ELECTRA

4-5 DÉCEMBRE 202(

HOTEL VILLA M.
MARSEILLE I FRANCE

1Çèmes journées françaises pratiques de rythmologie & de stimulation cardiaque

COMITÉ D'ORGANISATION

Frédéric FOSSATI, Lille
Maxime GUENOUN, Marseille
Arnaud LAZARUS, Paris
Nicolas LELLOUCHE, Créteil
Jacques MANSOURATI, Brest
Jérôme TAÏEB, Aix-en-Provence

CONGRES-ELECTRA.COM

Jumeaux numériques en cardiologie

Jérémie BARRAUD

Aix-en-Provence

Liens d'intérêt

Intervenant : Jérémie BARRAUD, Aix-en-Provence

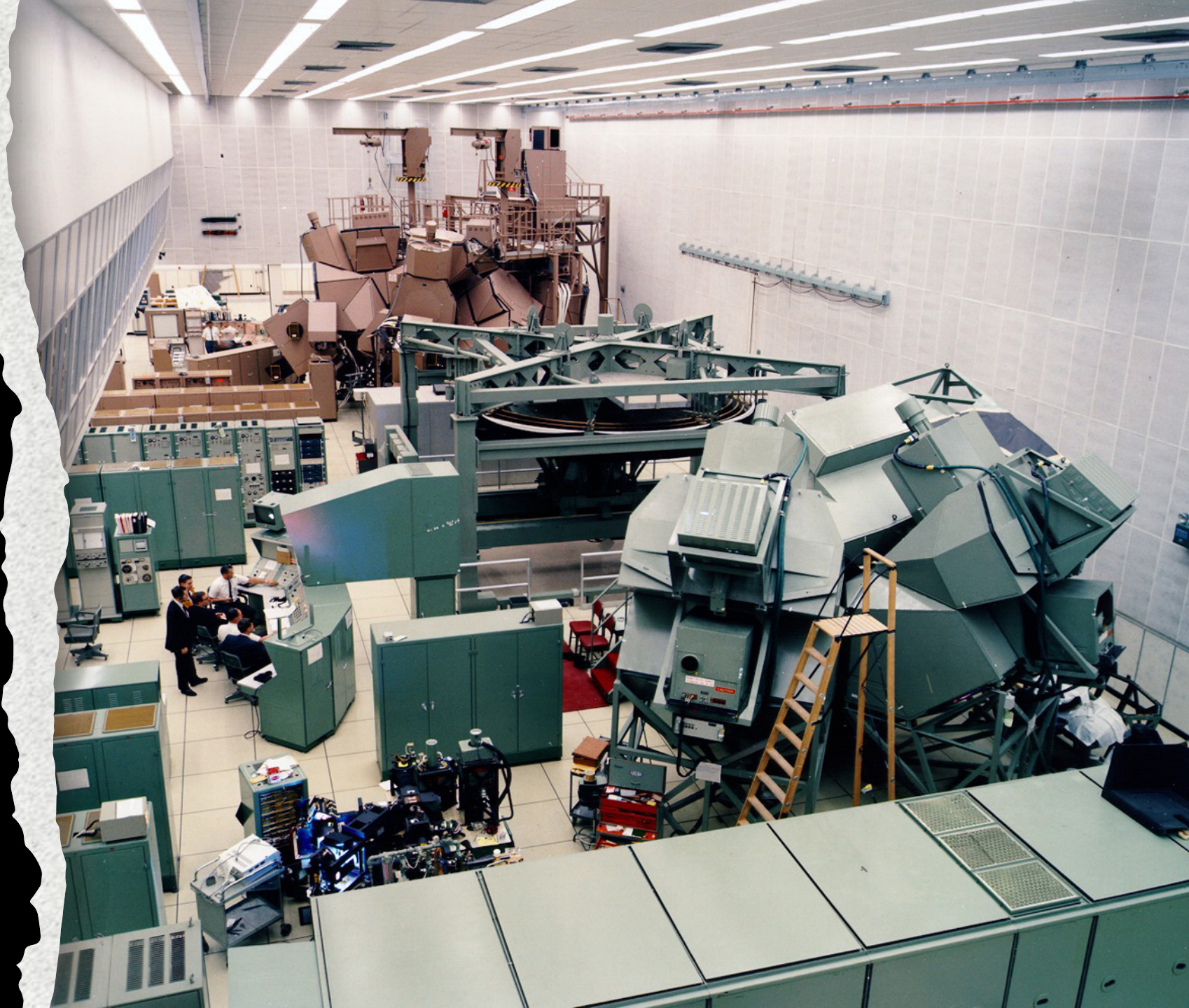
☑ J'ai un ou plusieurs lien(s) d'intérêt

Honoraires : Medtronic – Microport - Biotronik - Biosense Webster – Astra-Zeneca – BMS/Pfizer - Sanofi – Novartis - Implicity


APOLLO XIII
EX LUNA, SCIENT

02 07 55 28	CC	This is Houston. Say again, please.
02 07 55 35	CDR	Houston, we've had a problem. We've had a MAIN B BUS UNDERVOLT.
02 07 55 42	CC	Roger. MAIN B UNDERVOLT.
02 07 55 58	CC	Okay, stand by, 13. We're looking at it.

Oh la boulette.



Conceptual Ideal for PLM

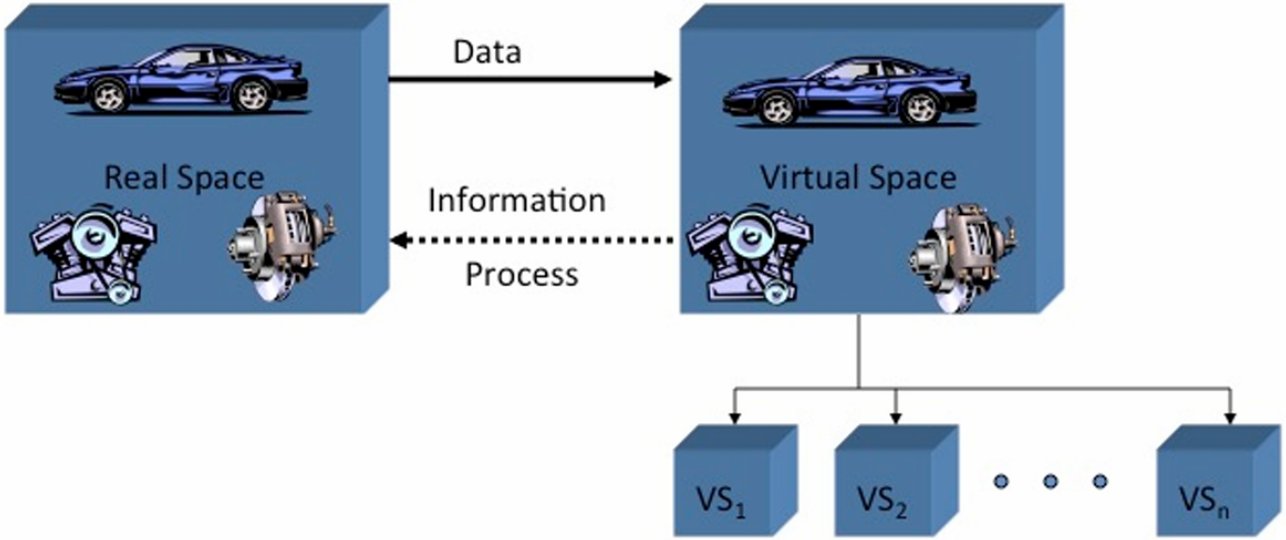


Figure 3

Dr. Michael Grieves, University of Michigan, Lurie Engineering Center, Dec 3, 2001

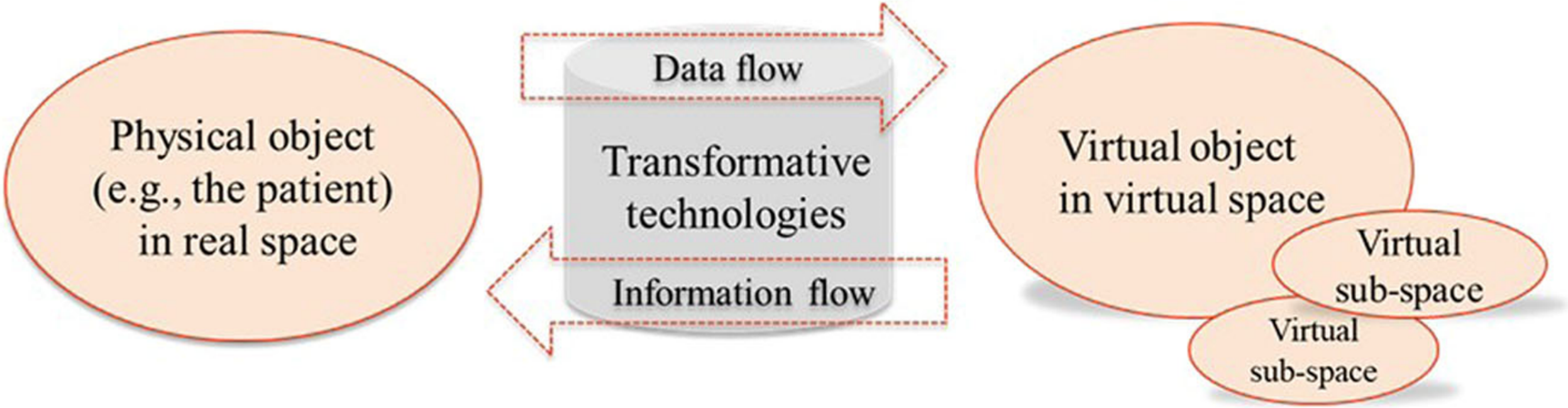
Définition

Un jumeau numérique est une **représentation virtuelle** conçue pour **refléter avec précision un objet physique**. Il couvre le cycle de vie de l'objet, est mis à jour à partir de **<u>données en temps réel</u>** et utilise la simulation, le machine learning et le raisonnement pour faciliter la prise de décision.

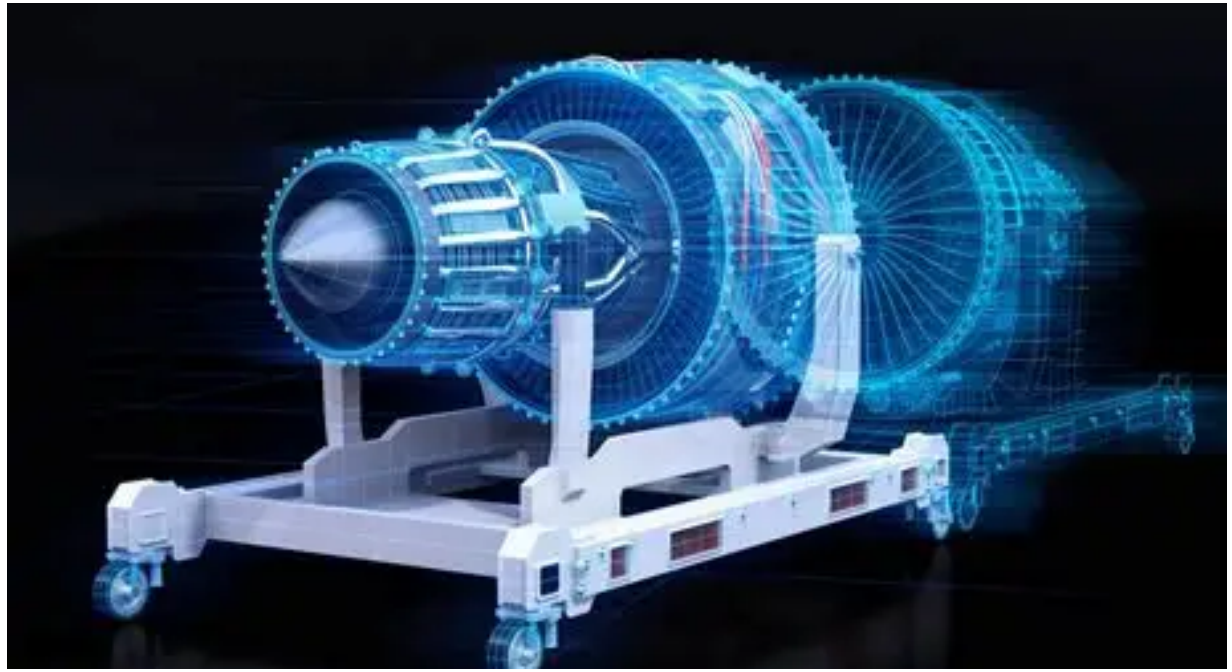
https://www.ibm.com/fr-fr/think/topics/digital-twin

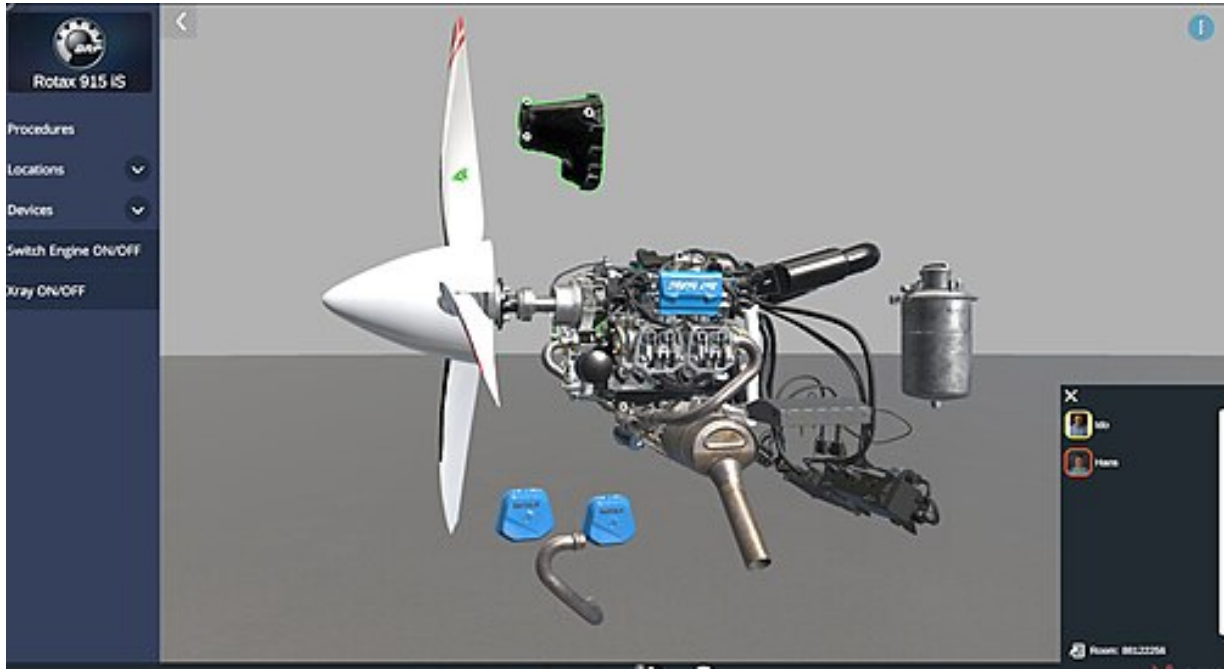
Représentation virtuelle d'un individu physique qui reflète de manière dynamique l'état moléculaire, la physiologie et le mode de vie. Les jumeaux peuvent être **actifs** (recevant des données en temps réel) ; **passifs** (les données sont utilisées pour créer un modèle hors ligne) ; ou **semi-actifs** (un jumeau passif avec certaines animations et composants dynamiques).

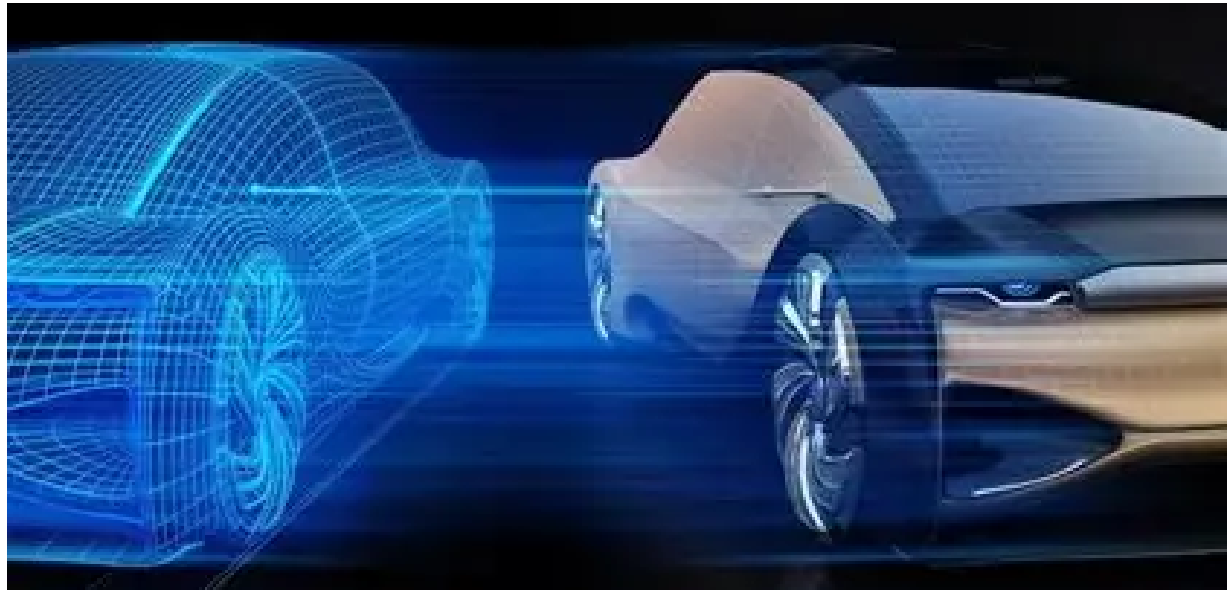
The health digital twin to tackle cardiovascular disease—a review of an emerging interdisciplinary field npj Digital Medicine (2022)

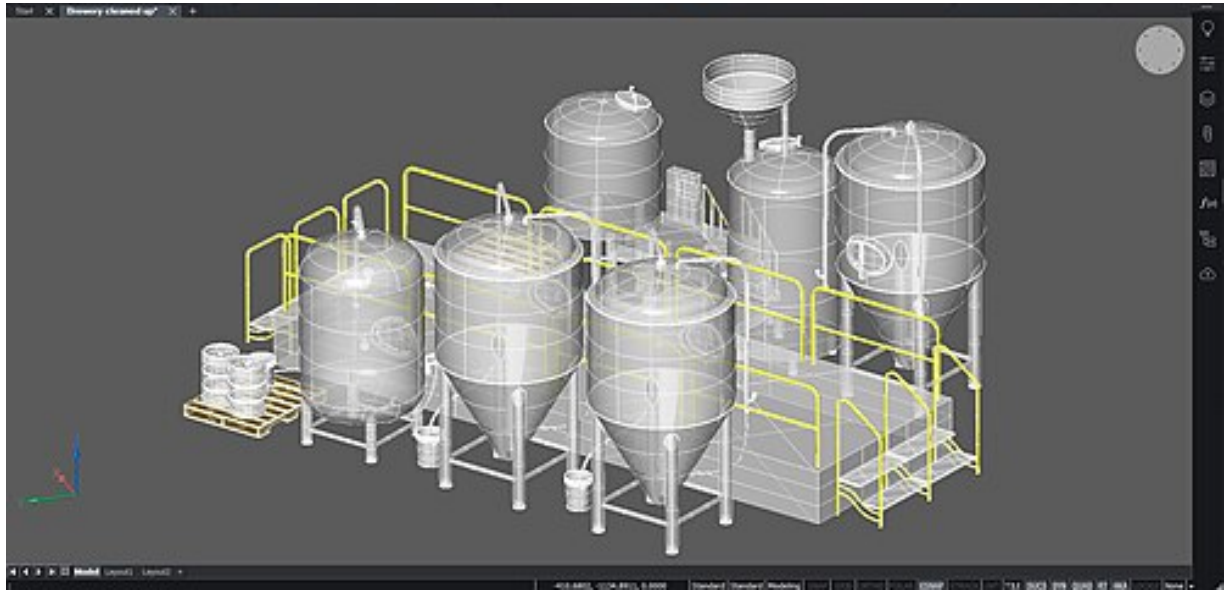


The health digital twin to tackle cardiovascular disease—a review of an emerging interdisciplinary field npj Digital Medicine (2022)




Rotax 915 iS
Procedures
Locations
Devices
Switch Engine On/OFF
Xray On/OFF





Jumeaux de composants ou de pièces

Les jumeaux de composants constituent l'unité de base d'un jumeau numérique, représentant le plus petit exemple d'un composant fonctionnel. Les jumeaux de pièces sont similaires, mais concernent des composants de moindre importance.

Jumeaux d'actifs

Lorsque plusieurs composants interagissent ensemble, ils forment ce que l'on appelle un actif. Les jumeaux d'actifs permettent d'analyser l'interaction entre ces composants, générant ainsi des données de performance exploitables et transformables en informations concrètes.

Jumeaux de systèmes ou d'unités

À un niveau d'agrandissement supérieur, les jumeaux de systèmes ou d'unités offrent une vue d'ensemble sur la manière dont les différents actifs s'assemblent pour former un système fonctionnel complet. Ces jumeaux fournissent une visibilité sur les interactions entre les actifs et peuvent suggérer des pistes d'amélioration des performances.

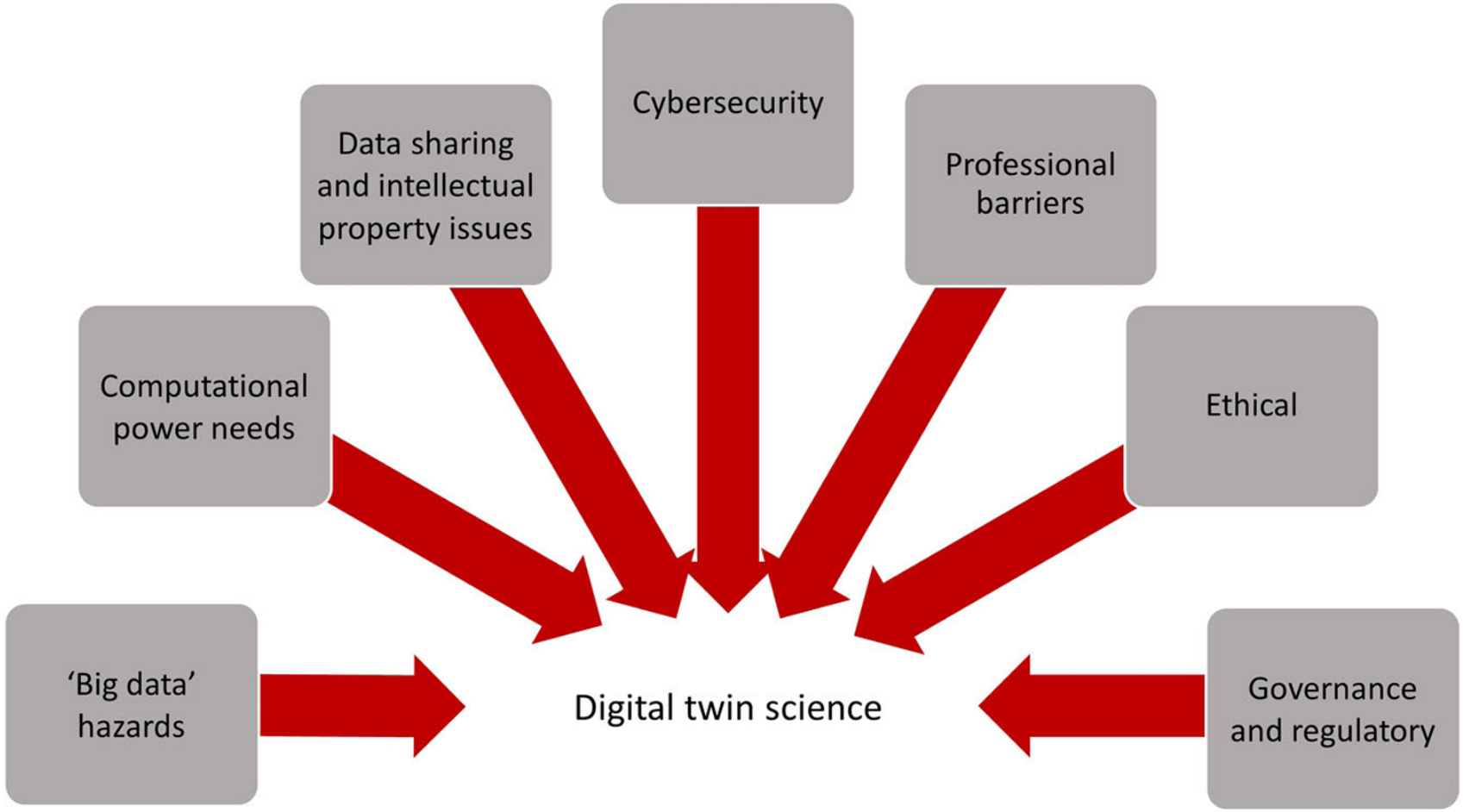
Jumeaux numériques de processus

Les jumeaux de processus, le niveau macro de grossissement, révèlent comment les systèmes interagissent pour créer une installation de production complète. Ces systèmes sont-ils synchronisés pour fonctionner à une efficacité optimale, ou des retards dans un système affectent-ils les autres ? Les jumeaux de processus permettent de déterminer les schémas de synchronisation précis qui influencent l'efficacité globale.

https://www.ibm.com/fr-fr/think/topics/digital-twin

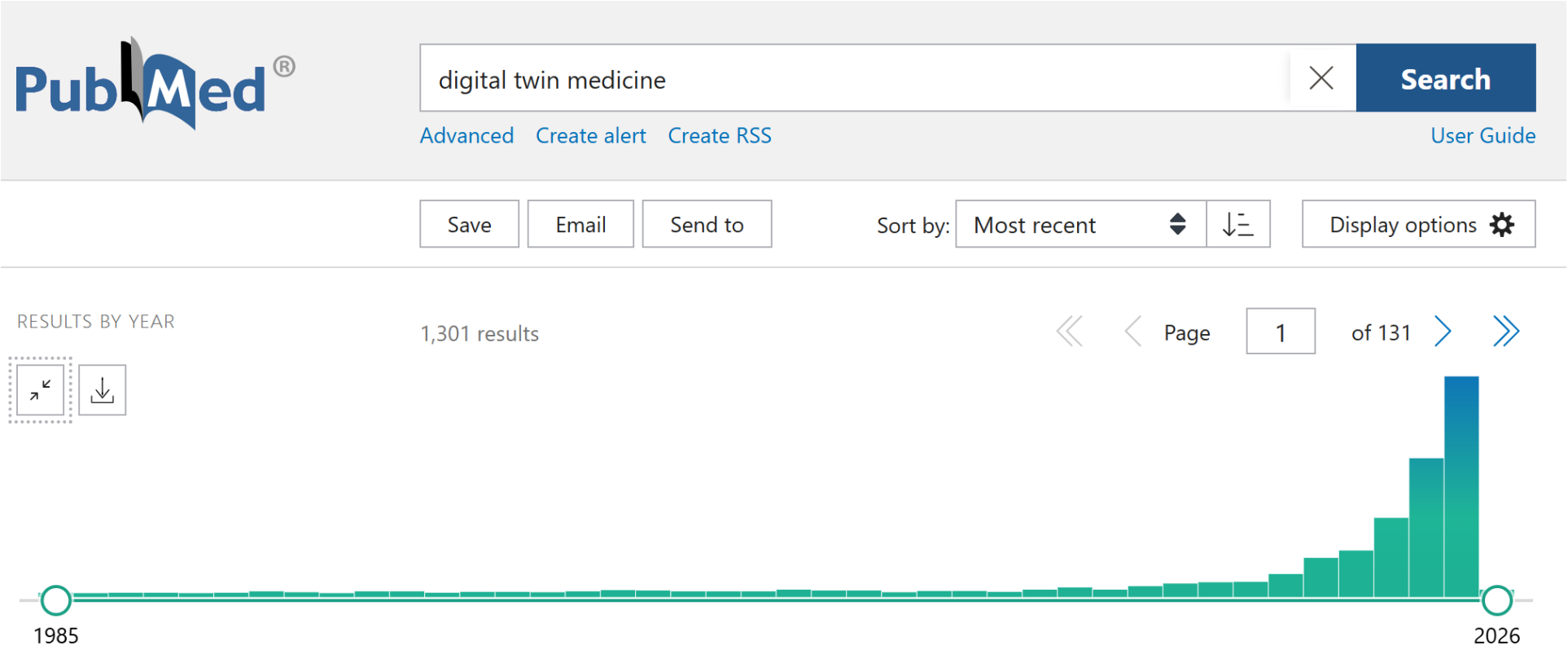
Intérêts dans l'industrie

- **Recherche et développement, prototypes**
- **Maintenance, optimisation**
- **Fin de vie**



The health digital twin to tackle cardiovascular disease—a review of an emerging interdisciplinary field npj Digital Medicine (2022)

En médecine


PubMed®
digital twin medicine
Search
Advanced
Create alert
Create RSS
User Guide
Save
Email
Send to
Sort by:
Most recent
Display options
RESULTS BY YEAR
1,301 results
Page
1
of 131
1985
2026

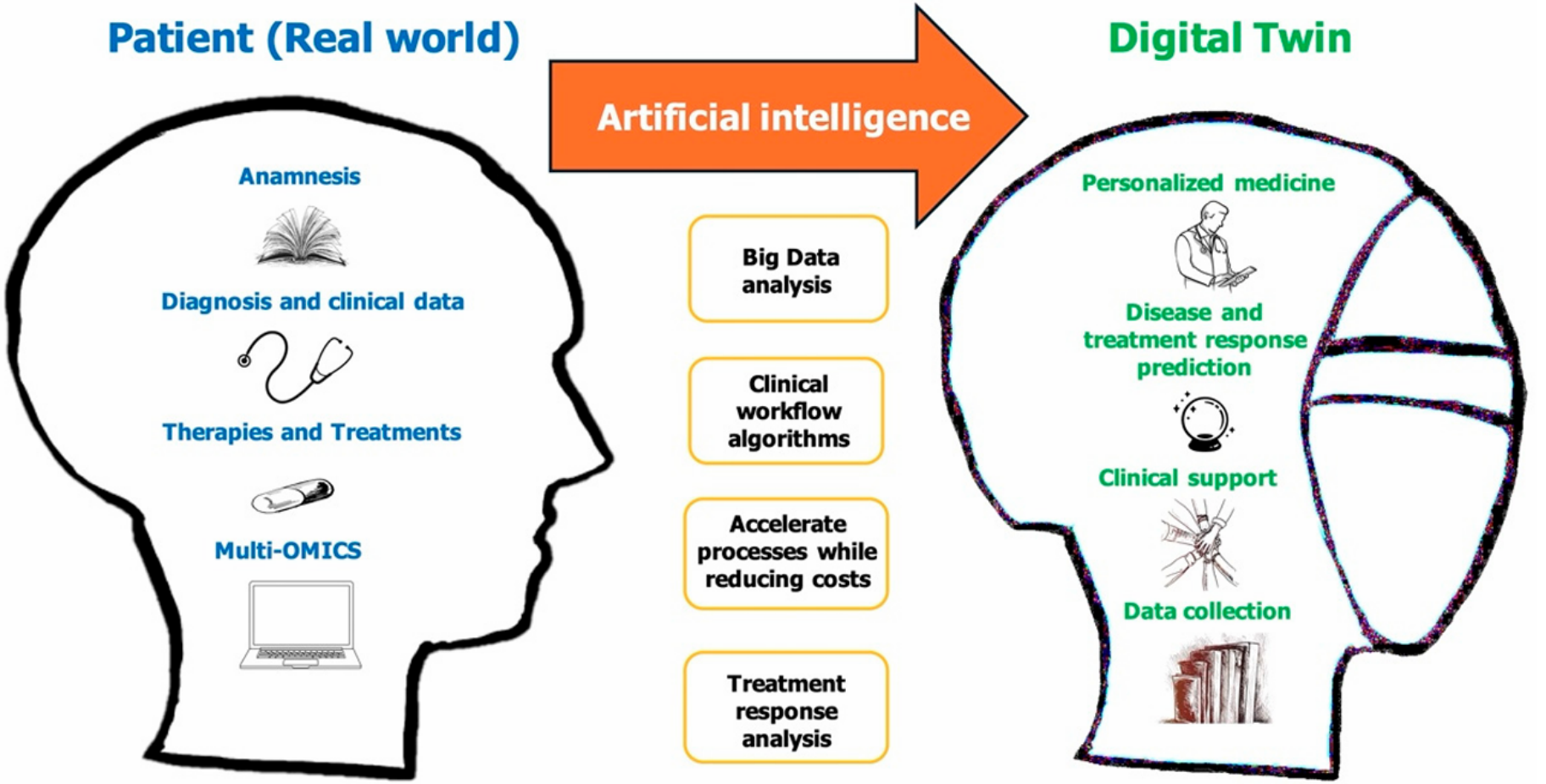
ELECTRA

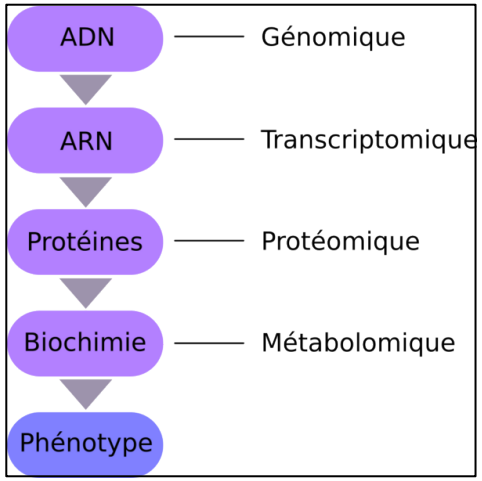
4-5 DÉCEMBRE 2025

VILLA M. - MARSEILLE I FRANCE

19èmes journées françaises pratiques de rythmologie & de stimulation cardiaque

WWW.CONGRES-ELECTRA.COM





OMICS

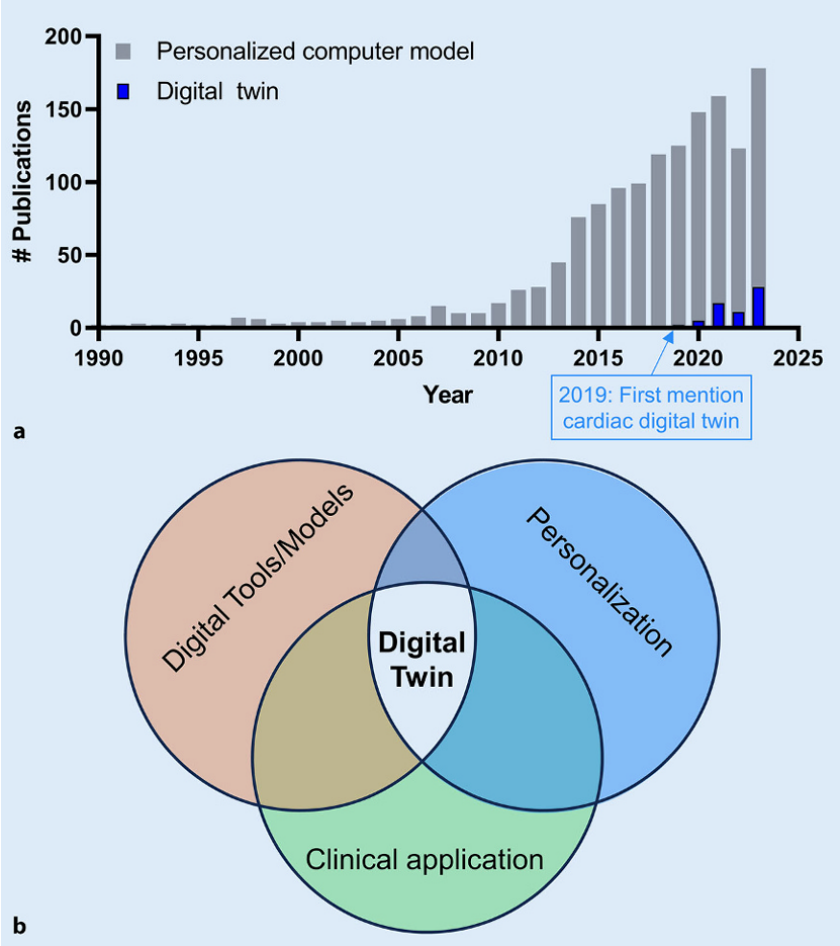
Medical Digital Twin: A Review on Technical Principles and Clinical Applications J. Clin. Med. 2025

Table 1 | Various types of DTs in healthcare

Physical Entity	Entity	Mechanism	Endpoint
Lung	Lexma[12]	Runs simulations of blood and oxygen flow	Predict ventilation requirements
Heart	Dassault[13], Medtronic, Boston Scientific, FDA;	Simulates the structure and physiologic function of the heart	Customization and optimization of cardiac devices
Heart	Siemens Healthineers[23]	Simulates the structure and physiologic function of the heart	Cardiac resynchronization
Heart	Heart Navigator[40]	simulated TAVR implantations with different aortic prosthesis	Surgical planning
Spine	Ahmadian et al.[42]	Predict Vertebral Fracture after Stereotactic Body Radiotherapy	Optimal radiation plan to minimize treatment side effects
Alzheimer's disease	Unlearnai[14]	Predicting the individual outcome in neurological diseases	DT of controls of clinical trial and ultimately clinical interventions
Breast lesions	VICTRE trial[51]	Image based virtual patients comparing digital mammography to tomosynthesis	Determine which imaging tool is better at detecting breast lesions
Oropharyngeal cancer	Tardini et al.[61]	Optimal treatment selection	Determine optimal treatment plan for oropharyngeal cancer
Type 2 Diabetes	Cleveland Clinic Twin Health NCT05181449[88]	Disease reversal in type 2 diabetes	Randomized control trial examining twin precision treatment vs. standard of care
Mental health	MindBank AI[65], IBM[66], Babylon[67], DigiTwin[68]		Wellness
Pharma Lab	Atos, Siemens, GSK[23,36]		Optimize drug manufacturing
Biomanufacturing	Teva and AG Pharmaceuticals[37]	Adjust input conditions Key and Critical Process Parameters	Predictive biomanufacturing
Drug Discovery	Takeda[34]		Drug Discovery
Hospitals	GE Care command[24]; Siemens Healthineers[23]		Earlier response times for critical patients, supply chain management, workflow

Digital twins for health: a scoping review npj Digital Medicine| (2024) 7:77

En cardiologie



Digital twins for cardiac electrophysiology: state of the art and future challenges HerzschrElektrophys2024

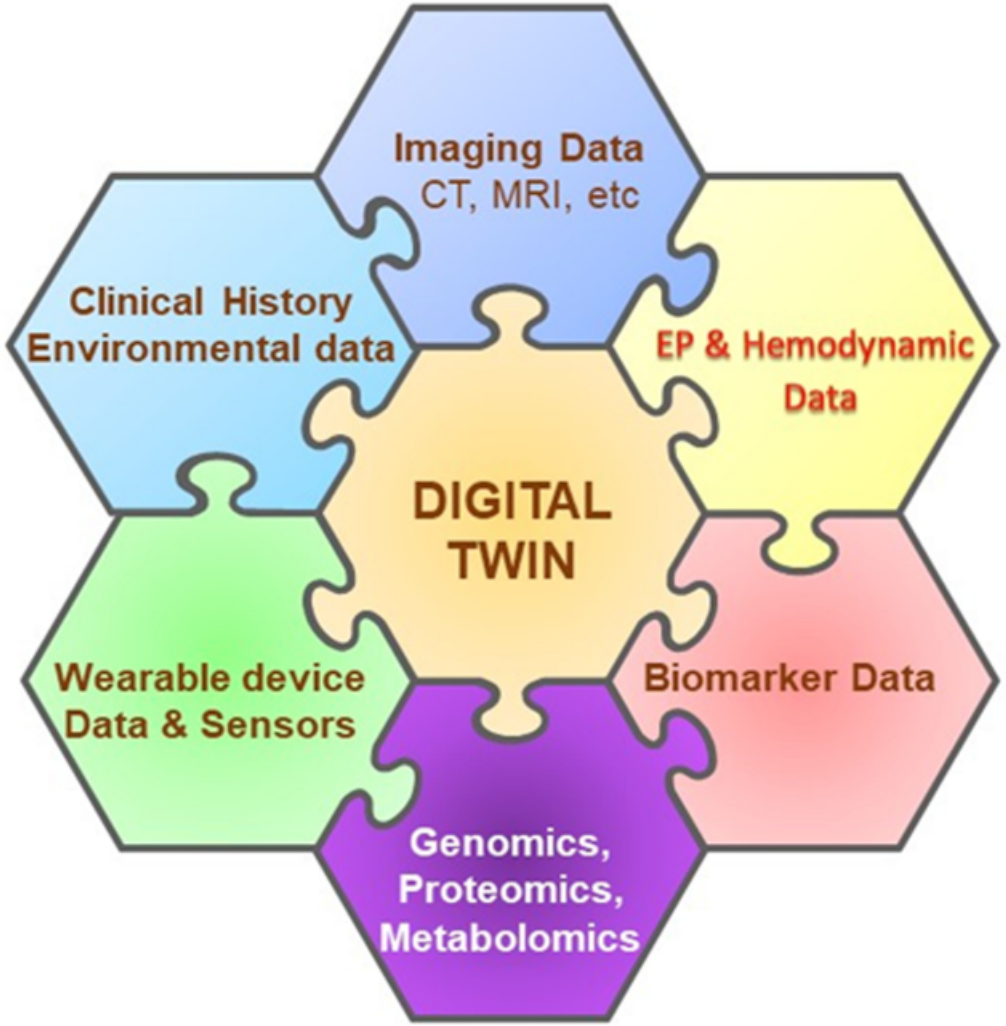
ELECTRA

4-5 DÉCEMBRE 2025

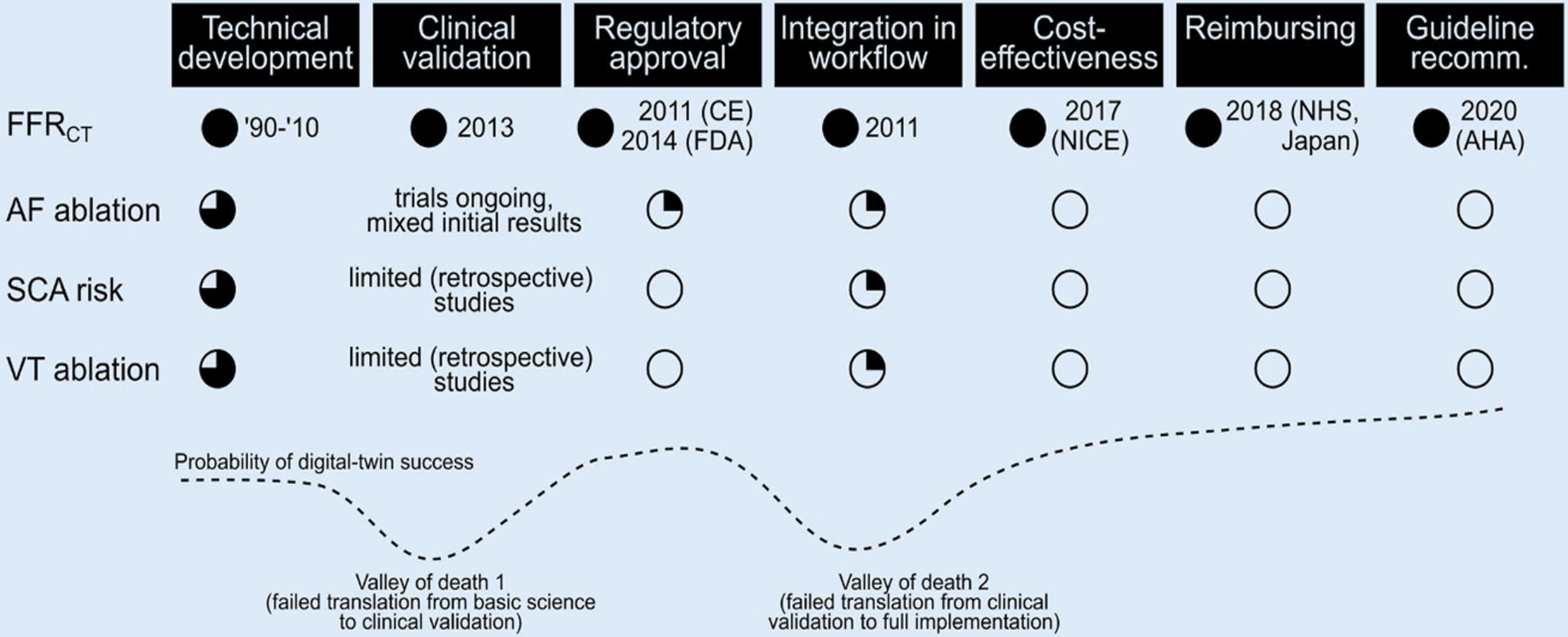
VILLA M. - MARSEILLE I FRANCE

19èmes journées françaises pratiques de rythmologie & de stimulation cardiaque

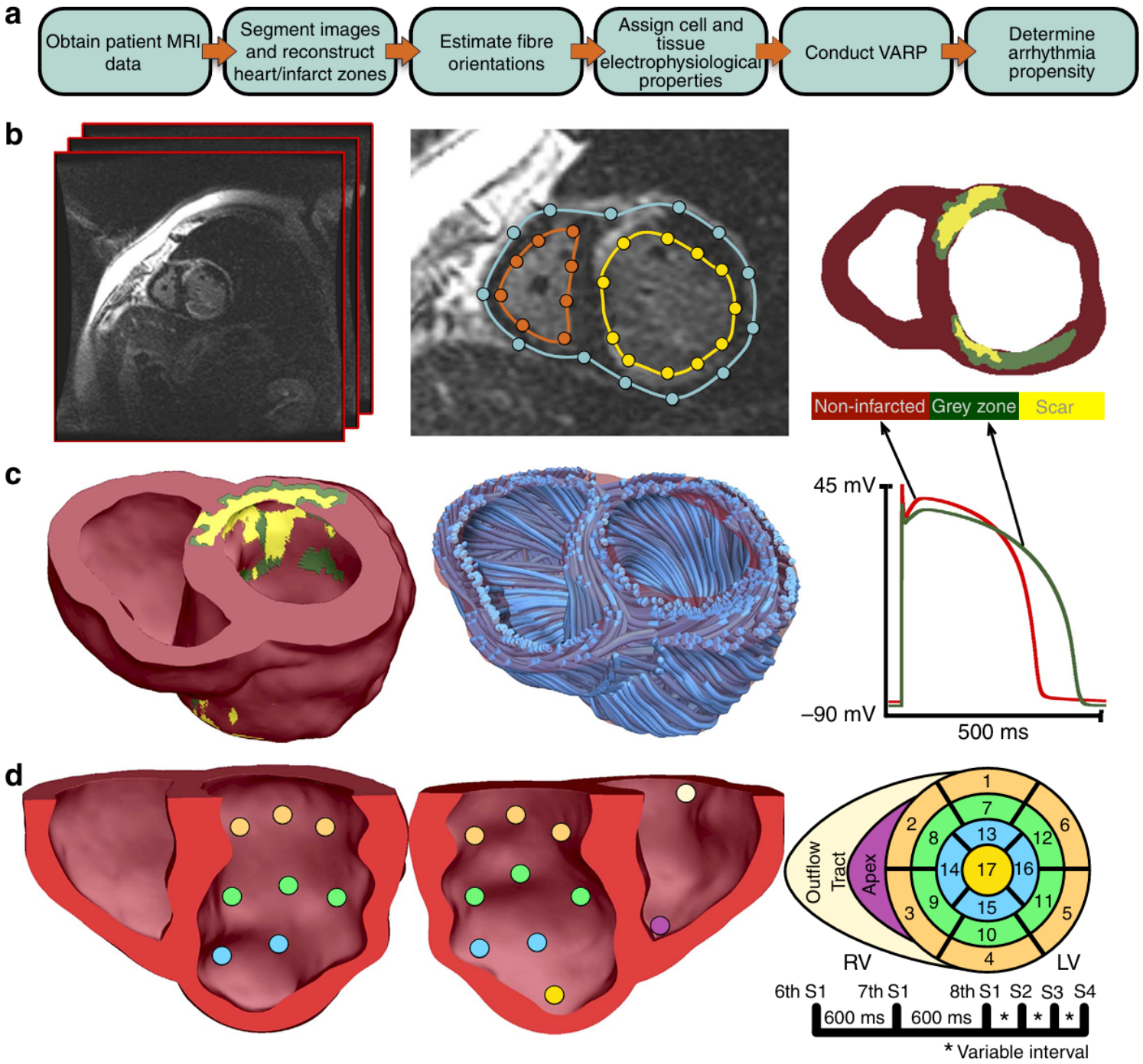
WWW.CONGRES-ELECTRA.COM



Digital Twins: The Future for Ventricular Tachycardia Ablation? Circulation 2025



Digital twins for cardiac electrophysiology: state of the art and future challenges HerzschrElektrophys2024



Ablation virtuelle TV ischémique

Arrhythmia risk stratification of patients after myocardial infarction using personalized heart models. nature communications 2016

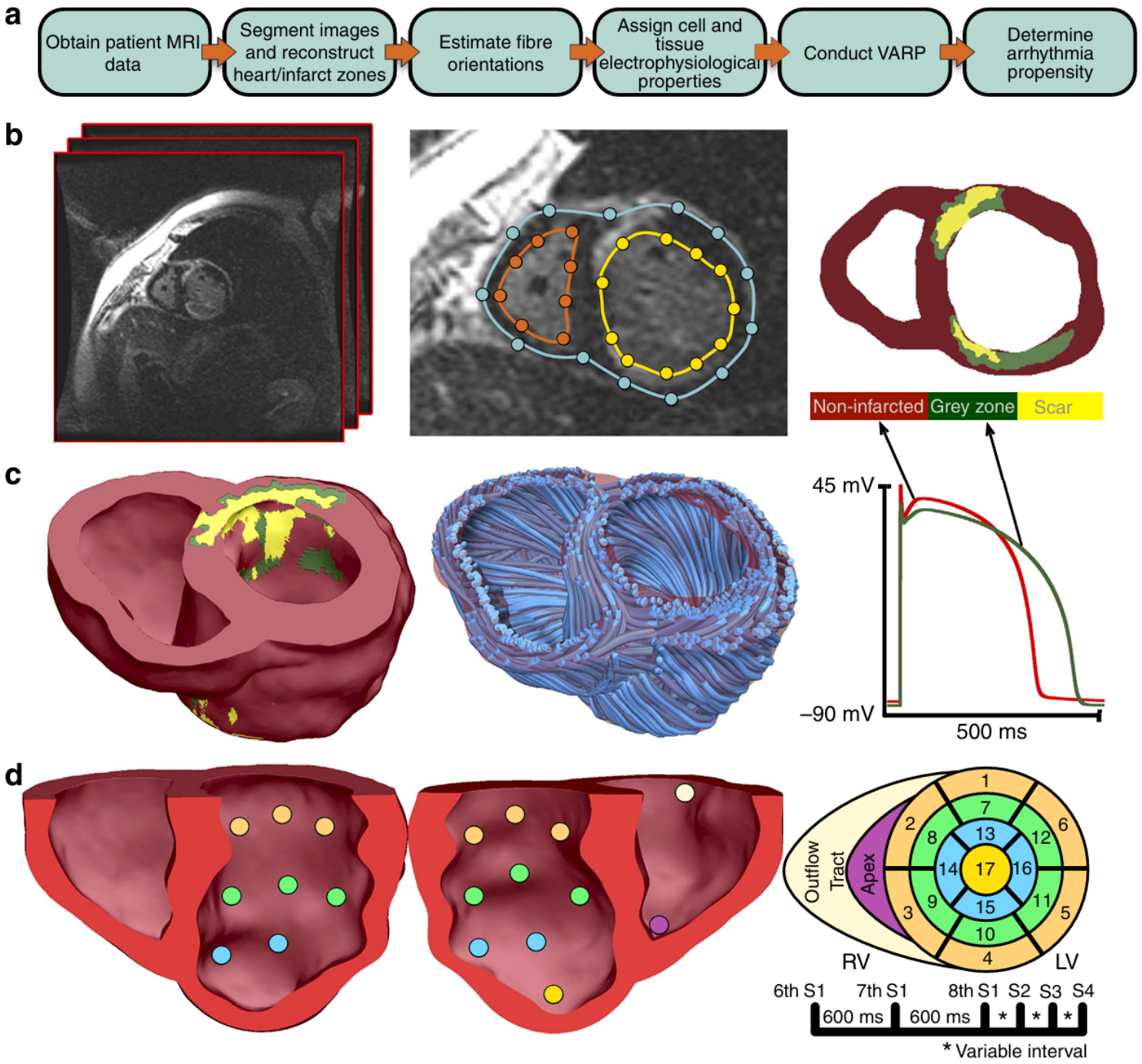
NIH Public Access

$$\theta_{\text{mean}}(\vec{x}_i) = \frac{1}{N_{\text{elem}}} * \sum_{i=0}^{N_{\text{elem}}} \cos^{-1}\left(\left|\frac{\vec{x}_i^{\text{LDRB}} \cdot \vec{x}_i^{\text{DTI}}}{\left\|\vec{x}_i^{\text{LDRB}}\right\| \left\|\vec{x}_i^{\text{DTI}}\right\|}\right|\right),$$

Laplace–Dirichlet Rule-Based (LDRB) algorithm appliqué aux fibres myocardiques

$$\vec{x} = [F, S, T] \quad (9)$$

Institute of Biophysics and Center for Physiological Medicine, Medical University of Graz, Graz, Austria



Ablation virtuelle TV ischémique

Arrhythmia risk stratification of patients after myocardial infarction using personalized heart models. nature communications 2016

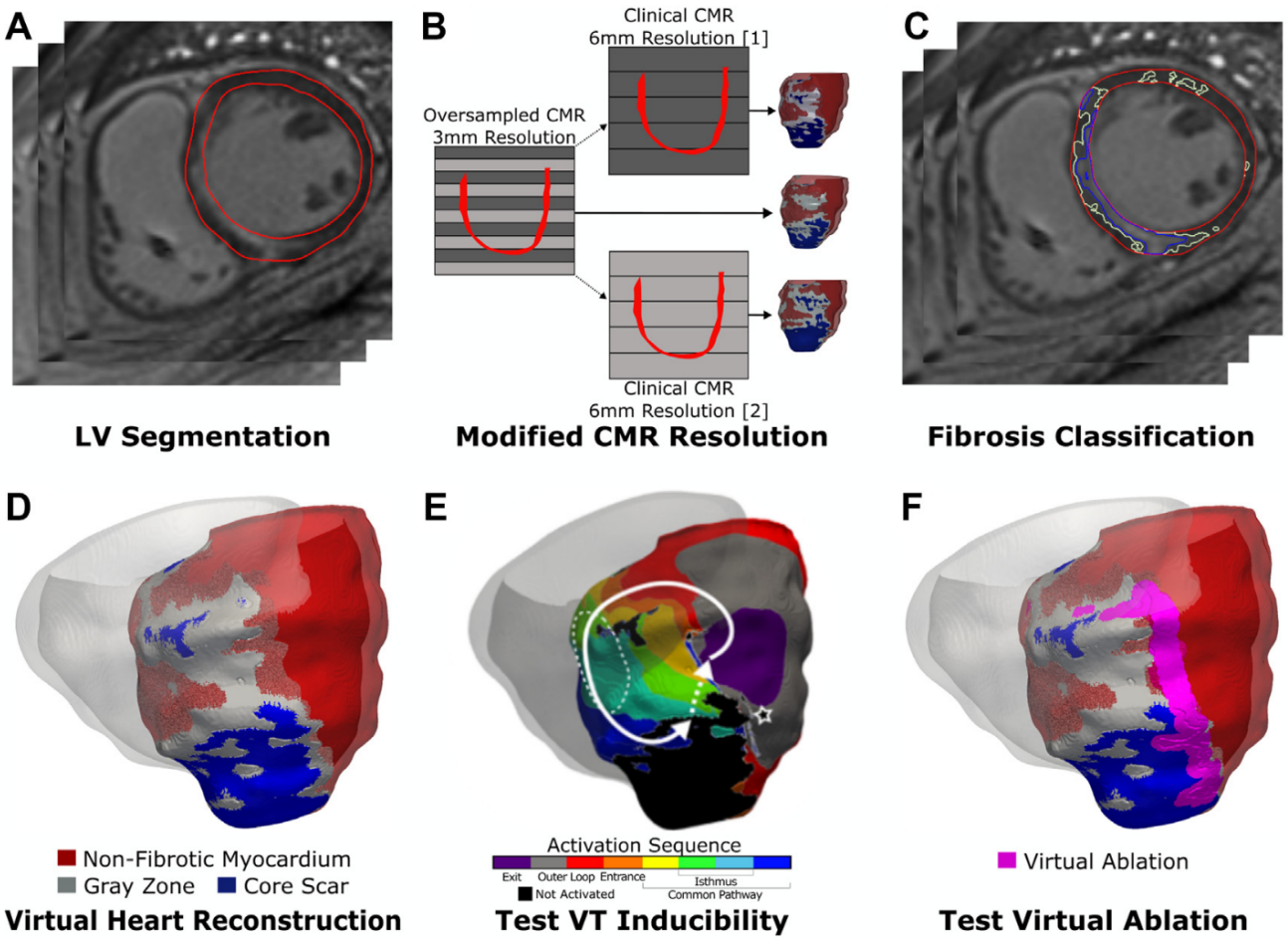
ELECTRA

4-5 DÉCEMBRE 2025

VILLA M. - MARSEILLE I FRANCE

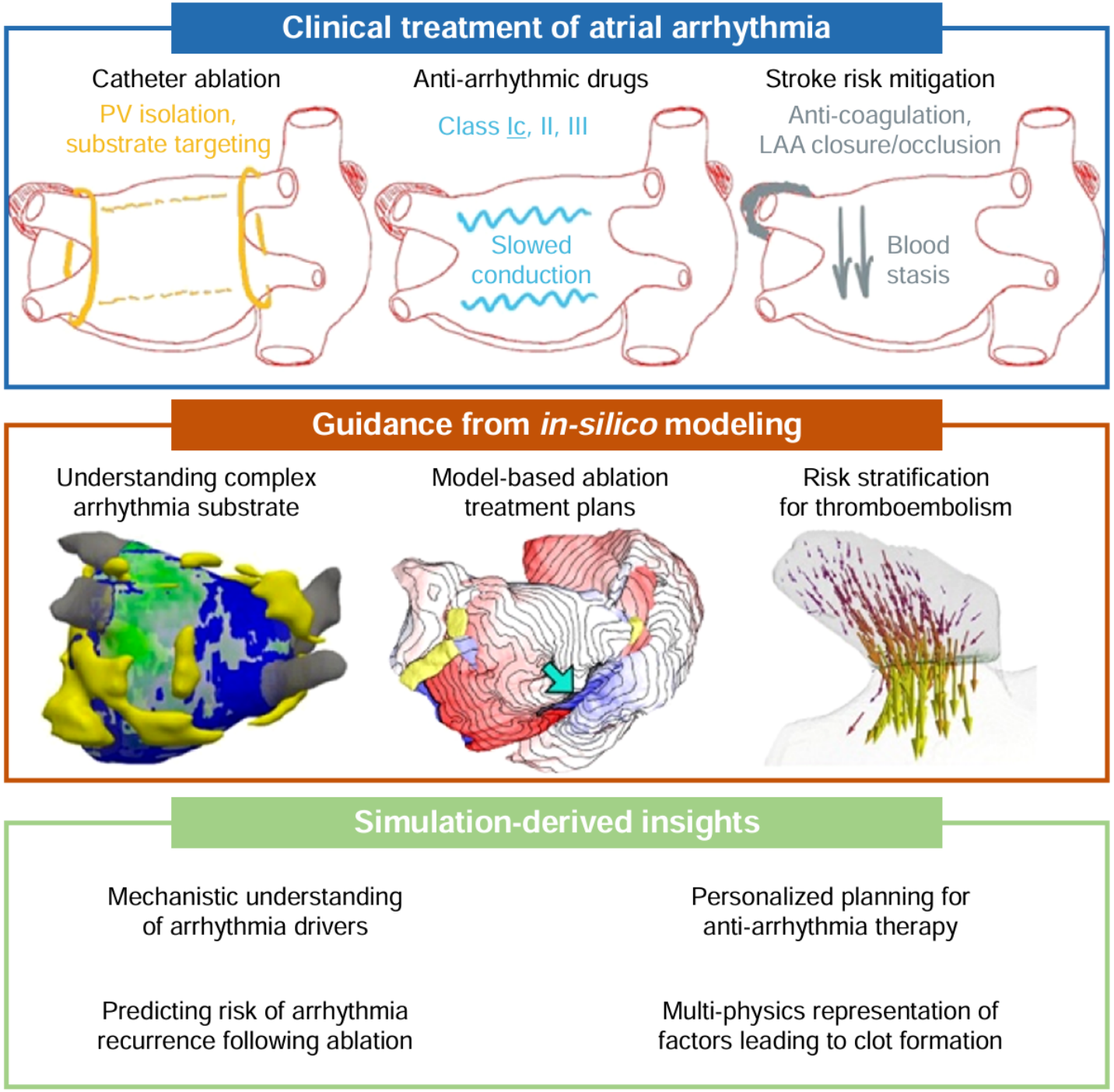
19èmes journées françaises pratiques de rythmologie & de stimulation cardiaque

WWW.CONGRES-ELECTRA.COM

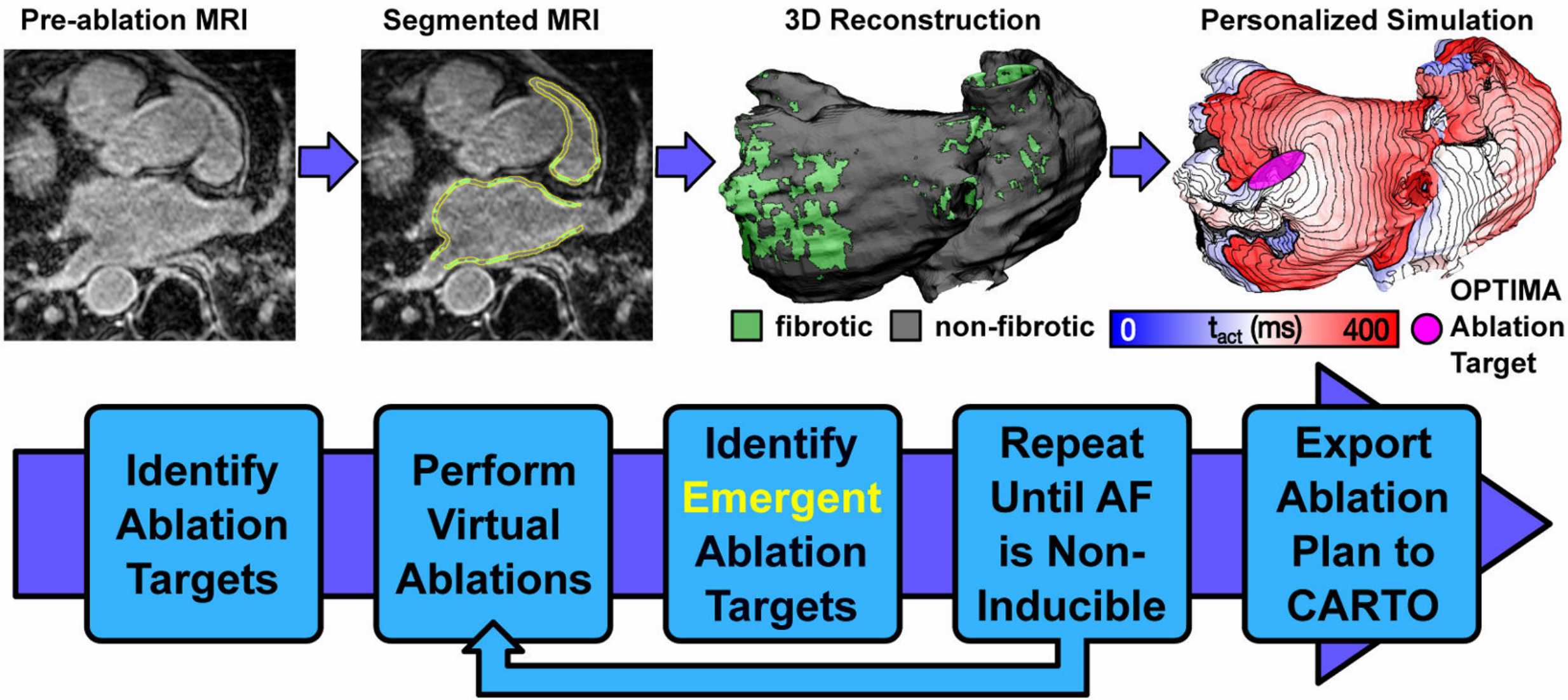


O'Hara RP, et al. JACC Clin Electrophysiol. 2024;10(9):2035-2048.

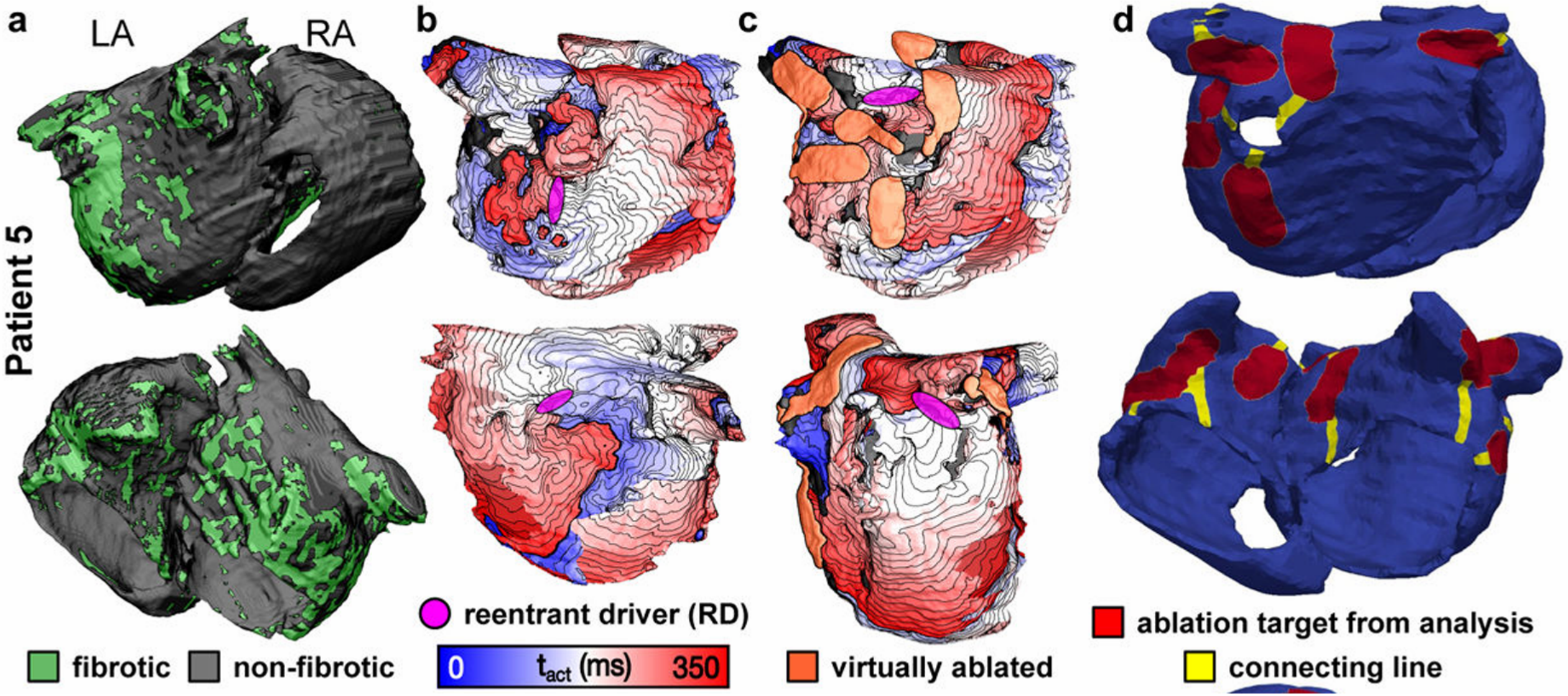
Management fibrillation atriale



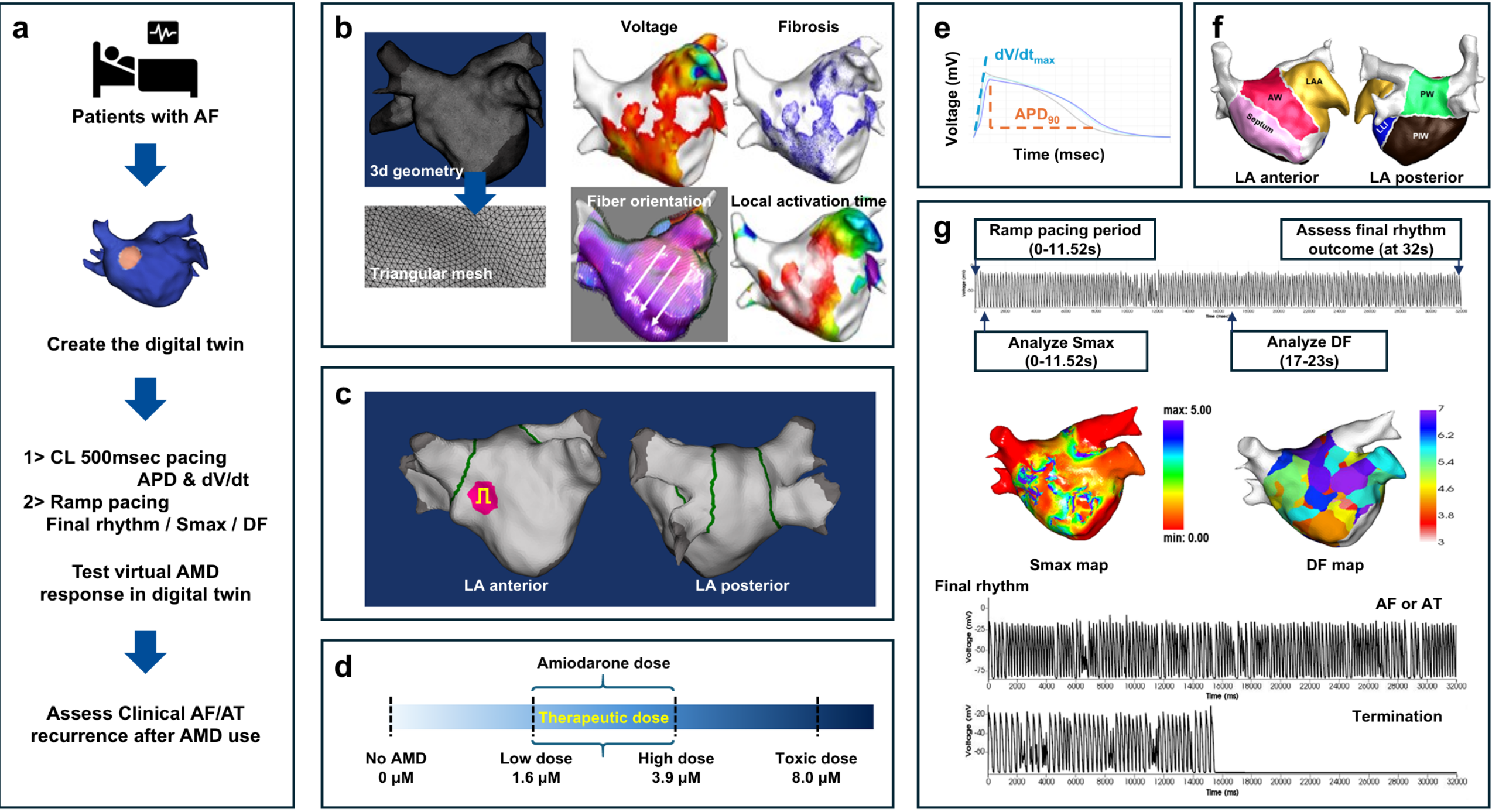
From bits to bedside: entering the age of digital twins in cardiac electrophysiology Europace (2024) 26, euae295



Computationally guided personalized targeted ablation of persistent atrial fibrillation Nat Biomed Eng. 2019

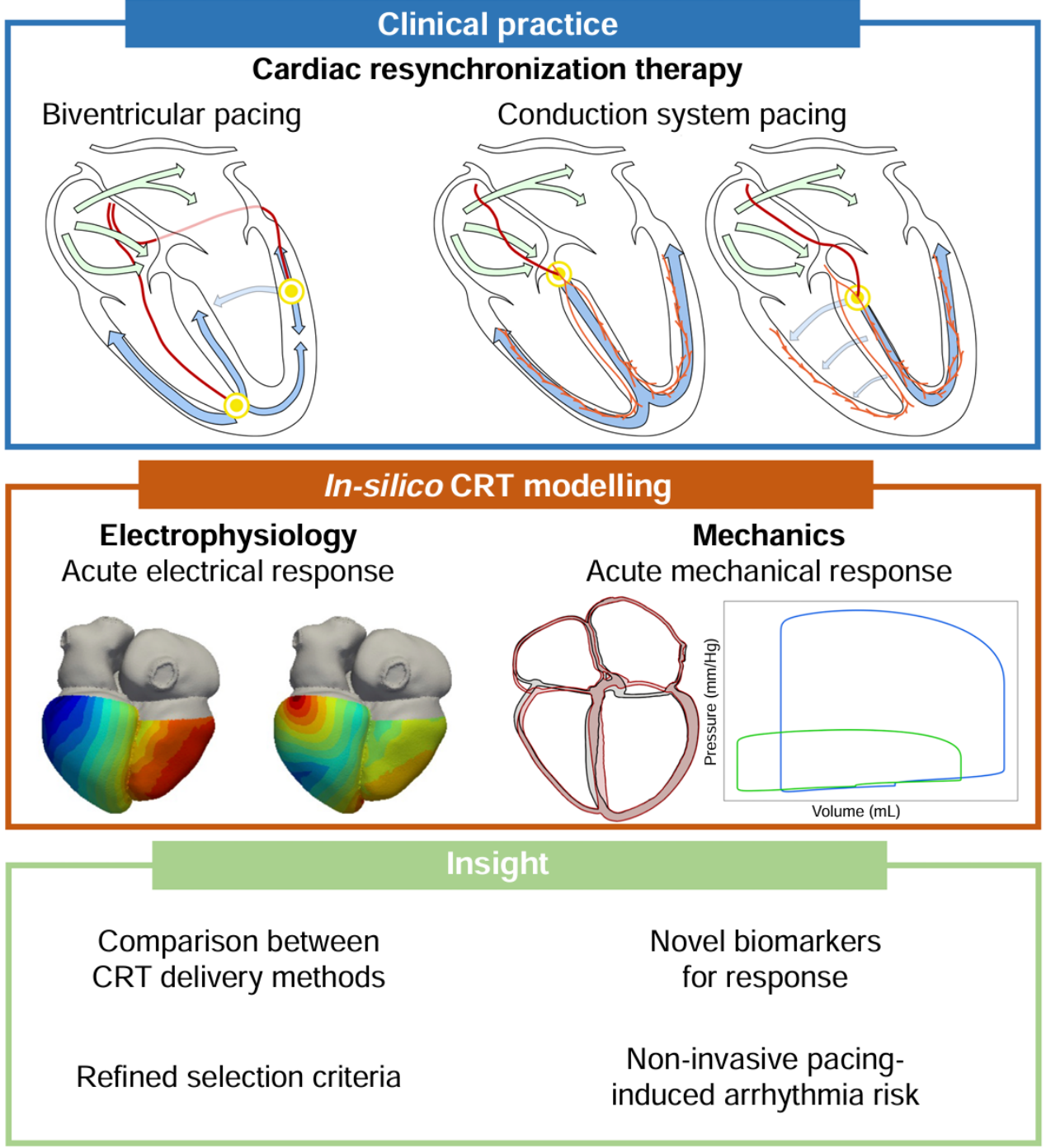


Computationally guided personalized targeted ablation of persistent atrial fibrillation Nat Biomed Eng. 2019

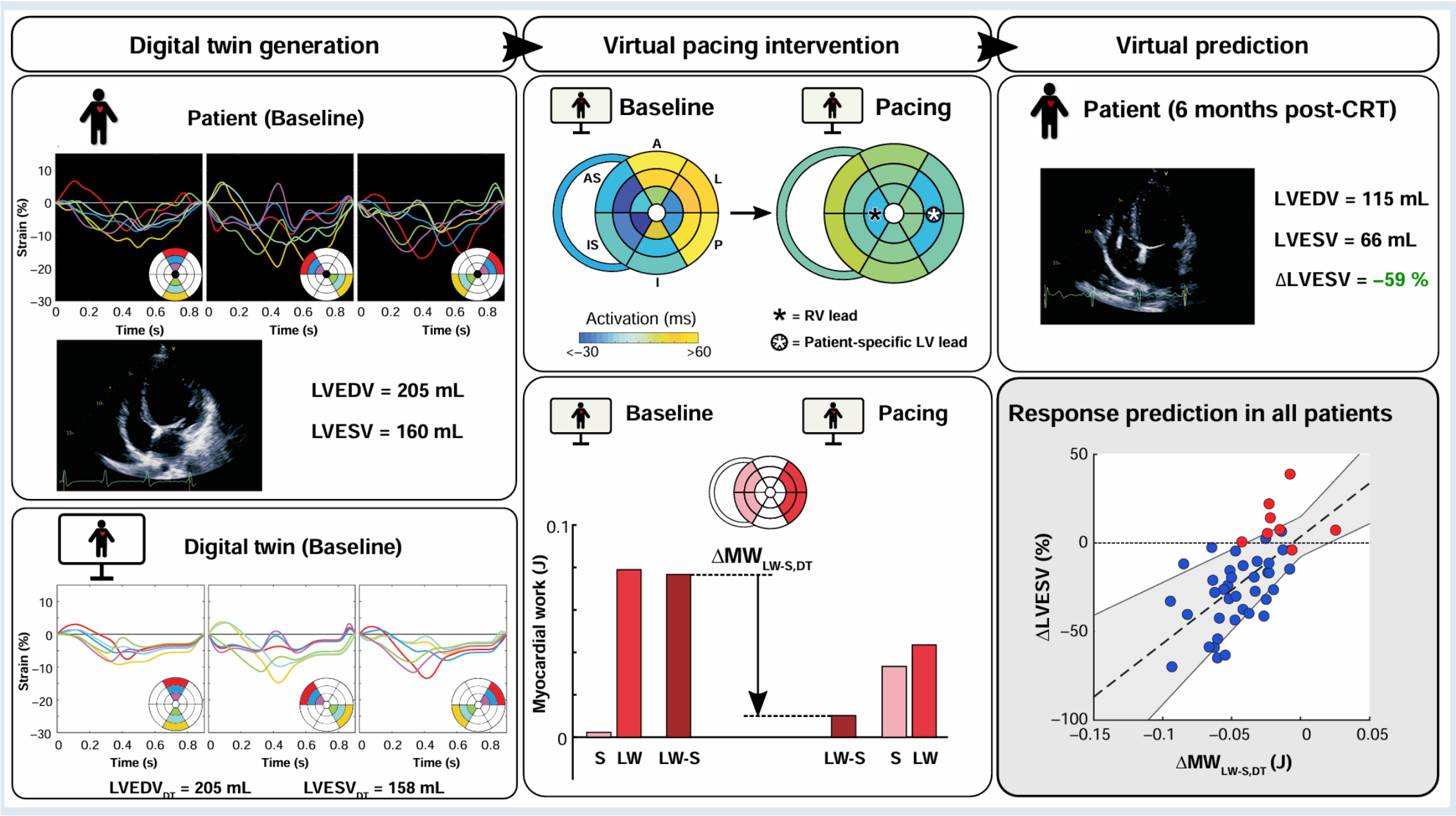


Clinical usefulness of digital twin guided virtual amiodarone test in patients with atrial fibrillation ablation npj Digital Medicine| (2024)

Resynchronisation cardiaque



From bits to bedside: entering the age of digital twins in cardiac electrophysiology Europace (2024) 26, euae295



Virtual pacing of a patient's digital twin to predict left ventricular reverse remodelling after cardiac resynchronization therapy Europace 2024

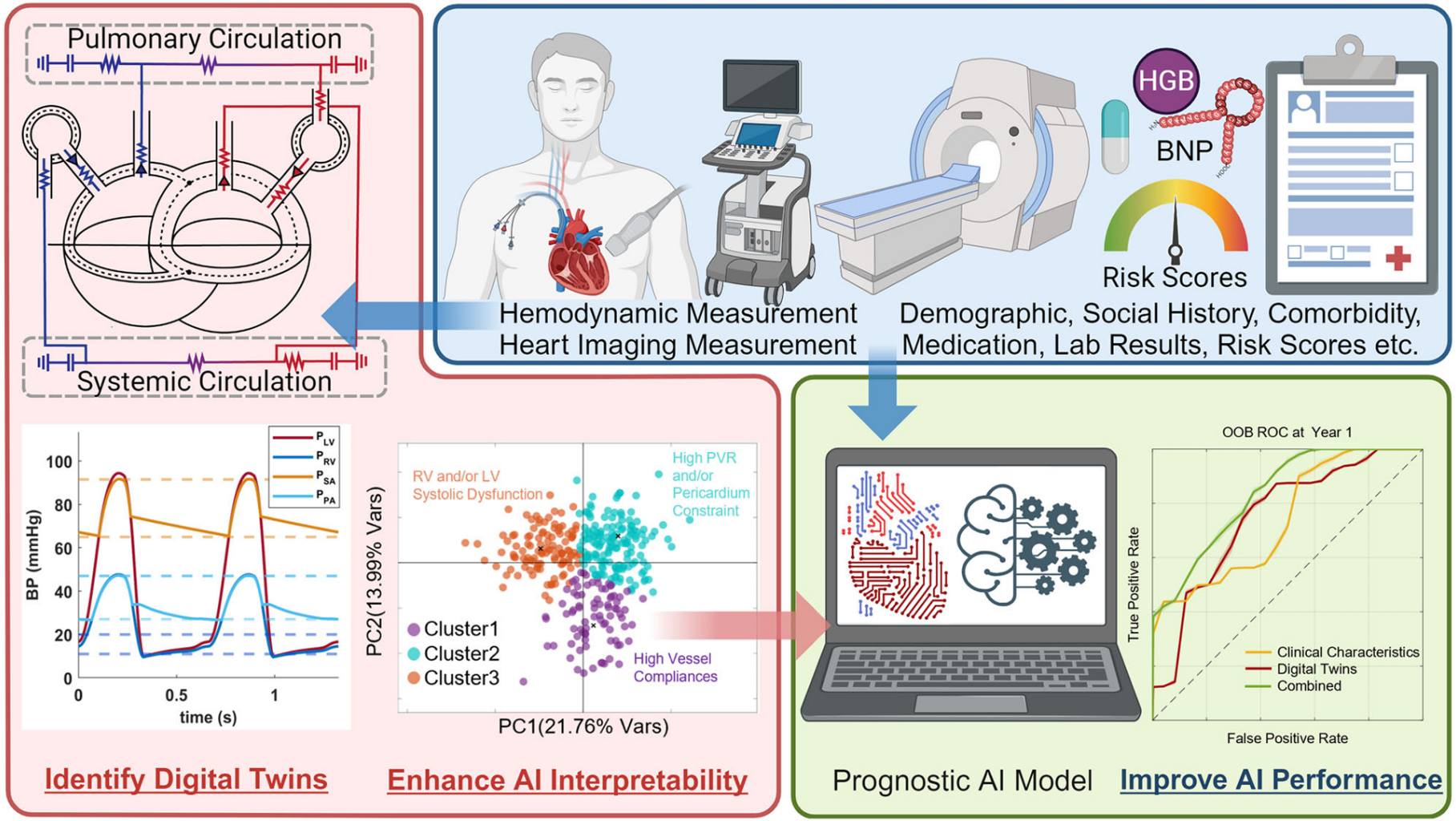
ELECTRA

4-5 DÉCEMBRE 2025

VILLA M. - MARSEILLE I FRANCE

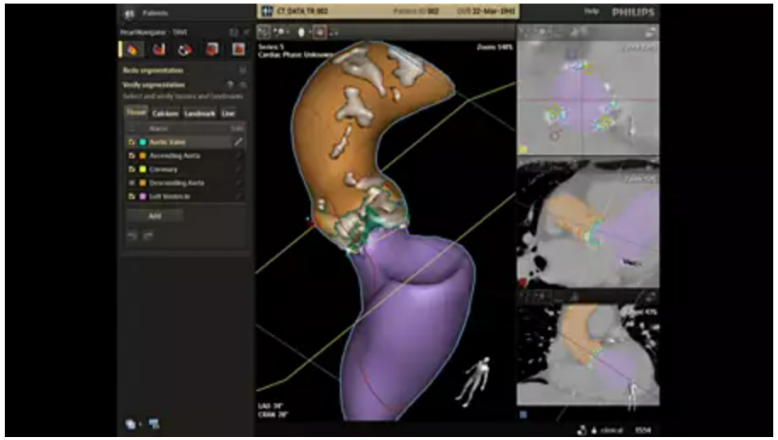
19èmes journées françaises pratiques de rythmologie & de stimulation cardiaque

WWW.CONGRES-ELECTRA.COM



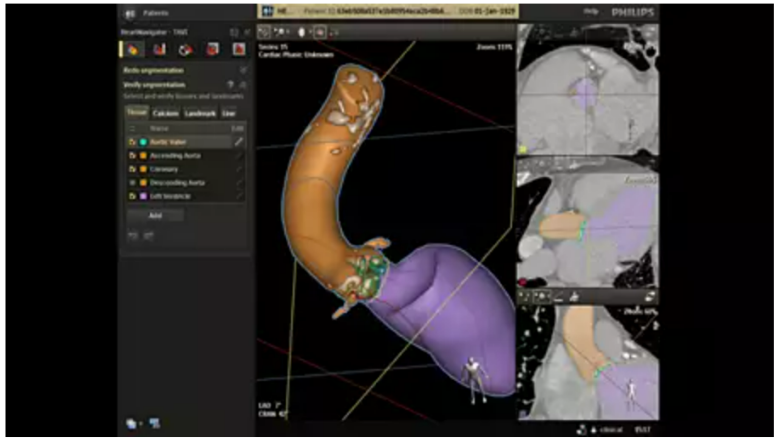
Identification of digital twins to guide interpretable AI for diagnosis and prognosis in heart failure npj Digital Medicine| (2025)

Applications matures



Un gain de temps grâce à la segmentation automatique

Une fois que vous avez chargé les données TDM pré-opératoire compatible DICOM et qu'un volume 3D est rendu, HeartNavigator natomiques, océdures ent tout le trale, la t d'autres



Des repères automatiques pour rester sur la bonne voie

Pour plus de conseils, HeartNavigator place automatiquement des repères sur une grande variété de structures anatomiques, y compris les ostia coronaires, les 3 nadirs, etc. Ils peuvent être adaptés manuellement selon les besoins.

Des mesures automatiques pour éviter les erreurs

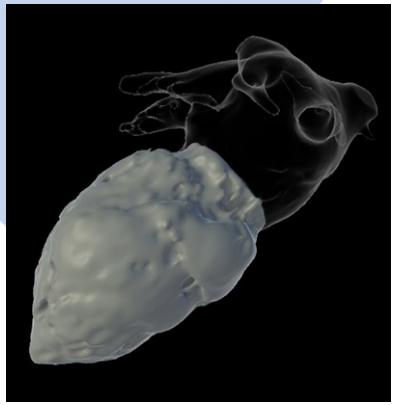
Un simple clic permet de créer des mesures de surface, de périmètre, de diamètre et de distance pour les structures anatomiques lors des procédures TAVR ou TAVI. Les mesures sont effectuées dans les plans anatomiques détectés. Elles s'affichent sur l'axe central visible. Pour toutes les autres procédures associées à une cardiopathie structurelle, des mesures manuelles sont fournies.

La visualisation des calcifications pour éviter les complications potentielles

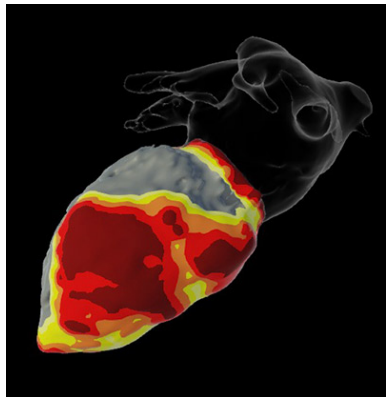
Le logiciel améliore la visibilité sur la distribution des calcifications dans l'aorte ascendante, l'anneau de la valve aortique et le ventricule gauche. En déterminant la gravité et l'emplacement de la calcification, vous pouvez éviter des complications potentielles pendant les procédures.

Heart Navigator

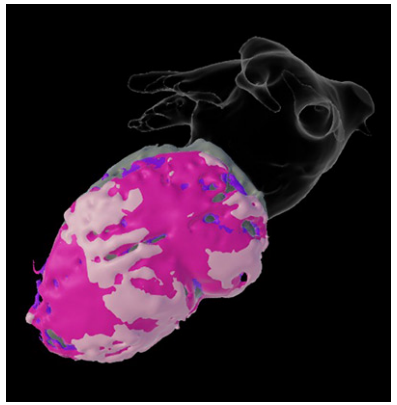
PHILIPS Healthcare



Anatomie VG

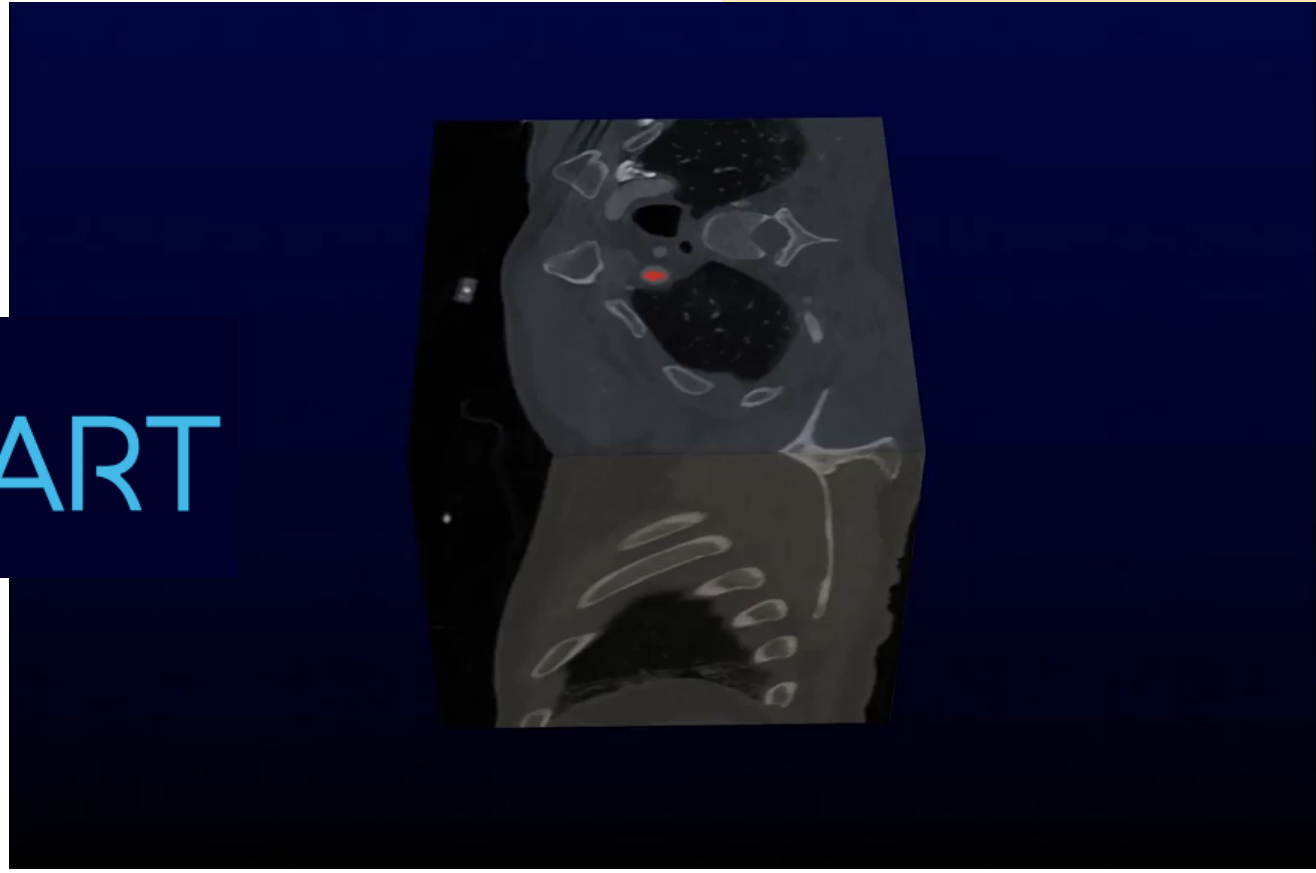


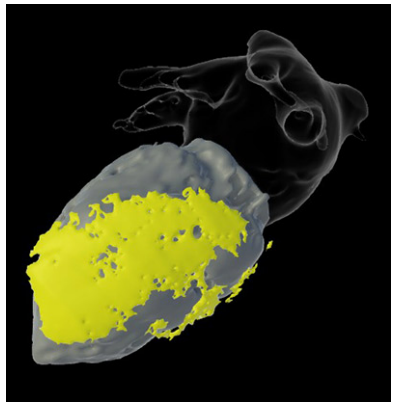
Epaisseur paroi



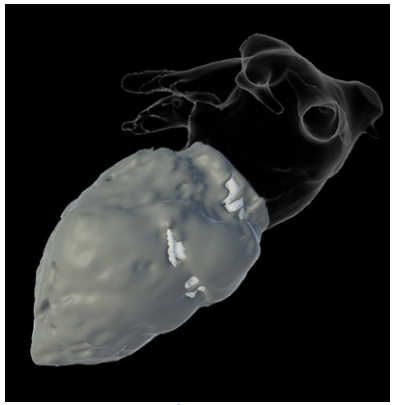
Transmuralité cicatrice

inHEART

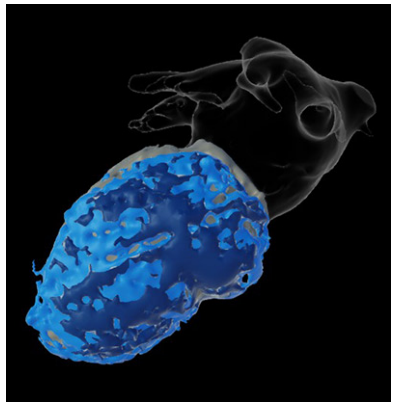




Infiltration graisseuse

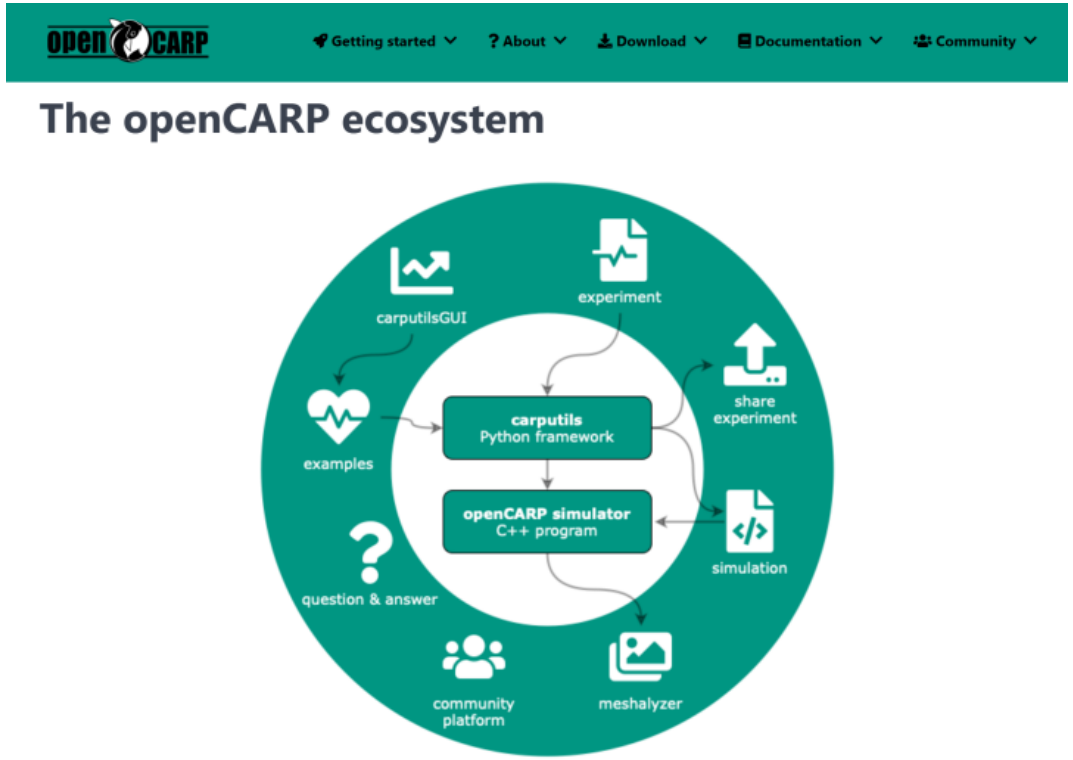


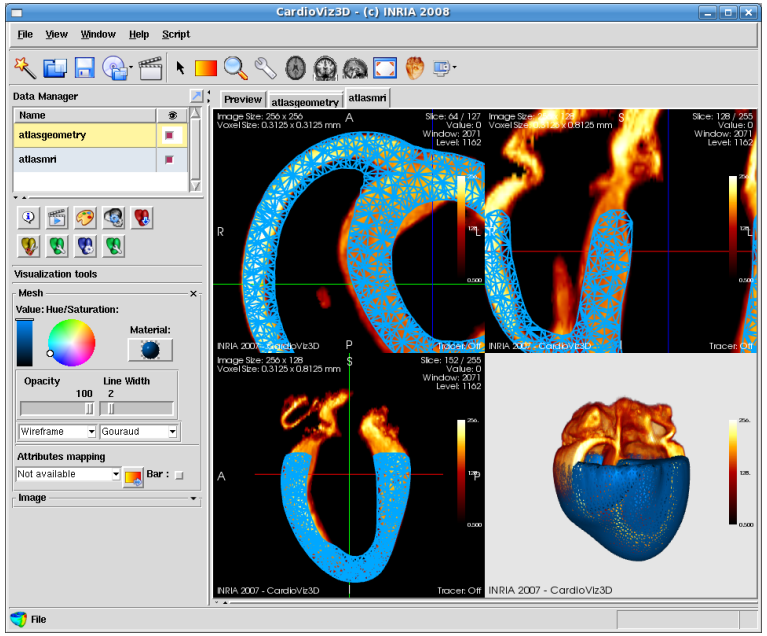
Calcifications



Réhaussement tardif

Outils open source création





CardioViz3D

Research Center	Community	Emphasis	Aims
Swedish Digital Twin Center SDTC	Swedish multi-disciplinary healthcare and industry	single-cell RNA seq-based framework	Precision medicine, biomarkers for personalized treatment, new drug candidates, time-dependent personalized prescriptions of drug combinations
Empa Research Center	Swedish multi-disciplinary healthcare and industry	Opiates and twinning of transdermal drug delivery	Optimize drug dosage for persons afflicted by chronic pain
Human DT One Planet Research Center	Netherlands	Gut microbiome, nutrition, behavior, and identification of lifestyle-related diseases	Optimize diet and lifestyle for disease prevention
DIGIPREDICT	A consortium of five European countries	Cardiovascular, infectious diseases, & COVID-19	Early intervention to halt disease progression in infectious and cardiovascular disease
PRIMAGE **PR**edictive **I**n-Silico **M**ultiscale **A**nalytics to support cancer personalized dia**G**nosis and prognosis, **E**mpowered by imaging biomarkers	Multi-disciplinary European	Imaging biomarkers and childhood solid malignancies, including neuroblastoma and diffuse pontine glioma	Imaging biomarkers to support clinical decision-making including treatment management to optimize patient outcomes
MAI Medical Augmented Intelligence DigiTwin	United States and Taiwan	Converts 2D images to 3D virtual images for patient education	Medical learning through DT for both patients and practitioners
The Digital Twin Consortium	Multi-disciplinary from industry, academia, and government. Based in the US and has a global membership	Open to any entity with an interest in DT	Multipurpose DT software development across many sectors
The Digital Twin for Health Consortium[78]	Multidisciplinary DT enthusiasts interested in developing the digital twin infrastructure for healthcare	Develop DTs for better health in collaboration with all the stakeholders in the healthcare spectrum	On-going projects on digital twins for lung cancer, sepsis, mental health diseases, leukemia, and cardiovascular diseases

Digital twins for health: a scoping review npj Digital Medicine| (2024) 7:77

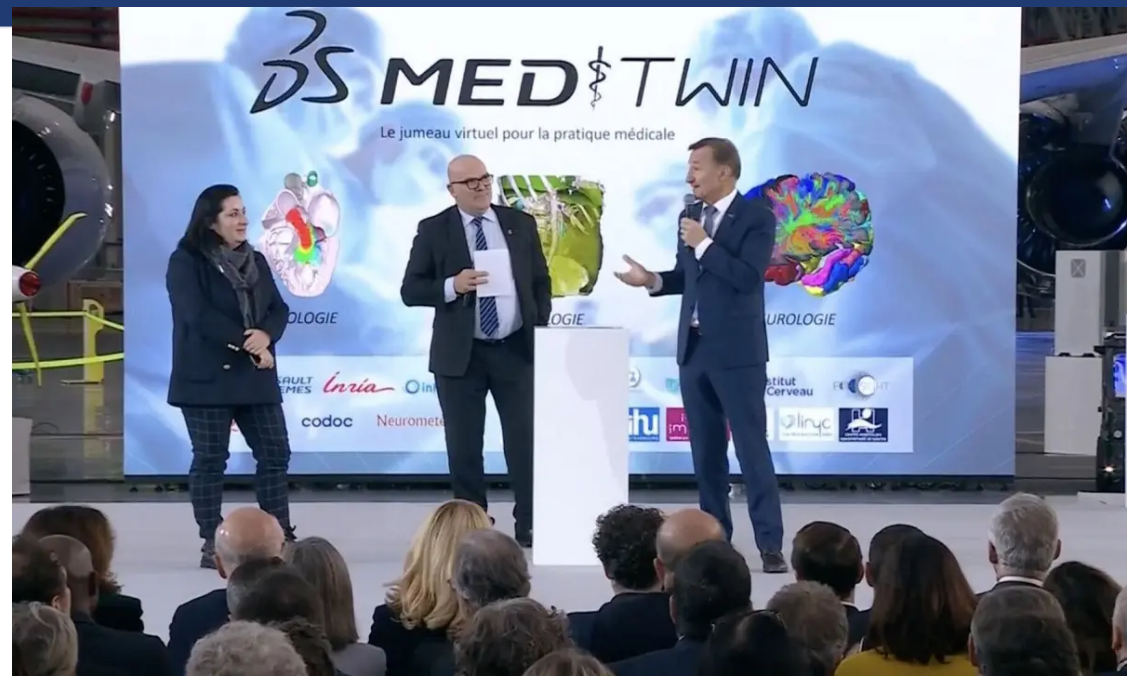
ELECTRA

4-5 DÉCEMBRE 2025

VILLA M. - MARSEILLE I FRANCE

19èmes journées françaises pratiques de rythmologie & de stimulation cardiaque

WWW.CONGRES-ELECTRA.COM



MEDTWIN

Inria

DASSAULT SYSTEMES

liryc
L'INSTITUT DE RYTHMOLOGIE ET MODÉLISATION CARDIAQUE

Conclusion

- **Outil de modélisation, analyse, simulation, prédiction**
- **A l'échelle de la cellule, de l'organe, de l'humain, de la population**
- **Complexité de mise en œuvre à l'échelle individuelle**
- **Applications et perspectives infinies: médecine personnalisée, prédictive, enseignement…**

Centre Hospitalier du Pays d'Aix

Jérémie BARRAUD

Aix-en-Provence

Cercle Cardio-IA
Société Française de Cardiologie