

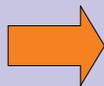
De l'imagerie médicale à la planification de la chirurgie

Hervé Delingette

Herve.Delingette@inria.fr



Plan de l'exposé



- Les Images Médicales
- Traitement pour l'aide au diagnostic
 - Suivi du ventricule gauche
- Traitement pour la planification thérapeutique
 - Chirurgie hépatique
- Conclusion



Imagerie Médicale

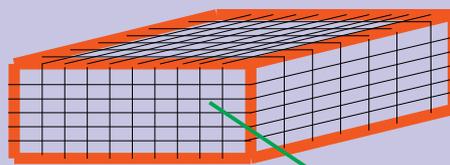


Roentgen, 1895



Images Médicales 3-D

- Représentation discrète d'une partie du corps qui est décrite par une matrice à 3 dimensions (voxels)



$$M(i,j,k) = I(x,y,z)$$

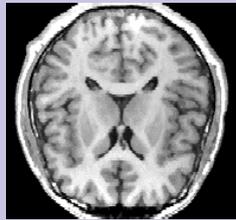
- $I(x,y,z)$ mesure certaines propriétés physiques ou chimiques du corps humain dans un élément de volume



Principales Modalités d'Imagerie

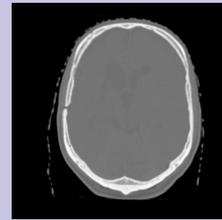
IRM

Densité et
structure des
Protons



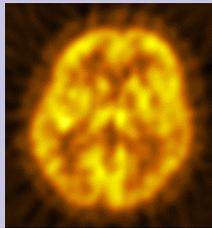
CT-Scanner

Densité
d'absorption
aux rayons X



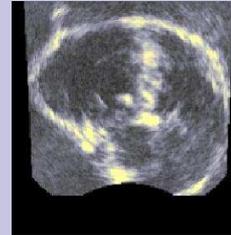
Scintigraphie

Densité
d'isotopes
injectées



Ultrason

Variations
d'impédance
Acoustique

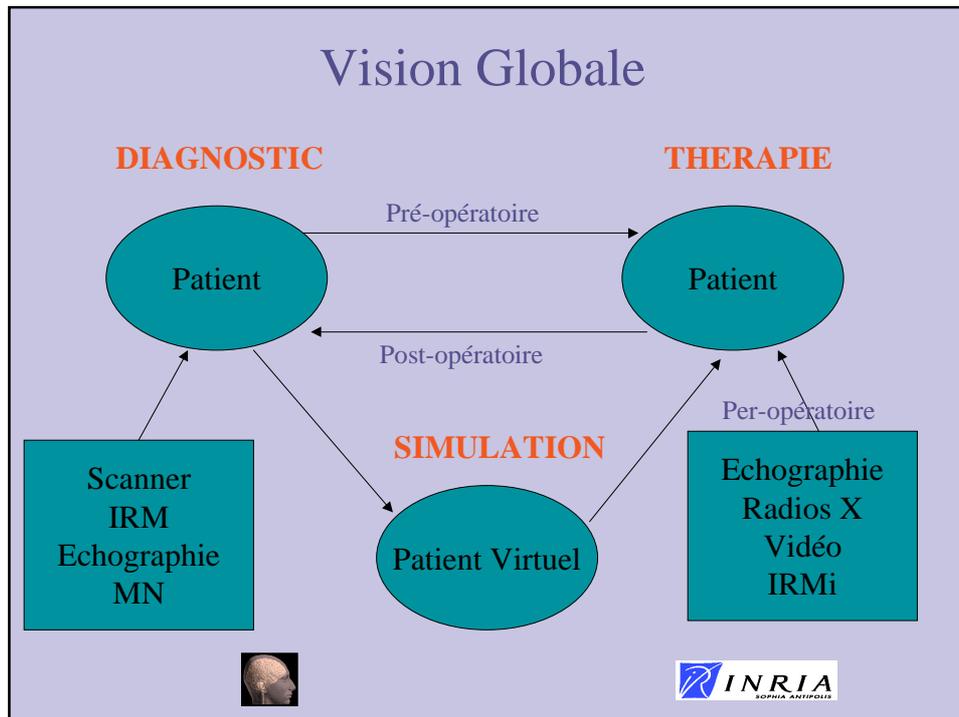


Imagerie Médicale

- Imagerie Médicale est utilisée à toutes les étapes de la pratique médicale:
 - Diagnostic
 - Planification de la thérapie
 - Contrôle de la thérapie
 - Suivi de la thérapie



Vision Globale



Imagerie Médicale(2)

- Les tendances en imagerie médicale :

- Meilleure qualité d'images

➡ Moins d'artefacts et meilleur contraste

- Plus grande vitesse d'acquisition

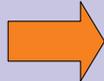
➡ Imagerie 4D et moins d'artefacts dans les images 3D

- Meilleure résolution des images

➡ Images plus détaillées et plus volumineuses



Plan de l'exposé



- Les Images Médicales
- Traitement pour l'aide au diagnostic
 - Suivi du ventricule gauche
- Traitement pour la planification thérapeutique
 - Chirurgie hépatique
- Conclusion



Aide au diagnostic

- Les images médicales ne sont pas utilisées de manières optimales :

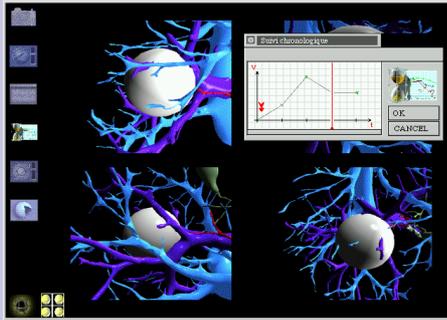


- Visualisation 2D et partielle
- Peu ou pas d'évaluations quantitatives
- Expertise importante pour interpréter les images



Aide au diagnostic (2)

- Intérêt des outils informatiques :



Mais... Prend en compte les échecs possibles du logiciel

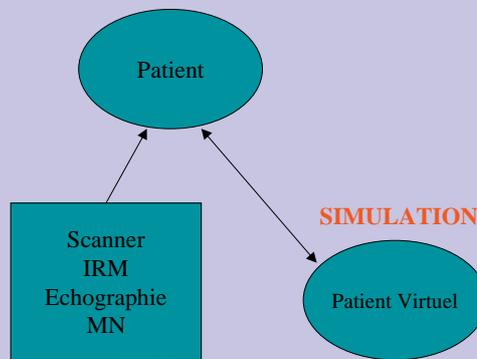
- Supervision par un expert médical

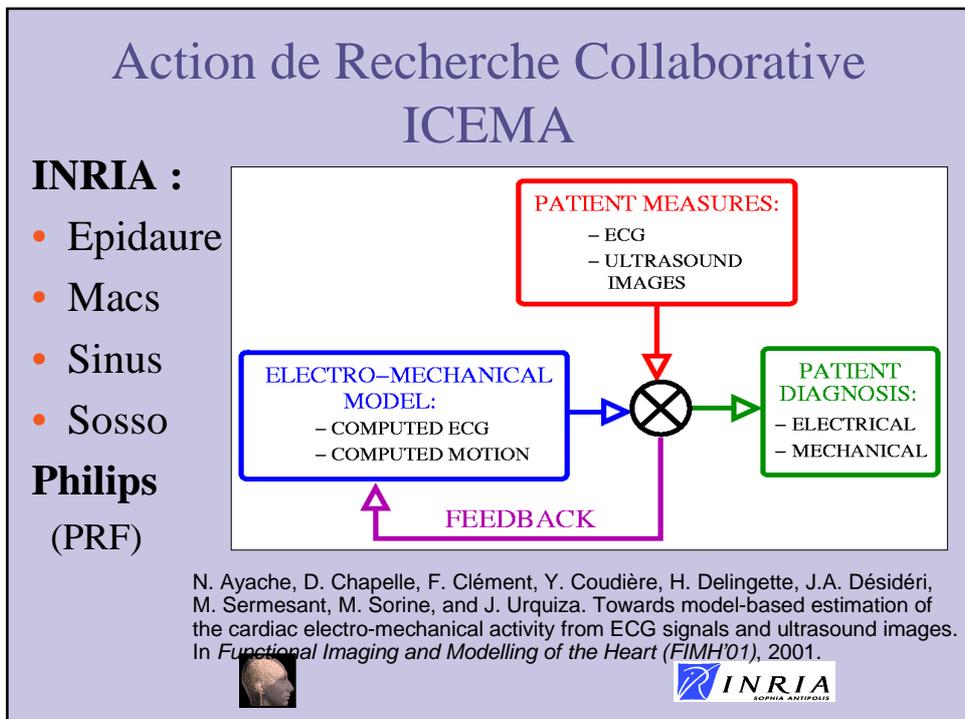
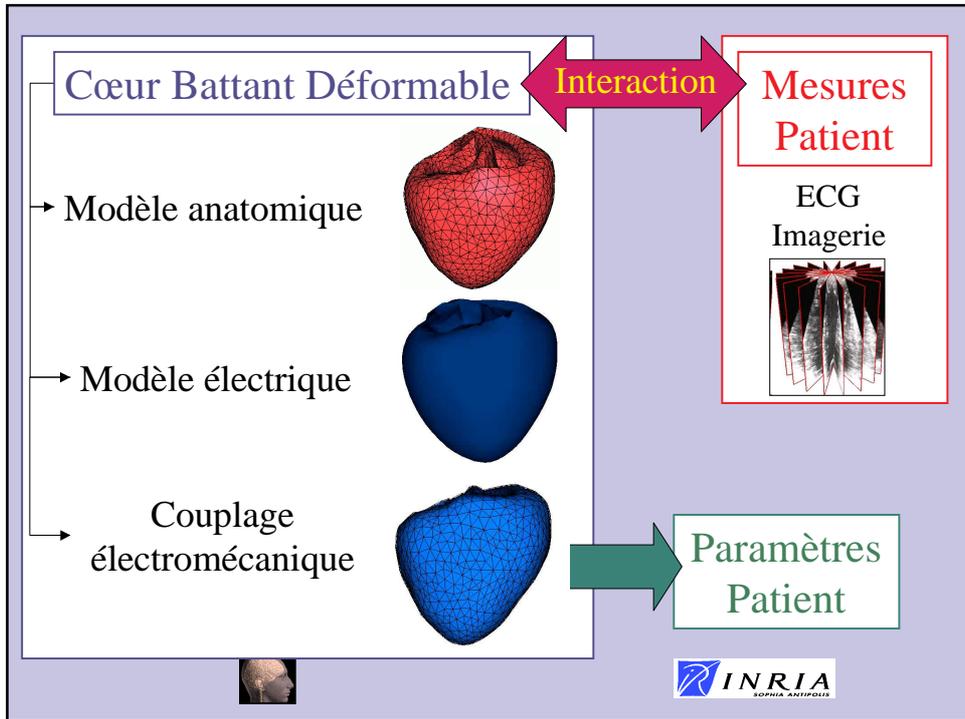


Aide au Diagnostic

- Utilisation de modèles «virtuels» que l'on va ajuster aux images médicales d'un patient

DIAGNOSTIC

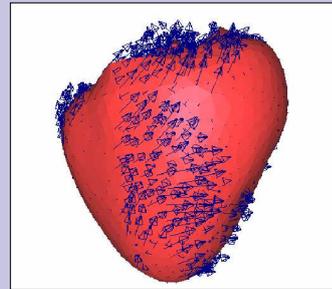
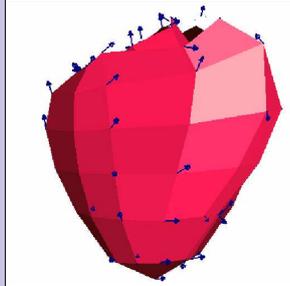




Création du maillage

- A partir de données de dissection

Maillage hexaédrique → tétraédrique



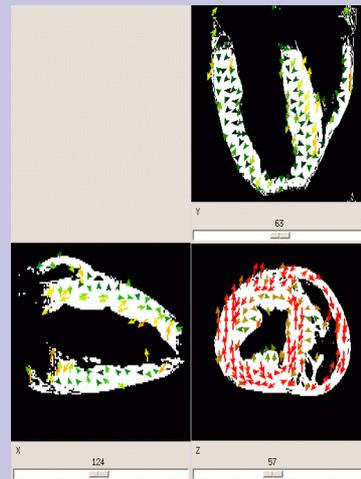
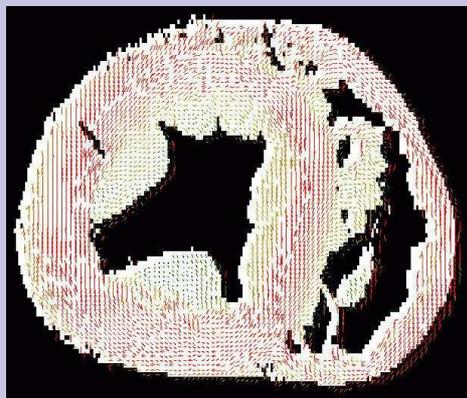
Cœur de chien du Bioengineering Research Group,
University of Auckland, New Zealand

<http://www.eso.auckland.ac.nz/Groups/Bioengineering>



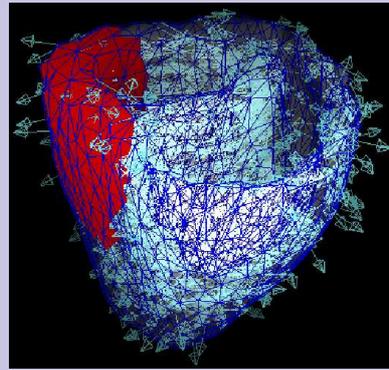
Création du maillage

- A partir d'imagerie de tenseur de diffusion (IRM)

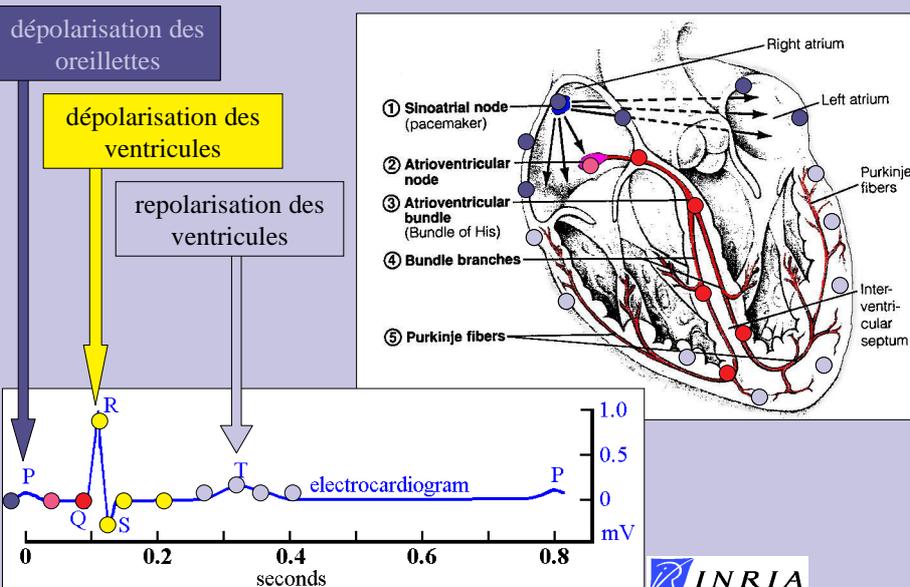


Modèle anatomique

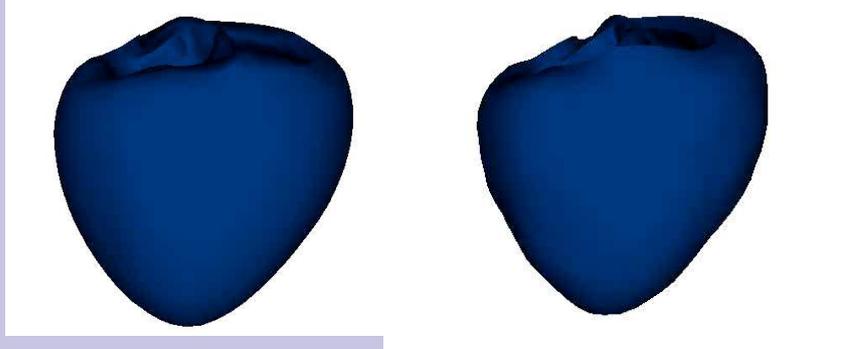
- *Extrémités du réseau de Purkinje* :
plan proche de l'apex
- *Zones fixes* :
autour des valves
- *Zones anatomiques* :
à partir de la segmentation
du myocarde du Visible
Human Project



Activité Electrique du cœur



Résultats du Modèle Electrique



Tenseur de diffusion isotrope

Tenseur de diffusion anisotrope

$$D = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

— : polarisé
— : dépolarisé

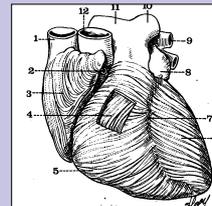
$$D = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0.8 & 0 \\ 0 & 0 & 0.8 \end{pmatrix}$$

INRIA
SOPHIA ANTIPOLIS



Propriétés du Myocarde

- Composé de faisceaux de fibres musculaires \Rightarrow anisotrope
- Contraction du myocarde si impulsion électrique \Rightarrow actif
- Présence de sang \Rightarrow incompressible



Matériau actif non-linéaire viscoélastique
anisotrope et incompressible



INRIA
SOPHIA ANTIPOLIS

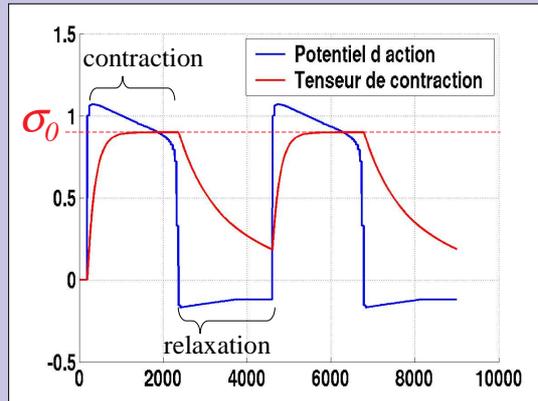
Contrainte de Contraction Simplifiée

$$\frac{d\sigma_c}{dt} = -|u| \sigma_c + \sigma_0 |u|_+$$

$u > 0 \Rightarrow \sigma_c \nearrow$
contraction

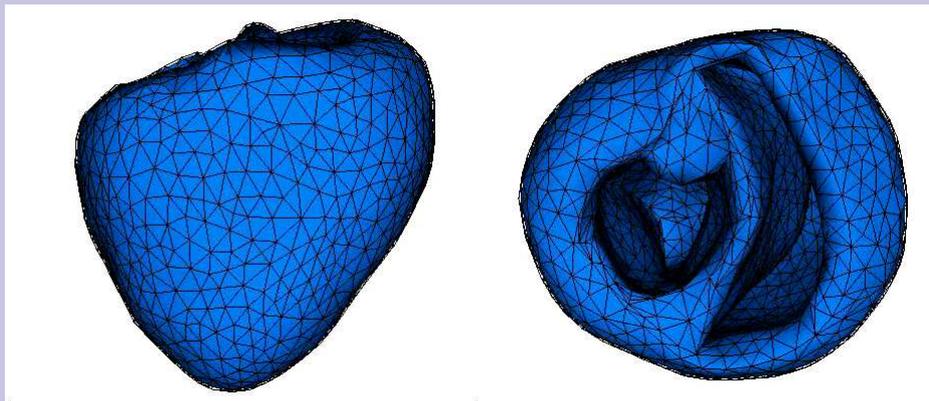
$u < 0 \Rightarrow \sigma_c \searrow$
relaxation active

$u = 0 \Rightarrow \sigma_c \text{ cste}$
relaxation passive



INRIA
SOPHIA ANTIPOLIS

Résultats de Contraction

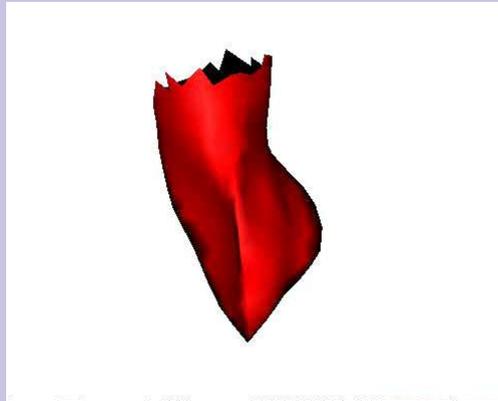


Effet du tenseur de contraction sur un modèle
élastique anisotrope linéaire par morceaux
Les nœuds près des valves sont fixes.



INRIA
SOPHIA ANTIPOLIS

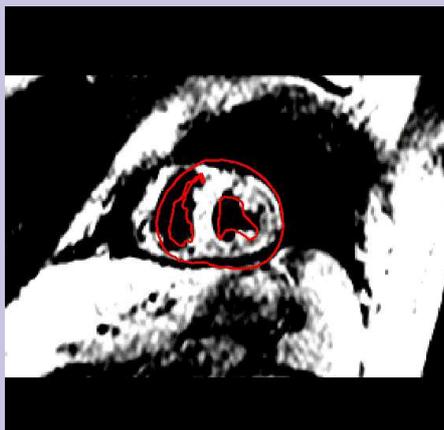
Résultats de Contraction



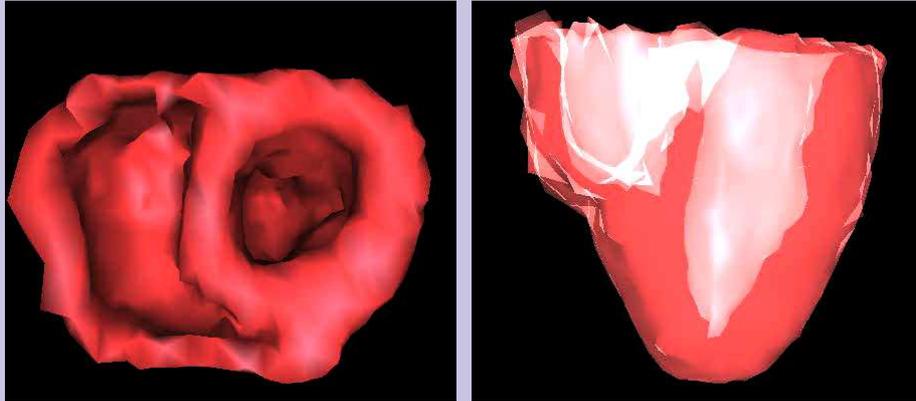
Visualisation de la surface interne du ventricule gauche pendant la contraction
Les nœuds près des valves sont fixes.



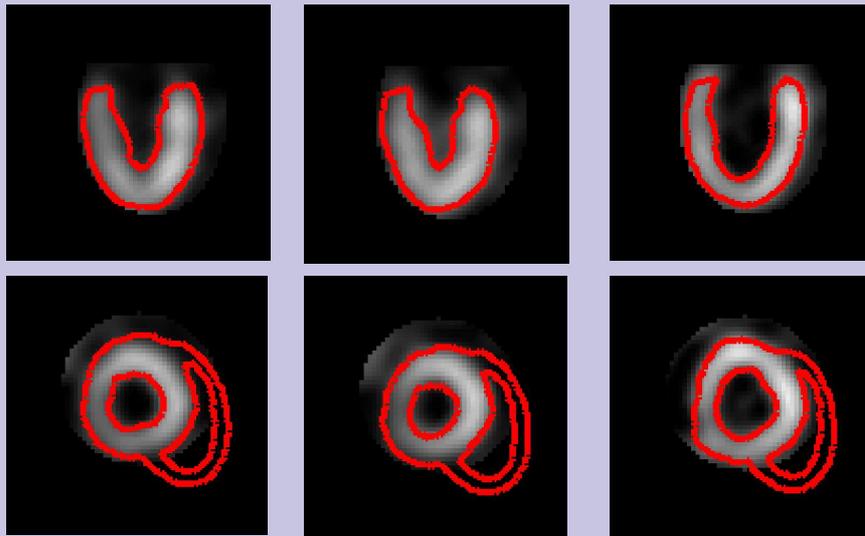
Segmentation d'une séquence temporelle d'IRM



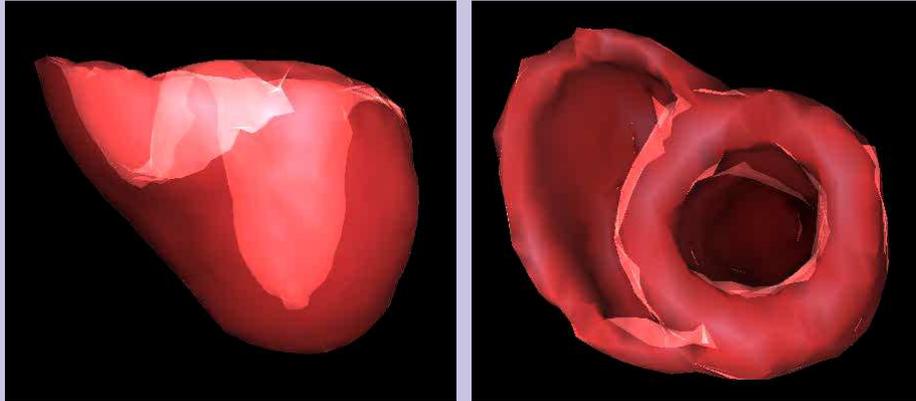
Segmentation d'une séquence temporelle IRM



Segmentation d'une séquence SPECT



Segmentation d'une séquence temporelle SPECT



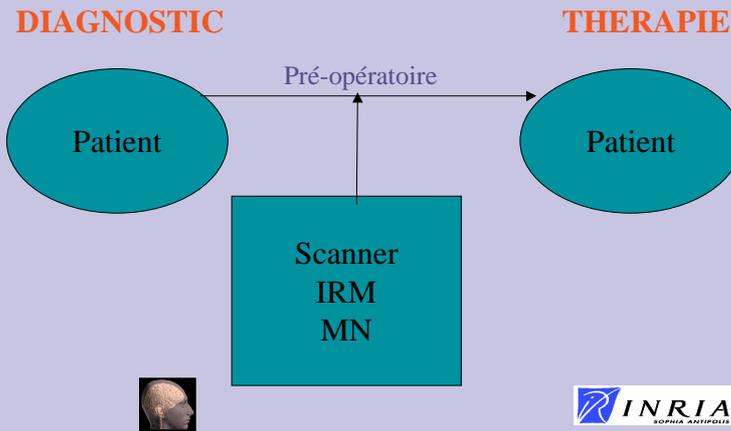
Plan de l'exposé

- Les Images Médicales
- Traitement pour l'aide au diagnostic
 - Suivi du ventricule gauche
- ➔ • Traitement pour la planification thérapeutique
 - Chirurgie hépatique
- Conclusion



Planification thérapeutique

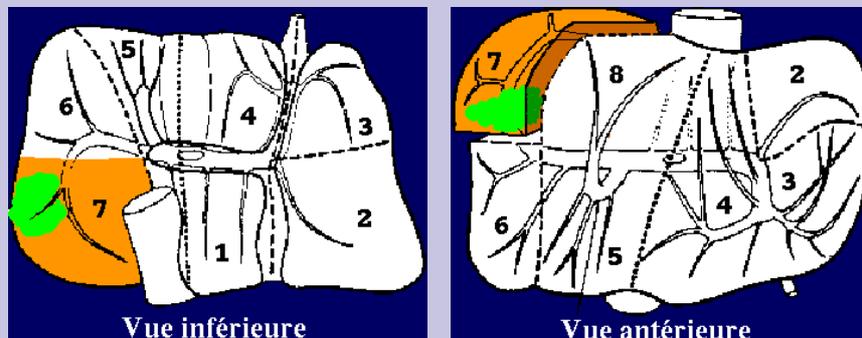
Son objectif est de définir la **stratégie** opératoire



Contexte Chirurgical

Principales entités chirurgicales :

Segments anatomiques de Couinaud

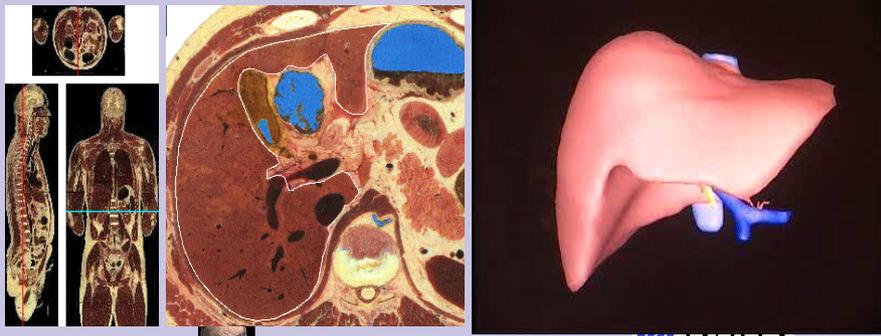


Collaboration avec l'IRCAD



Reconstruction du Foie

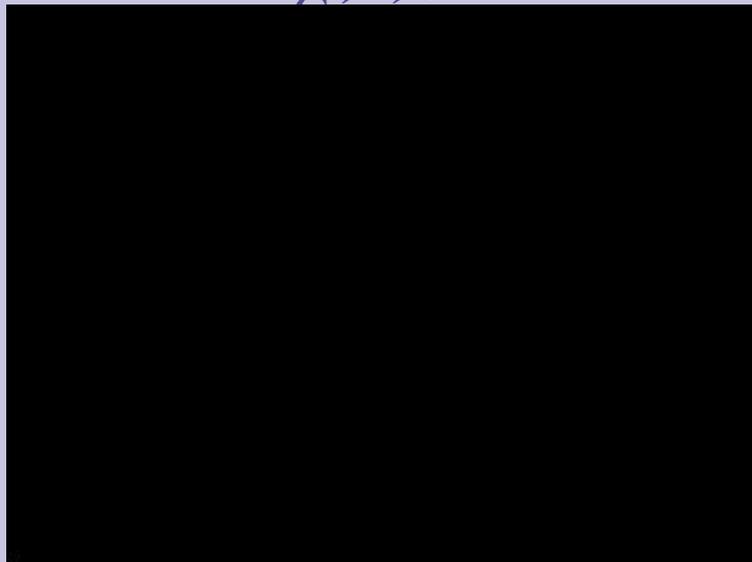
Deformation à partir d'un modèle de référence
issu du « *Visible Human Project* »



Collaboration avec l'IRCAD



Planification

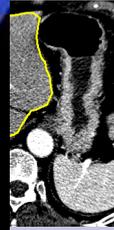
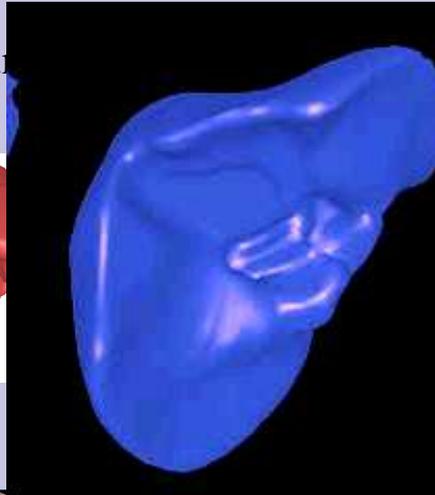
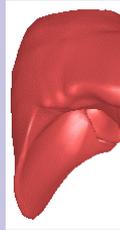


Collaboration avec l'IRCAD



Reconstruction du Foie

- Utilise un

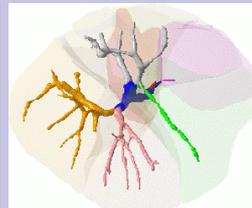
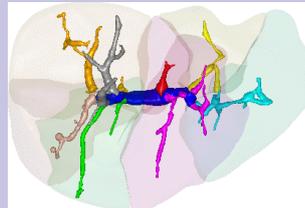
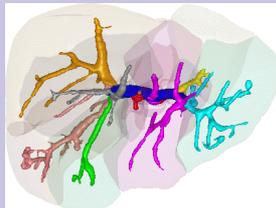


Collaboration avec l'IRCAD



Extraction de la veine Porte

- Extraction des premières branches de l'arbre portal



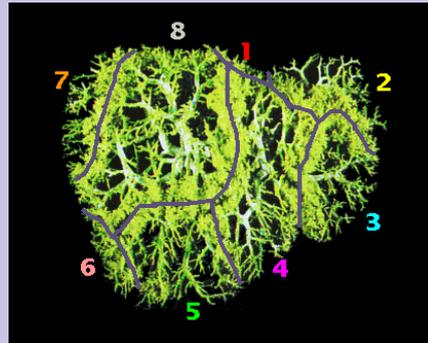
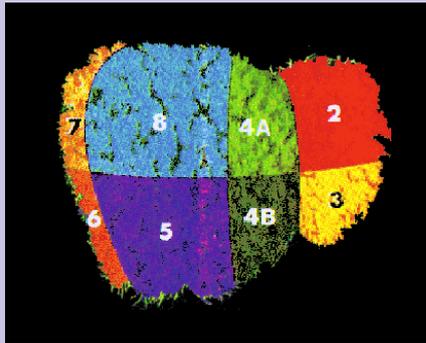
Collaboration avec l'IRCAD



Segmentation Anatomique

Segmentation anatomique manuelle
à partir de plans de résection

Segmentation anatomique post-mortem
à partir de la veine porte



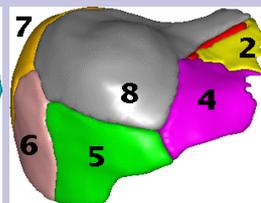
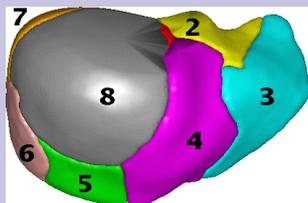
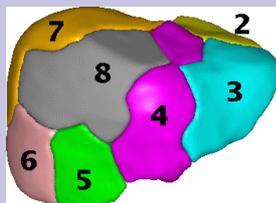
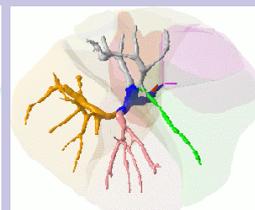
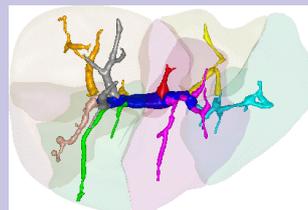
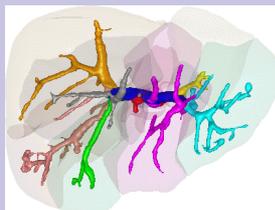
Fazel'98



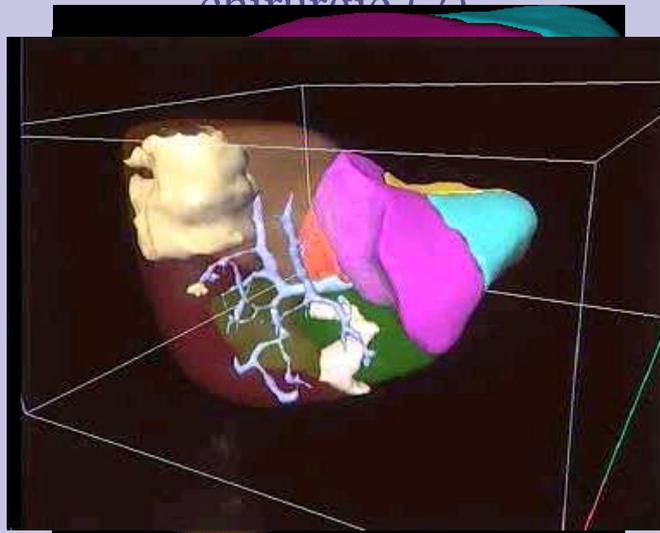
Collaboration avec l'IRCAD



Segments Anatomiques



Planification de chirurgie (2)



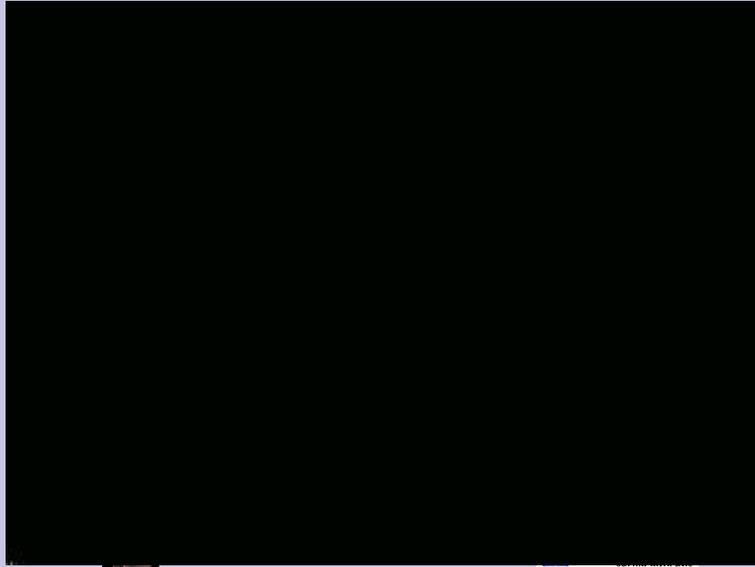
@copyright IRCAD



Planification de chirurgie (1) Demain....



Simulation du geste chirurgical



Conclusion

- La réalité virtuelle permet de mieux comprendre, mieux prévoir et mieux agir
- La complexité croissante des capteurs (images), des actuateurs (outils médicaux) et des procédures de diagnostic et de thérapie vont rendre indispensable l'utilisation d'outils informatiques



Conclusion

- L'homme virtuel
 - passage du qualitatif au quantitatif
 - passage de connaissance de l'anatomie à celle de la physique et de la physiologie
 - Etude de la variabilité anatomique (forme, fonction) et de la pathologie
 - Application :
 - prédiction
 - accéder à des grandeurs non mesurables

