Ayache
17 juin 2014

Le patient numérique personnalisé
Images, médecine & informatique



COLLÈGE
DE FRANCE
—1530—

84