



Point sur les techniques interventionnelles et chirurgicales

Pr. Lotfi Senhadji
LTSI, Université de Rennes 1 - Inserm



Contexte :

Des pratiques chirurgicales de moins en moins invasives

Des pratiques médicales diagnostiques et thérapeutiques plus intrusives

Des évolutions/innovations technologiques majeures

Amélioration du bénéfice pour le patient et les intervenants



Délimitation du domaine abordé :

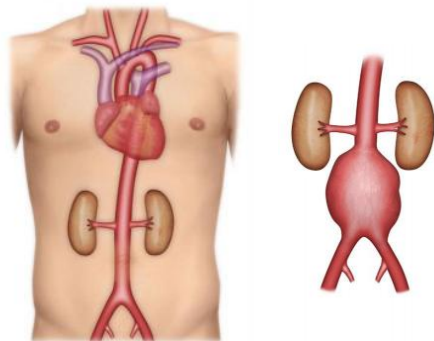
- Modalités de traitement : différents principes d'interaction avec les tissus, appliquées par voies extra/intracorporelle au moyen d'instruments et de dispositifs spécifiques
- Dispositifs médicaux implantables actifs et prothèses chirurgicales : assistance / suppléance anatomo-fonctionnelle
- Modalités d'observation interventionnelle : optique, RX, US, IRM, électrophysiologique, ...
- Gestes médicaux chirurgicaux assistés par ordinateur : planning, modélisation, simulation, coopération réel – virtuel, guidage, robotique médicale



Quelques exemples : Intervention sur les anévrismes de l'aorte abdominale

- Traitement curatif des AAA = Pose d'une prothèse tubulaire synthétique aortique par voie chirurgicale (traitement de référence) ou par voie endovasculaire

Anévrisme de l'aorte
abdominale AAA

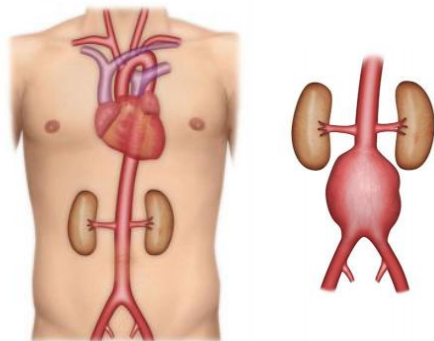




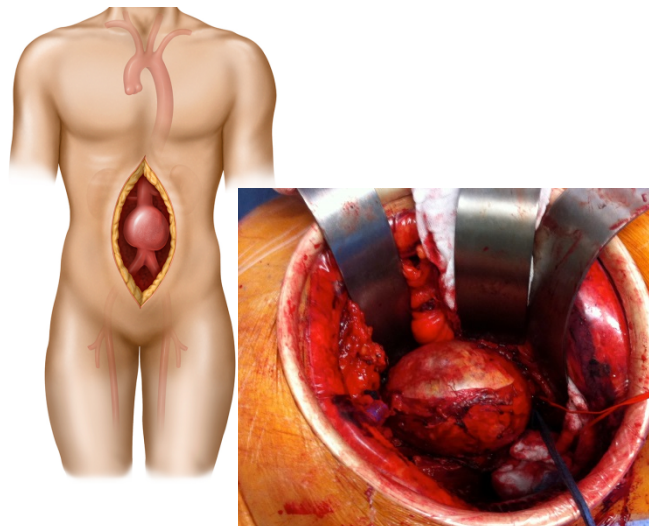
Quelques exemples : Intervention sur les anévrismes de l'aorte abdominale

- Traitement curatif des AAA = Pose d'une prothèse tubulaire synthétique aortique par voie chirurgicale (traitement de référence) ou par voie endovasculaire

Anévrisme de l'aorte
abdominale AAA



Chirurgie ouverte

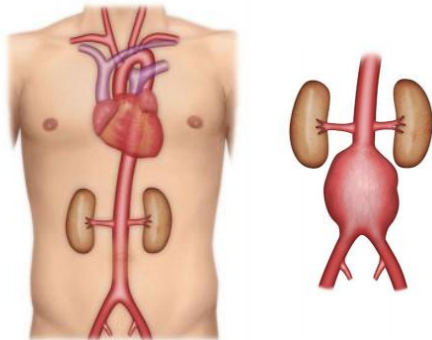




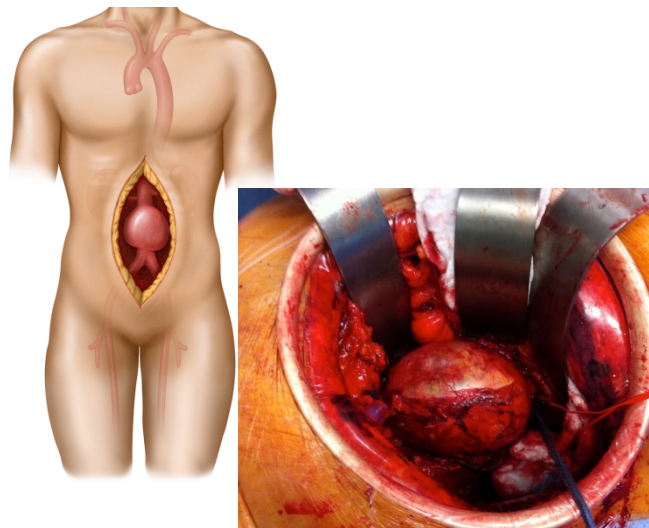
Quelques exemples : Intervention sur les anévrismes de l'aorte abdominale

- Traitement curatif des AAA = Pose d'une prothèse tubulaire synthétique aortique par voie chirurgicale (traitement de référence) ou par voie endovasculaire

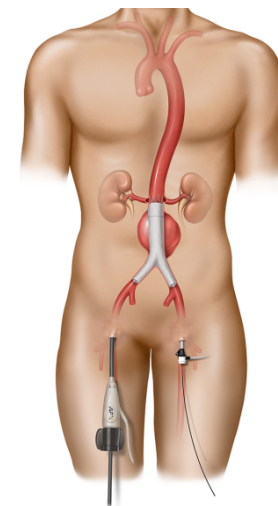
Anévrisme de l'aorte abdominale AAA



Chirurgie ouverte



Endovasculaire

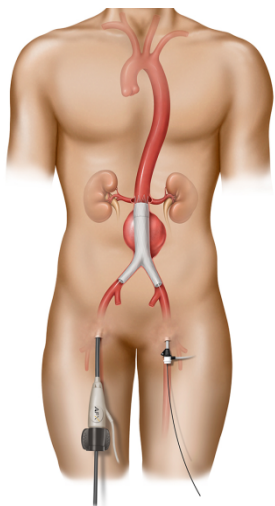




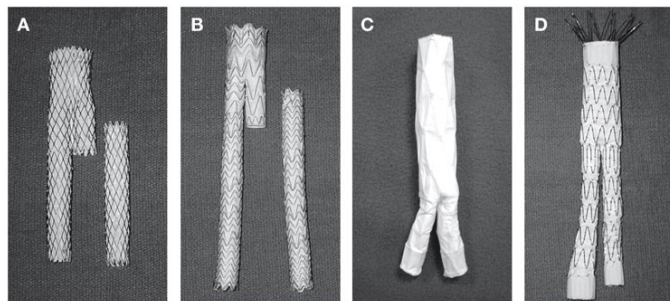
Quelques exemples : Intervention sur les anévrismes de l'aorte abdominale

- Approche mini-invasive : réparation endovasculaire
Substitutifs synthétiques : endoprothèses

Traitement
endovasculaire du AAA

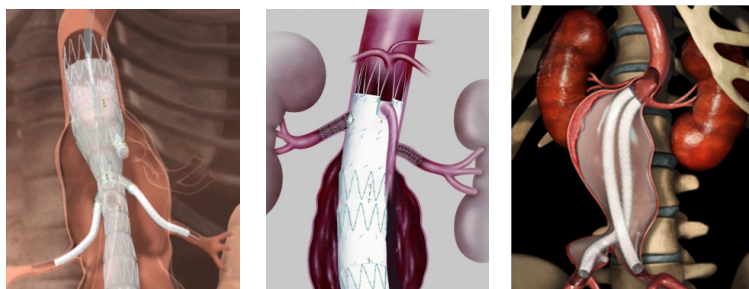


Systèmes bifurqués



(Medtronic, Gore, Endologix, Cook)

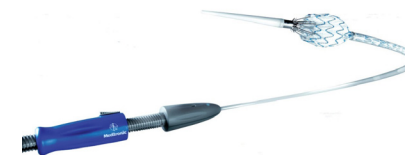
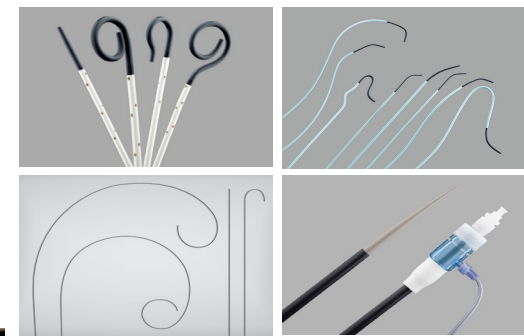
Systèmes complexes



Branché

Fenêtré

Bi-aorto-uni-iliaque

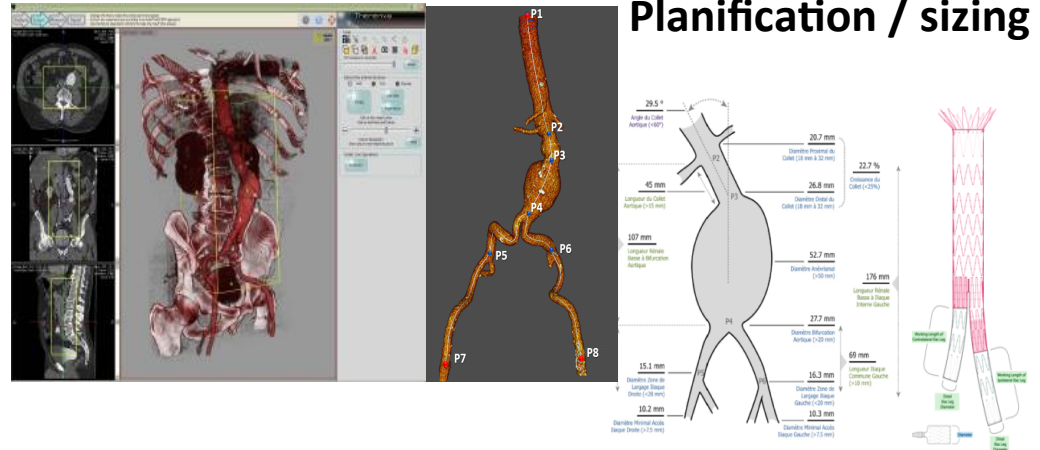




Quelques exemples : Intervention sur un AAA

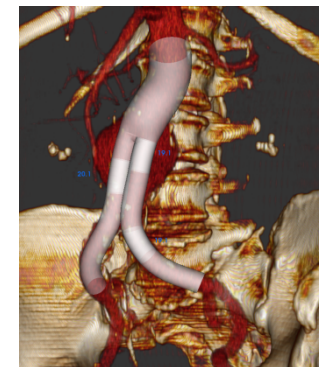
Possibilités d'assistance

- choix de l'endoprothèse
- dimensionnement en 3D
- conditions d'accès
- identification des points de fixation



Planification / sizing

Visualisation de la prothèse sur CT-Scan 3D préopératoire



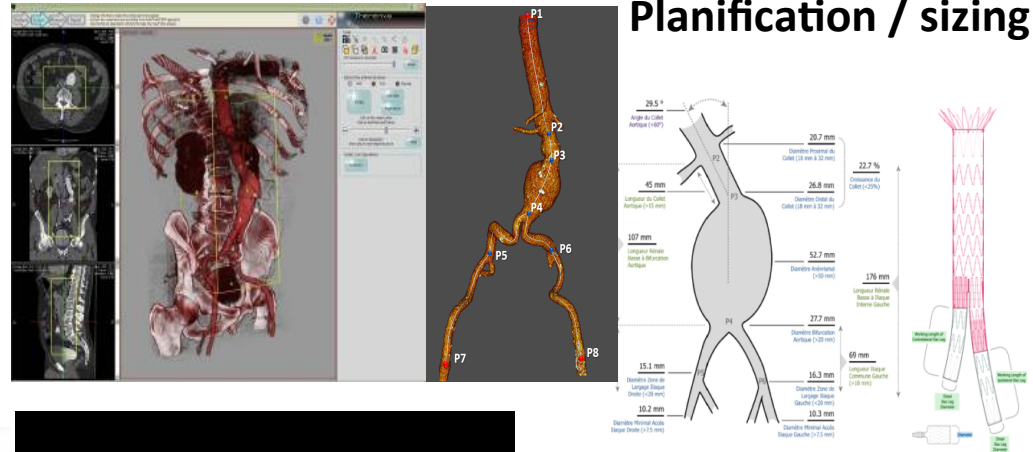


Quelques exemples : Intervention sur un AAA

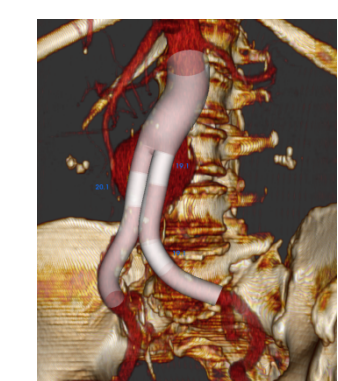
Possibilités d'assistance

- choix de l'endoprothèse
- dimensionnement en 3D
- conditions d'accès
- identification des points de fixation

Planification / sizing



Visualisation de la prothèse sur CT-Scan 3D préopératoire



Images peropératoires augmentées par la représentation 3D de la structure vasculaire et de ses propriétés, la localisation des instruments

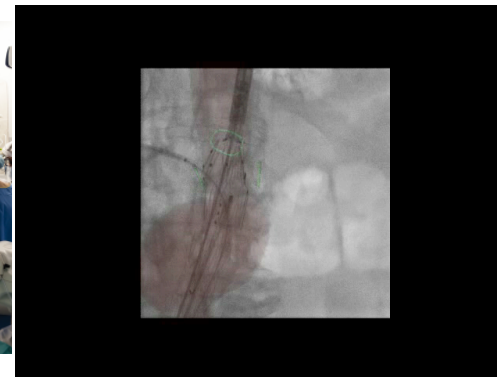
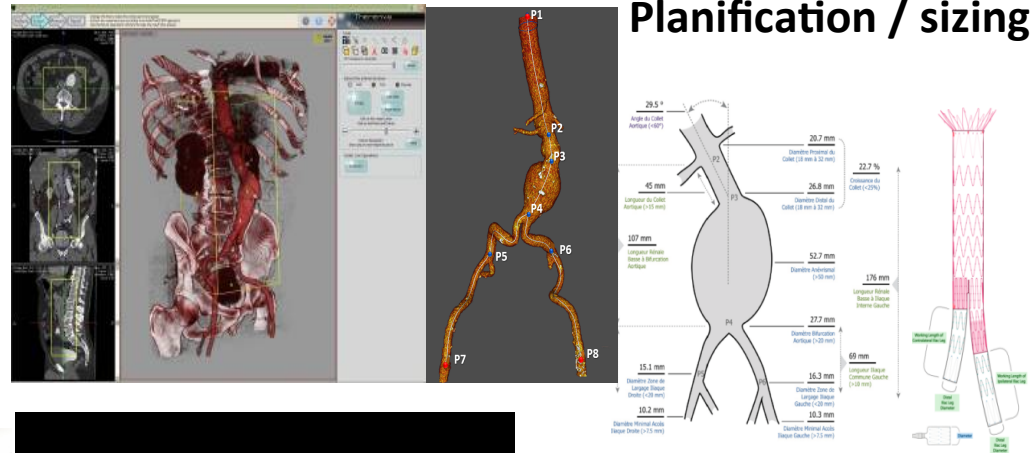


Quelques exemples : Intervention sur un AAA

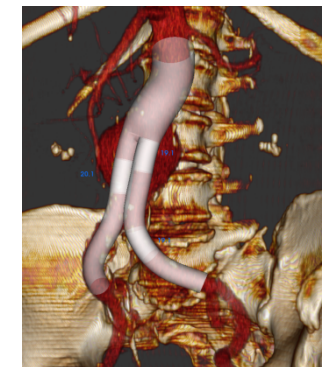
Possibilités d'assistance

- choix de l'endoprothèse
- dimensionnement en 3D
- conditions d'accès
- identification des points de fixation

Planification / sizing



Visualisation de la prothèse sur CT-Scan 3D préopératoire



Images peropératoires augmentées par la représentation 3D de la structure vasculaire et de ses propriétés, la localisation des instruments

Guidage par réalité augmentée : intégration des déformations des structures sous l'effet des instruments



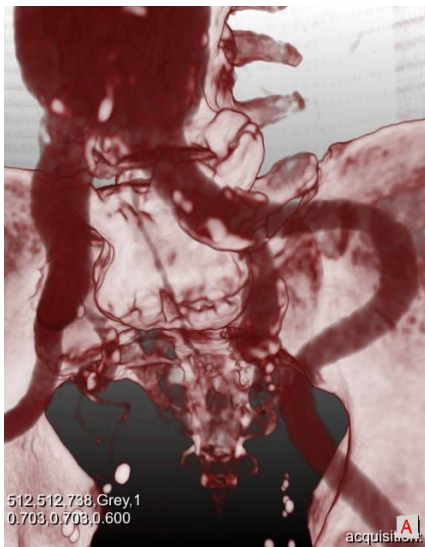
Quelques exemples : Intervention sur un AAA





Quelques exemples : Intervention sur un AAA

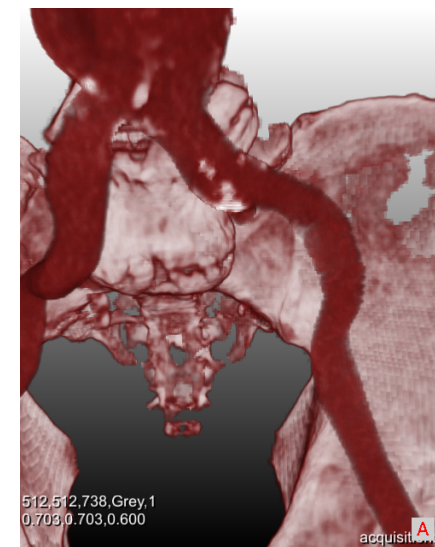
Simulation FEM spécifique-patient des outils, des fluides et de leurs interactions avec les tissus



CT scan préopératoire



Simulation des déformations

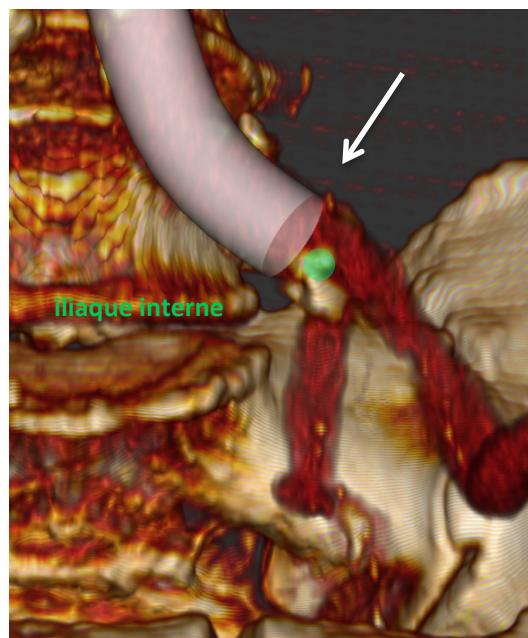


CT scan préopératoire déformé

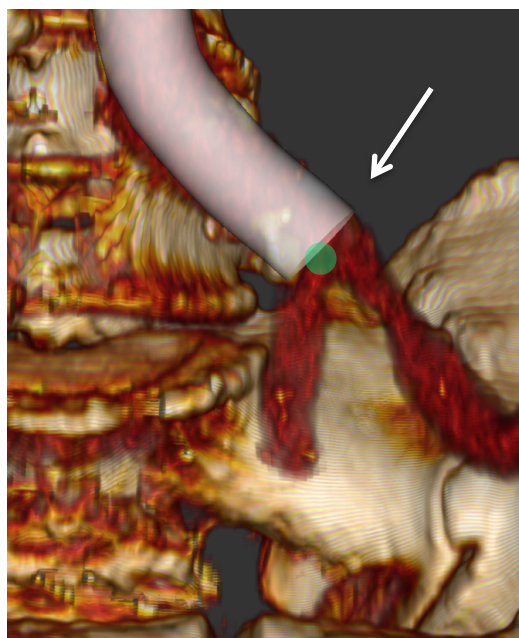


Pré-largage virtuel sur structure déformée

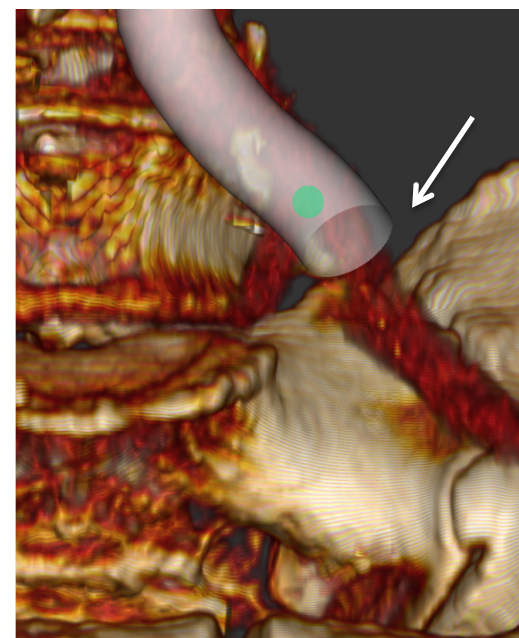
Préopératoire : Position de l'extrémité distale de l'endoprothèse



Scanner initial



Scanner déformé par le
guide rigide

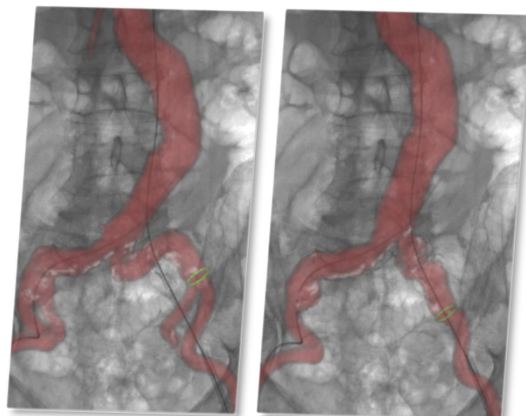


Scanner déformé par le
porte-stent

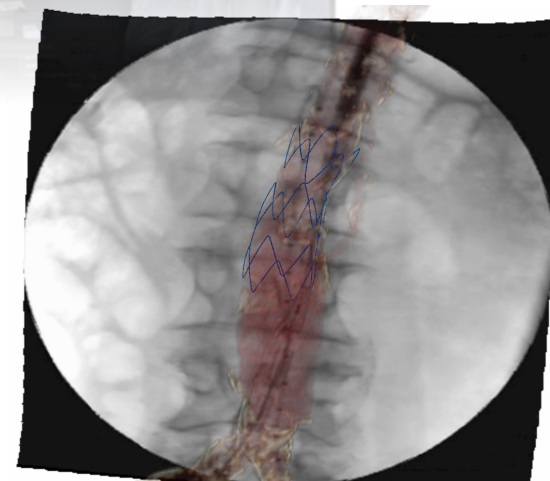
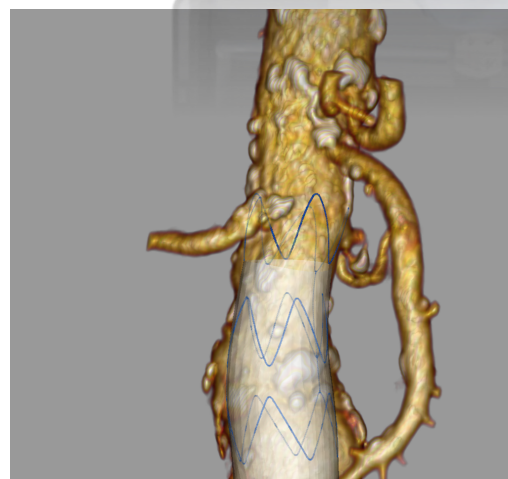


Pré-largage virtuel sur structure déformée

Peropératoire : vers l'ajustement en temps-réel du largage de la prothèse



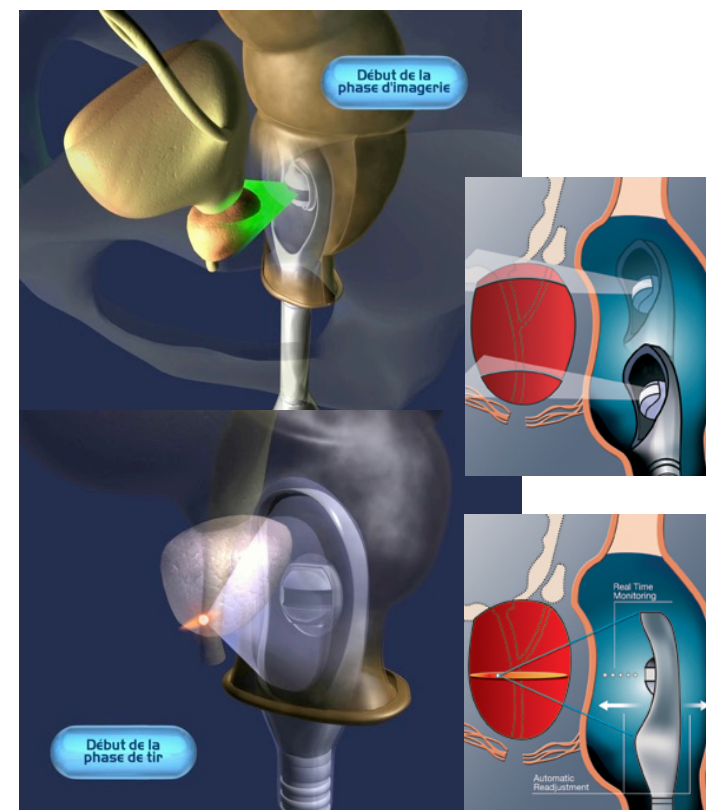
*expérimentations en cours sur la
plateforme TherA-Image – Rennes
(collaborations LTSI, Rennes
LaMCos, Lyon, ANSYS, Therenva)*





Quelques exemples : Traitement focal du cancer de la prostate par HIFU

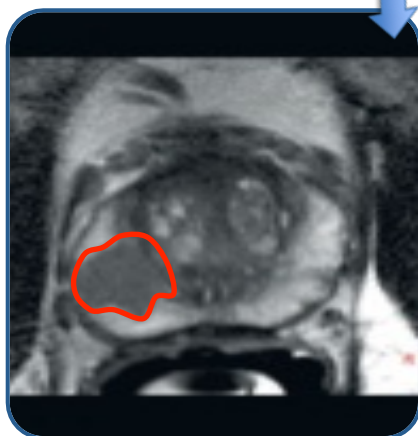
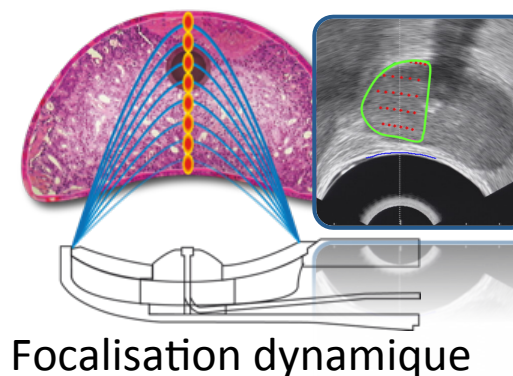
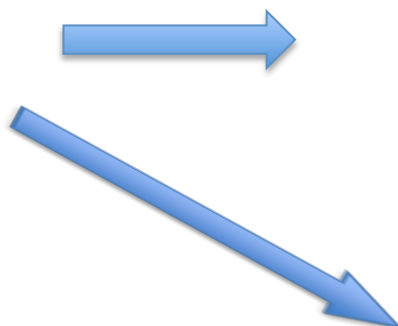
- Traitement conformationnel avec un dispositif intégrant l'imagerie US et le traitement par HIFU (LabTAU, Lyon)
- Traitement de première intention ou de recours



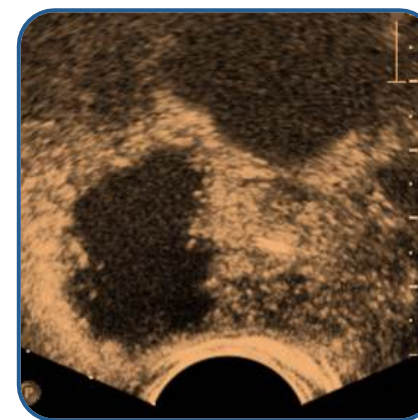


Quelques exemples : Traitement focal du cancer de la prostate par HIFU

- Traitement conformationnel avec un dispositif intégrant l'imagerie US et le traitement par HIFU (LabTAU, Lyon)
- Traitement de première intention ou de recours



Fusion élastique
IRM/échographie
&
Echographie de contraste





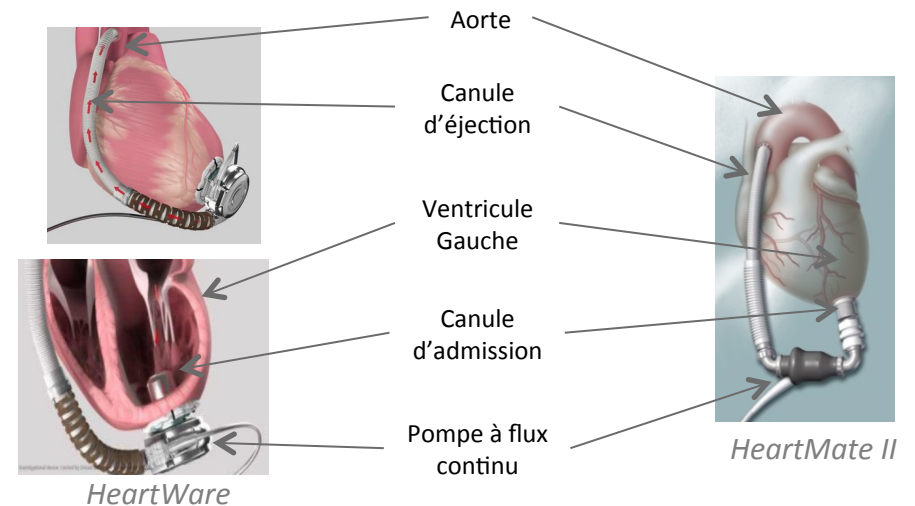
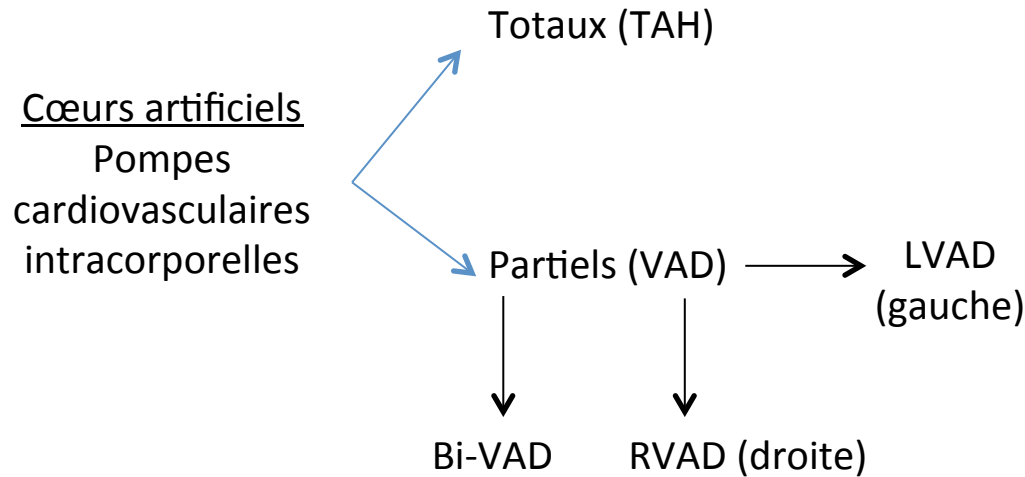
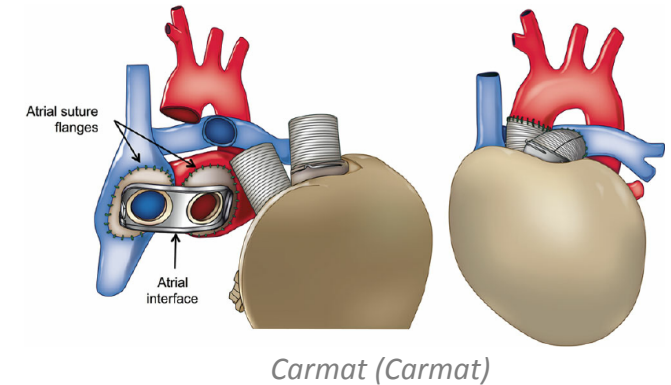
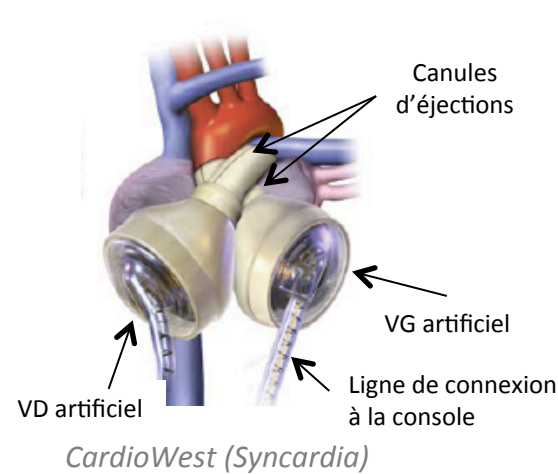
Quelques exemples : Assistances circulatoires mécaniques

- Insuffisance cardiaque en phase terminale
- Transplantation cardiaque
 - Disponibilité des greffons
 - Contre-indications



Quelques exemples : Assistances circulatoires mécaniques

- Insuffisance cardiaque en phase terminale
- Transplantation cardiaque
 - Disponibilité des greffons
 - Contre-indications



HeartMate II



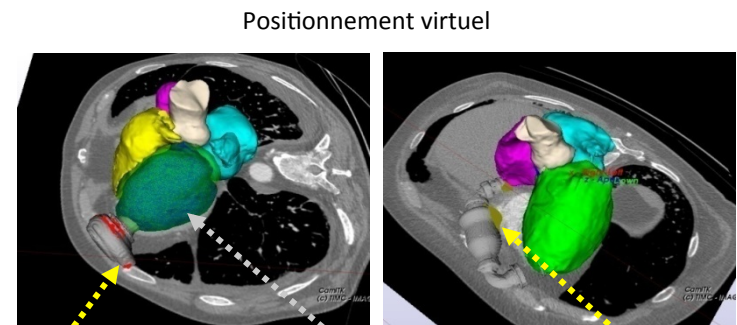
Quelques exemples : Planning préopératoire à la pose du LVAD

- choix du dispositif
- encombrement / positionnement

Insertion virtuel spécifique-patient du dispositif

Déplacement interactif du dispositif dans le volume thoracique
(*CT-Scan 3D, modèle 3D du dispositif*)

Détection des collisions entre le dispositif et les structures anatomiques environnantes (*paroi thoracique, ventricule droit*)



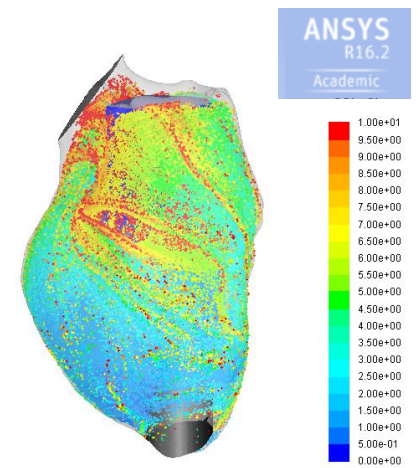
Collision paroi thoracique
(HW device)

Ventricule gauche

Collision ventricule droit
(HM II device)

➔ Positionnement/réglages pour l'optimisation des écoulements sanguins

Modélisation fluide spécifique-patient

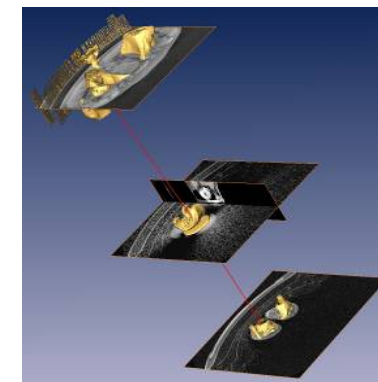
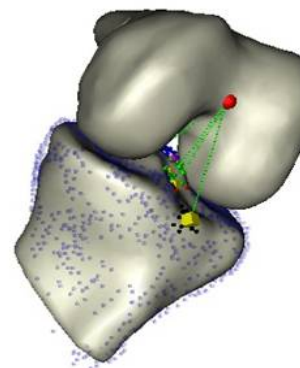


Residence time of particle for a specific patient

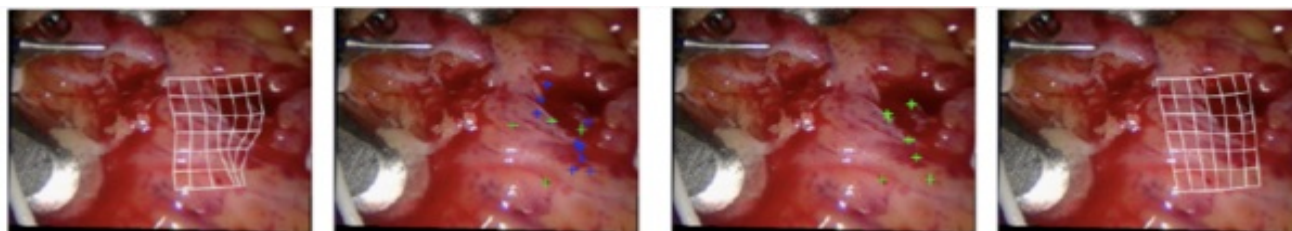


Quelques exemples : Modalités d'observation interventionnelle

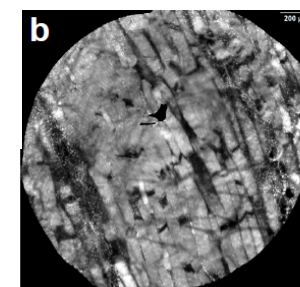
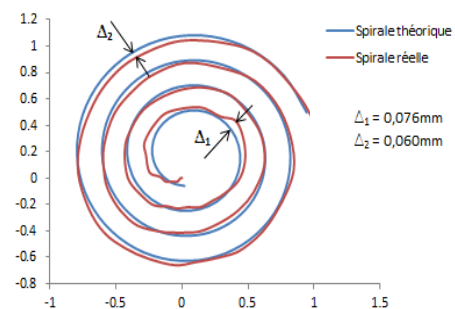
- Acquisition 3D optique peropératoire de la morphologie osseuse articulaire et fusion pré-/post-opératoire (LaTIM, Brest)



- Reconstruction 4D de la surface de l'épicaarde à coeur battant (LIRMM, Montpellier)



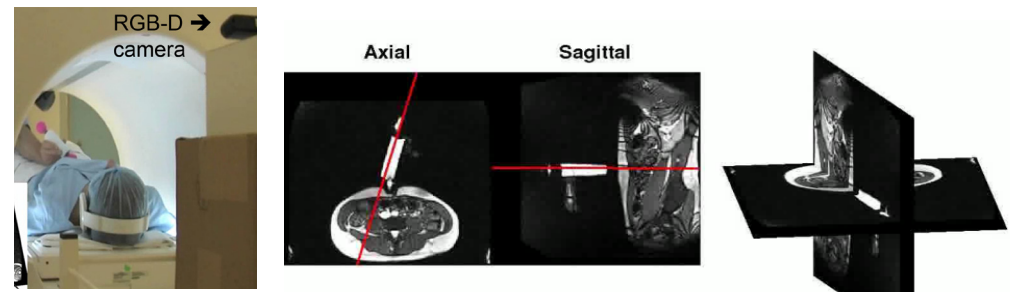
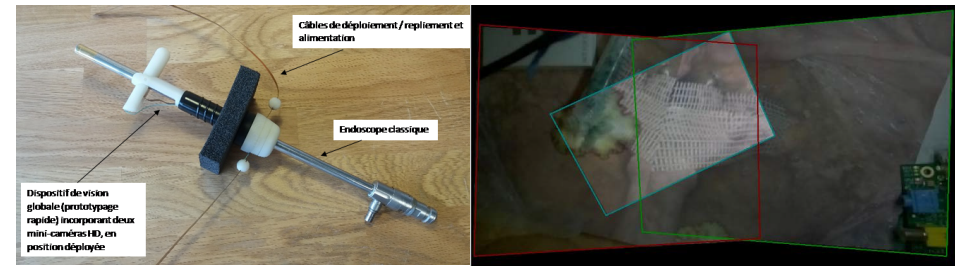
- Reconstruction robuste d'image panoramique (mosaïque grand champ) en endomicroscopie confocale à partir de vues partielles (ISIR, Paris)





Quelques exemples : Instruments et dispositifs spécifiques

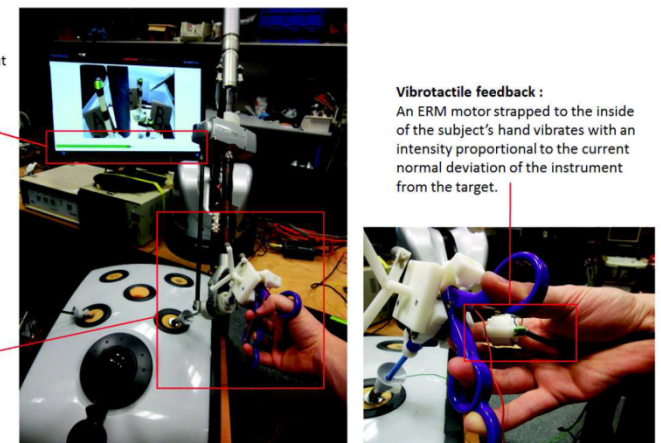
- Dispositif de vision globale pour l'endoscopie répartie (TIMC-IMAG, Grenoble)
- Estimation de pose en IRM interventionnelle par asservissement visuel (ICube, Strasbourg)
- Définition, intégration et exploitation de capteurs de forces sur les instruments (ISIR & LIRMM)



Visual feedback :
An on-screen bargraph displays normal deviation from the plane in the range [1 mm , 30 mm] in the form of a green bar of varying height

Kinaesthetic feedback :
A haptic interface acts as a parallel comanipulator. It applies forces at the level of the instrument handle in order to mimic the action of a spring pulling the instrument tip towards the target plane (soft guidance virtual fixtures)

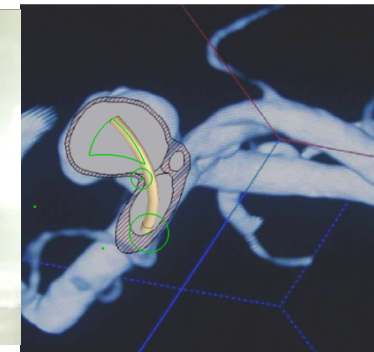
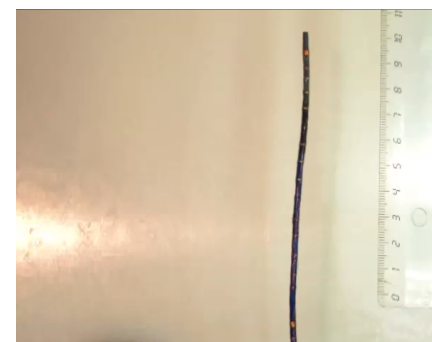
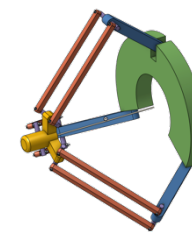
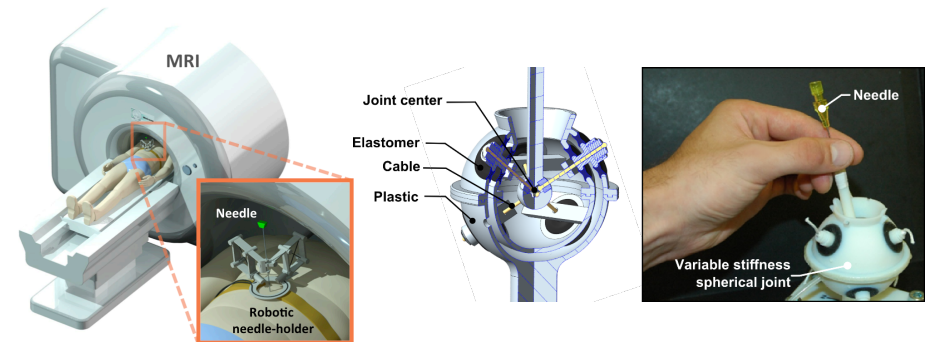
Vibrotactile feedback :
An ERM motor strapped to the inside of the subject's hand vibrates with an intensity proportional to the current normal deviation of the instrument from the target.





Quelques exemples : Instruments et dispositifs spécifiques

- Développement d'assistants robotiques pour le positionnement fin d'aiguilles lors de procédures percutanées sous IRM (ICube, LIRMM)
- Développement d'un assistant cobotique pour le positionnement précis d'aiguilles en curiethérapie de la prostate (LaTIM)
- Développement de cathéters actifs pour la neuroradiologie interventionnelle à base d'alliage à mémoire de forme (ISIR)





Quelques exemples : DMI - DMIA

- Dispositif d'assistance circulatoire mécanique
- Endoprothèse aortique
- Prothèse de hanche
- Stimulateurs cardiaque, neurologique
- Implant cochléaire
- Implant rétinien
- Neuromodulateurs





Principaux enjeux

- Améliorer, optimiser et fiabiliser les modalités de traitement tout en minimisant les risques per-/post-intervention
- Elaborer des stratégies personnalisées exploitant conjointement des observations multidimensionnelles et multimodales pre-/per-interventionnelle
- Raccourcir les durées d'intervention, minimiser les plaies et les traumatismes pour faciliter la récupération et ainsi réduire le séjour à l'hôpital



Des défis scientifiques et technologiques à relever

- Elaboration de nouvelles techniques pour les interventions
 - Co-manipulation, télémanipulation, robotisation
 - Procédés, Instruments et environnements adaptés
 - Assistance à la prise de décision
- Mise au point des DMIA pour des thérapies plus ciblées
 - Points d'accès
 - Acquisition et interprétation des mesures
 - Auto-adaptation, communication, sûreté
 - Autonomie énergétique, biocompatibilité
 - Miniaturisation



Des défis scientifiques et technologiques à relever

- Modélisation, simulation et représentation
 - Générique / spécifique-patient
 - Complétude, mise à jour, exploitation
 - Assistance basée modèle
- Conception des interfaces hommes-machines
 - Interaction, communication
 - Ergonomie, autonomie
- Développement de prothèses / orthèse actives
 - Ergonomie, fiabilité
 - Micro-régulation, sécurisation



Quelques pistes

- Poursuivre les efforts de structuration et de consolidation déjà initiés et les soutenir dans la durée
- Favoriser et soutenir l'émergence de nouvelles thématiques de R&D aux interfaces
- Explorer des approches multimodales
- Développer le continuum entre recherche méthodologique, technologique et clinique
- Décloisonner les formations et favoriser des approches intégrées



Point sur les techniques interventionnelles et chirurgicales

Pr. Lotfi Senhadji
LTSI, Université de Rennes 1 - Inserm