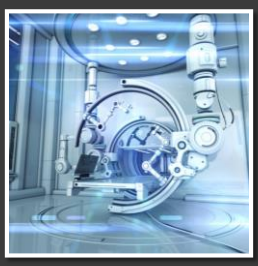


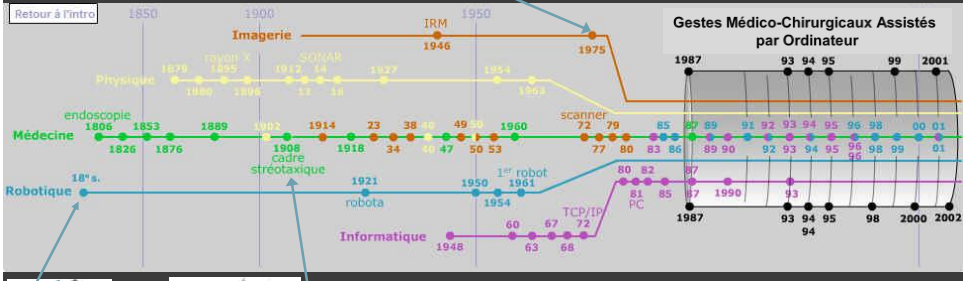
# LE POINT SUR LES ROBOTS MÉDICO-CHIRURGICAUX

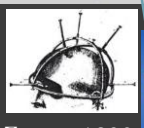
Jocelyne Troccaz, Directrice de Recherche, CNRS
Laboratoire TIMC-IMAG, Grenoble
http://www-timc.imag.fr/Jocelyne.Troccaz

Colloque Médical du Jeudi, CHU Grenoble Alpes – 21/12/2017

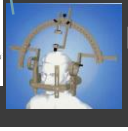
# ÉMERGENCE DE LA « CHIRURGIE ROBOTISÉE »

[Hounsfield]





Zernov1890

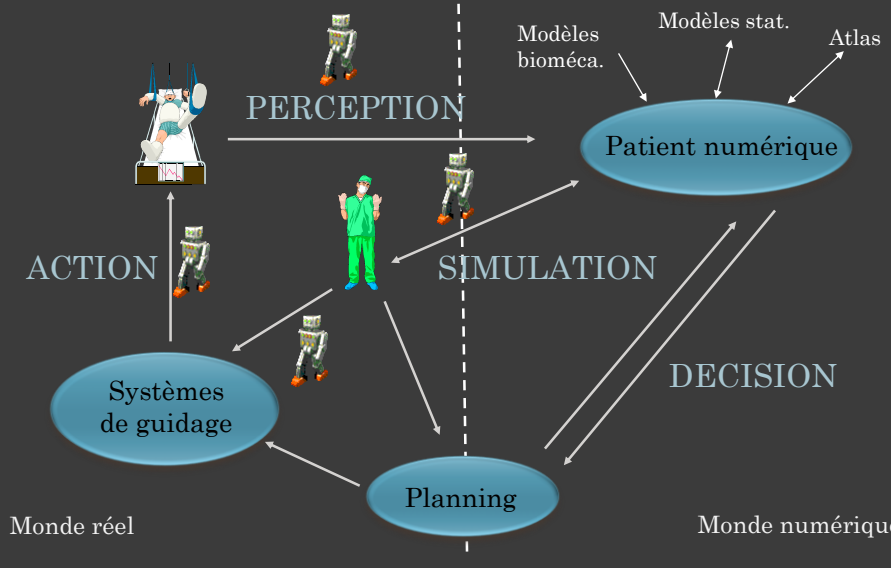


[Leksell]

# GESTE MÉDICO-CHIRURGICAL ASSISTÉ PAR ORDINATEUR (GMCAO)

- Domaine créé dans les années 80
- A Grenoble, démarrage vers 1985 sous l'impulsion de P.Cinquin
- Finalités cliniques:
  - Assister le clinicien 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

# INSCRIPTION DU ROBOT DANS SON CONTEXTE



# UNE TAXONOMIE DES SYSTÈMES DE GUIDAGE

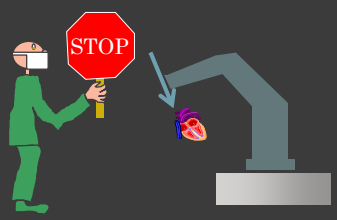
- Systèmes passifs: donnent une information sur geste en cours relativement à un planning
  - Navigation chirurgicale

[Watanabe87]

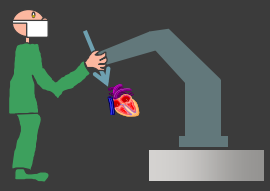
Imactis, CHU Grenoble

- Systèmes actifs: réalisent une partie de l'action
- Systèmes interactifs (guides mécaniques)
  - Systèmes semi-actifs
  - Co-manipulation
- Télé-opération

# DIVERS TYPES D'INTERACTION H/R




Actif



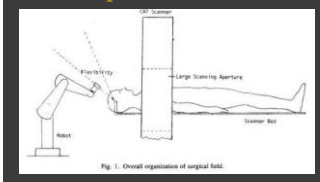
Co-manipulé

Télé-opéré

# LES PREMIERS PAS

- La neurochirurgie stéréotaxique:
  - Approche « métrologique » de localisation des cibles
  - Déjà fortement utilisatrice de l'imagerie 3D

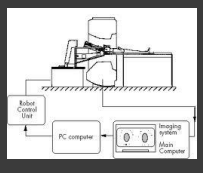
1er patient: 1985




[Kwoh et al, IEEE TBME1988] 22 patients environ

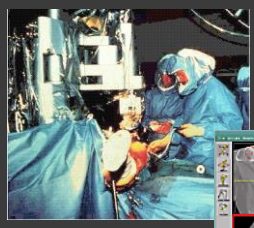
[Lavallée, Cinquin, Benabid 1989] - Neuromate Milliers de patients

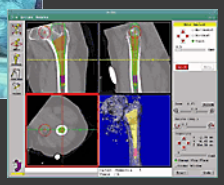
[Glauser et al, EPFL1993] <10 patients




# LES APPLICATIONS À L'ORTHOPÉDIE

- Encore une vision de la robotique « manufacturière »
- Préparation de surfaces osseuses pour la mise en place de prothèses
- Un système pionnier : ROBODOC (IBM [Taylor et al.] puis ISS)
- 1er patient en 1992 puis des milliers de procédures





## UN ROBOT: POUR QUOI FAIRE?

- Le robot comme interface entre le monde numérique et le monde réel
- Pour:
  1. Réaliser des tâches géométriquement complexes
  2. Porter et déplacer des dispositifs lourds (microscope opératoire, appareil de traitement en radiothérapie)
  3. Fournir une troisième main
  4. Permettre une action à distance
  5. Accroitre la précision du geste (amplitude, force, filtrage des mouvements parasites)
  6. Permettre un suivi automatisé d'une cible mobile
  7. Permettre des déplacements et des actions intracorporels

## EVOLUTION DU PAYSAGE CLINIQUE

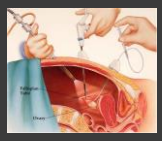
- Des structures rigides… (1985-1995)
  - Neurochirurgie stéréotaxique, Orthopédie-traumatologie, ORL, Chirurgie orthognatique, Implantologie dentaire
  - Cibles rigides et ± mobiles
  - Planification « pérenne »
  - Suivi aisé

… aux tissus mous (1990- …)

- Radiothérapie, Chirurgie maxillo-faciale, Chir. Cardio-vasculaire, Chir. digestive, Urologie, etc.
- Cibles mobiles et déformables
- Planification devient « caduque »
- Besoin de modélisation, de re-planification
- Suivi complexe, synchronisation

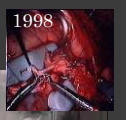
# DU « DUR AU MOU »

- Besoin d'une assistance pour la chirurgie laparoscopique
  - Perte de dextérité
  - Perte de perception
- Difficulté de l'automatisation à cause de structures mobiles et déformables
- Une approche de télé-opération
  - Porte-endoscope (AESOP, Computer Motion Inc.) 1994
  - Porte-instrument (ZEUS, CMInc, DaVinci Intuitive Surgical Inc.)



≈1000

AESOP



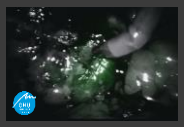
1998

ZEUS
Computer Motion Inc.

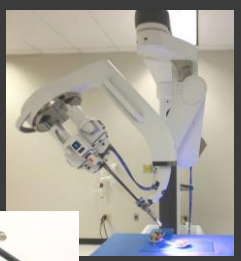
# LE DAVINCI

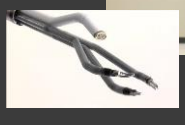
*Intuitive Surgical Inc.*

- Robot maitre-esclave
- Stéréo-endoscopie (HD)
- « Endowrist »



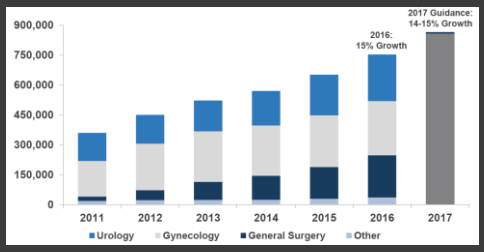
DaVinci SP



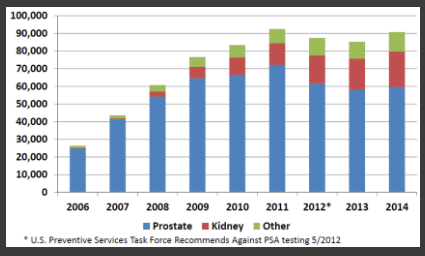


# QUELQUES NOMBRES

- 4149 *Da Vinci*® installés au 30/06/2017 (USA=2703, Europe = 698, Asie=538, « Reste du monde »=210)




Nb de procédures (2017)



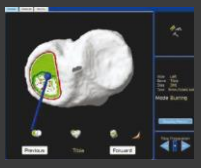

Nb de proc. urologie (2015)

- Revenus 2016 :
  - Vente de systèmes = 792 M$,
  - Service = 517 M$,
  - Instruments et accessoires = 1396 M$

Source: Intuitive Surgical, Investor information

# NOUVEAUX MODES DE CONTRÔLE

- Co-manipulation: tirer meilleur parti des complémentarités homme-robot
  - Ex: Acrobot, RIO (Mako)
- Fort couplage avec l'imagerie: suivre en temps réel des cibles mobiles
  - Ex: Cyberknife
  - Robots couplés avec l'imagerie (US, endoscopie)



RIO

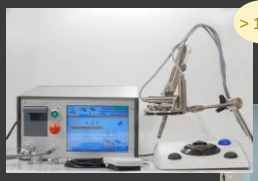
Cyberknife (RX, tracker)

Prosper (US3D)

# LA SEGMENTATION DU « MARCHÉ » AUJOURD'HUI

- Laparoscopie / Endoscopie
  - Porte-endoscopes
  - Porte-instruments
  - Endoscopes robotisés
  - Instruments robotisés
- Radiologie interventionnelle
  - Imagerie robotisée
  - Cathétérisme
  - Ponctions (CT/IRM/US)
- Tête
  - Neurochirurgie
  - ORL (oreille, larynx)
  - TMS
- Radiothérapie
  - Accélérateur linéaire robotisé
  - Table de traitement robotisée
- Orthopédie
  - Chirurgie prothétique
  - Visée pédiculaire

# DES PORTE-ENDOSCOPES « EN VEUX-TU, EN VOILÀ! »




Viky
Endocontrol-Medical

EndoAssist
Armstrong Healthcare

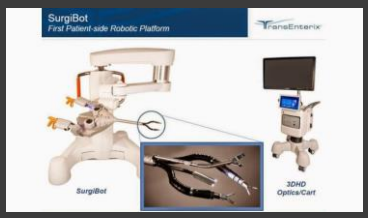
… et surement plusieurs autres

EMARO
Riverfield Inc.

MTG 100
HiWin

# LAPAROSCOPIE: EN EMERGENCE

SPORT System
TITAN Medical




Surgibot

TransEnterix

Senhance surgery

FlexRobotic Scope
MedRobotics

# LE RENOUVEAU DE L'ORTHOPEDIE
## après Robodoc et Caspar

Renaissance
Mazor

Semi-actif « léger »

IBlock
Omnis/Praxim

Sculptor
Stanmore/Acrobot

« Hands-on » / co-manipulation

Rio
Mako/Stryker

Instruments augmentés
Navio Surgical
Smith&Nephew/BlueBelt Tech.

[Lonner2016]

# L'IMAGERIE INTERVENTIONNELLE

> 770

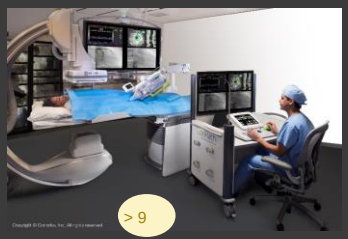
Artis, Zeego
Siemens

Magellan
Sensei Medical

> 38

Discovery
GE

> 100



> 9

CorPath GRX
Corindus Vasc. Rob.

MRI
compatible

Innomotion
Innomedic

CT
compatible

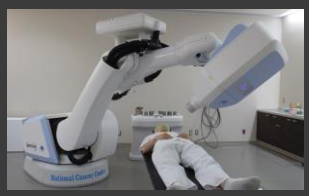
iSYS
iSYS Medizintechnik GmbH/Medtronic

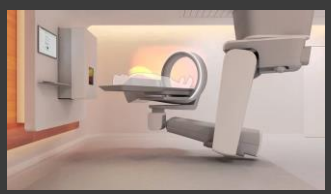
# RADIOTHÉRAPIE

> 311

Exacure
BEC – MedAustron, Autriche

Cyberknife
+ synchrony
Accuray





# DU CÔTÉ DE LA TÊTE

ROSA
MedTech/Zimmer Biomet

TMS
Axilum robotics

SYMBIS (brain biopsy)
Deerfield imaging

ROBOTOL (endo)
CollinMedical

pas encore
marquage CE/FDA

HEROE (cochlear implantation)
CAScination + MED EL

# QUELQUES NOMBRES (08/2017)

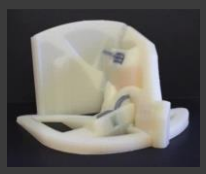
| Name | Clinical use | Nb of installed systems | Company |
|---|---|---|---|
| Neuromate | Neurosurgery (head) | 20 | Rheinshaw |
| AESOP - ZEUS | Endoscopic surgery | 1000 | Computer Motion |
| CASPAR | Orthopedics (hip, knee) | 50 | OrtoMaquet |
| Surgiscope | Microscope holder | 15 | Isis |
| Hansen - Magellan | Interv. radiology (catheter) | 38 | Sensei Medical |
| DaVinci | Endoscopic surgery | 4149 | Intuitive Surgical |
| Cyberknife | Radiation therapy | 311 | Accuray |
| Renaissance | Orthopedic surgery (spine) | 150 | Mazor |
| Rio | Orthopedic surgery (hip, knee) | 300 | Stryker |
| Rosa | Neurosurgery (head, spine) | 60 | MedTech |
| Robodoc | Orthopedic surgery (hip, knee) | 50 | Think Surgical |
| Viky | Endoscope holder | 150 | Endocontrol Medical |
| Artis Zeego | Interv. Radiology (rob. sensor) | 770 | Siemens |
| Discovery | Interv. Radiology (rob. sensor) | 100 | GE |
| IBlock | Orthopedic surgery (knee) | 60 | Omnis |

Beaucoup de produits émergents
Mais nombre total probablement < 10.000.
In 2016, nb total de robots industriels en service estimé à 1.800.000

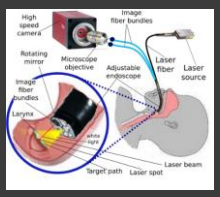
# A VENIR DU CÔTÉ DES INNOVATIONS TECHNOLOGIQUES

- Impression 3D

ICube



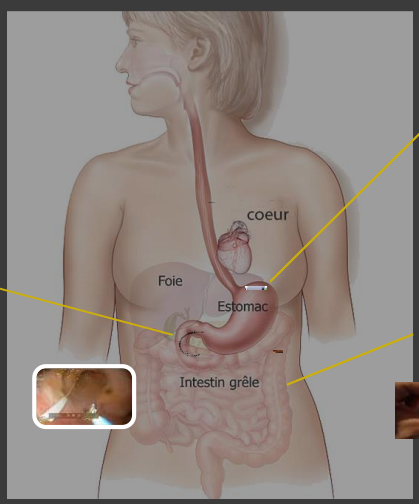
- Intégration MEMS



FEMTO-ST

# … SYSTÈMES IMPLANTABLES

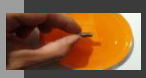
Sentinelle pour modulation du microbiote intestinal




Sentinelle Cardio-Respiratoire implantée dans l'estomac

(Insuffisance Cardiaque, Fibrillation Auriculaire, BPCO, Apnée du Sommeil, ….)

Sentinelle de recueil du microbiote



Encapsulation avec libération différée

SentinHealth

# MERCI DE VOTRE ATTENTION!