

Un robot au bloc opératoire: pourquoi faire?

Jocelyne Troccaz, DR CNRS

Laboratoire TIMC-IMAG

jocelyne.troccaz@univ-grenoble-alpes.fr



Depuis 80 ans, nos connaissances
bâtissent de nouveaux mondes



Mise en perspective historique



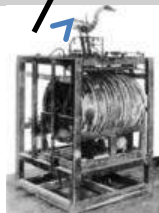
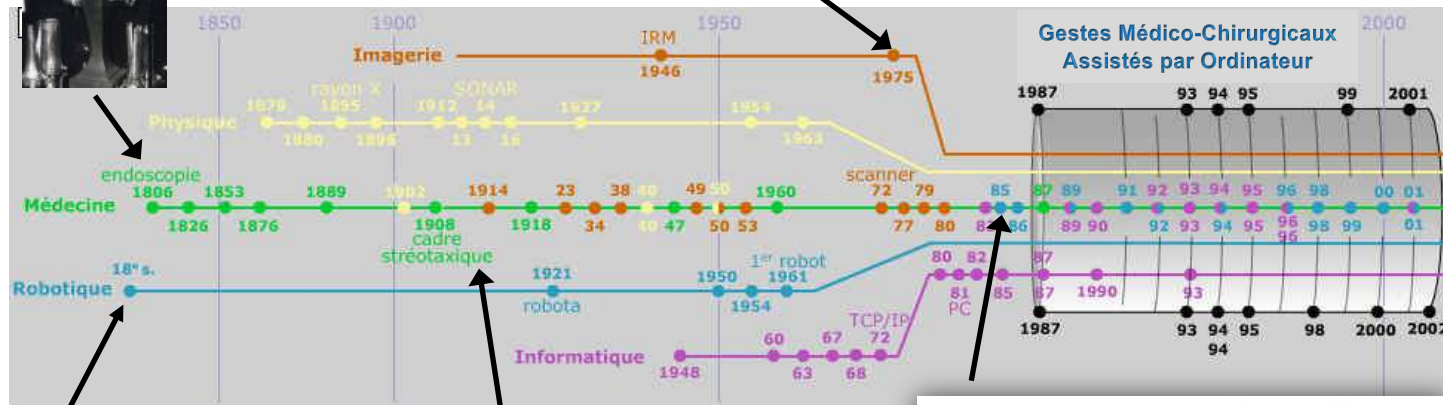
Depuis 80 ans, nos connaissances
bâtissent de nouveaux mondes



[Bozzini]

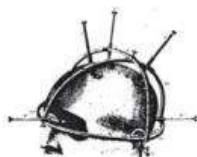


[Hounsfield]



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, 1987

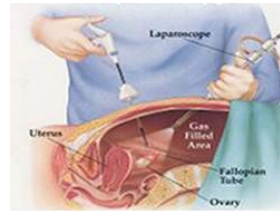
LONG BEACH, Calif., June 24—For the first time in medical history, doctors have used a computerized robotic arm to help with actual surgery on the human brain, researchers said today.

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 Kwok.

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

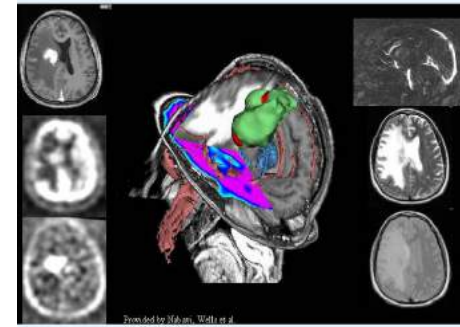
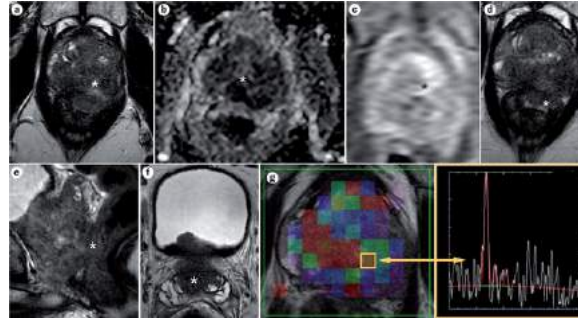


Objectifs cliniques des GMCAO*

- 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 surs**
- Aider à l'apprentissage et à l'évaluation des techniques médico-chirurgicales

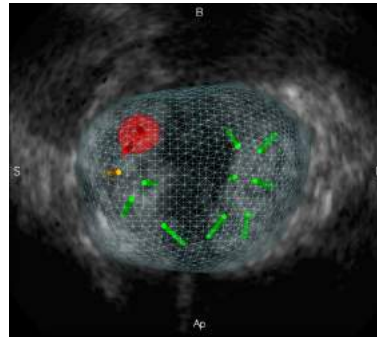
Besoin de fusion d'information quantitative

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

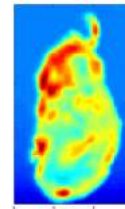
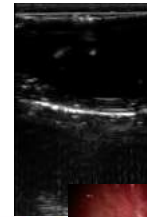


Wells et al.

Choyke et al.



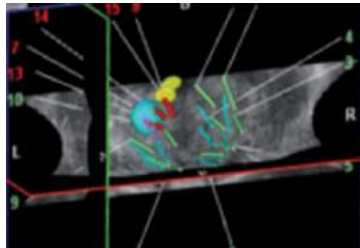
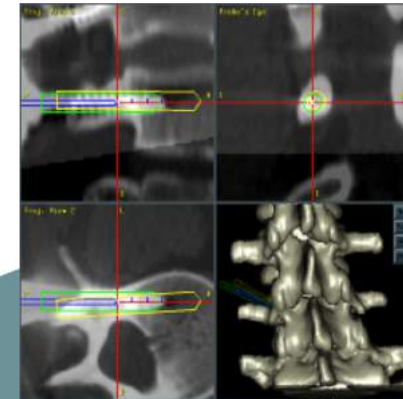
Koelis



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]

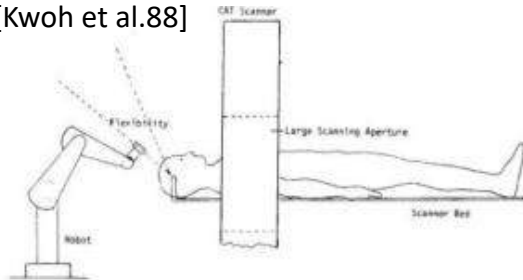
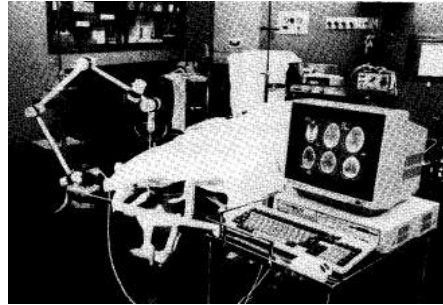


Fig. 1. Overall organization of surgical field.

semi-actifs



[Lavallée et al. 89]



Au bloc opératoire



passif

- Orthopédie (implants): usinage des surfaces prothétiques



Robodoc [Taylor et al, 1994]

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^{ème} 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

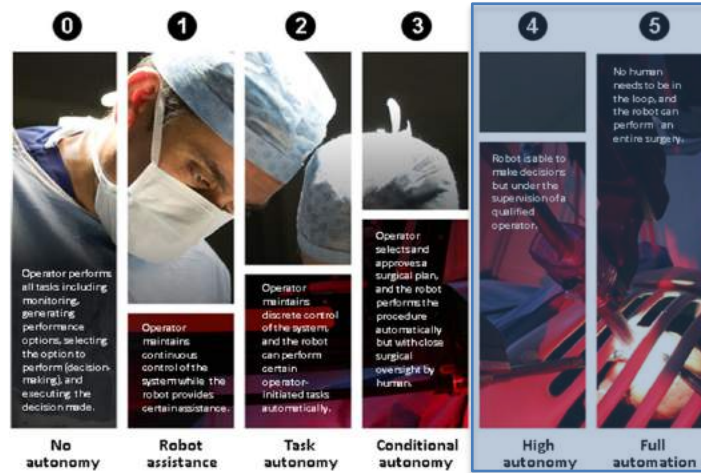
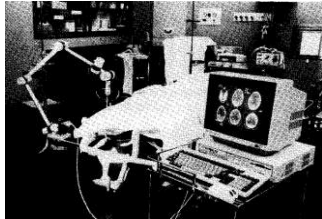
Quelle autonomie pour les robots?



Depuis 80 ans, nos connaissances
bâtissent de nouveaux mondes

Yang et al.
2017

Navigation



Comanipulation



Télé-opération

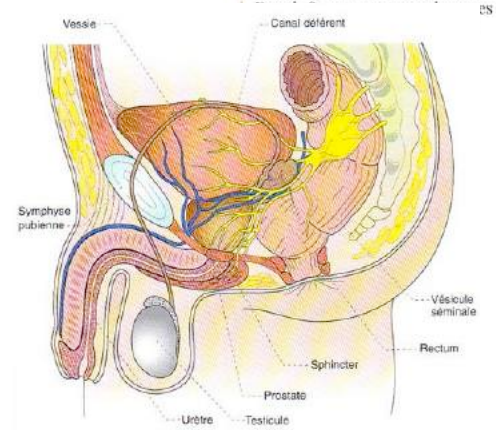


Asservissement
sur données externes

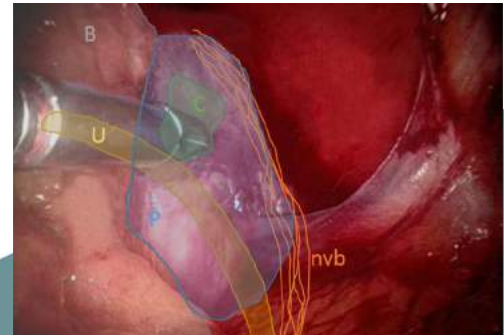
Modélisation et monitoring du geste



- 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

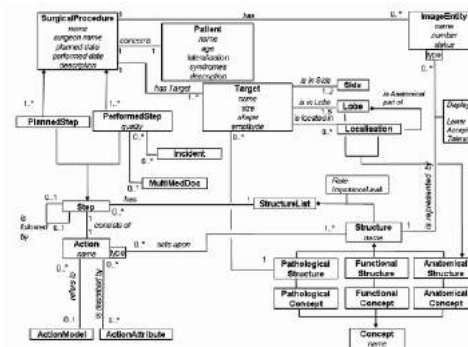


Représenter un processus chirurgical



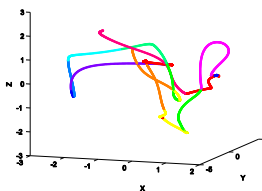
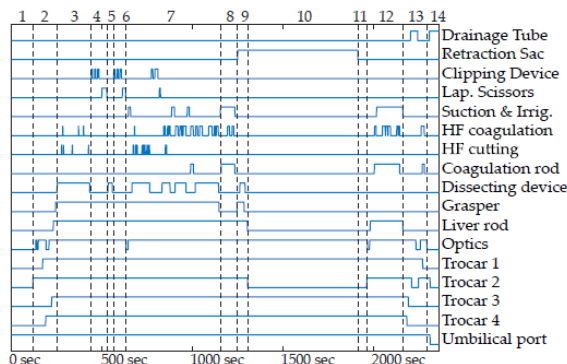
Depuis 80 ans, nos connaissances
bâtissent de nouveaux mondes

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



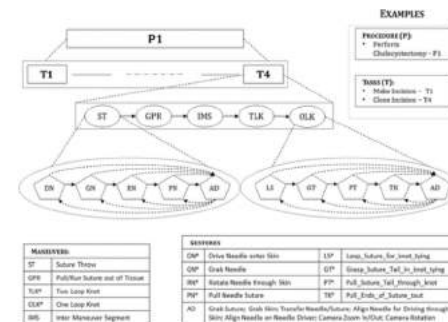
[Jannin2007]

[Padoy2009]



[Despinoy2015]

[Vedula2016]



[Twinanda2017]



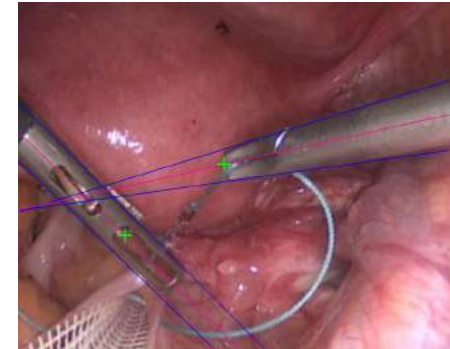
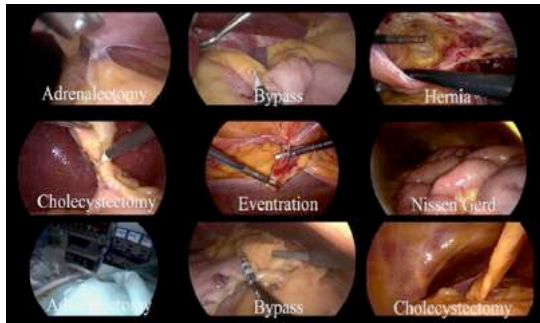
Le reconnaître (en ligne/hors ligne)



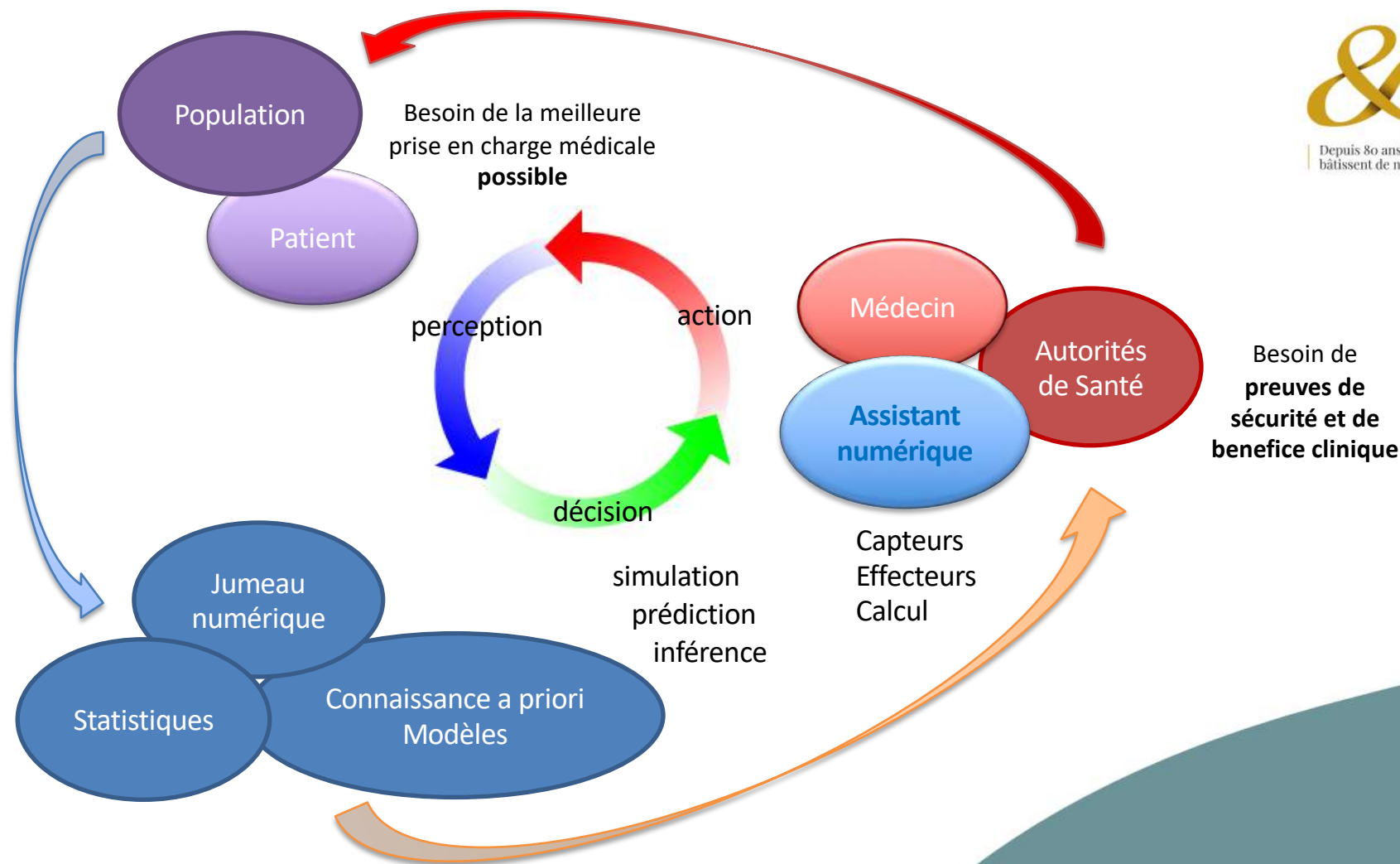
Depuis 80 ans, nos connaissances
bâtissent de nouveaux mondes

- 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

[Padoy et al., ICube]



[Voros et al., TIMC]



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

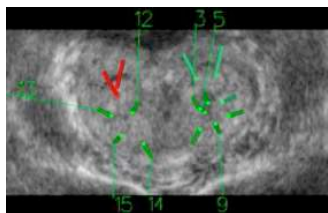
Pour conclure



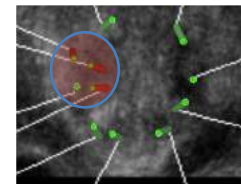
Depuis 80 ans, nos connaissances
bâtissent de nouveaux mondes



Sciences et technologies
de l'information



Sciences et pratiques
médicales



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, Cancéroscopes, INSERM, INCA, Univ. Grenoble Alpes, Ministères (santé, recherche, industrie), Région Auvergne Rhône-Alpes, La Métro, Europe et autres financeurs

