

Informatique et médecine

Gérard Berry

Professeur au Collège de France

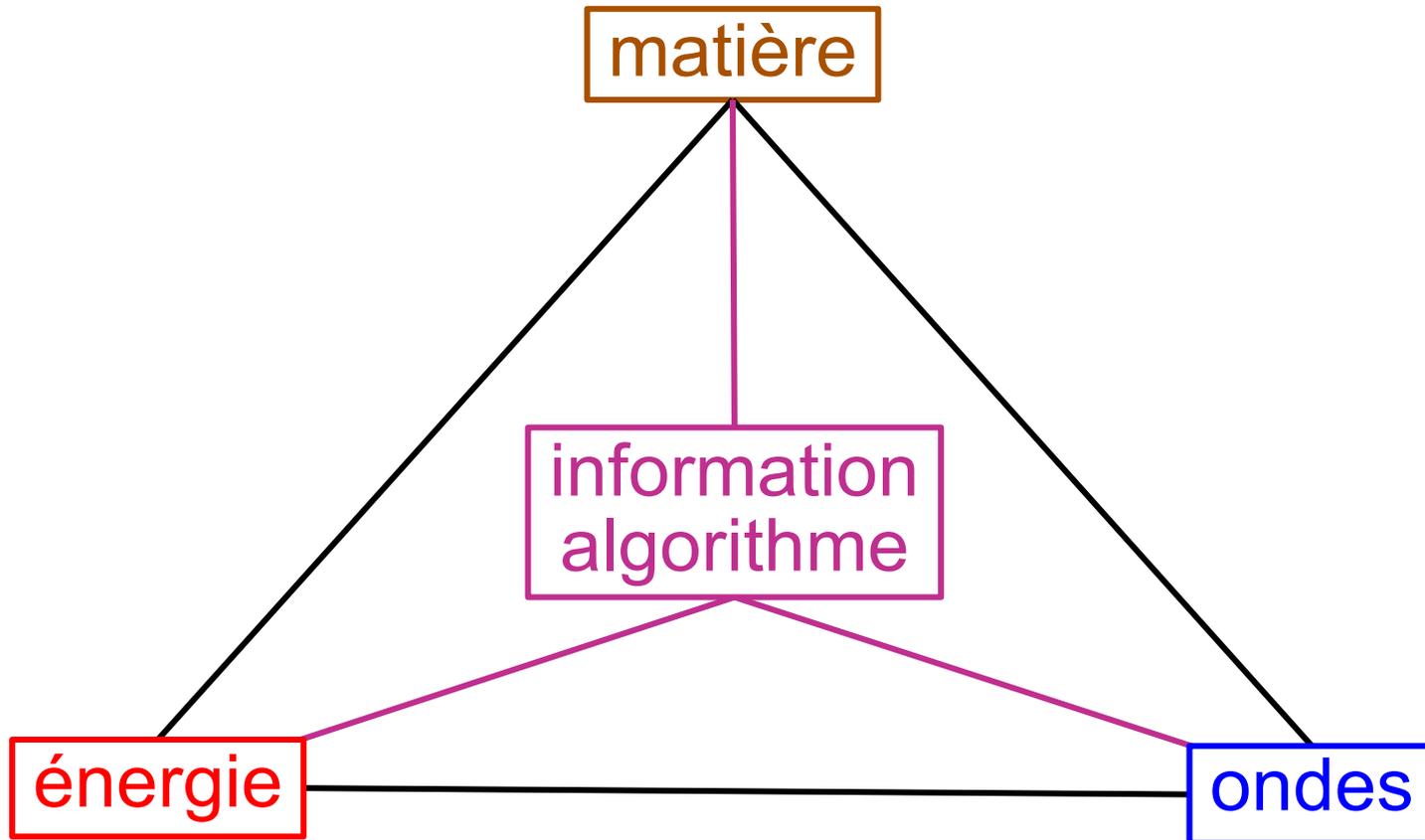
Chaire Algorithmes, machines et langages

Académie des sciences, Académie des technologies

<http://www.college-de-france.fr/site/gerard-berry>

Rencontres Canguilhem, Strasbourg, 05/10/2018

Sciences et techniques, du 20^e au 21^e siècle



L'information, ça ne pèse pas, ne sent pas, ne brûle pas, mais se conserve, se recopie et se transmet parfaitement

Où intervient l'informatique en médecine ?

- Imagerie 2D/3D/4D, analyse d'images, instrumentation
- Radiologie interventionnelle
- Modélisation et simulation
- Chirurgie : robots, réalité virtuelle, simulation, etc.,
- Collecte et analyse des données, **diagnostic**
- Internet : contact médecin / malade, réseaux de patients, informations médicales, ...
- **Appareillage** : **pacemakers**, **pompes à insuline**, audition, vision, ...

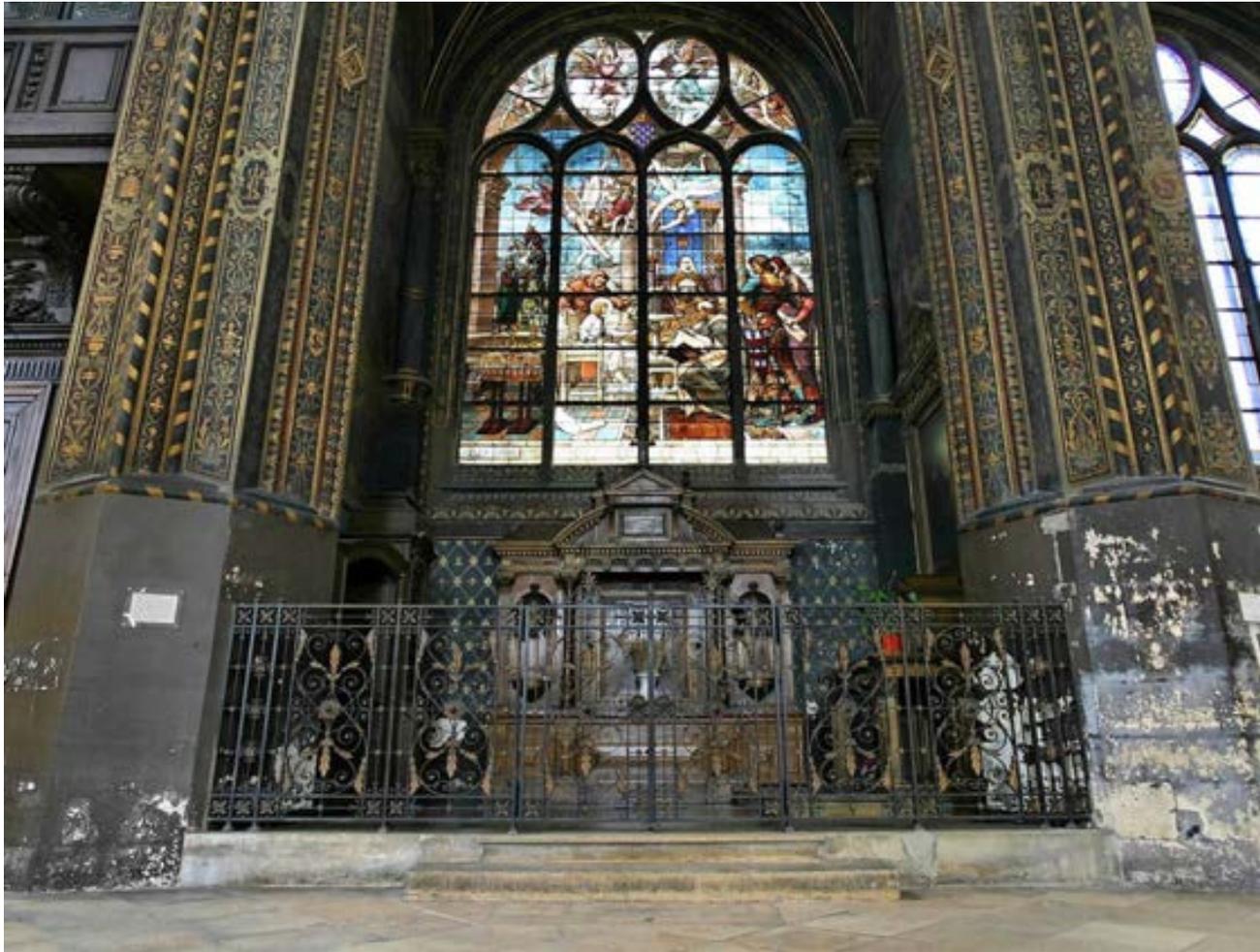
La photo numérique



Photo argentique: clic, c'est fini → tirage

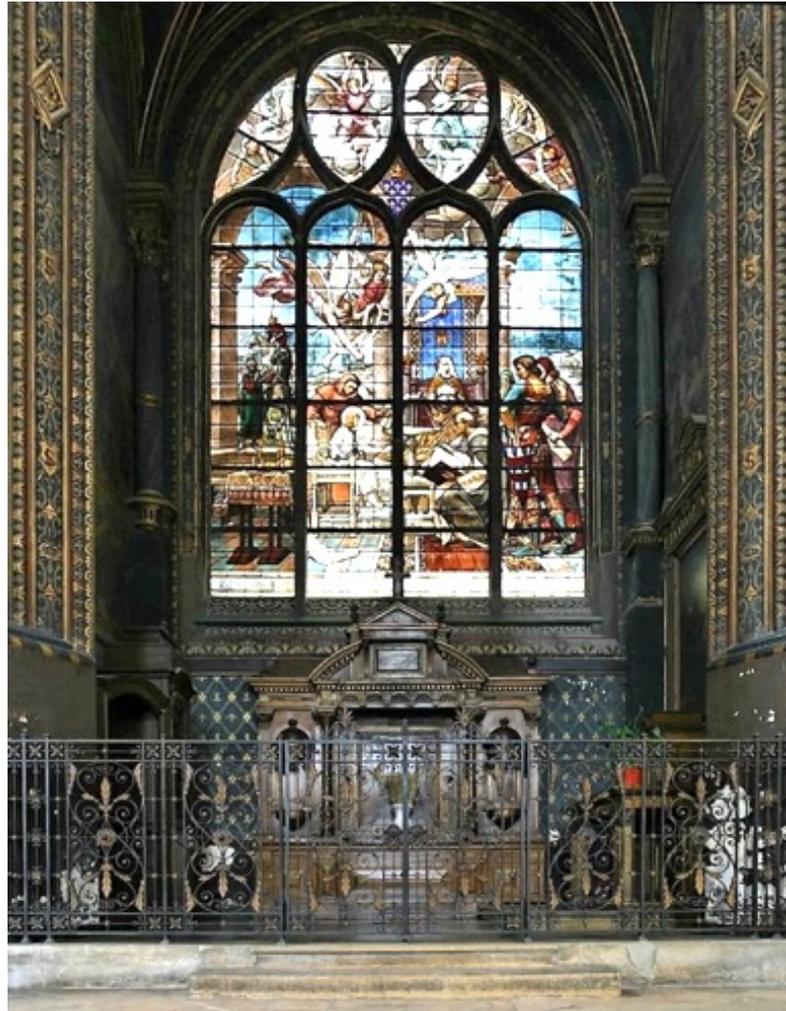
Photo numérique : clic ça commence → algorithmes !

La photo numérique



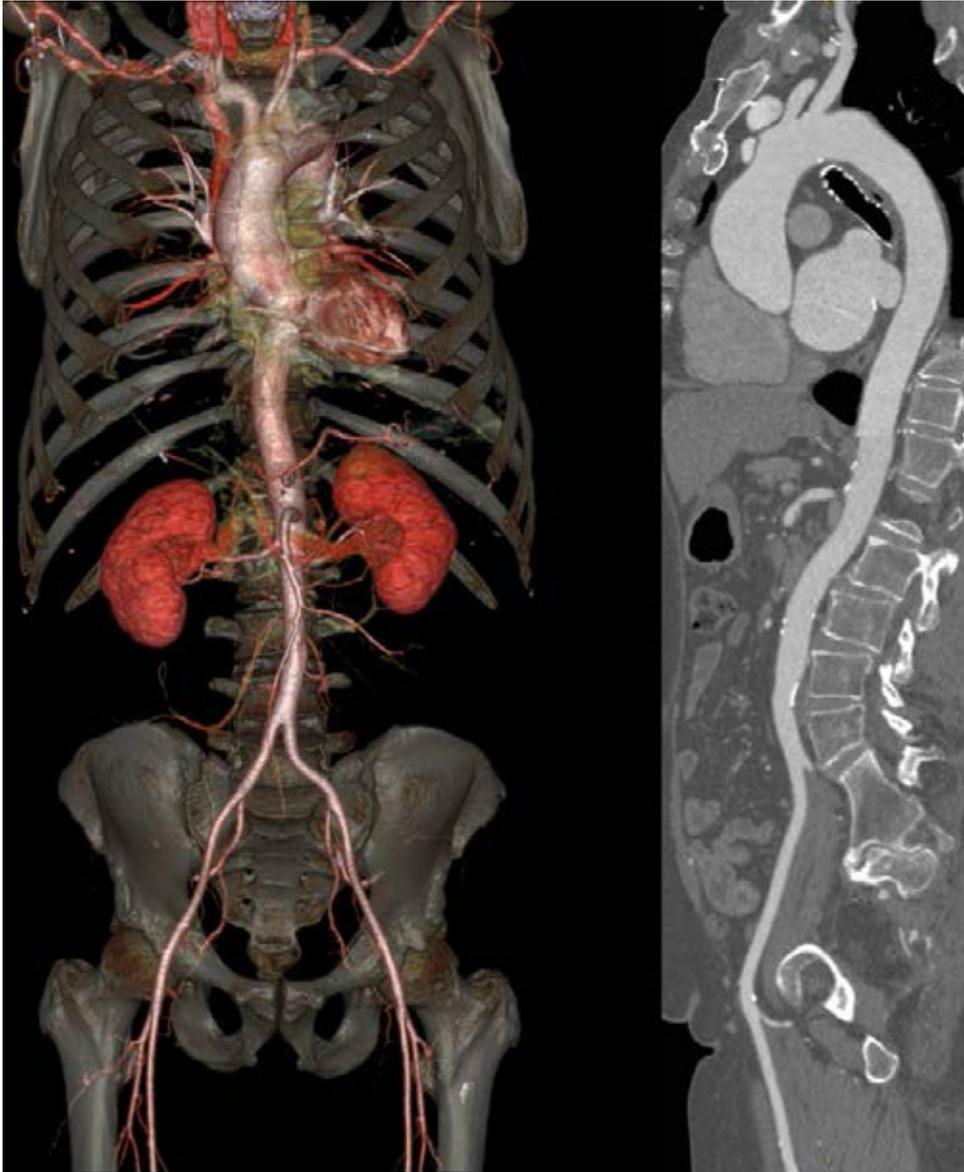
Inverser algorithmiquement les distorsions
transformer la lumière: ~~Physique ?~~

Pour un clic de plus...



Faisable avec la physique, mais à quel prix...

Vraiment voir dans le corps



Scan 3D
= physique fine
+ algorithmes
de haut vol
+ fausses couleurs

Fusion d'images multiples



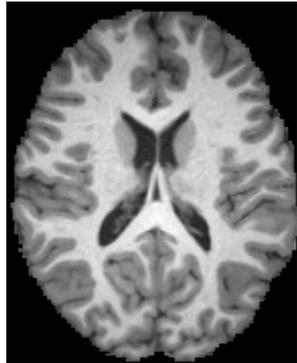
6 images successives
à mises au point décalées

image finale

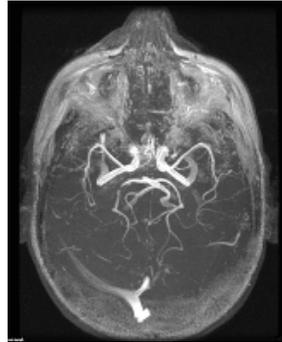
Infaisable par les seuls procédés physiques !

Fusion d'images multiples

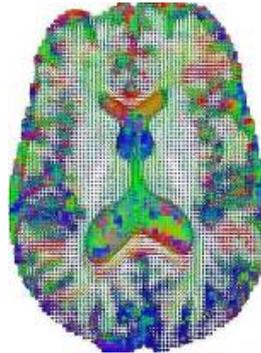
anatomy



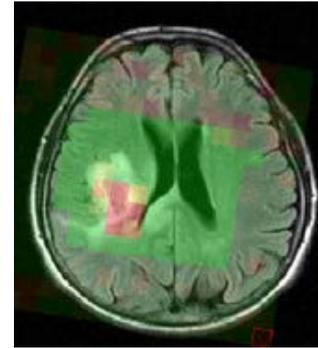
angio



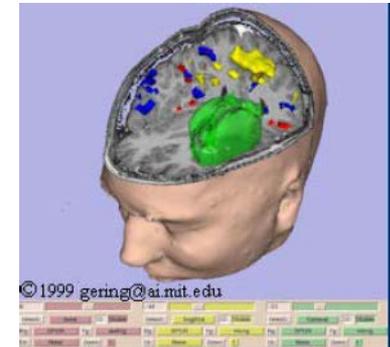
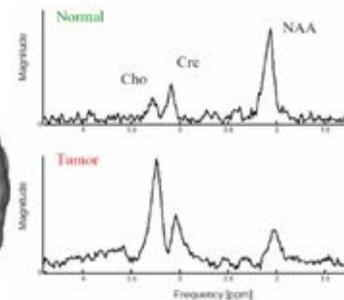
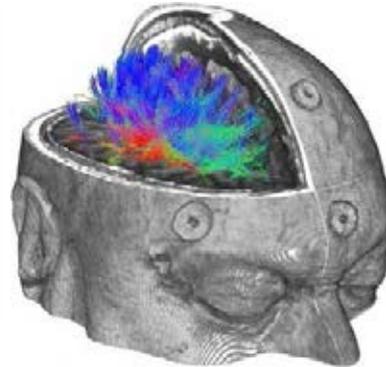
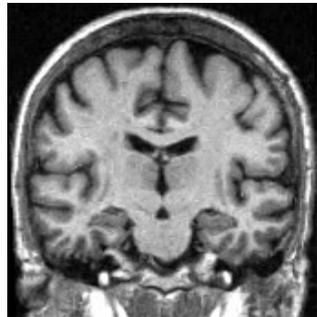
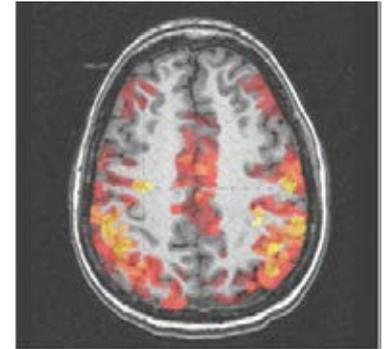
diffusion



spectro



functional



Le Bihan, Le cerveau de cristal, 2013

Infaisable par les seuls procédés physiques !

Analyse algorithmique des images

- Calcul de volumes d'organes ou de tumeurs
- Préparation d'opérations
- Recherche de tumeurs malignes (*deep learning*)
 - cancers de la peau : > **médecins**
 - mammographie : \approx **médecins**
 - demandent de grandes bibliothèques d'images annotées
- ...

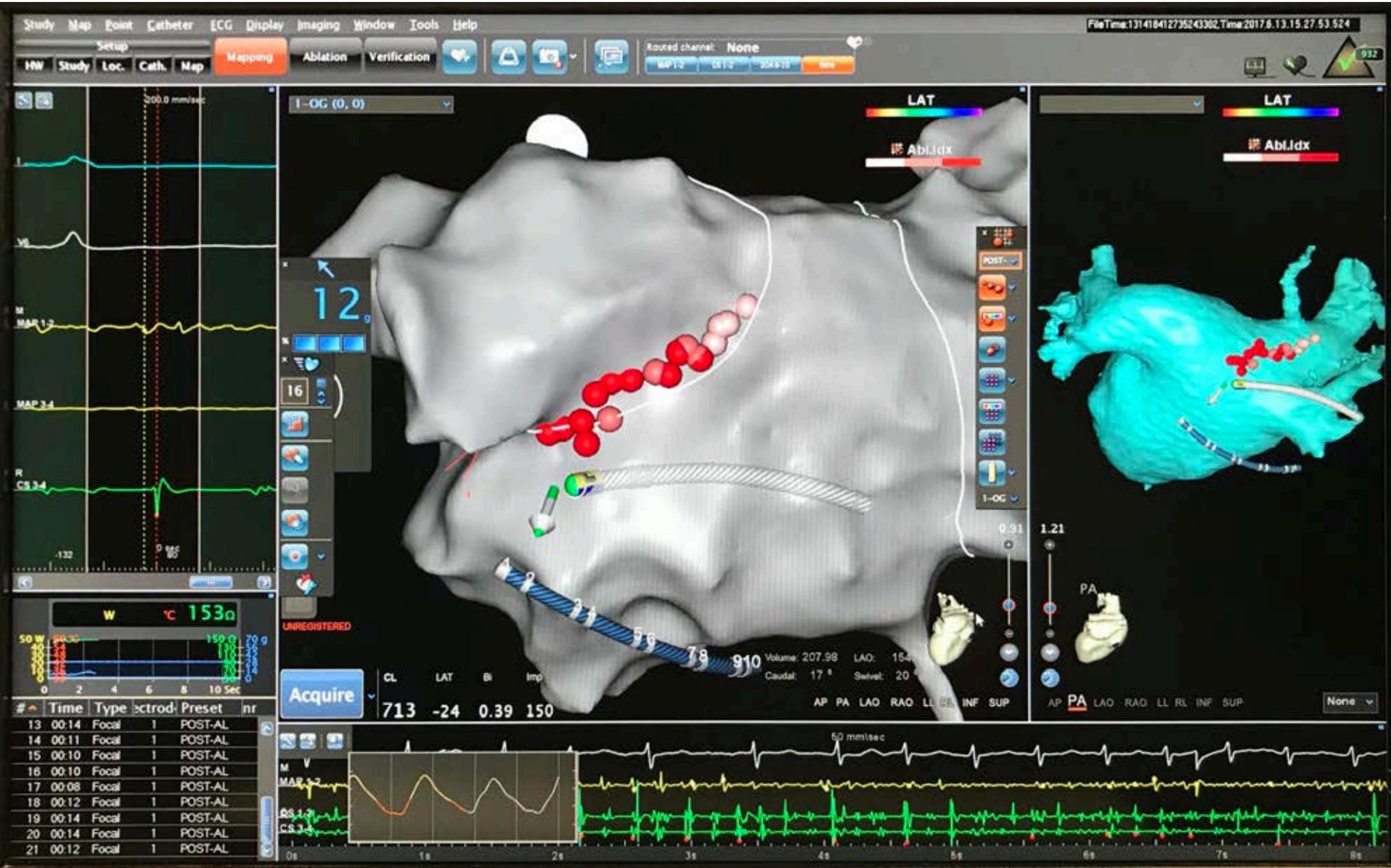
Intervenir par l'image...



Source F. Besse, Centre de Cardiologie du Nord

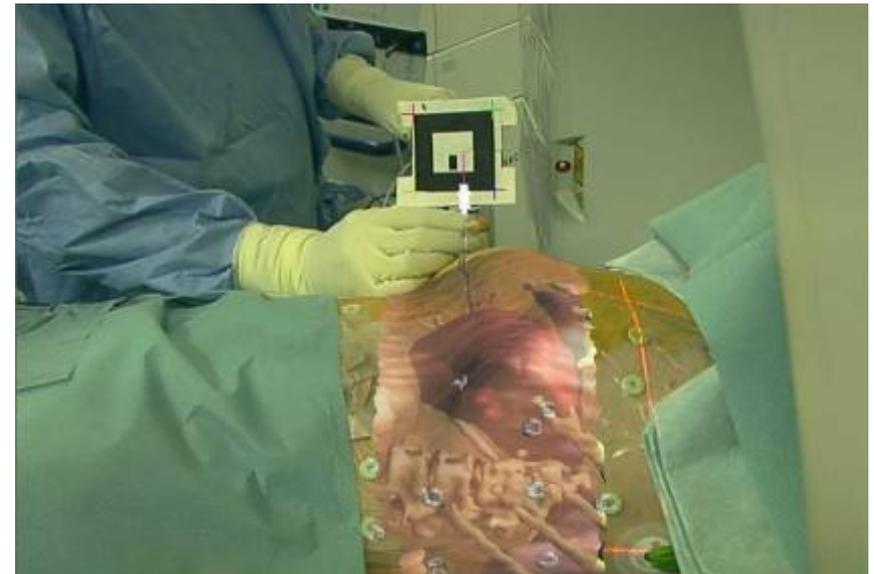
Radiologie interventionnelle (voir mon Colloque du 02/05/18)

Multimodalité et réalité augmentée



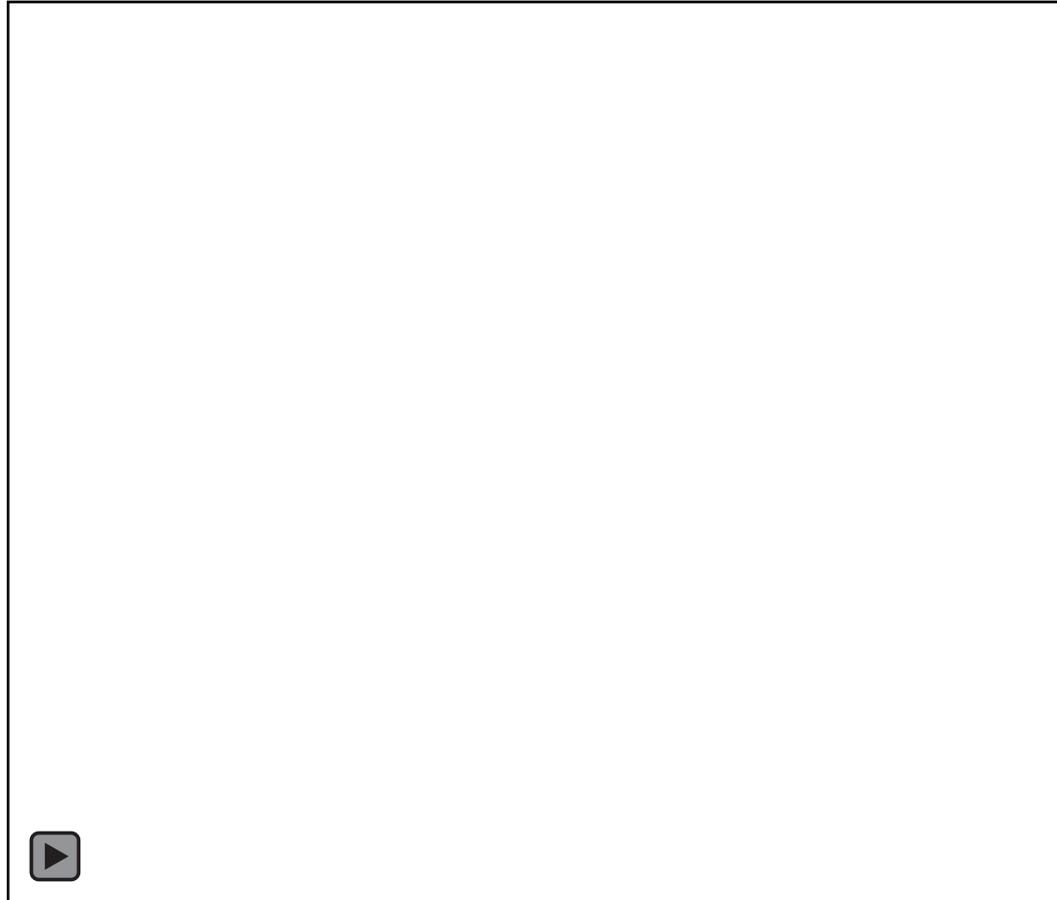
Réalité augmentée en chirurgie

superposer l'image virtuelle
au patient réel



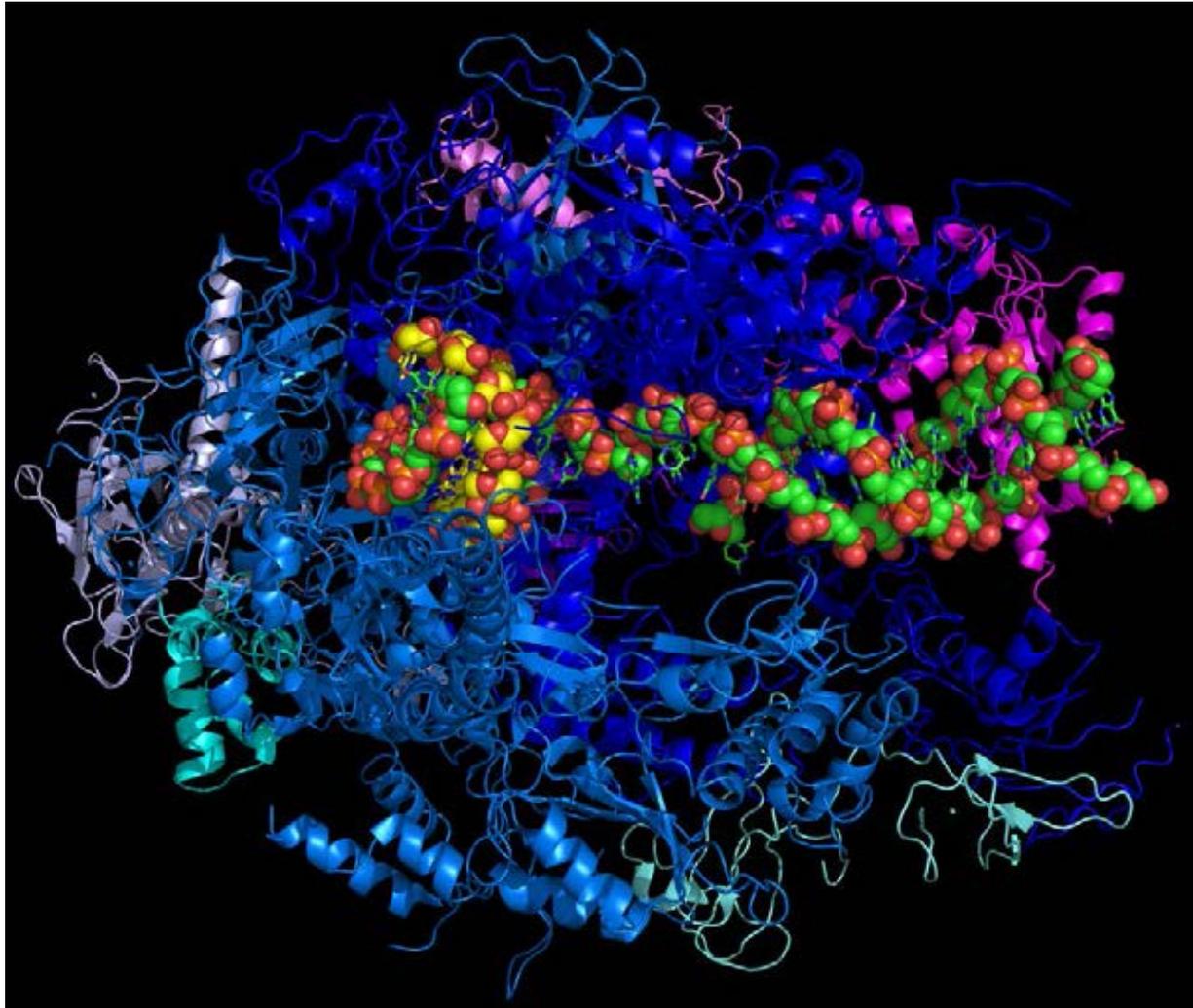
Ablation radiofréquences de tumeurs hépatiques (Inria- IRCAD)

Modéliser et simuler une opération



Simuler, c'est remplacer matière, énergie et ondes
par l'information et l'algorithme

Modéliser la biologie : RNA Polymérase



Au royaume de la géométrie algorithmique ?

Analyse de données ou modélisation ?

- Analyse de données massives
 - statistiques, apprentissage
 - **corrélation** n'est ni explication ni causalité
 - **deep learning** : beaux succès, mais pas encore de compréhension ni d'explicabilité – **problème ou pas ?**
 - risque : **le renforcement des biais**
- Modélisation
 - par **lois mathématiques ou algorithmiques**, ex. coeur
 - force d'**explication**, de **simulation** et de **prédiction**
 - mais le modèle doit être validé par les mesures
One does not find oil by drilling the map

Avenir : couplage modèles / apprentissage
(Ex. traitement de la langue, jeux)

Interaction humain / algorithmes

- Peut-on faire confiance à un algorithme qui se sait pas expliquer ses décisions ?
- Un médecin sait-il toujours expliquer ses décisions ?
- Les algorithmes seront disponibles sur Internet
- Que fera le médecin si le patient lui donne un diagnostic ?

Sûreté et sécurité informatiques

- **Sûreté** : absence de bugs logiciels
 - Therac 25 : **surirradiations massives**
- **Sécurité** : protection des données et appareils
 - virus Petya / Not Petya ➤ **hôpitaux anglais**
 - pacemakers (2017) : **milliers de trous de sécurité**
 - pompes à insuline : **idem**

Protocoles et organisme de certification
de l'informatique médicale embarquée ?

Le corps médical est-il vraiment au courant ?

Conclusion

- La médecine doit **s'intéresser de près à l'informatique**, et pas seulement à ce qu'on en dit dans les médias
 - **Qualité logicielle** et **sécurité informatique** des appareils, systèmes de gestion et traitement de données
 - **Processus de certification** des logiciels critiques
 - Compréhension de comment vraiment **personnaliser et interpréter** les diagnostics et traitements automatiques

Jamais rien ne sera magique !