

# Un robot au bloc opératoire: pourquoi faire?

Jocelyne Troccaz, DR CNRS

Laboratoire TIMC-IMAG

[jocelyne.troccaz@univ-grenoble-alpes.fr](mailto:jocelyne.troccaz@univ-grenoble-alpes.fr)



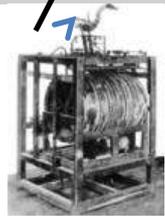
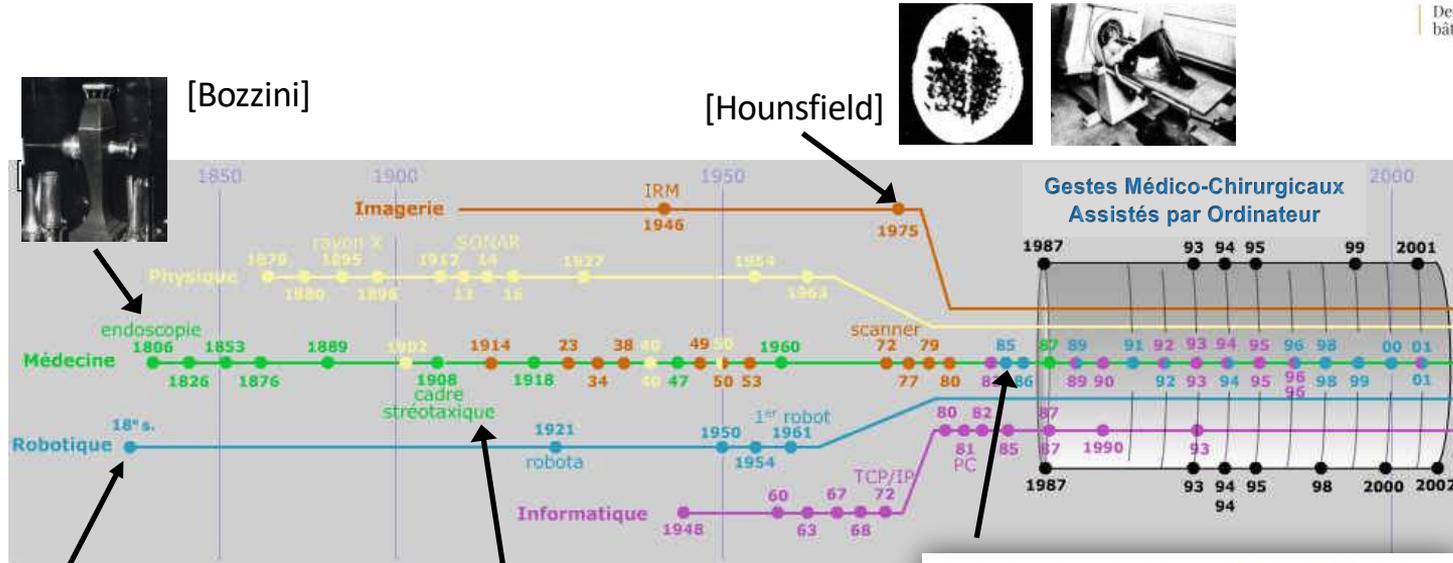
Depuis 80 ans, nos connaissances  
bâtissent de nouveaux mondes



# Mise en perspective historique

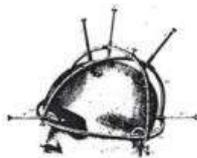


Depuis 80 ans, nos connaissances bâtissent de nouveaux mondes



Vaucanson 1744

Zernov 1890



[Leksell]



## A ROBOT ARM ASSISTS IN 3 BRAIN OPERATIONS

By SANDRA BLAKE-SOLEE, Special to The New York Times  
Published: June 25, 1995

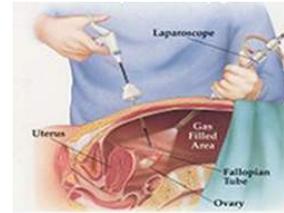
**LONG BEACH, Calif., June 24**—For the first time in medical history, doctors have used a computerized robotic arm to help with actual surgery on the human brain, researchers said today.

In three experimental operations on patients in the past two months, the robot device calculated the angles and held and directed a surgical drill and biopsy needle while the doctors applied the pressure on the instruments to penetrate the skull and brain, the doctors said.

"The robotic arm is safer, faster and far less invasive than current surgical procedures," said the device's inventor, Dr. Yik San Kwoh.

# Contexte clinique

- Des gestes diagnostiques ou thérapeutiques mini-invasifs
  - Moins de : perception, dextérité
  - Des outils plus complexes
  - Des cibles plus petites
- Besoins
  - Plus de : efficacité, sécurité, etc.
  - Moins de : complications, douleurs, temps, argent, etc.
  - Formation, évaluation et certification
- De plus en plus d'information multimodale
- Assurance qualité, questions réglementaires et légales
- Des équipes soignantes multidisciplinaires



Depuis 80 ans, nos connaissances  
bâtissent de nouveaux mondes



# Objectifs cliniques des GMCAO\*



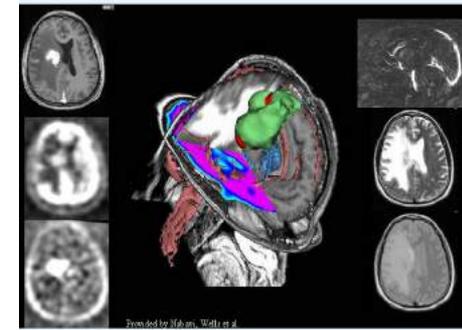
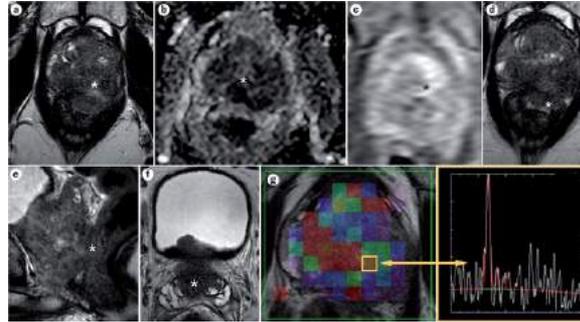
Depuis 80 ans, nos connaissances  
bâtissent de nouveaux mondes

- Aider le médecin à utiliser quantitativement des **informations multimodales et des modèles** pour la planification et la réalisation de **gestes diagnostiques ou thérapeutiques efficaces et sûrs**
- Aider à l'apprentissage et à l'évaluation des techniques médico-chirurgicales

\*GMCAO = Gestes Médico-Chirurgicaux Assistés par Ordinateur

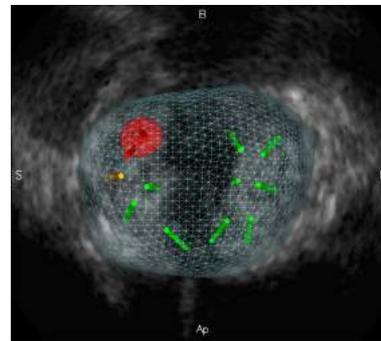
# Besoin de fusion d'information quantitative

- Pour le diagnostic
- Pour planifier le geste
- Pour le réaliser
- Pour l'évaluer
- Pour le suivi

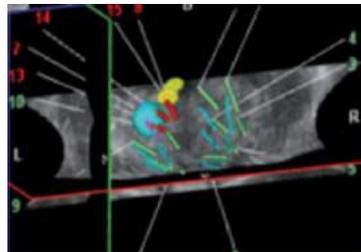


Wells et al.

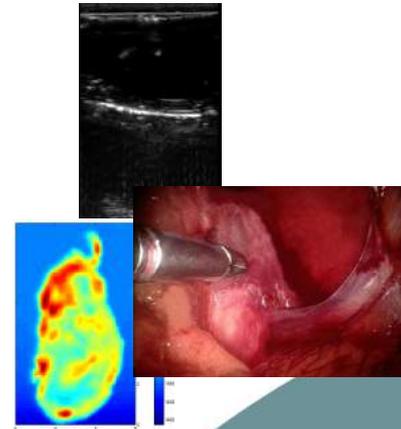
Choyke et al.



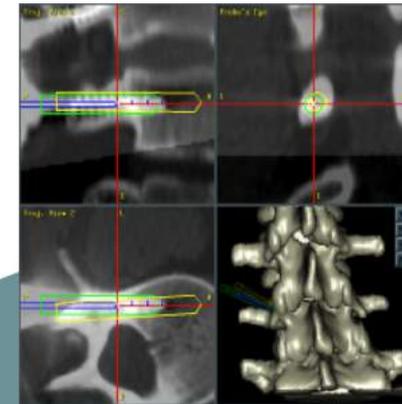
Koelis



Voros et al.



Merloz et al.



# Qu'est-ce qu'un robot médical?

---



Depuis 80 ans, nos connaissances  
bâtissent de nouveaux mondes

- Une machine avec
  - Des **actionneurs** et des **effecteurs**
  - Des **capteurs** internes et externes
  - Des **moyens de calcul**
- Connectée à des **données**
- Pour une application médicale
  - En interaction avec une **équipe clinique**
    - Ses connaissances
    - Sa pratique
  - Pour un **patient** avec son cas **spécifique**

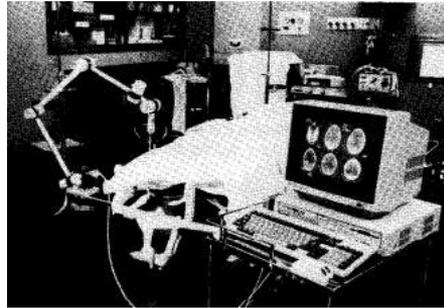
# Les premiers pas



Depuis 80 ans, nos connaissances  
bâtissent de nouveaux mondes

- Neurochirurgie stéréotaxique: atteindre précisément des cibles à partir d'une imagerie 3D

[Watanabe et al. 87]



Dans le scanner

[Kwoh et al.88]

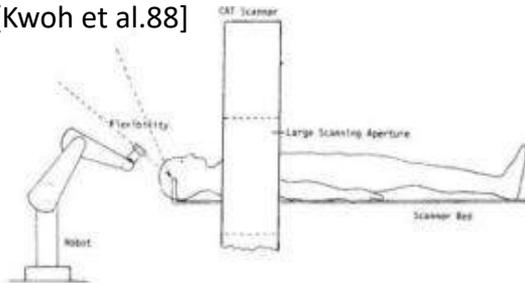


Fig. 1. Overall organization of surgical field.

passif

Au bloc opératoire



[Lavallée et al. 89]

- Orthopédie (implants): usinage des surfaces prothétiques



Robodoc [Taylor et al, 1994]

semi-actifs

actif

# Un robot : pour quoi faire?

Le robot est une interface entre le monde numérique et le monde réel utile pour:

- Des tâches à géométrie complexe
- Déplacer des instruments ou capteurs lourds
- Fournir une 3<sup>ème</sup> main
- Contraindre les mouvements de l'outil chirurgical
- Réaliser une action distante
- Améliorer la qualité du geste (forces petites, grande précision, filtrage mouvements)
- Suivre une cible mobile
- Réaliser une action intracorporelle

Dario et al.  
SSSA



Nelson et al., ETHZ



Zeego, Siemens



Depuis 80 ans, nos connaissances  
bâtissent de nouveaux mondes



Viky, TIMC,  
Endocontrol



Apollo, ISIR,  
Koelis



Cyberknife, Accuray

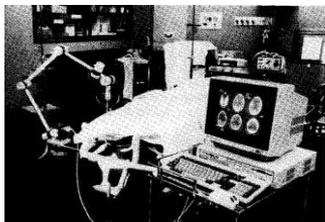
# Quelle autonomie pour les robots?



Depuis 80 ans, nos connaissances bâtissent de nouveaux mondes

Yang et al. 2017

## Navigation



## Comanipulation



Télé-opération

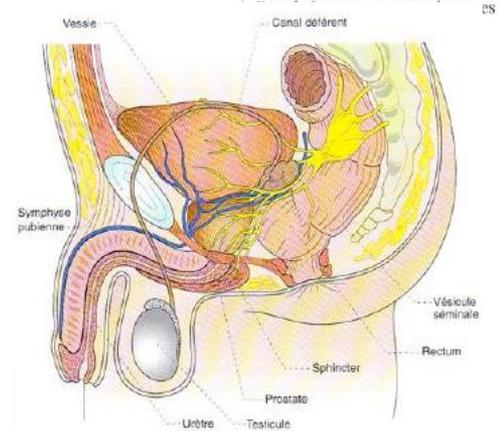


Asservissement sur données externes

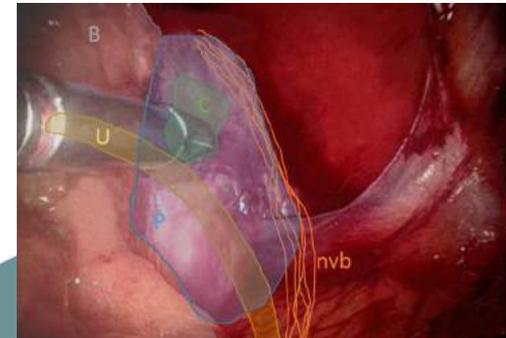
# Modélisation et monitoring du geste



- Domaine très actif depuis une décennie (spécialement pour « vidéo-chirurgie »)
- Motivations:
  - Formation (initiale/continue, nouveau DM) et évaluation
  - Détection/prévention d'événements indésirables
  - Interface utilisateur contexte-dépendante
  - Optimisation des flux (équipements, personnels, patients)
  - Génération automatique de compte-rendus opératoires
  - Indexation video.



Exemple: la prostate

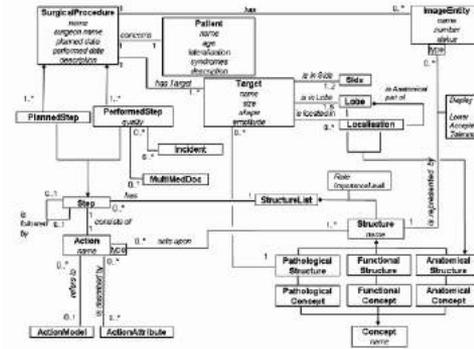


# Représenter un processus chirurgical



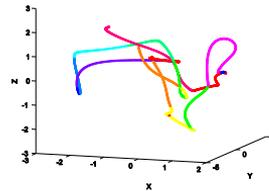
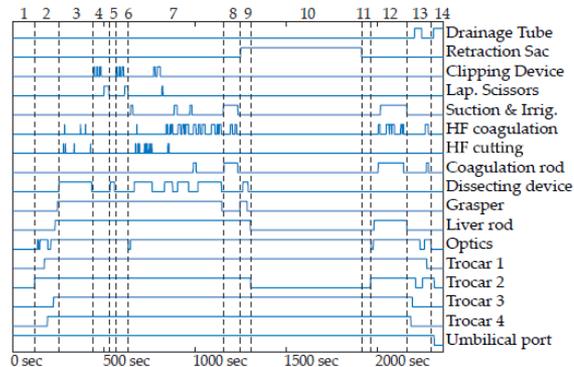
Depuis 80 ans, nos connaissances bâtissent de nouveaux mondes

- Ontologies
- Représentations hiérarchiques
- Processus stochastiques
- Signaux (présence des outils et/ou trajectoires)
- Images/vidéos



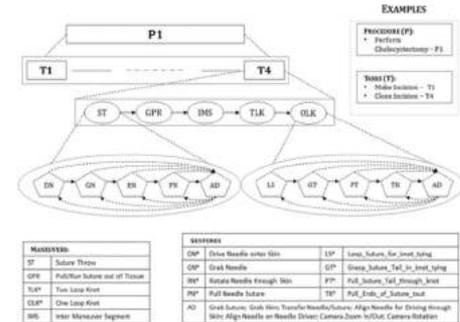
[Jannin2007]

[Padoy2009]



[Despinoy2015]

[Vedula2016]



[Twinanda2017]

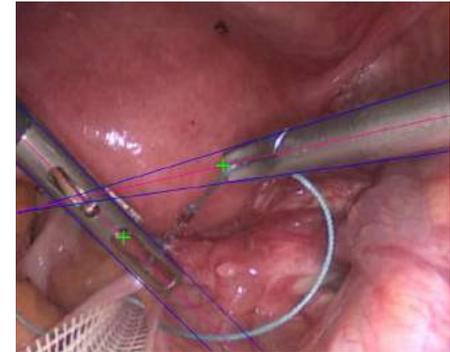


# Le reconnaître (en ligne/hors ligne)



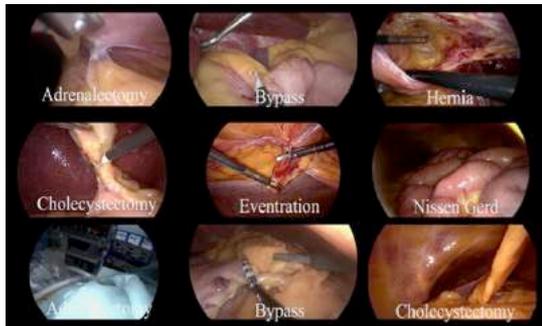
Depuis 80 ans, nos connaissances  
bâtissent de nouveaux mondes

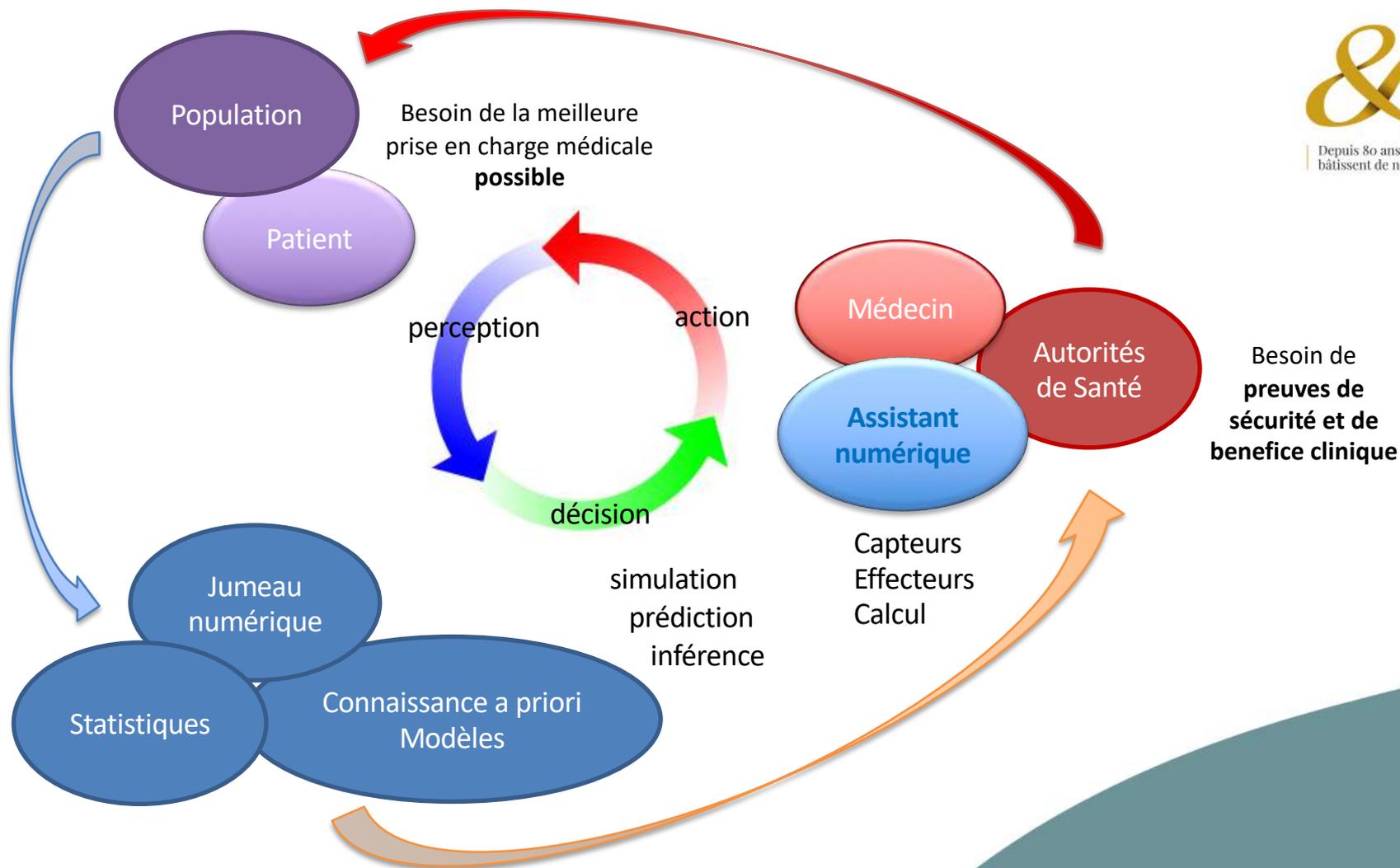
- Par détection (et/ou localisation) des objets d'intérêt (outils, organes, opérateurs) dans les images
- Par détection d'indices visuels
  - déterminés « à la main »
  - appris automatiquement



[Voros et al., TIMC]

[Padoy et al., ICube]





# Où en sommes-nous?

---



Depuis 80 ans, nos connaissances  
bâtissent de nouveaux mondes

- Plusieurs générations de systèmes en routine clinique et des changements de pratiques
- Les difficultés de la validation clinique et du transfert industriel
- Les défis :
  - De l'autonomie décisionnelle des systèmes d'assistance
  - De l'interaction avec les utilisateurs
  - De l'intégration avec le biologique

# Quelle vision de la robotique médicale pour demain?



Depuis 80 ans, nos connaissances  
bâtissent de nouveaux mondes



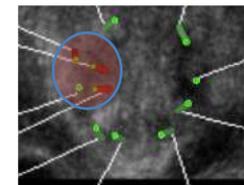
Image protégée  
Robot chirurgien futuriste

Image protégée  
Mini-robots pour transport de globules rouges

# Pour conclure



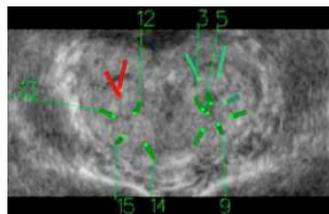
Depuis 80 ans, nos connaissances  
bâtissent de nouveaux mondes



Sciences et pratiques  
médicales



Sciences et technologies  
de l'information



# Remerciements



Depuis 80 ans, nos connaissances  
bâtissent de nouveaux mondes

- Collègues de TIMC-IMAG, labex CAMI et autres collaborateurs
- Equipes cliniques (CHU Grenoble Alpes, APHP - La Pitié Salpêtrière)
- Patients
- Partenaires industriels
- CNRS, ANR, ANRT, associations et fondations, Cancéropoles, INSERM, INCA, Univ. Grenoble Alpes, Ministères (santé, recherche, industrie), Région Auvergne Rhône-Alpes, La Métro, Europe et autres financeurs

