

Corso di Bioingegneria Informatica e Elettronica: Biomeccatronica

Ing. Carlo Cosentino

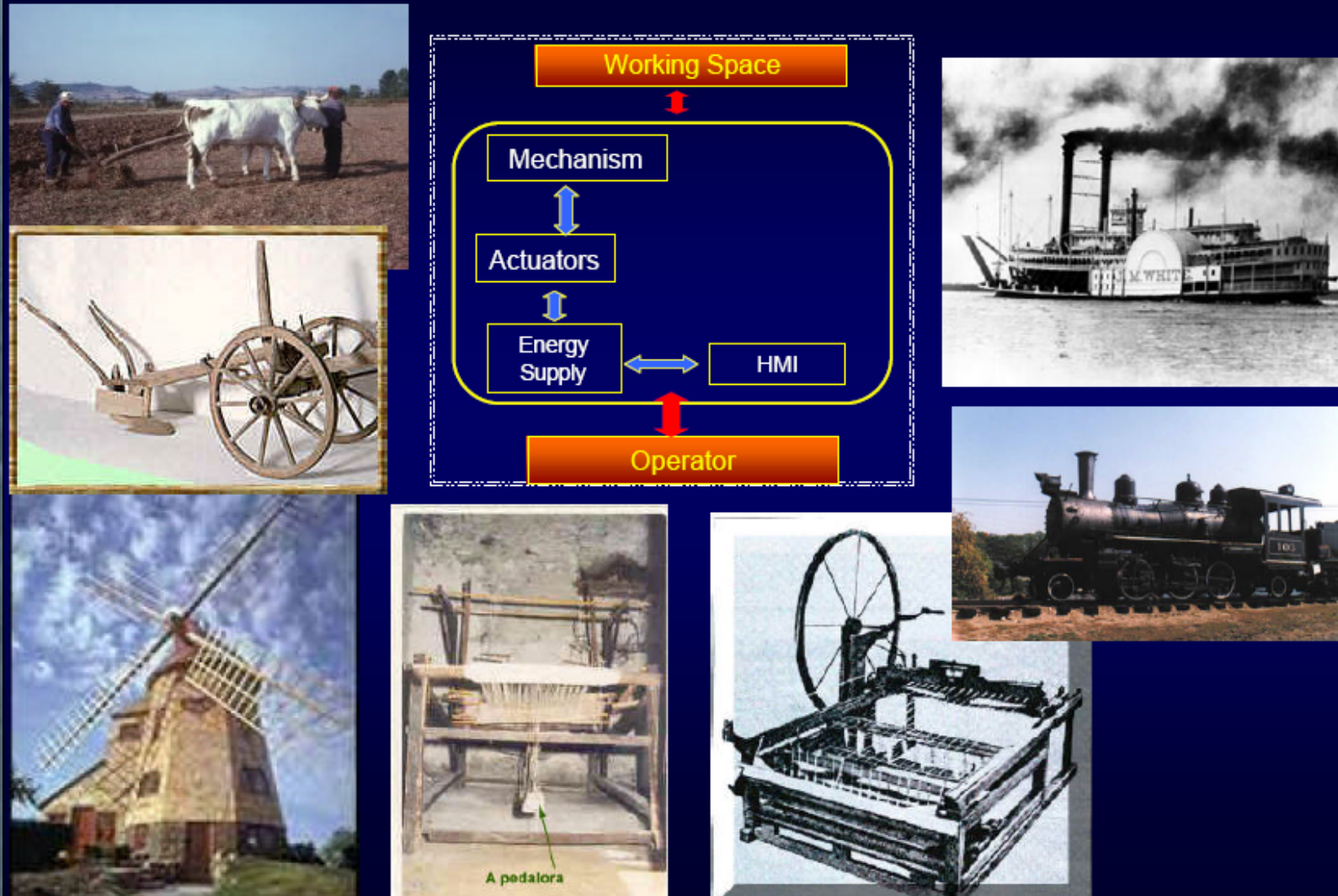
Laboratorio di Biomeccatronica

Università degli Studi Magna Græcia di Catanzaro

carlo.cosentino@unicz.it

<http://wpage.unina.it/carcosen>

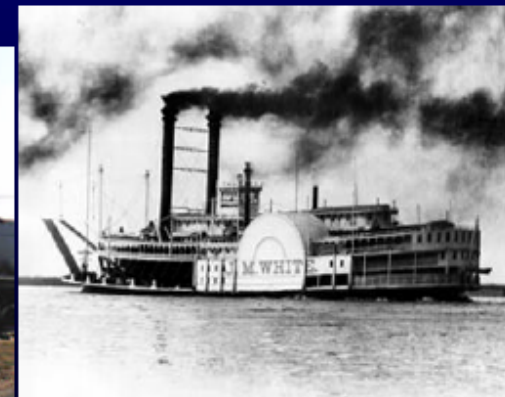
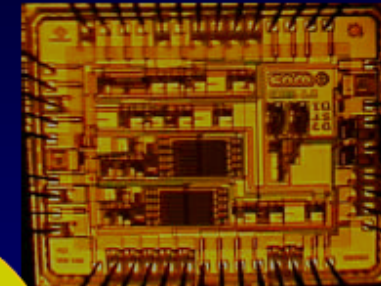
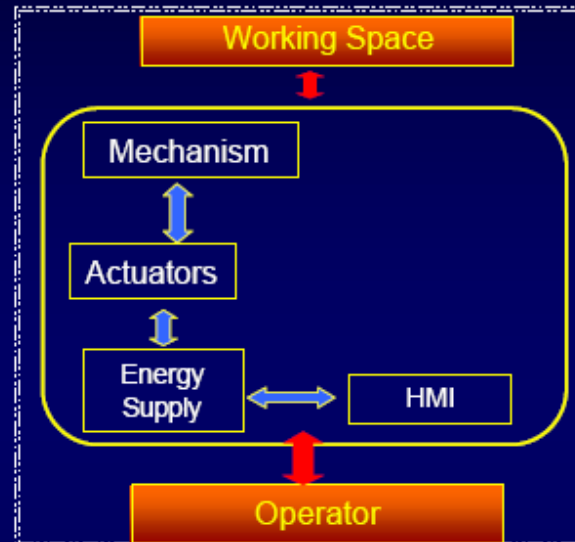
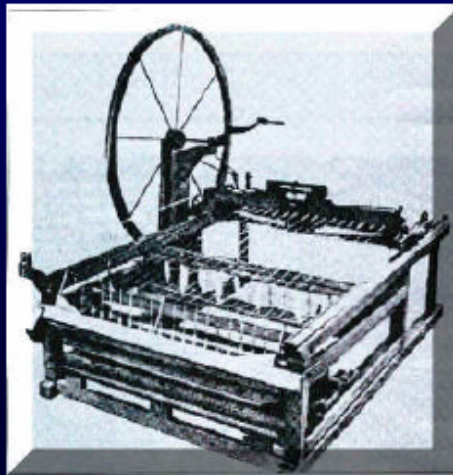
Traditional (pre-mechatronic) machines



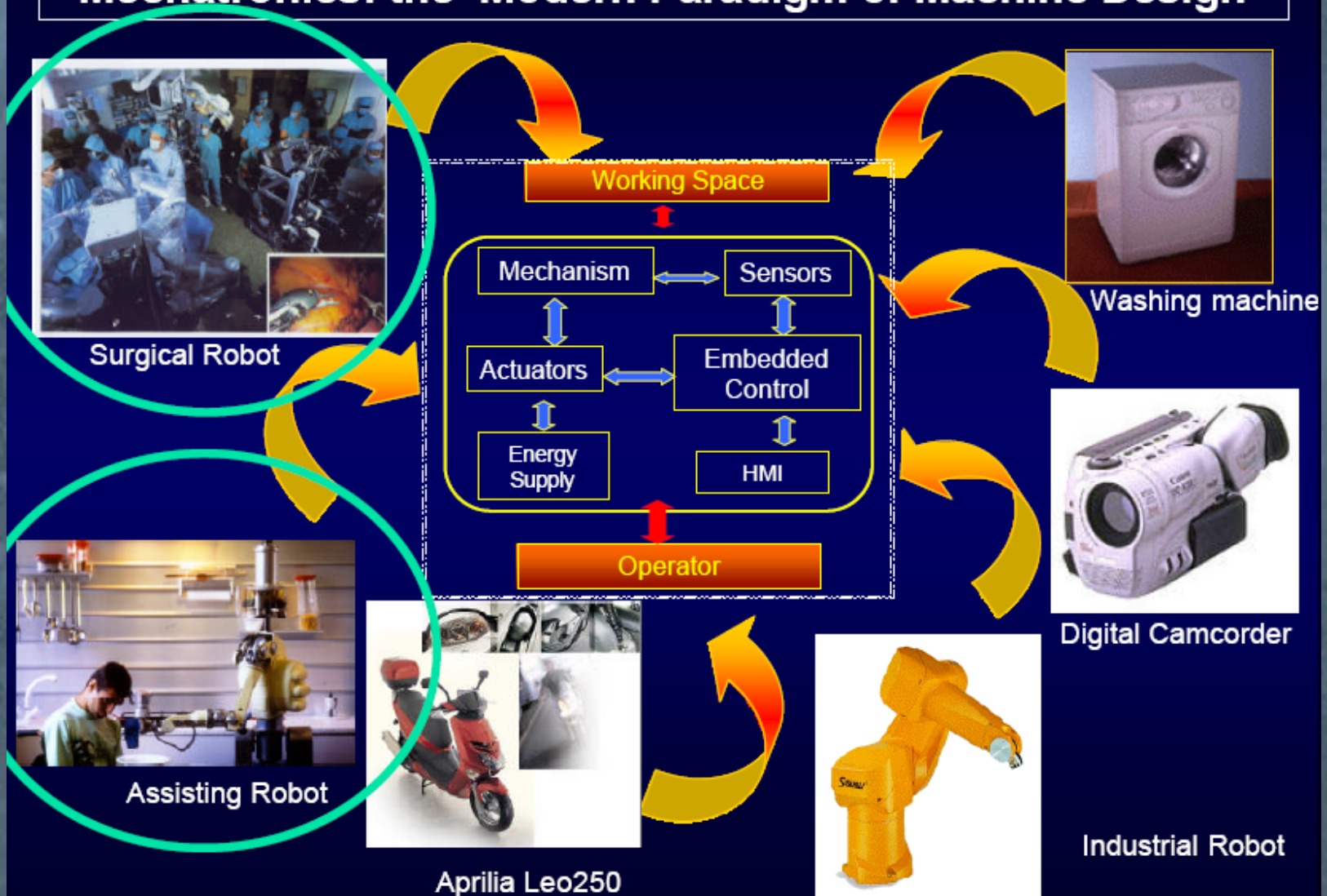
Meccatronica

MECCATRONICA

The advent of microelectronics: a real change of paradigm, also in machine design



Mechatronics: the Modern Paradigm of Machine Design



Evoluzione Storica



Pompei,
I secolo D.C.

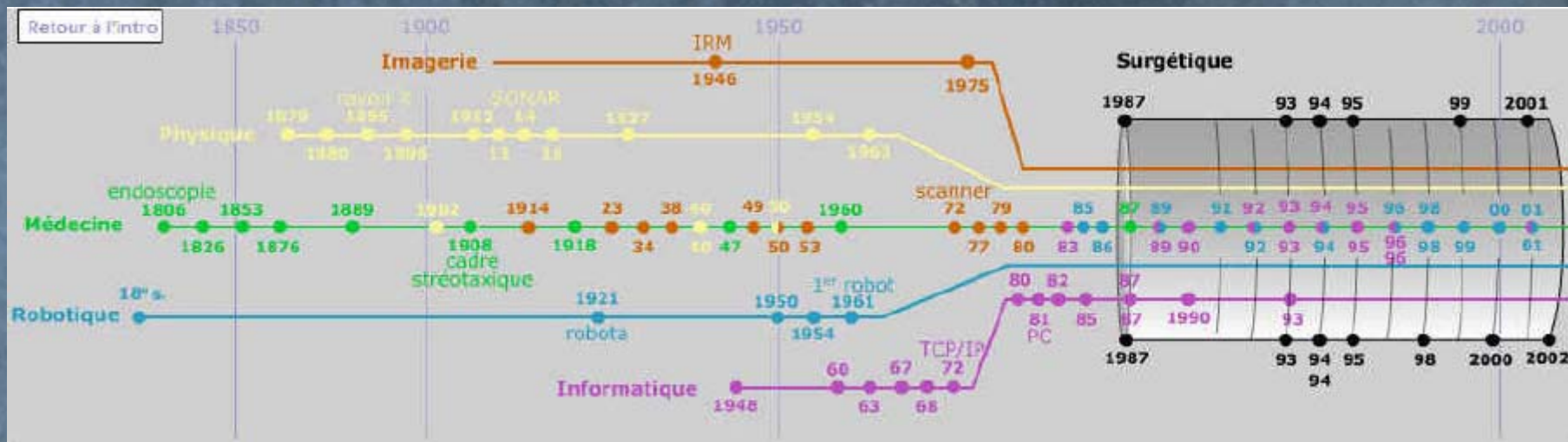


XIII secolo



XXI secolo

Evoluzione Storica



Problematiche Cliniche

- Maggiore
 - Efficacia (sia diagnostica che terapeutica)
 - Sicurezza (paziente e operatore)
- Minore
 - Invasività
 - Disagio
 - Costo

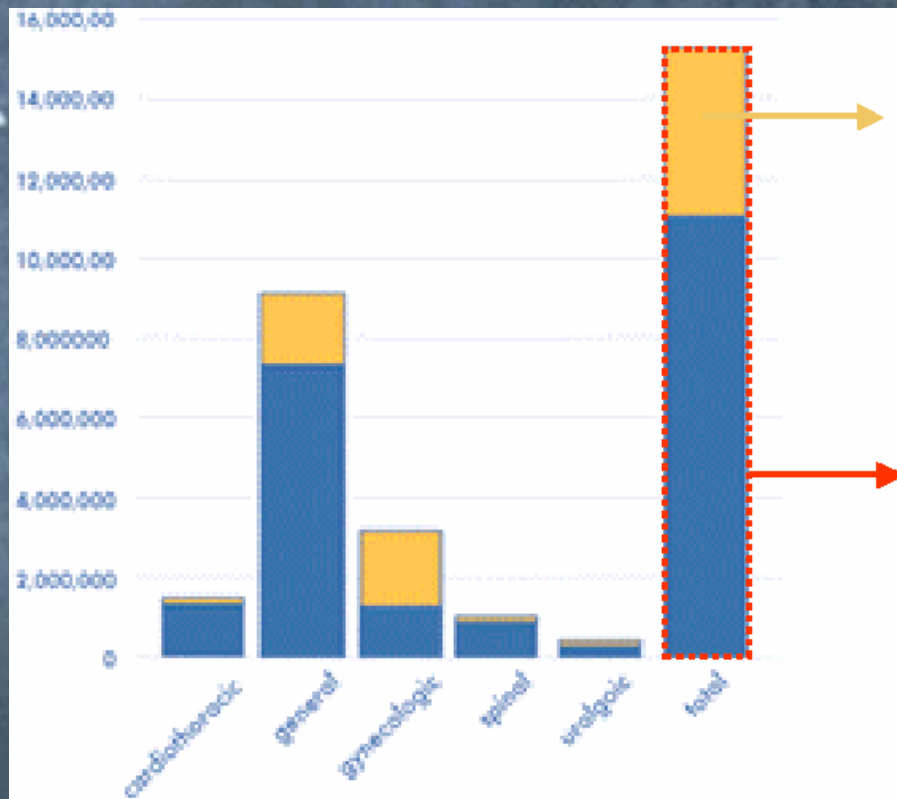
Problematiche Tecniche

- L'affermarsi delle tecniche mini-invasive per un numero di procedure sempre crescente rende necessario
 - **Maggiore percezione** degli organi su cui il chirurgo opera
 - **Maggiore destrezza** per manovrare gli strumenti all'interno del paziente
 - **Maggiore precisione** per operare su parti di dimensioni ridotte
 - Capacità di **gestire** un numero sempre crescente di **informazioni** eterogenee
 - Proiezioni visive 2D, 3D, 4D
 - Dati anatomici
 - Parametri vitali

Problematiche Etiche e Legali

- Valutazione e certificazione
- Assicurazione della qualità dell'intervento
- Aspetti legali

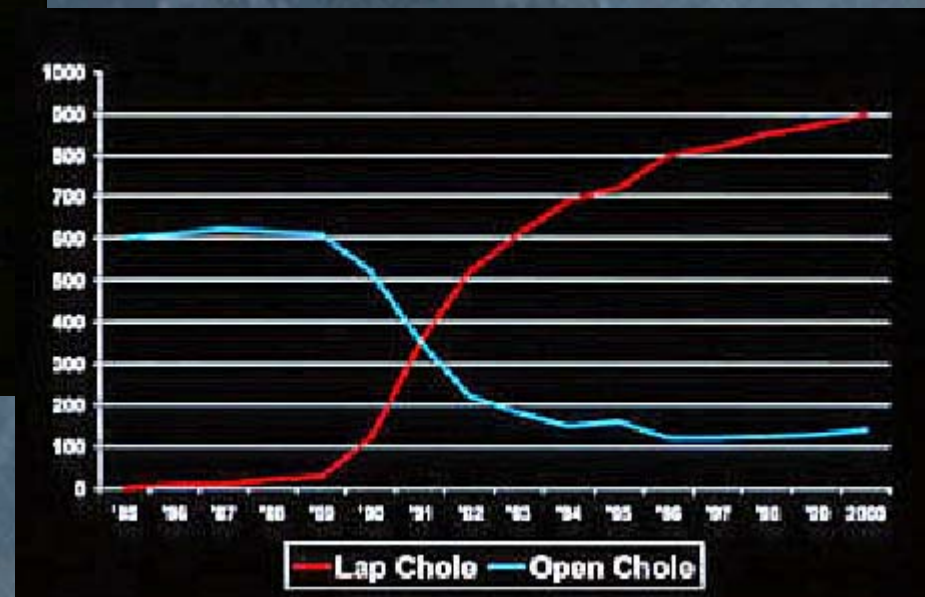
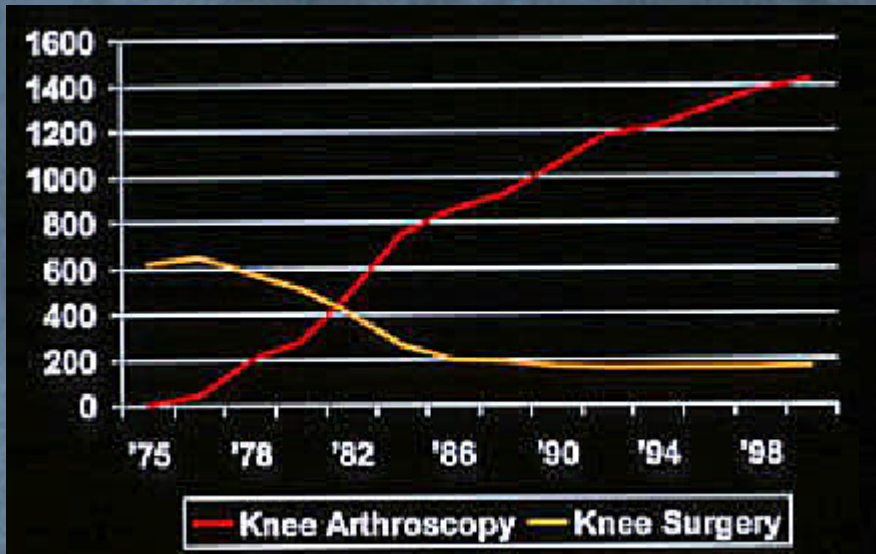
Indicazioni di Chirurgia Mininvasiva



Procedure mininvasive

Numero totale di procedure

Evoluzione del Mercato



Per alcune patologie, l'approccio mininvasivo è diventato praticamente lo standard

Cooperazione Uomo-Macchina

- L'utilizzo della macchina non va visto come sostitutivo dell'operatore umano, ma come un ausilio per il superamento dei naturali limiti umani, ad es.
 - i sensi umani possono essere amplificati mediante sensori artificiali
 - l'intelligenza umana coadiuvata dalla potenza di calcolo di un computer
 - La destrezza del chirurgo indirizzata da dispositivi di navigazione intracorporea

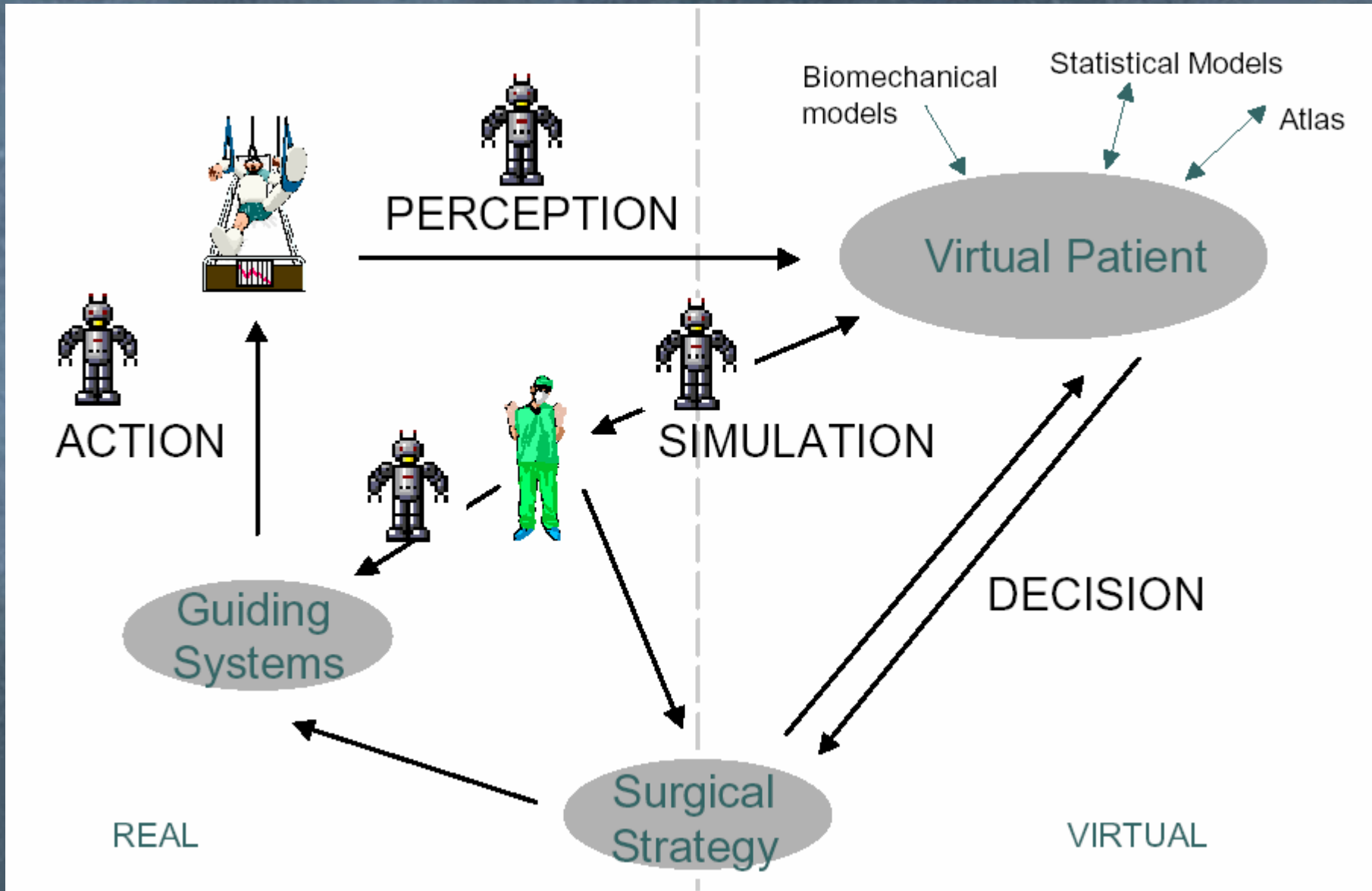
Computer-Aided Medical Intervention

- Lo scopo dell'intervento medico coadiuvato dal computer consiste nell'aiutare il medico a sfruttare al meglio le informazioni disponibili sul paziente al fine di pianificare e mettere in atto in maniera razionale, accurata e quantitativamente valutabile una determinata procedura terapeutica

Un Processo Multi-Fase

- L'intervento non si articola più in una singola fase, ma diventa una procedura più complessa e suddivisibile in vari stadi, in ognuno dei quali possono venire in aiuto strumenti e metodologie propri di altri settori (quali ingegneria, informatica, scienza dei materiali)

Schema Concettuale



Esempio: Correzione della Colonna Vertebrale



A/P X-ray, patient standing up

COOP angles:
T5-T11 = 40°
T11-L4 = 32°

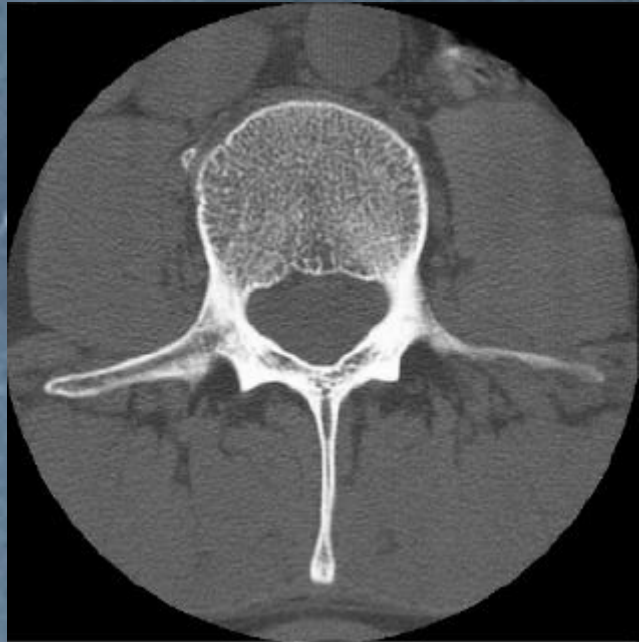


A/P X-ray, patient standing up

COOP angles (after surgery):
T5-T11 = 0°
T11-L4 = 10°



Problematiche della Procedura Tradizionale



Dal 10% al 40% delle viti vengono posizionate in maniera non ottimale

Come è possibile trasferire tutte le informazioni ricavate dalla pianificazione pre-operatoria in fase di intervento in maniera efficiente e precisa?!

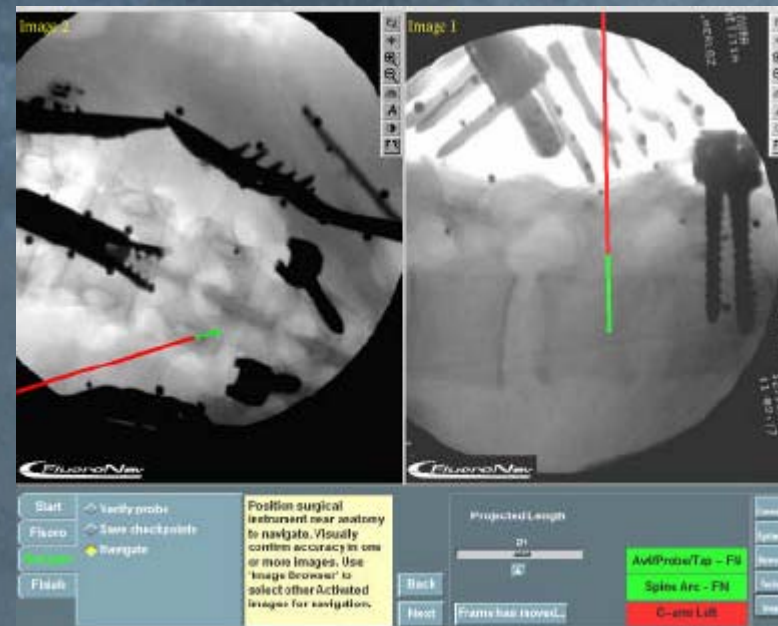
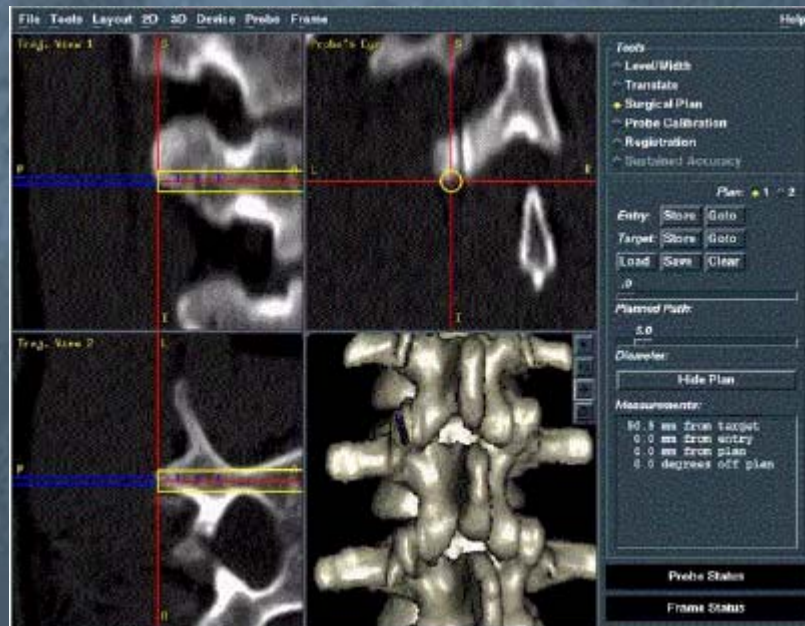


Esempio: Computer-Aided Screw Placement

Navigazione
basata su TC



Navigazione basata su fluoroscopia



Aree della Robotica Medica

Tecnologie per l'assistenza

Robot e macchine che migliorano la qualità della vita di persone disabili e/o anziane, aumentandone l'indipendenza

Robotica Chirurgica

Robot utilizzati durante l'intervento chirurgico, al fine di aumentare la precisione, destrezza del chirurgo

Robotica Riabilitativa

Robot e strumenti meccatronici per terapia clinica nella riabilitazione neuro-muscolare

Robotica Non Chirurgica

Robot e strumenti meccatronici per diagnosi

Robotica di Assistenza: Dispositivi Protesici

Hook



'50s:
Myoelectric Hand



1998:
Sensorised
Ottobock
Hand
("SLIVA")



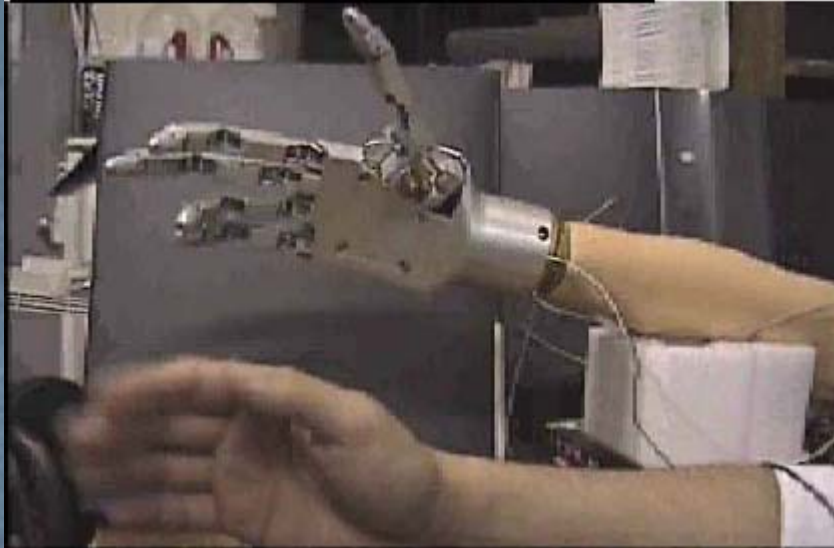
Beginning of XX sec.
Body Powered
Hand



1965:
Ottobock Myoelectric
Hand

Robotica di Assistenza: Dispositivi Protesici

EMG Prosthetic Hand (Autonomous System Engineering Lab., Japon)

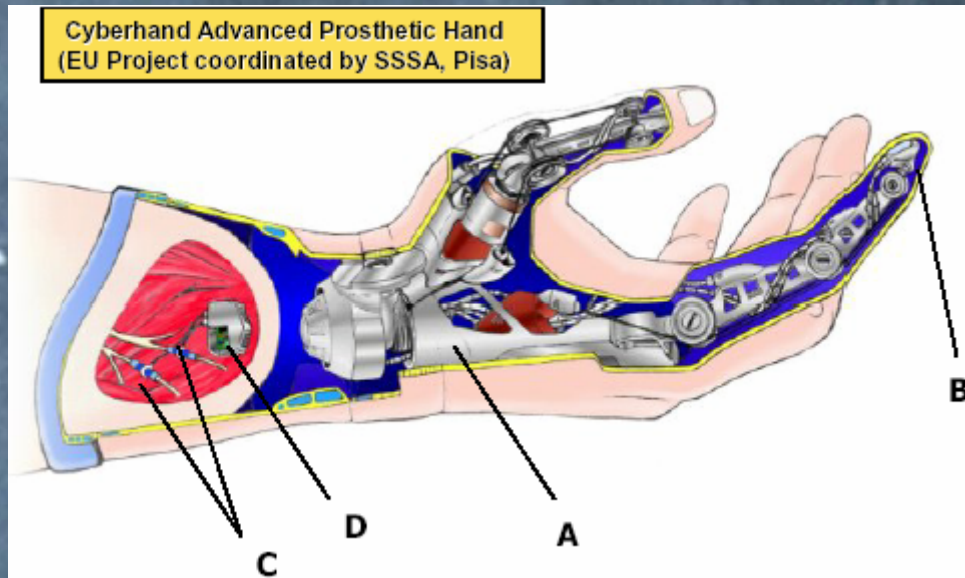


Utah Arm 2 Utah Hand (Motion Control, Inc., USA)



C-Leg (Otto Bock HealthCare, Inc., USA)

Robotica di Assistenza: Dispositivi Protesici



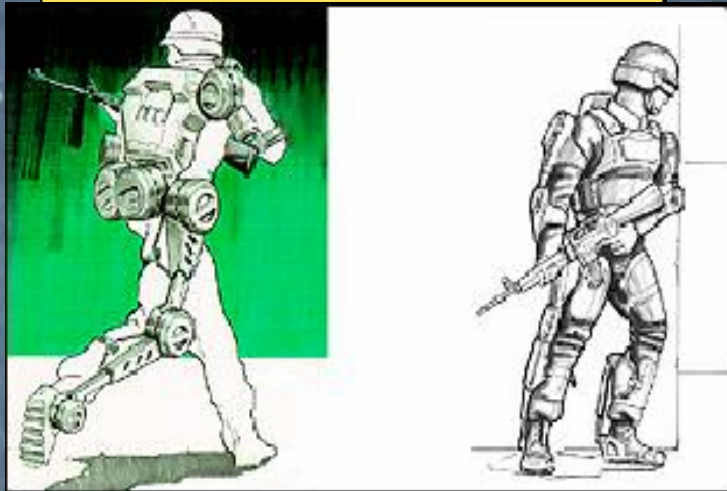
- (A) Protesi avanzata per amputati oltre il gomito
- (B) Sensori integrati sotto i polpastrelli
- (C) Elettrodi neuroprostetici impiantati sui nervi, per avvertire i comandi dell'utilizzatore e riportare le sensazioni dai sensori di pressione
- (D) Stimolatore/amplificatore custom impiantato

Tecnologie di Assistenza e Robionica

- Robionics: interfaccia tra un dispositivo di assistenza e il sistema nervoso umano tale che le funzioni del cervello dell'utilizzatore diventano parte integrante del sistema di controllo a ciclo chiuso
 - Protesi biomeccatroniche
 - Micro-sensori e micro-attuatori per miglioramento delle percezioni sensoriali e di moto
- Problemi tecnologici
 - Attuatori ed elettrodi biocompatibili
 - Fonti di alimentazione
 - Neurofisiologia: quali neuroni interfacciare
 - Elaborazione dati (comandi volontari, retroazione delle informazioni dai sensori artificiali)

Tecnologie di Assistenza: Dispositivi Indossabili

Exoskeletons for Human Performance Augmentation (DARPA, USA)



Rancho arm (Rancho Los Amigos Hosp., Downey), 1970



The Berkeley Lower Extremity Exoskeleton (BLEEX) (Univ. of Berkeley, USA)



Tecnologie di Assistenza: Ausilio al Movimento/Manipolazione

Robot MANUS (Exact Dynamics BV, The Netherlands)



Smart walker GUIDO (Haptica, Dublin, + Univ. Polytech. Madrid)



MOVAID EU project (Coordinated by SSSA, Italy)



Care-O-Bot, IPA, Stuttgart



Robotica Riabilitativa

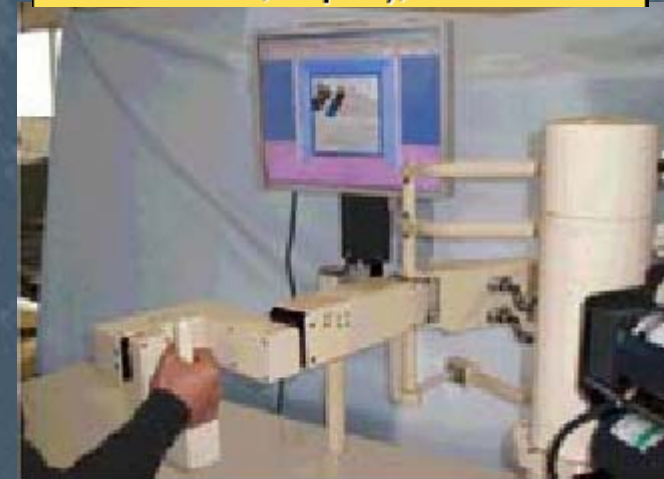
Robotic therapy (Neurobotics Lab, Rob. Institute, Carnegie Mellon, USA)



Ambiente virtuale con dispositivo robotico per migliorare la forza e mobilità di pazienti colpiti da ictus

Esercitori robotici: il robot guida il paziente attraverso un percorso preimpostato; esso può inoltre adattare la resistenza da opporre al movimento

6-dof Rehabilitation Robot (Osaka Univ., Japan), 2005

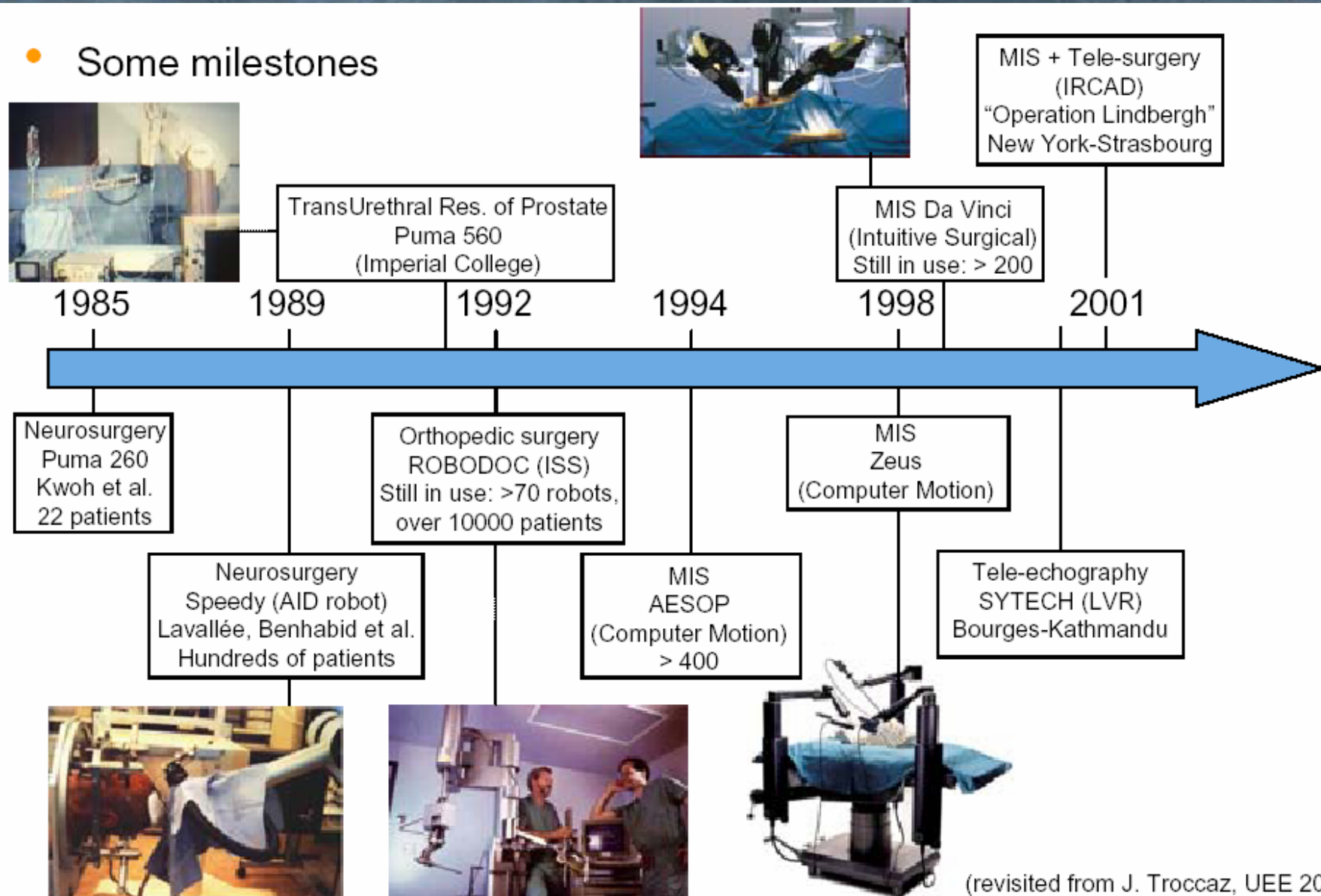


Walking Rehabilitation Robot (Hitachi, Japan)



Robotica Chirurgica: tappe fondamentali

- Some milestones

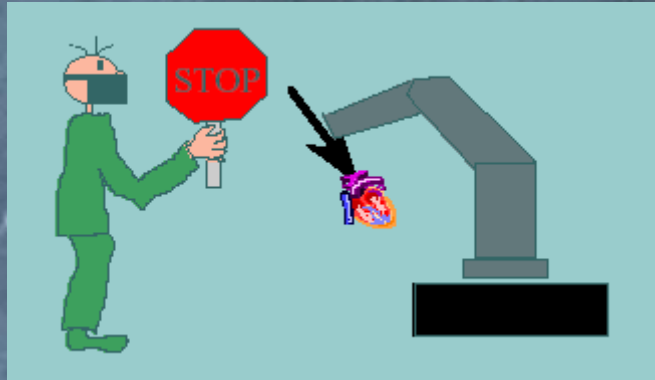


(revisited from J. Troccaz, UEE 2003)

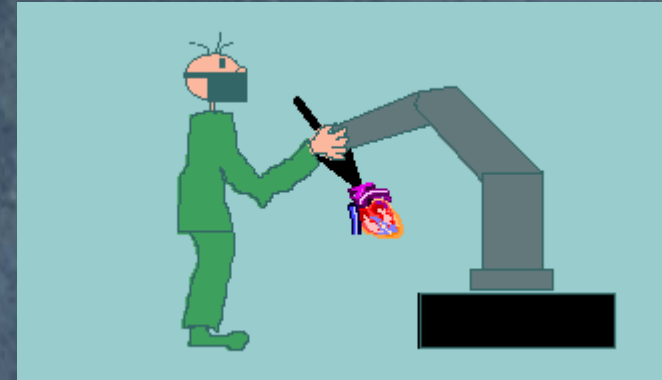
Robotica Chirurgica: Criteri di Classificazione 1

- Sistemi passivi
 - forniscono solo informazioni all'operatore
- Sistemi attivi
 - realizzano l'intervento sotto la supervisione umana
- Sistemi Interattivi
 - Dispositivi semi-attivi
 - Dispositivi sinergistici
- Dispositivi tele-operati

Robotica Chirurgica: Criteri di Classificazione 1

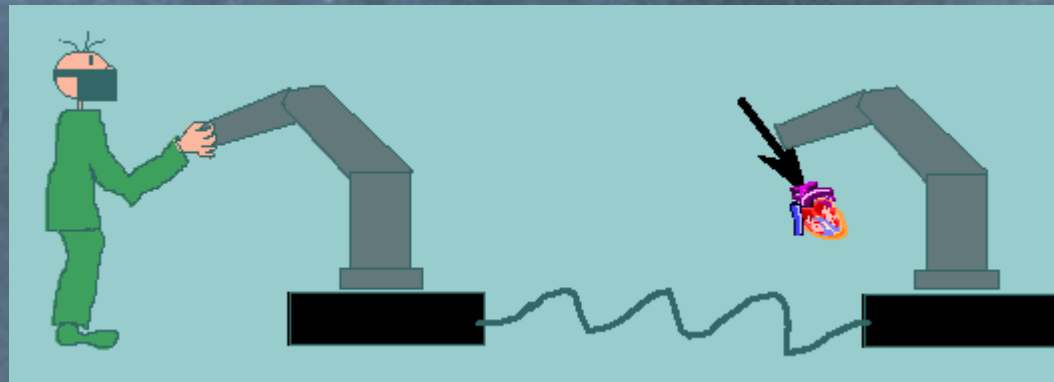


Attivo



Interattivo

Tele-operato



Robotica Chirurgica: Criteri di Classificazione 2

- Dispositivi interni di sostituzione
- Sistemi tele-chirurgici
- Ausilio alla navigazione
- Posizionamento di precisione
- Sistemi di inseguimento

Robotica Chirurgica: Criteri di Classificazione 3

- Sistemi di navigazione
- Sistemi passivi
- Robot montati in posizione fissa
- Robot montati sul paziente (endo-robots)

Robotica Chirurgica: Criteri di Classificazione 4

		Type of Access		
		Traditional Access	Minimally Invasive Access	Endocavitary/ endoluminal access
Type of Interaction	Autonomous systems	Systems that execute a planned program or automatically define their path		
	Interactive systems	Semi-active systems (decoupled DOF) and synergistic systems (shared DOF)		
	Teleoperated systems	Master-slave systems and systems with direct drive/control		
	Passive systems	Systems with no actuation (not really robotics)		