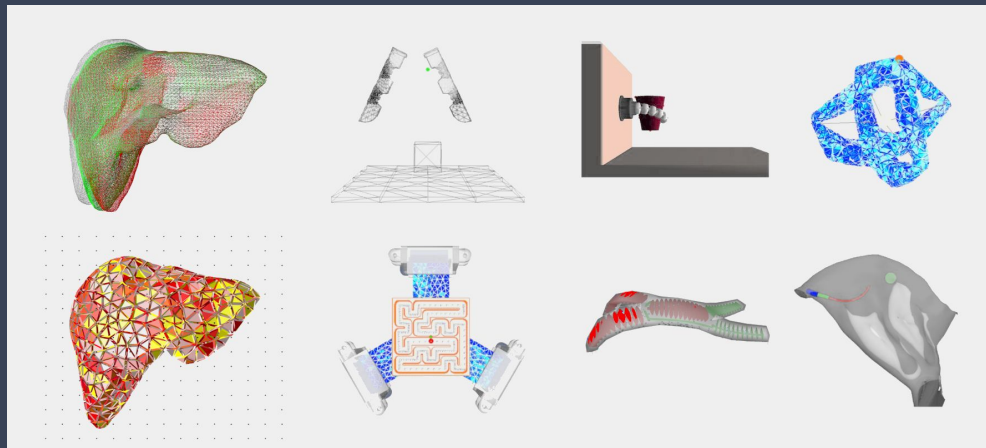


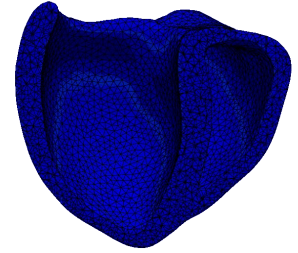
*Inria*



Des jumeaux numériques de vos organes  
avec du logiciel libre

Data Coffee - UniStra  
Strasbourg, 25 mars 2024

# Qu'est ce que SOFA ?



## Un outil de simulation mécanique, interactif !

- Implémente des algorithmes pour la mécanique des milieux continus
- Permet de créer un jumeau numérique
- Et de modéliser les déformations d'objets et leurs interactions avec leur environnement

## Jumeaux numériques pour ...

- **Médecine**
  - > entraînement au geste chirurgical
  - > aide à la planification pré-opératoire et au guidage intra-opératoire
- **Robotique**
  - > tester et créer de nouvelles méthodes de contrôle
  - > designer une nouvelle génération de robots



# Qu'est ce que SOFA ?

## Une structure de type "OpenCore"

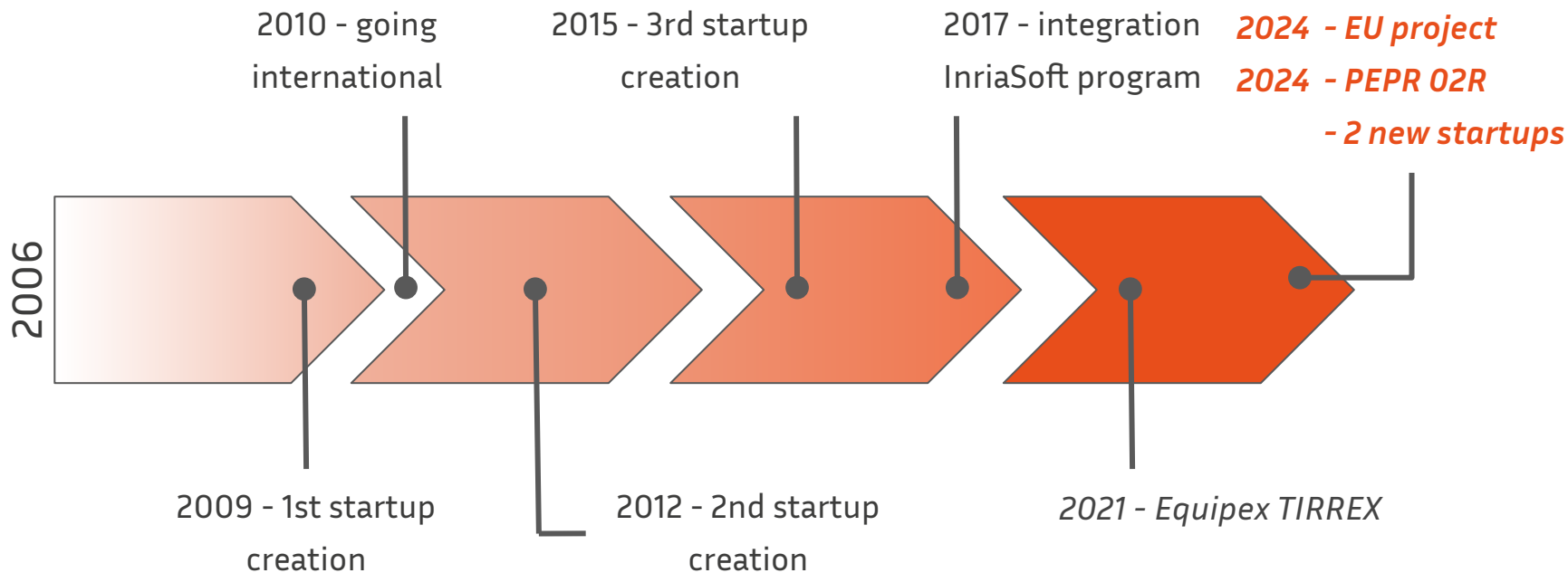
- Coeur stable en C++
- Licence LGPL v2.1
- Développement de plugins : codes additionnels implémentant de nouveaux algorithmes (licence au choix)

Hébergé sous GitHub

Multi-plateforme



# Historique du projet



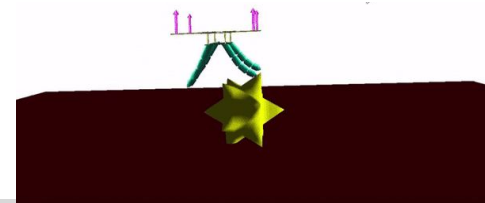
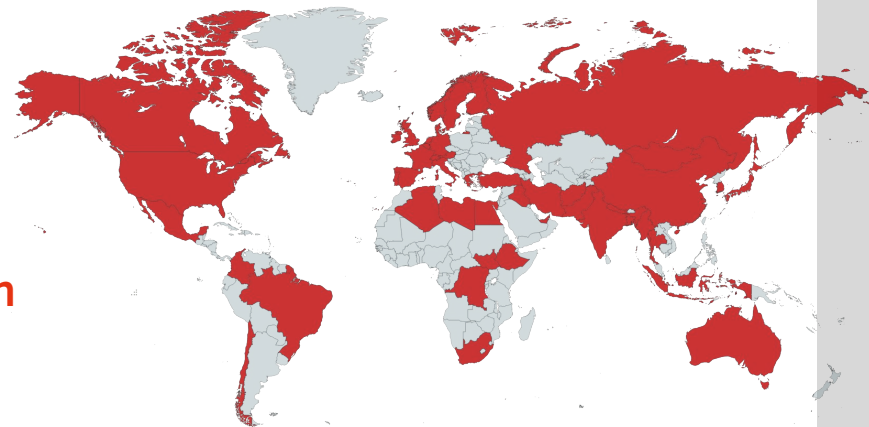
# SOFA : une communauté internationale

## Communauté solide et dynamique

- +140 développeurs quotidiens en France
- +500 utilisateurs réguliers
- +700 téléchargements mensuels

## Vecteur d'innovation et de collaboration

- +7 start-ups créées depuis 2009
- 80% de la communauté reste académique
- Partenaires prestigieux
  - > industriels : Dassault, Zeiss, InSimo, Caranx Robotics, LN Robotics
  - > académiques : Harvard, Stanford, Johns Hopkins University, ETH Zurich, Luxembourg University, JAIST (Japan) MIT



# SOFA : un consortium

Piloté au sein du programme InriaSoft (DGDI)

## Missions

- Animation et soutien à toute la communauté
- Maintenance
- Coordination des développements et industrialisation
- Structurer l'écosystème

## Partenaires

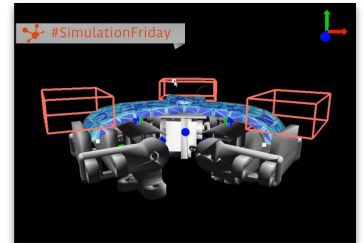
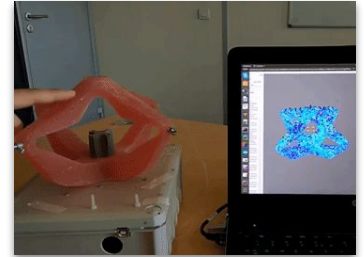


Rassembler des partenaires partageant un **intérêt commun** et donc prêts à **financer** la dotation en personnel du consortium

# Jumeaux numériques pour la robotique

## Contrôle de robots

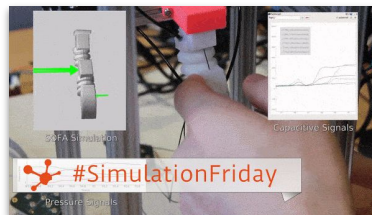
- Déformation : robots en interaction avec leur environnement / robots souples
- Test des lois de contrôle
- Robots déformables devenant des interfaces tactiles
- Étendre les matériaux classiques à des matériaux bio-sourcés



# Jumeaux numériques pour la robotique

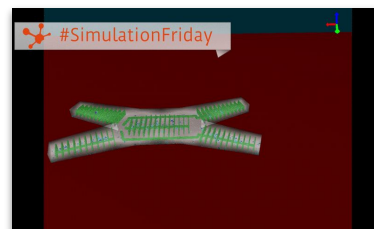
## Contrôle de robots

- Déformation : robots en interaction avec leur environnement / robots souples
- Test des lois de contrôle
- Robots déformables devenant des interfaces tactiles
- Étendre les matériaux classiques à des matériaux bio-sourcés



## Intégrer des simulations dans des processus d'optimisation

- Design automatique de robots
- Nouvelle génération de robots
- IA : apprentissage pour le contrôle de robots

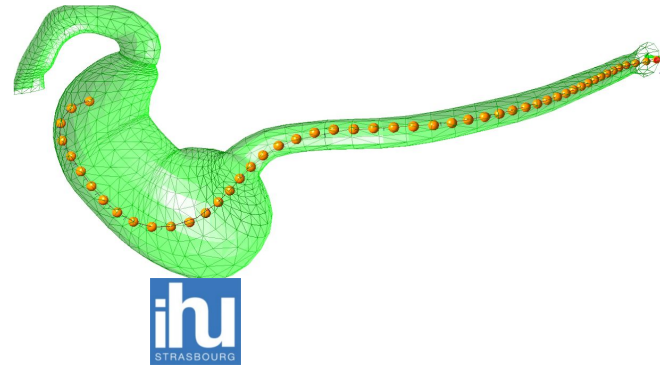




# Jumeaux numériques pour la médecine

## Pour la formation médicale

- Entraînement au geste chirurgical, éviter le 1er geste sur un patient
- Retour de force



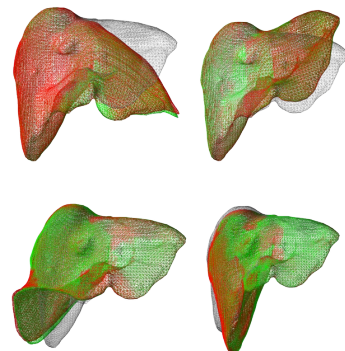
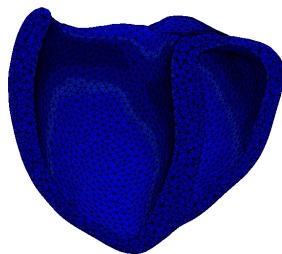
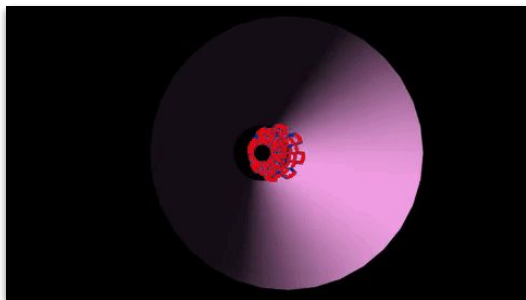
# Jumeaux numériques pour la médecine

## Pour la formation médicale

- Entraînement au geste chirurgical, éviter le 1er geste sur un patient
- Retour de force

## Prédire et proposer des stratégies chirurgicales optimales

- Optimiser des stratégies (trajectoire, point d'entrée, dispositif)
- Optimiser les dispositifs médicaux → patient-spécifique



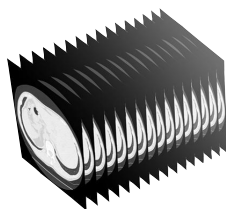
# Jumeaux numériques pour la médecine

## Pour la formation médicale

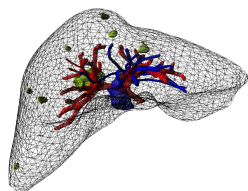
- Entraînement au geste chirurgical, éviter le 1er geste sur un patient
- Retour de force

## Prédire et proposer des stratégies chirurgicales optimales

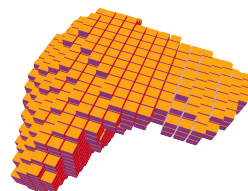
- Optimiser des stratégies (trajectoire, point d'entrée, dispositif)
- Optimiser les dispositifs médicaux → patient-spécifique



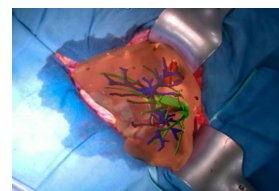
① Image



② 3D reconstruction



③ Numerical method



④ Surgical navigation

# Jumeaux numériques pour la médecine

## Pour la formation médicale

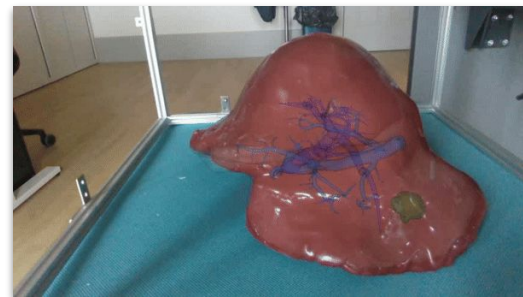
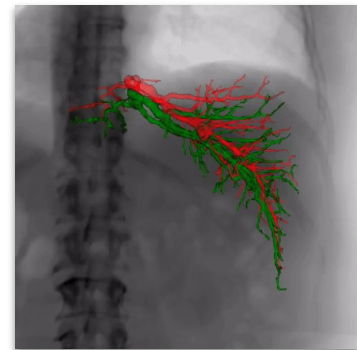
- Entraînement au geste chirurgical, éviter le 1er geste sur un patient
- Retour de force

## Prédire et proposer des stratégies chirurgicales optimales

- Optimiser des stratégies (trajectoire, point d'entrée, dispositif)
- Optimiser les dispositifs médicaux → patient-spécifique

## Guider pendant une opération chirurgicale

- Visualiser des structures sensibles
- Aider à naviguer, garder une cible en vue



# Jumeaux numériques pour la médecine

## Pour la formation médicale

- Entraînement au geste chirurgical, éviter le 1er geste sur un patient
- Retour de force

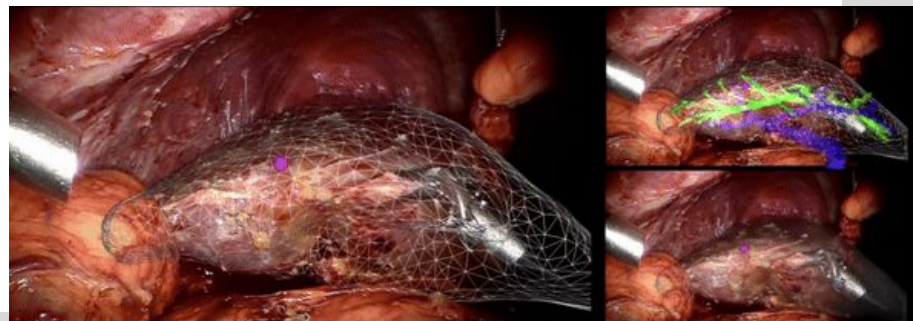
## Prédire et proposer des stratégies chirurgicales optimales

- Optimiser des stratégies (trajectoire, point d'entrée, dispositif)
- Optimiser les dispositifs médicaux → patient-spécifique

## Guider pendant une opération

- Visualiser des structures sensibles
- Aider à naviguer, garder une cible en vue

MIMESIS



# Jumeaux en chirurgie endovasculaire

## Contexte

- Maladies cardiovasculaires
  - > Principale cause de décès dans le monde

## Traitement

- Interventions endovasculaires
  - ✓ Principale solution thérapeutique
  - ✓ Invasivité minimale
  - ✓ Coût réduit
  - X Exposition aux rayons X
  - X Injection d'un agent de contraste



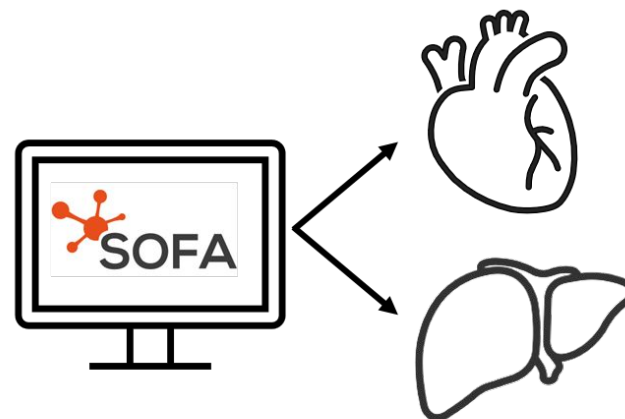
# Jumeaux en chirurgie endovasculaire

## Solution courante

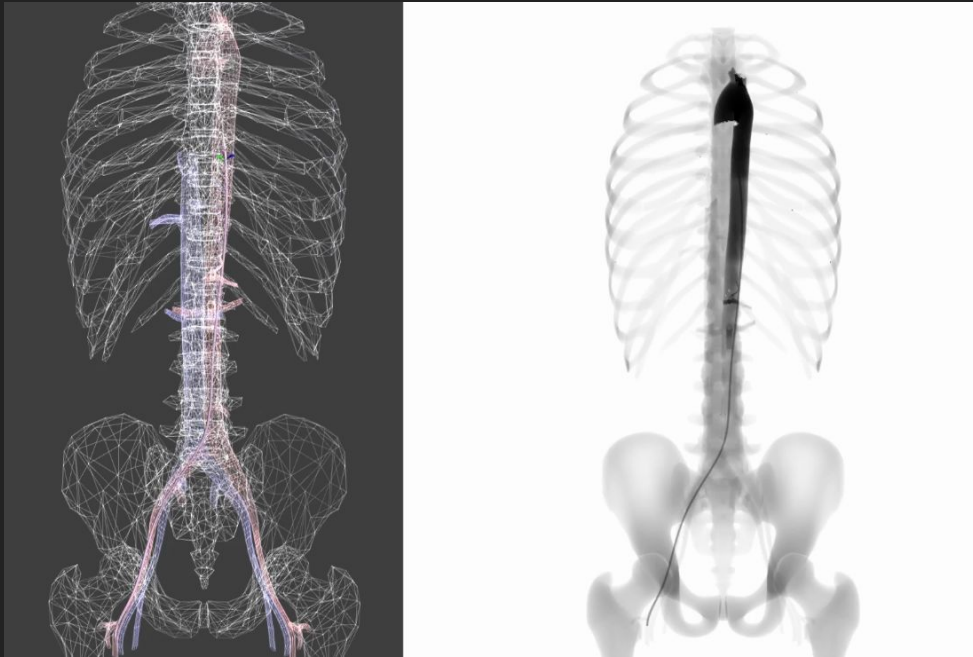
- Systèmes robotiques
  - > Systèmes maître-suiveur
  - > Pas de réduction des rayons X pour le patient

## Système autonome pour la navigation des cathéters endovasculaires

- Biomécanique
- Machine Learning
- Finite Element Method



# Jumeaux en chirurgie endovasculaire



Navigation autonome dans un cœur qui bat - Environnement SOFA

- Vaisseau d'un patient réel
- Battement de cœur reproduit dans SOFA
- Résolution de la physique et des contacts: SOFA
- Contrôleur DRL naviguant le guidewire jusqu'à la cible

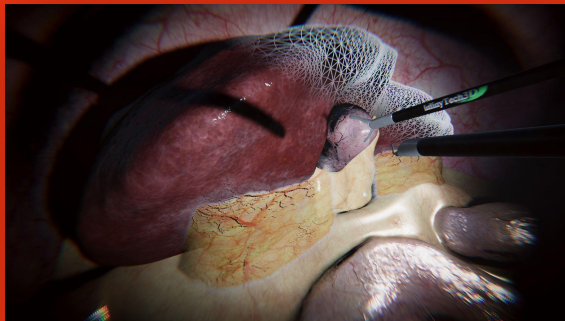


# Jumeaux en chirurgie endovasculaire



Navigation autonome dans les veines hépatiques en mouvement - Environnement SOFA

- Vaisseau d'un patient réel
- Mouvement du vaisseau reconstruit à partir d'images fluoroscopiques non contrastées
- Résolution de la physique et des contacts: SOFA
- Contrôleur DRL naviguant le guidewire jusqu'à la cible



# Merci pour votre attention

Suivez-nous → [www.sofa-framework.org](http://www.sofa-framework.org)  
→ @SofaFramework

Posez toutes vos questions !