



Les robots  
et  
Les hommes\*

Philippe Bidaud

*Prof. UPMC*

*DSB – TIS ONERA*

*(\*) sur la base de travaux réalisés à l'Institut des Systèmes Intelligents et de Robotique  
UPMC/CNRS (UMR 7222)*



Bienvenue  
à l'université  
Pierre et Marie Curie

[www.upmc.fr](http://www.upmc.fr)

**UPMC**  
UNIVERSITÉ PIERRE ET MARIE CURIE



# Université Pierre et Marie Curie Paris Sorbonne

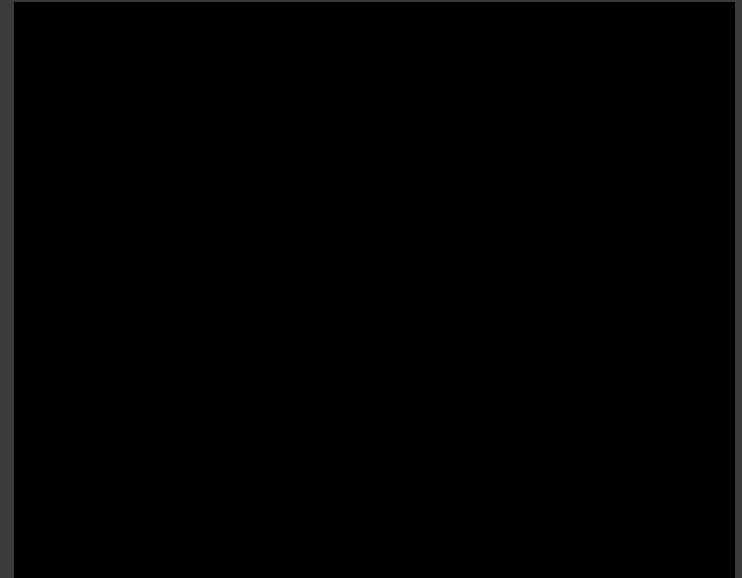


# QU'EST-CE QU'UN ROBOT ?



## Définition originelle de « robot » (1921)

Le mot « robot » a été utilisé pour la première fois dans une pièce de théâtre !  
« R.U.R. : Rossums Universal Robots » de **Karel Capek** (dramaturge tchèque).



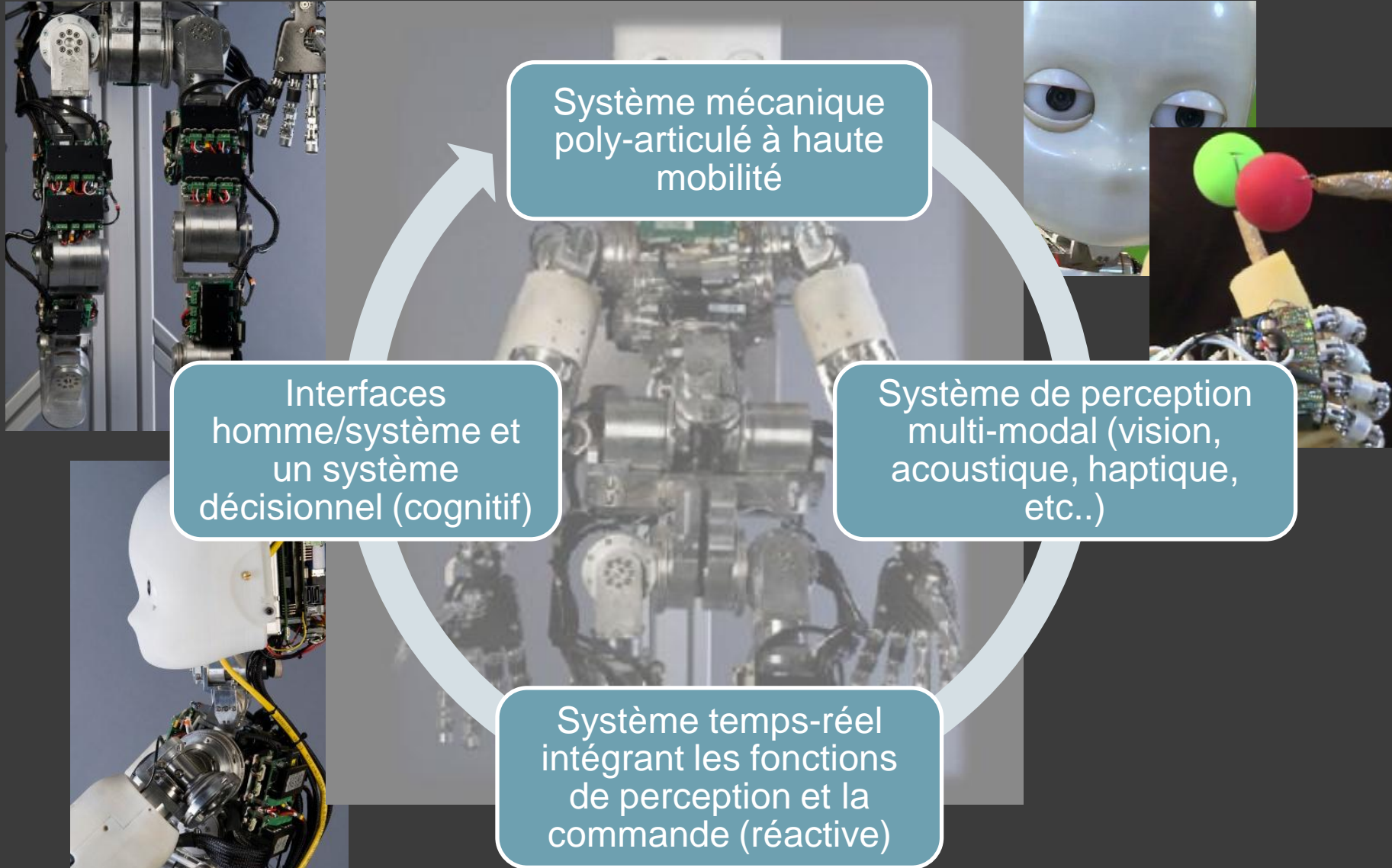
## Définition contemporaine (1980)

*Un système mécatronique multifonctionnel, programmable capable de réaliser des tâches variées de manière autonome (en adaptation avec les variations de l'environnement)*

*Exemple : Le robot ICUB*

[www.icub.org](http://www.icub.org)

# QU'EST-CE QU'UN ROBOT ?



# LA GÉNÈSE DE LA ROBOTIQUE

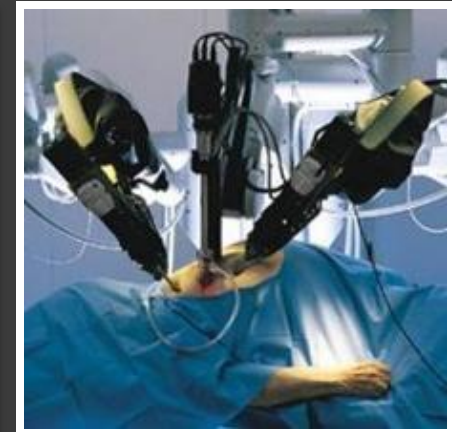
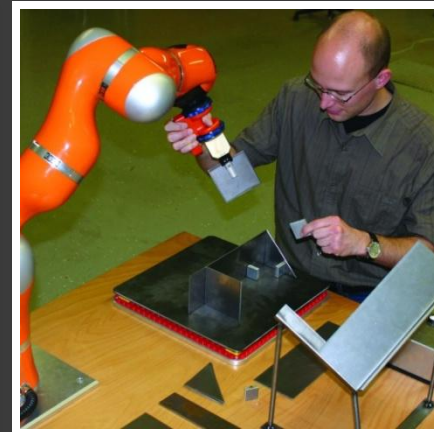
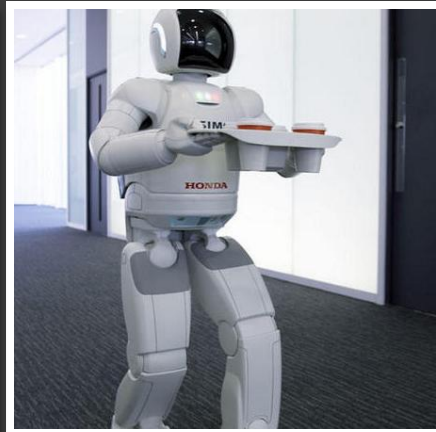


- Souvent représenté sous forme humanoïde, le robot “actualise” le mythe de Prométhée ?  
*“Une affaire et une histoire d’ingénieurs !”*

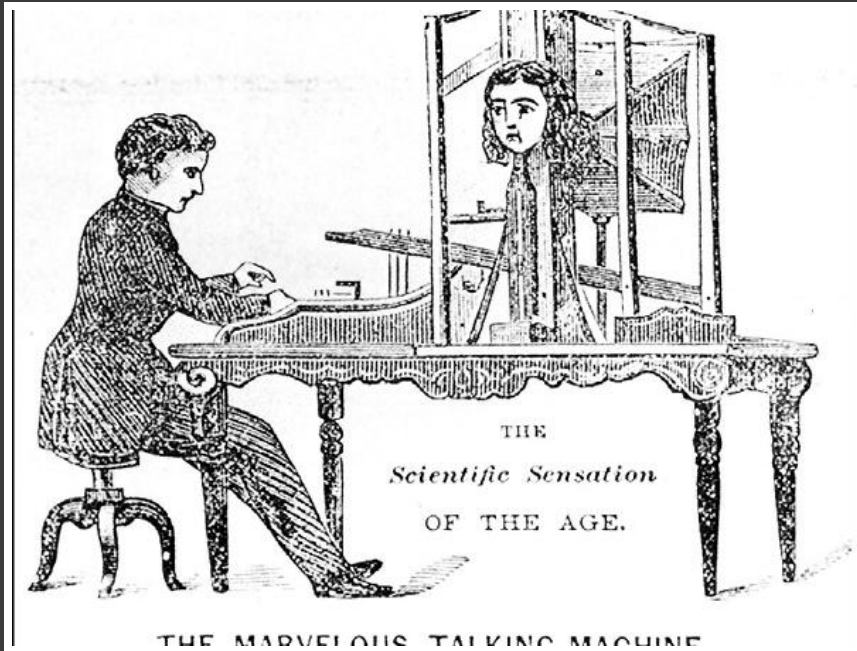


- Le robot : vecteur de progrès ?  
*“La machine conduit l’homme à se spécialiser dans l’humain”*  
*(Jean Fourastié)*

- Un potentiel danger dans la confrontation du créateur et de sa créature ?  
*“Plus que la machine, c’est son créateur qu’il convient de redouter !”*



# L'HISTOIRE DE LA ROBOTIQUE



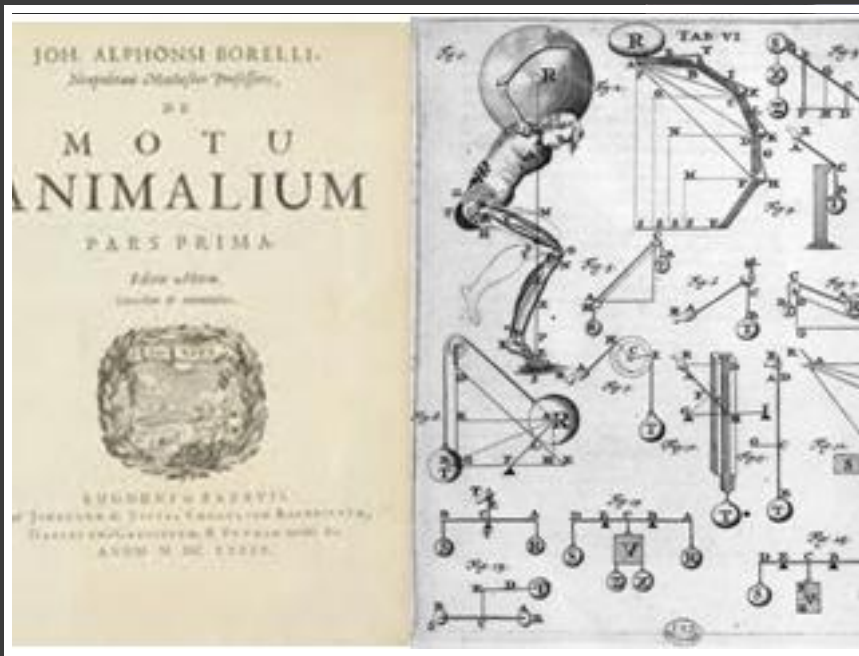
Les premiers élans pour créer mécaniquement la vie datent de 200 ans avant JC ....

En Décembre 1845, Joseph Faber expose sa "merveilleuse machine qui parle" à l'Hôtel du Fonds musicaux à Philadelphie

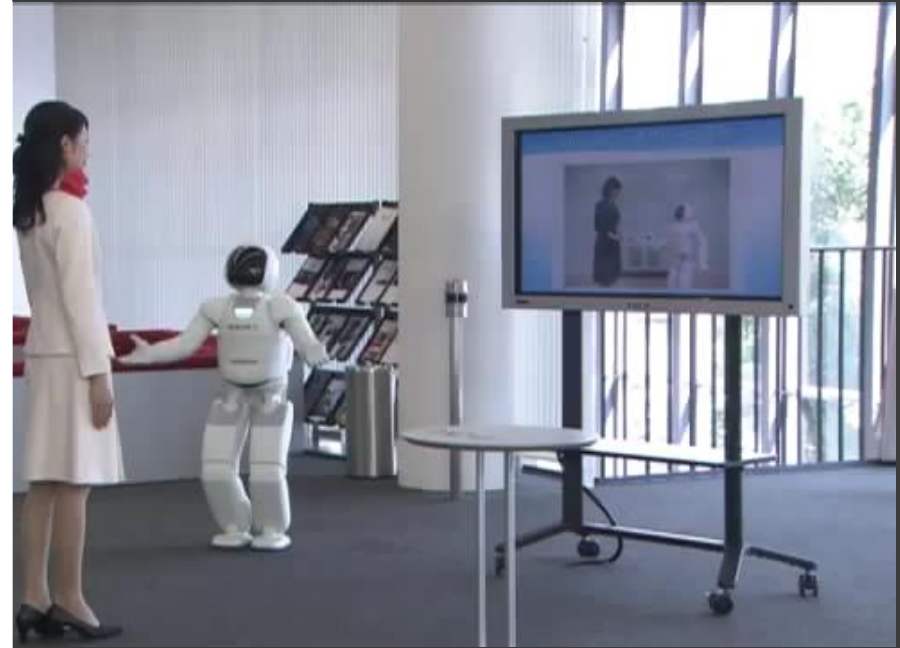
***La machine programmable est née !***

En Décembre 2014, le défi robotique de la DARPA démontrera les capacités d'exécuter par des robots autonomes des tâches complexes dans des environnements déstructurés.

# ROBOTIQUE ET MOBILITÉ

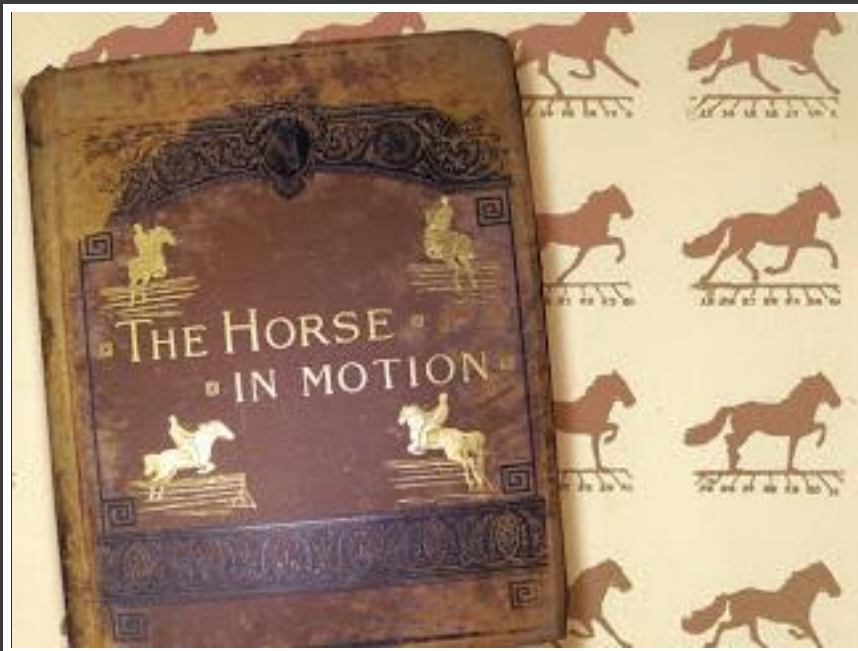


**En 1680 :** *De motu animalium*  
Giovanni Alfonso Borelli (1681) tente d'expliquer les mouvements du corps à l'aide des principes de la mécanique

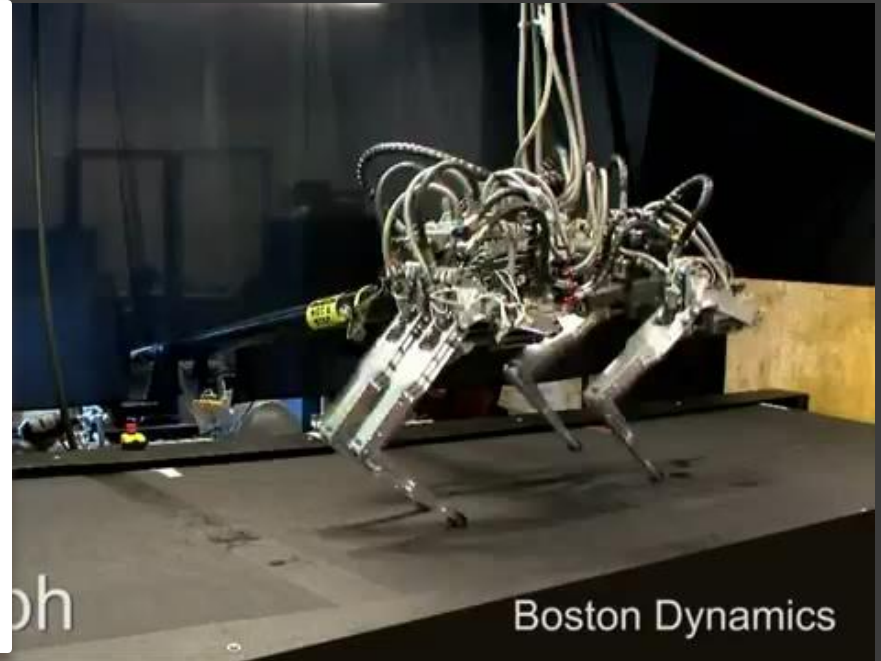


**En 2010 :** Le robot Asimo (Honda)  
*"Advanced Step in Innovative Mobility"*  
se déplace de manière autonome

# ROBOTIQUE ET MOBILITÉ



**En 1878** : Eadweard Muybridge a photographié un cheval nommé "Occident" en mouvement rapide en utilisant une série de 12 caméras stéréoscopiques.

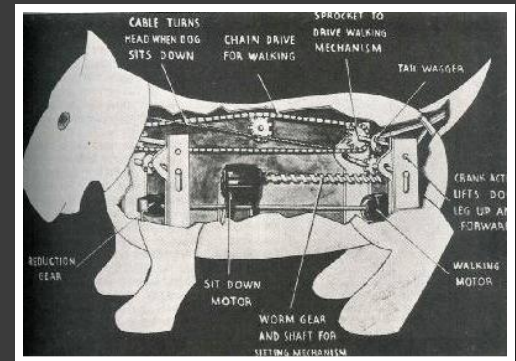
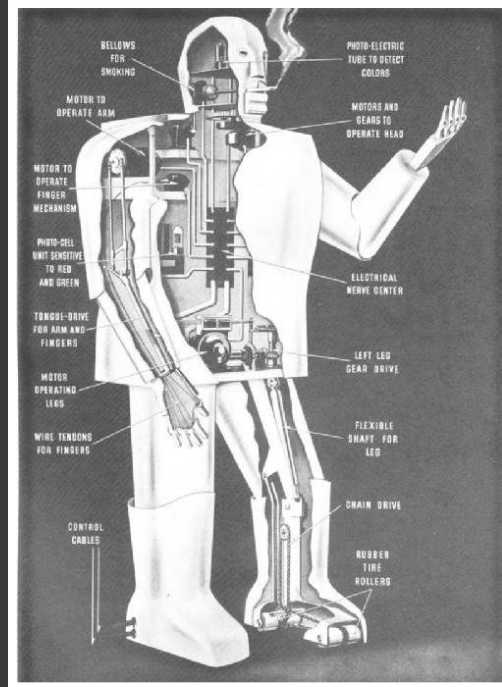
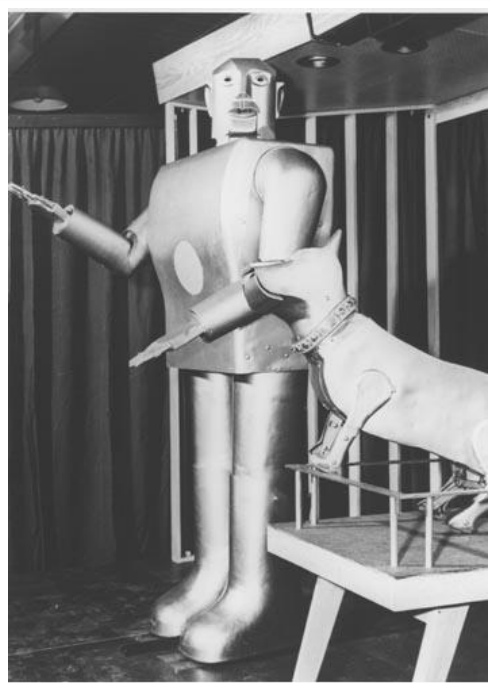


**En 2012** : le robot quadrupède Cheetah de Boston Dynamics atteint les 50 Km/h.



# LES PREMIERS ROBOTS

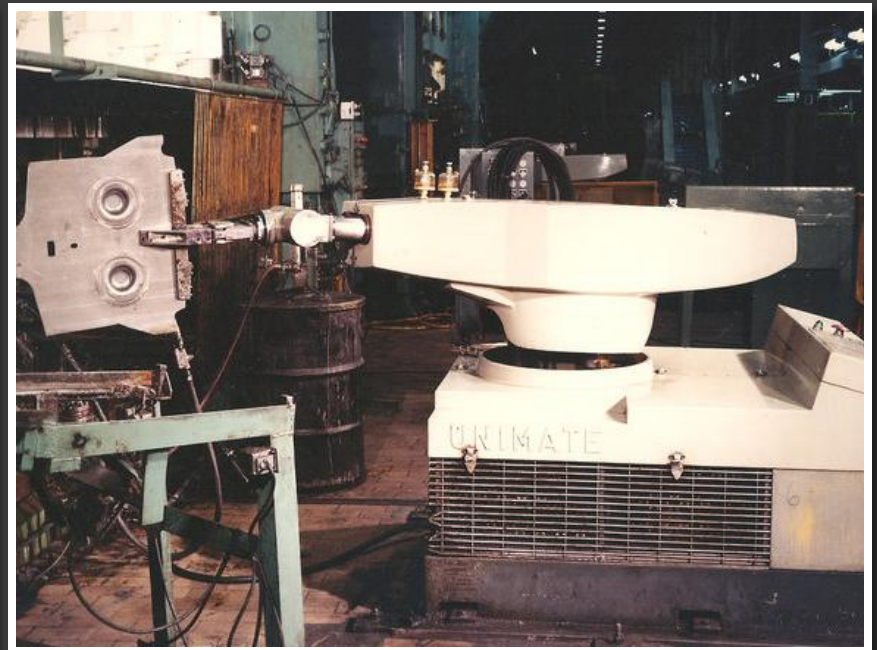
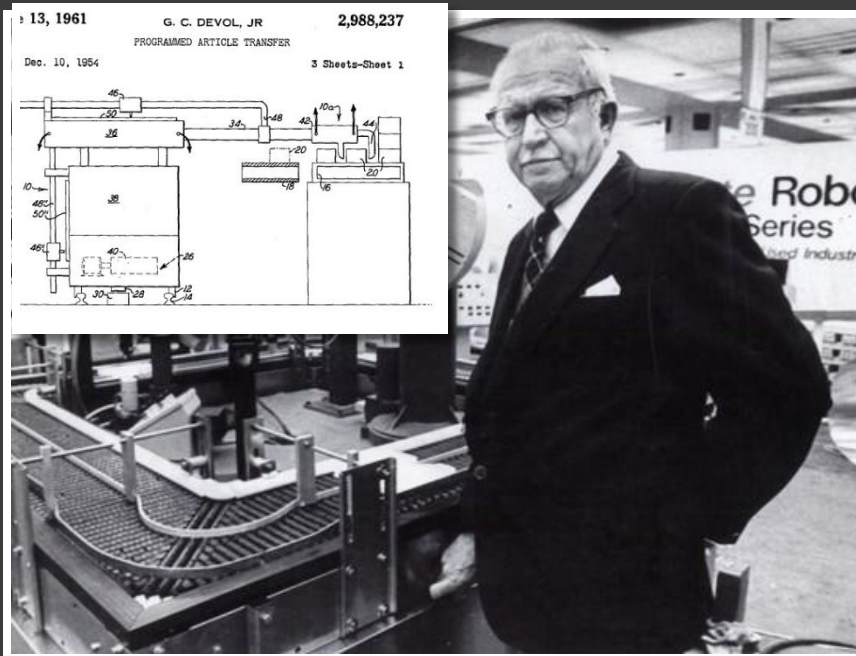
*The Middleton Family  
at the New York World's Fair  
Robert R. Snody (1939)*



Electro et Sparko 1940 :

Electro Westinghouse et Sparko (les spokebots) conçus pour divertir les foules à l'exposition universelle de New York. Ces Animats utilisaient pour la première fois des moteurs électriques.

# LE PREMIER ROBOT INDUSTRIEL



Le premier robot industriel remonte à 1954 quand George Devol (1912-2011) déposa un brevet d'invention de l'Automation Universel (qui donnera son nom à Unimation Corp la première compagnie de robot créée en 1956)

Le premier robot fut mis en application dans l'usine d'Ewing Township (à Parkway Avenue dans la banlieue de Trenton) de General Motors en 1961 pour extraire des pièces d'une cellule de fonderie sous pression

# LE PREMIER LABO DE ROBOTIQUE



McCarthy développera plus tard (63) le premier système "oeil-main" dans lequel un ordinateur est capable de voir de vrais blocs 3D via une caméra vidéo et de contrôler un bras robotisé pour effectuer des exercices simples d'empilage et d'arrangement.

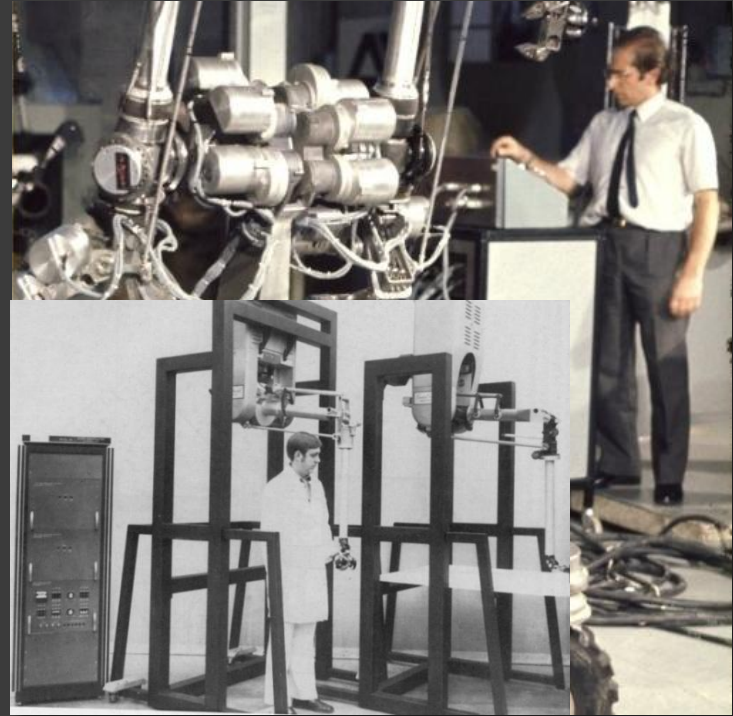
Le DC Power Lab - L'ancien site de SAIL. Ce nom était très drôle parce que son lien au réseau électrique était inexistant et *Victor D. Scheinman* inventeur du tout premier robot à 6 axes disposant d'une solution analytique pour le modèle géométrique inverse.

*John McCarthy* (né à Boston en 1927), informaticien et spécialiste des sciences cognitives (prix Turing 1971) fonde en 1956 le **MIT AI Lab** avec Marvin Lee Minsky spécialiste des sciences cognitives

# ARA : LE PREMIER PROGRAMME DE ROBOTIQUE EN FRANCE



**G. Giralt** (1931-2013), chercheur au CNRS/LAAS, initiateur du premier programme national de Robotique (1980-85)

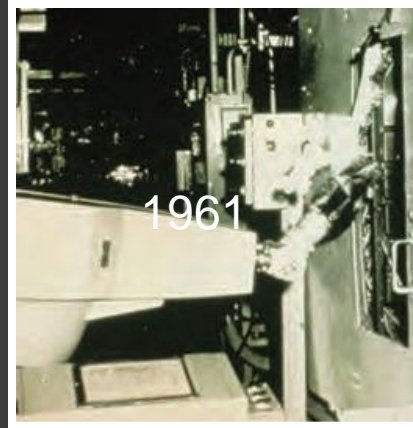


**J. Vertut**, ingénieur CEA-Saclay, pionnier de la télémanipulation et de la robotique mobile nucléaire.

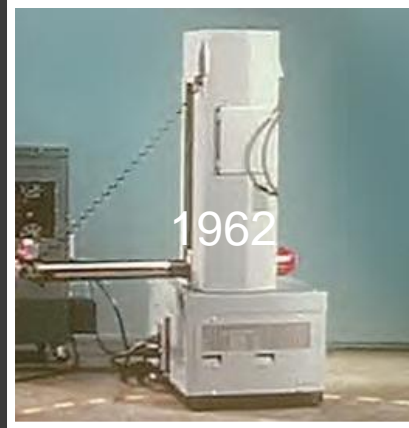
# LES ROBOTS PIONNIERS



Le premier robot industriel  
G. Devol & J. Engelberger



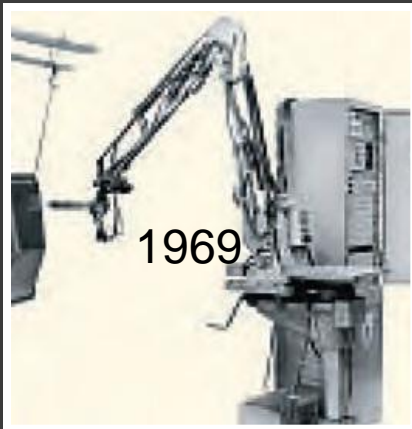
Le premier robot industriel utilisé sur une ligne de production  
Ternstedt (Trenton, NJ)



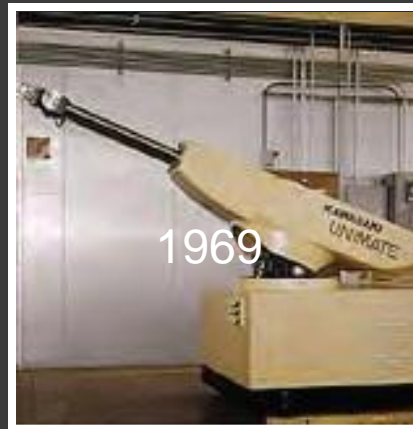
Le premier robot cylindrique, l'  
Versatran de l'AMF, USA



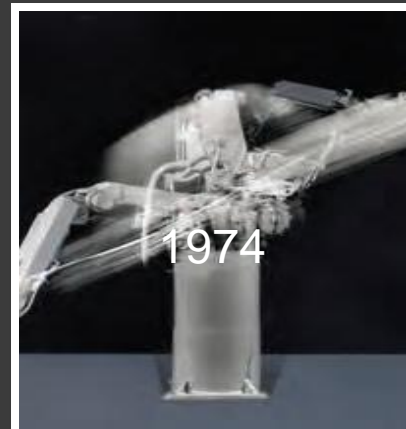
GM a installé la première place robots de soudage à sa Lordstown usine d'assemblage



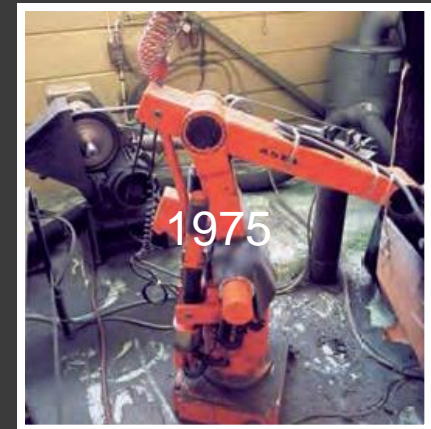
Trallfa, Norvège, propose le premier robot de peinture commerciale



Unimation signe un accord de licence avec Kawasaki Heavy Industries de fabrication et de robots Unimate

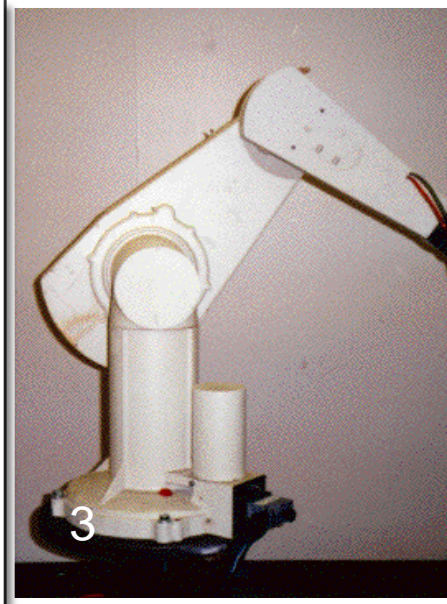
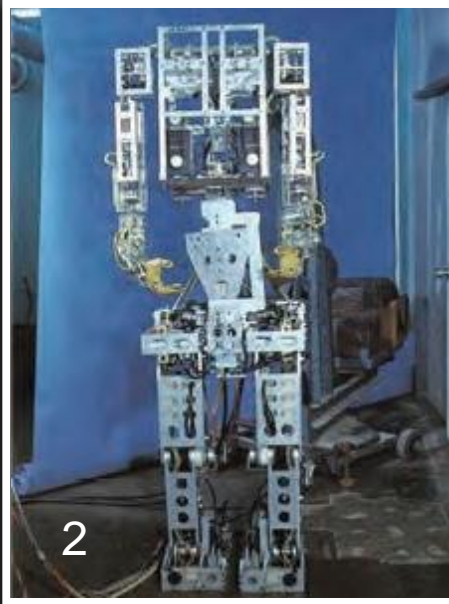


Robot industriel T3 contrôlé par mini-ordinateur développé par Richard Hohn pour Cincinnati Milacron



Le premier IRB 6 d'ASEA (Suède) a été livré à une PME d'ingénierie mécanique en suède.

# LES ANNÉES 1970



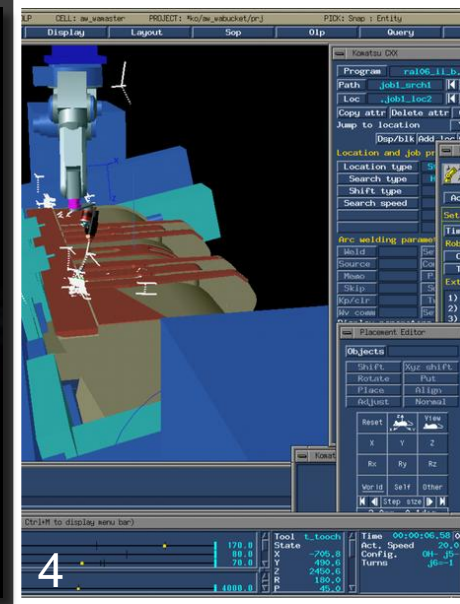
1. Jean-Vertut développe “Virgule” un télé-manipulateur à retour d’effort du CEA
2. Ichiro Kato, Waseda University, a développé le premier au robot humanoïde à l’échelle 1 (Wabot-1)
3. Le “Programmable Universal Machine for Assembly (PUMA) développé par Unimation/Vicarm, USA pour General Motors
4. Robot Scara (**S**elective **C**ompliance **A**ssembly **R**obot **A**rm) par Sankyo Seiki et Hirata Japon (cinématique de type SMG)

# 25 ANS DE ROBOTIQUE



Extrait du film réalisé à l'occasion de l'IEEE/ICRA 2000 à SFO par O. Khatib

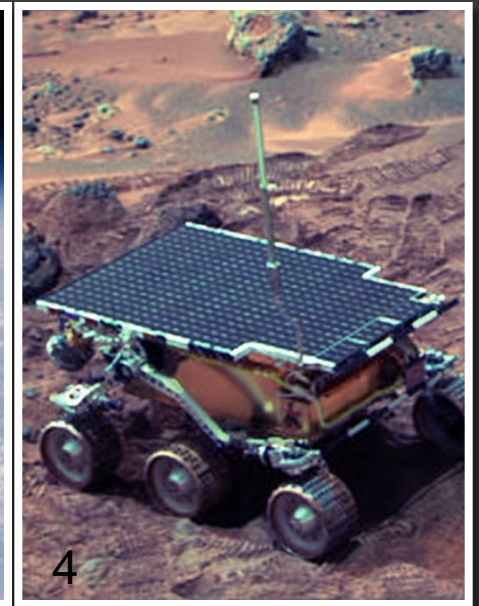
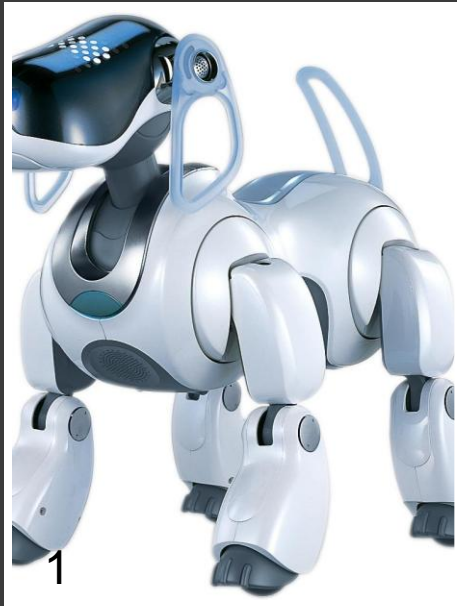
# LES ANNÉES 1980



1. Les télé-opérateurs à retour d'effort s'installent dans centrales nucléaires
2. Les robots de soudage par points inauguré ouvrent une nouvelle ère pour les robots à CC moteurs, puis aux brushless
3. Premiers travaux sur la locomotion dynamique. Marc Raibert (CMU) développe toute une génération de "robots à pattes"
4. Diffusion des logiciels de programmation hors-ligne



# LES ANNÉES 1990



1. Le chien AIBO par Sony (150 000 exemplaires vendus en 6 ans)
2. Les robots parallèles Delta (R. Clavel EPFL) – acc = 15g
3. Le Canadarm équipe les navettes spatiales de la NASA
4. Conception des robots d'exploration planétaires au JPL lancés lors de la mission MER de 2003 (toujours en fonctionnement)

# LES ANNÉES 2000



1. Le robot de chirurgie laparoscopique Da-Vinci (2MEuros – 1750 exemplaires en service dont 45 en France en 2010)
2. 4 millions de robots Romba vendus en 7 ans
3. Le Packbot d'iRobot (40 commandés par l'US-Army en 2003 – 13.000 vendus en 2007)
4. Asimo (Honda Corp) : "Advanced **S**tep in Innovative **M**obility" dans sa 3ème version.

# LA RECHERCHE EN ROBOTIQUE



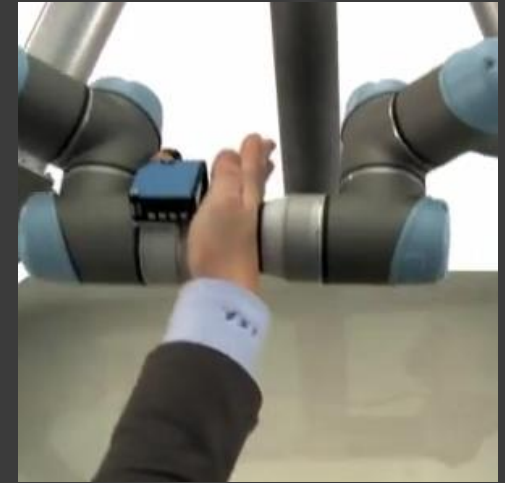
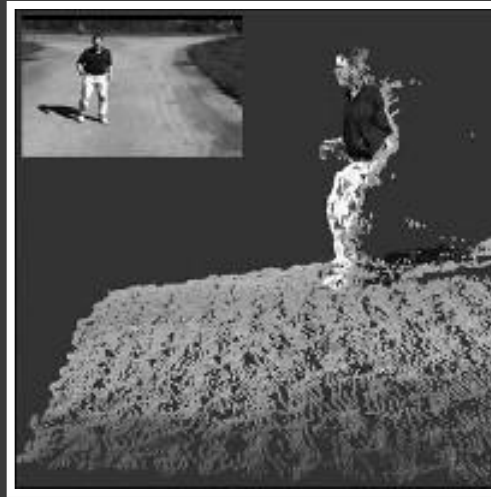
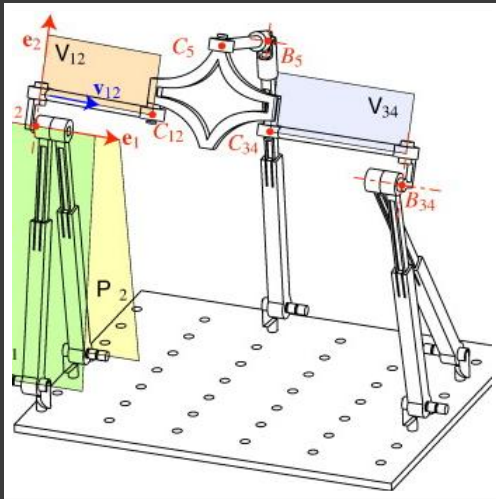
Illustration de la nécessité d'adaptation !!

# LA RECHERCHE EN ROBOTIQUE



Illustration de la nécessité de la sûreté !!

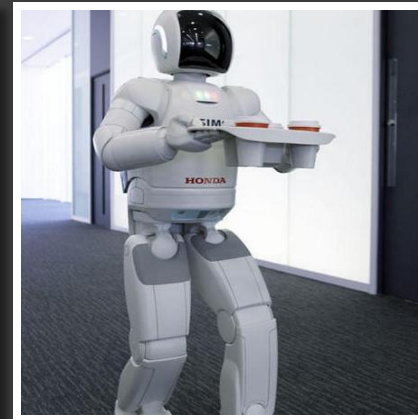
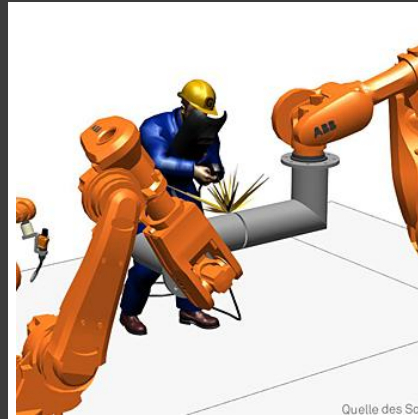
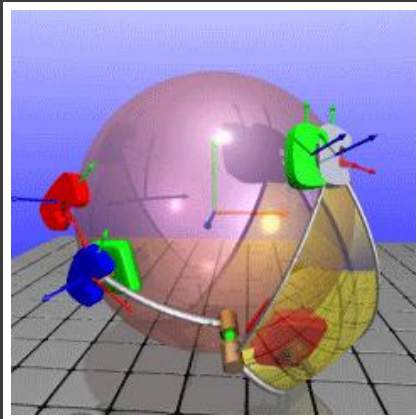
# LA RECHERCHE EN ROBOTIQUE



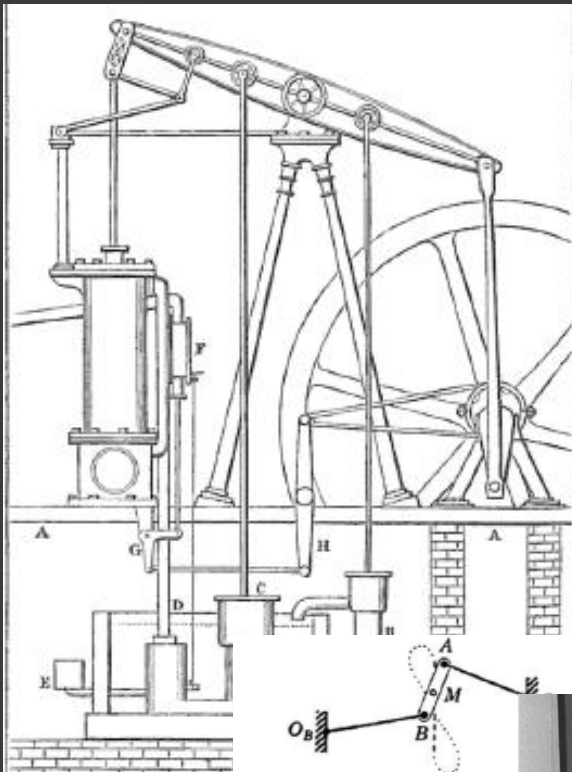
- **Quoi** : Traiter des problèmes de génération de mouvements, d'effort, de perception, d'analyse de l'environnement, de synthèse de comportements, de décision et d'adaptation, etc.
- **Pourquoi** : Développer un corpus de connaissances propres au domaine pour la formalisation des problèmes et les paradigmes de la « synthèse » de systèmes et de comportements adaptatifs sûrs.
- **Comment** : Elaborer des méthodes s'appuyant sur les sciences de l'ingénieur, les sciences de l'information, les sciences cognitives et les sciences du vivant.

# LA RECHERCHE EN ROBOTIQUE A TRAVERS QUELQUES EXEMPLES

1. La synthèse de mécanismes
2. La commande de manipulateurs redondants
3. La locomotion bipède
4. La planification d'activités motrices



# COMPUATIONAL KINEMATICS



Mechanism and machine design" !?

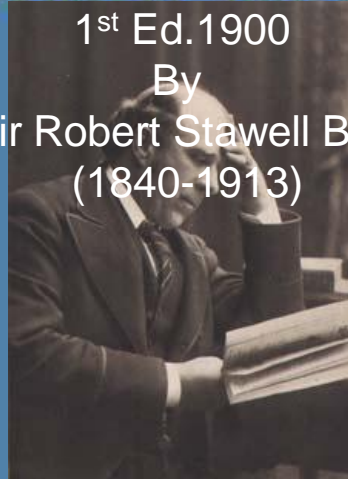
Exemple du mécanisme de Watt (R. Stuart 1824)

## A TREATISE ON THE THEORY OF SCREWS

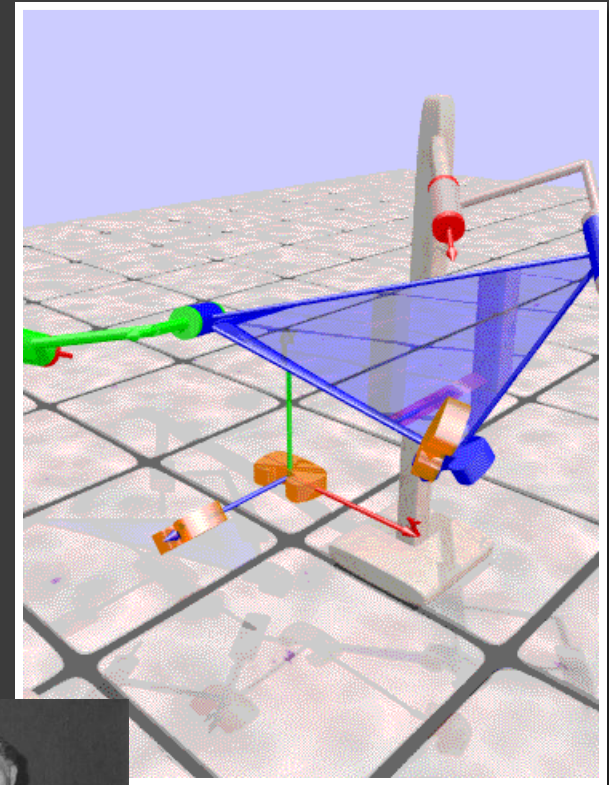
1<sup>st</sup> Ed. 1900

By

Sir Robert Stawell Ball  
(1840-1913)



Après Poinsot, Charles Hamilton Plücker et avec Cayley, Grassmann, Klein.



anisme de Bennett :  
thetica software (J.M  
arty)

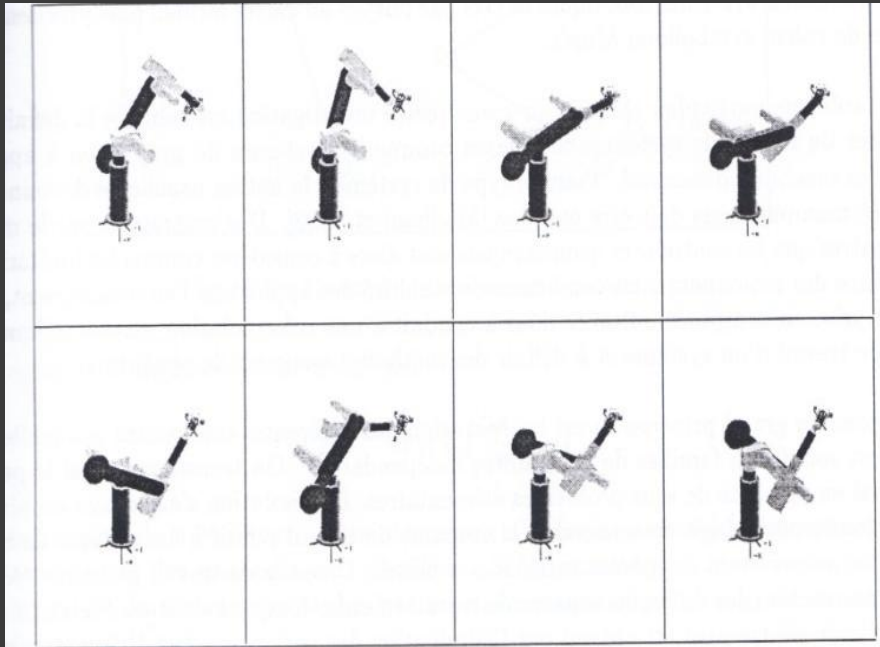


Prof. Freudenstein, Berkof, Hall, Uicker, Roth, Duffy, and Hunt.

The theory and methodology of design of general-purpose machines that may be controlled by a computer to perform all the tasks of a set of special-purpose machines is the focus of modern machine design research.

(Prof. Ferdinand Freudenstein 1926-2006)

# COMPUTATIONAL KINEMATICS

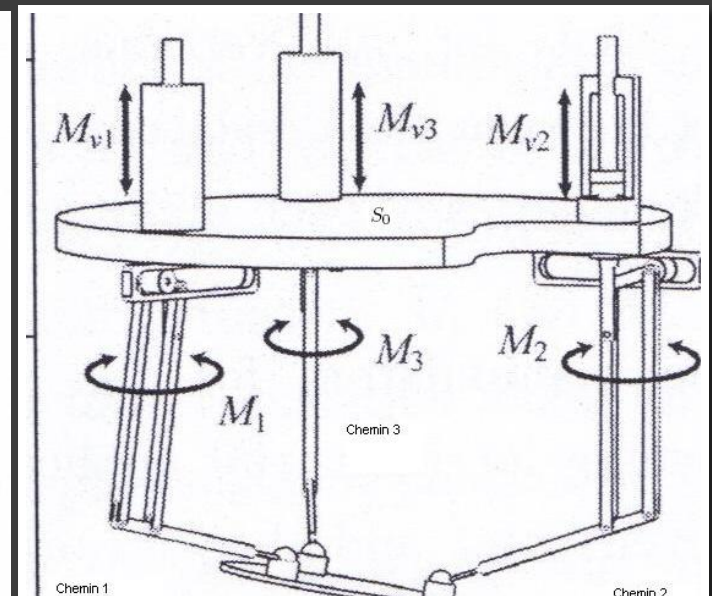
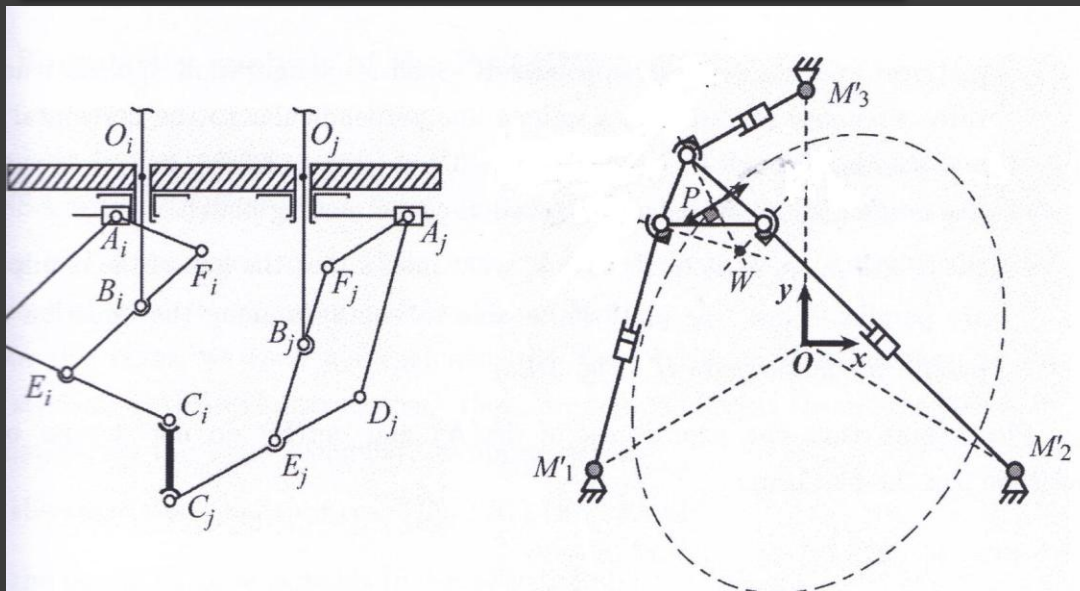


Exemple de résultat (1):

Solutions au PGI par l'élimination  
d'analytique

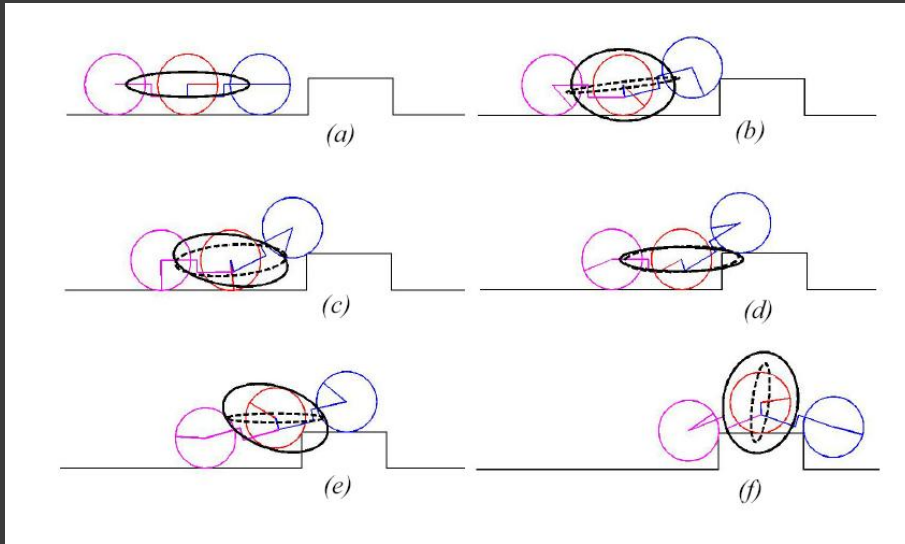
Exemple de résultat (2):

Configurations stationnaires  
et incertaines dans des mécanismes  
parallèles

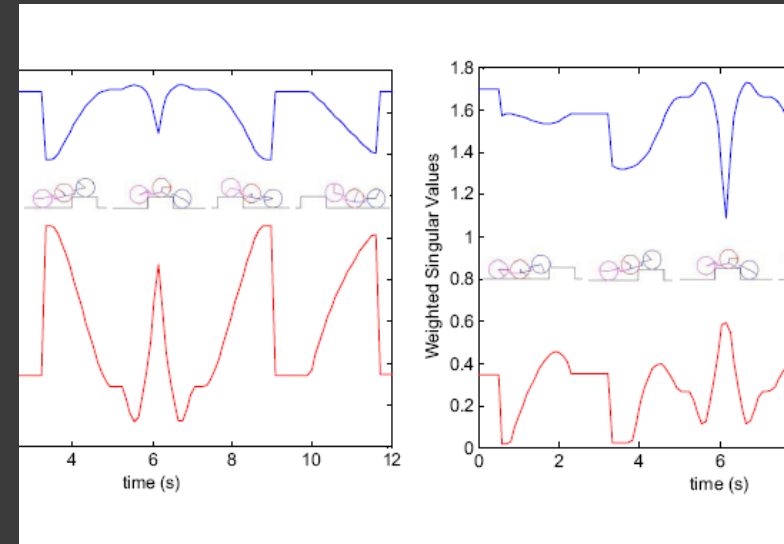




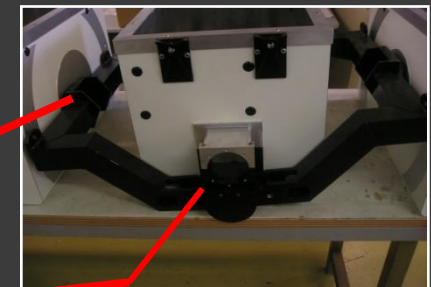
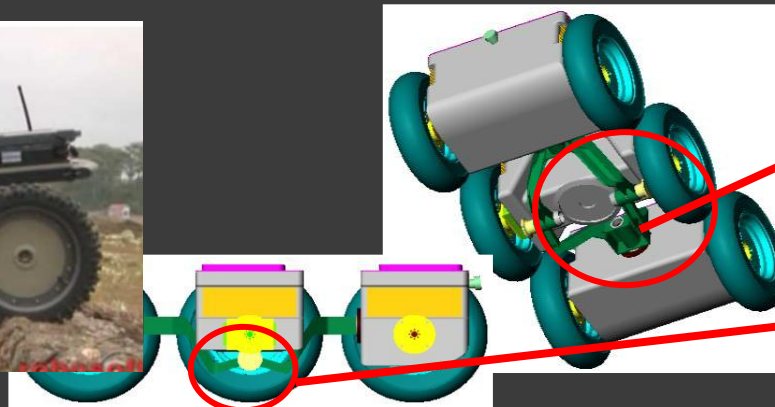
# COMPUTATIONAL KINEMATICS



Ellipsoïde de traction dans les systèmes articulés



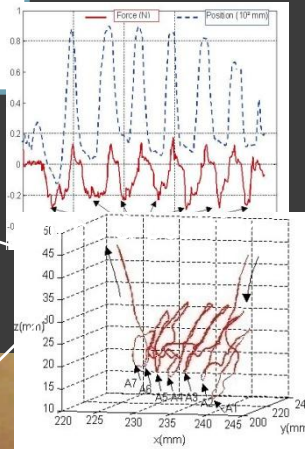
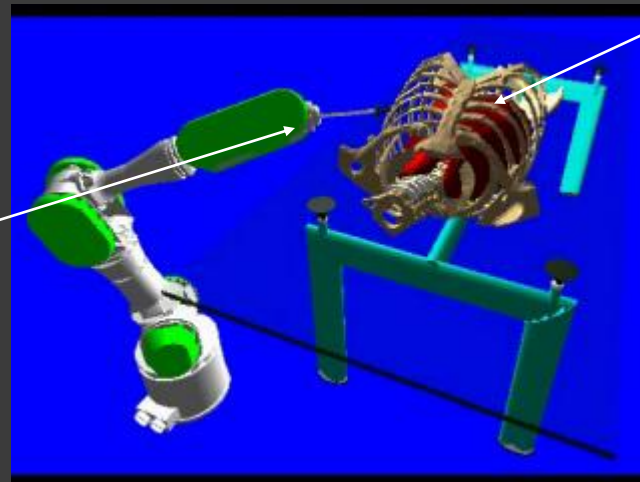
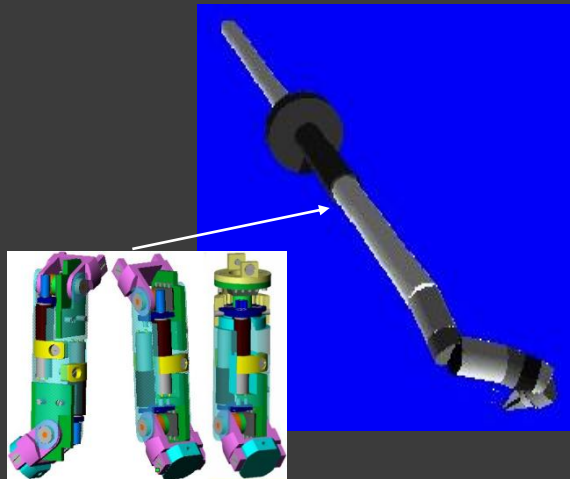
Utilisation de la capacité de franchissement comme indice de praticabilité du terrain.



# COMPUTATIONAL KINEMATICS

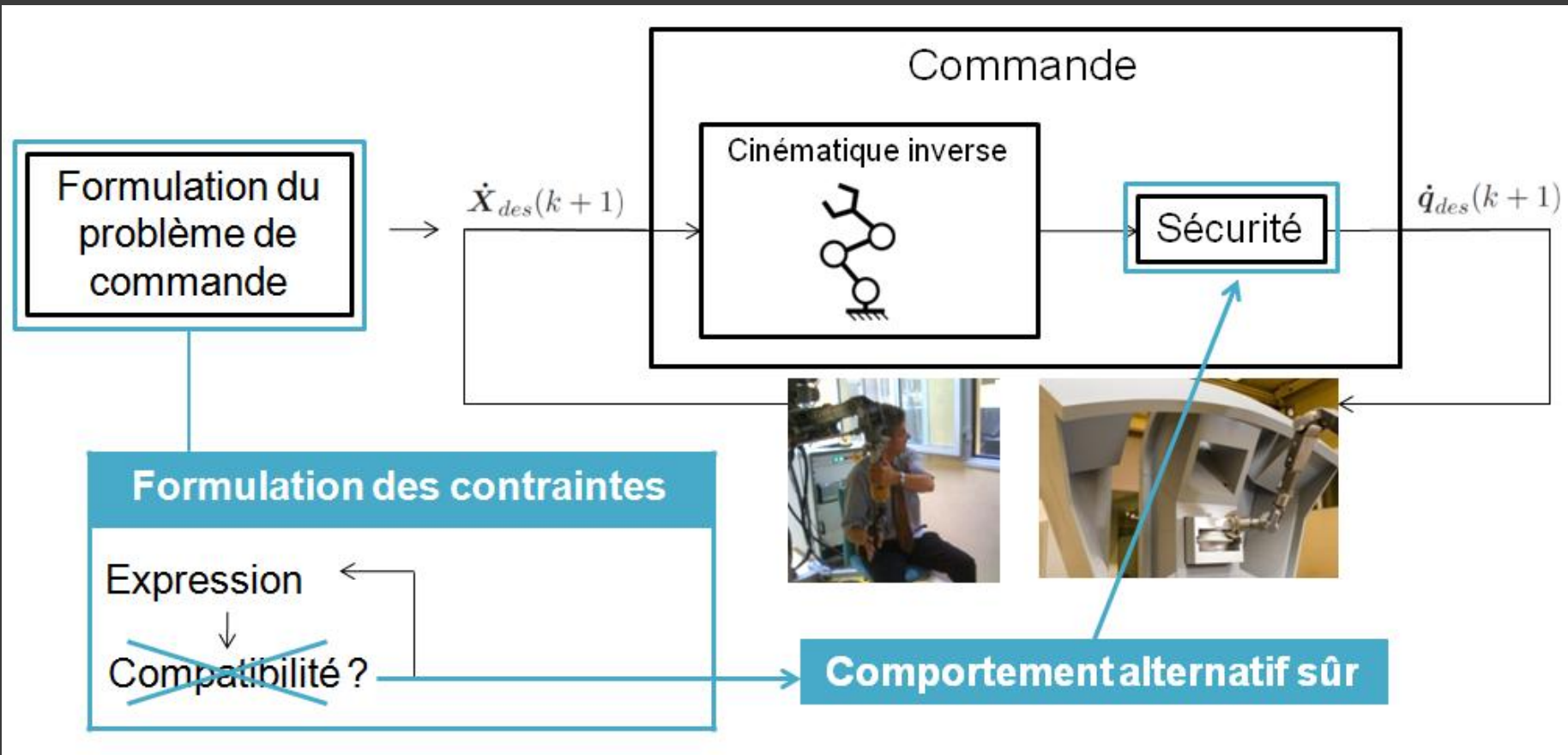
## Synthèse de mécanismes spatiaux pour la chirurgie mini-invasive

Les systèmes de manipulation exploitent des architectures complexes à haute mobilité dont la conception doit satisfaire des contraintes et critères multiples.



Exemple des méthodes évolutionnistes :  
Détermination de cinématiques optimales  
du point de vue des tâches et des  
contraintes avec évaluation par simulation  
physique.

# COMMANDE COMPATIBLE AVEC LES CONTRAINTES



# COMMANDE COMPATIBLE AVEC LES CONTRAINTES

## Motion Safety and Constraints Compatibility for Multibody Robots

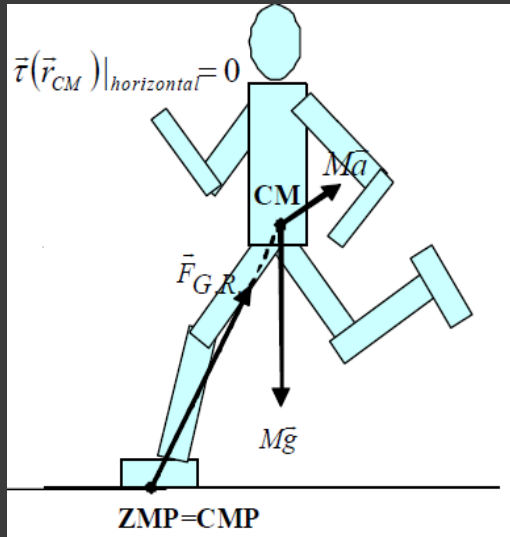
- Experiment 3 : Integration of a Smooth Avoidance  
Technique into the mixable joint deceleration ASB -

Rubrecht, S., Padois, V., Bidaud, P.,  
de Broissia, M., da Silva Simoes, M.

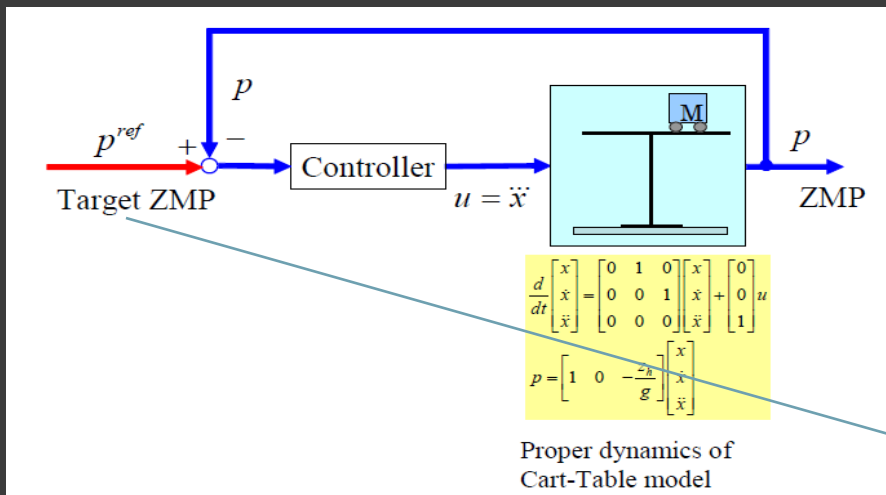
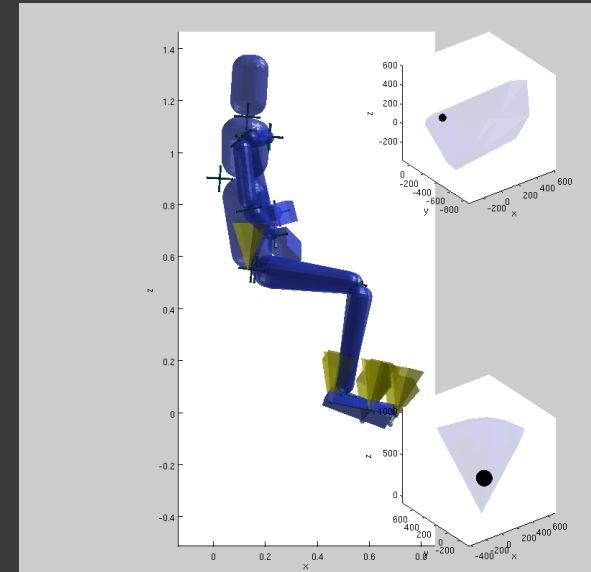


# COMMANDE DE L'EQUILIBRE POSTURAL

Locomotion dynamique par la commande  
du **ZMP** (zero moment point)



du **Rayon Résiduel**



# COMMANDE DE L'EQUILIBRE POSTURAL PERTURBE



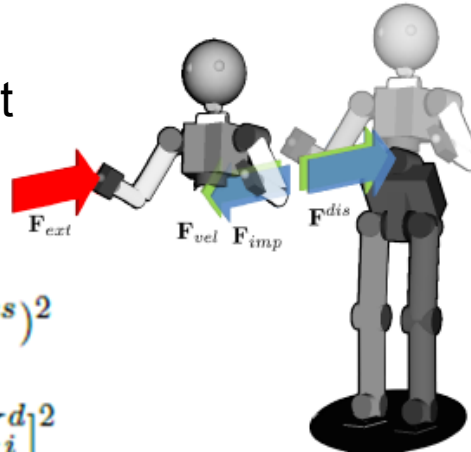
# COMMANDE DE L'EQUILIBRE POSTURAL

Coordination tâche/posture par commande prédictive



Critère optimiser dans la commande de l'impédance des membres supérieurs et de la posture par le contrôle du ZMP.

$$g_k = \frac{1}{2} \sum_{i=k}^{k+N} Q_e(\mathbf{p}_i - \mathbf{p}_i^{ref})^2 + Q_t(\hat{\mathbf{x}}_i - \hat{\mathbf{x}}_i^{des})^2 + Ru_i^2 + S[K_i^p \ K_i^d]^2 + T[\Delta K_i^p \ \Delta K_i^d]^2$$



# COMMANDE DE L'EQUILIBRE PERTURAL

Unified preview control for humanoid postural stability  
and upper-limb interaction adaptation

Aurelien Ibanez, Philippe Bidaud and Vincent Padois

Université Pierre et Marie Curie  
Institut des Systèmes Intelligents et de Robotique - CNRS-UPMC UMR 7222



# SYNTHÈSE D'ACTIVITÉS MOTRICES

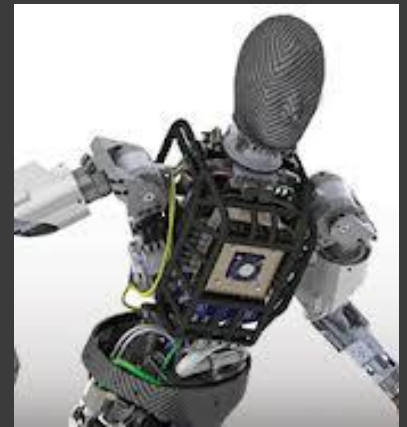
## Les recherches actuelles apportent des réponses à :

- ❑ Développement de répertoires d'activités motrices (ou sensori-motrices) élémentaires.
- ❑ Sûreté des actions élémentaires (satisfaction des contraintes)
- ❑ L'adaptation des actions à la situation courante (i.e à la dynamique de l'environnement)
- ❑ L'adaptation anticipée et coordonnée de l'ensemble des activités
- ❑ L'enchaînement "continu" des tâches (traversée des transitions)
- ❑ L'élaboration d'habiletés motrices de plus en plus complexes (en optimisant les trajectoires)



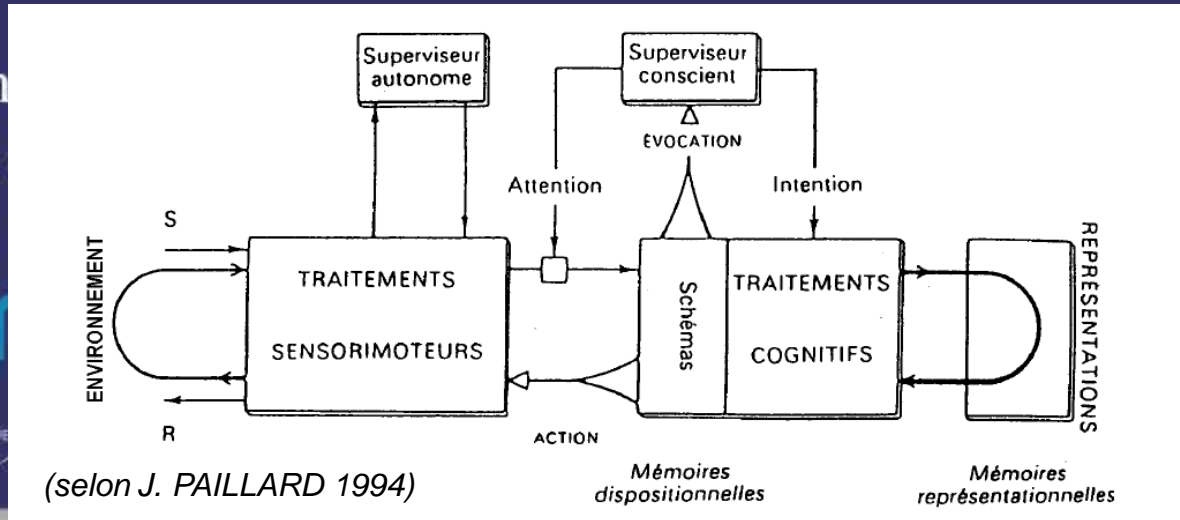
## Elles visent à :

- ❑ Agir (et non pas simplement réagir) en gérant ses activités de manière prédictive sur des horizons temporels importants.
- ❑ Prédire en s'appuyant sur des représentations figuratives ou symboliques des réalités physiques.
- ❑ Exploiter des mécanismes associatifs guidant le choix des activités en fonction des représentations de l'effet sensoriel à produire,
- ❑ Fournir une base de connaissances qui permet de sélectionner les actions en fonction de leurs résultats attendus
- ❑ Anticiper les effets -exemple de la conduite automobile- en élaborant des méta-modèles (modèles réduits) pour “projeter” les capacités du système sur la tâche.
- ❑ S'assurer que l'activité “réfléchie” est cohérente et consistante vis-à vis de l'objectif



# SYNTHÈSE D'ACTIVITÉS MOTRICES

## Intégration sensori-motrice et idéomotrice

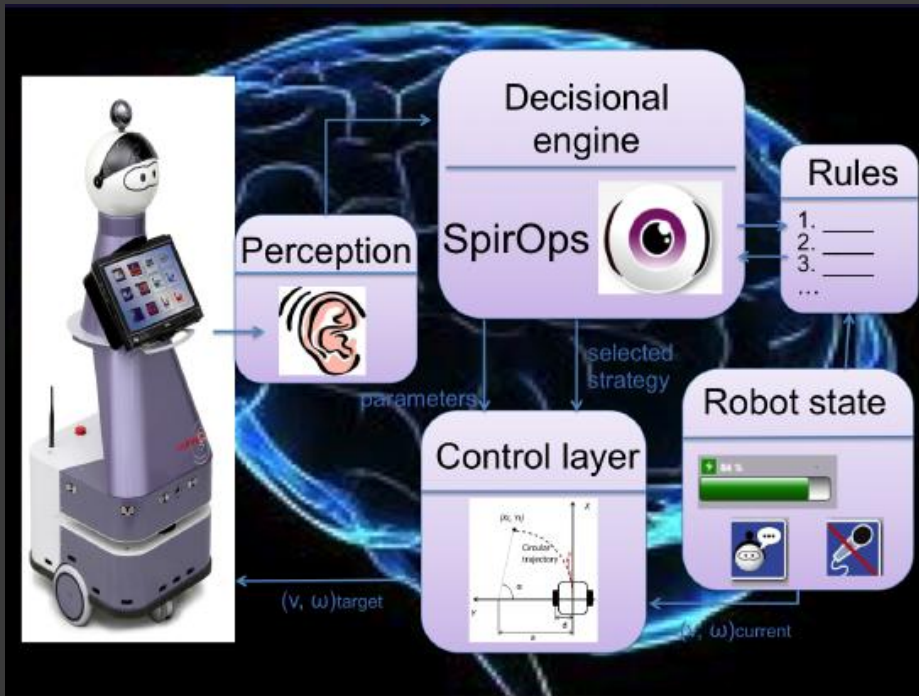


H. Poincaré a écrit (La valeur de la science):  
*Localiser un objet dans l'espace signifie se représenter les mouvements [...] qu'il faut faire pour atteindre cet objet.*

# LES INTERACTIONS HOMME/SYSTEME



# LES INTERACTIONS HOMME/SYSTEME



**Strategy interests**

**Fuzzy variables**

**Fuzzy rules**

**SpirOps development interface**

**Control parameters**



A framework for the design of person  
following behaviors for social  
mobile robots

Consuelo GRANATA

consuelo.granata@isir.upmc.fr



***Un constat*** : Une proximité évidente avec les systèmes aéronautiques “intelligents”

***Remerciements*** aux chercheurs et doctorants de l'équipe Syroco  
de l'Institut des Systèmes Intelligents et de Robotique

***Biblio*** : <http://people.isir.upmc/bidaud>

MERCI DE VOTRE ATTENTION

# LA RECHERCHE .... UN EXERCICE DE RIGUEUR !



*Images issues d'une caméra cachée*

# MAIS, EN ROBOTIQUE ... À LA FIN !



*La même caméra cachée quelque temps après ....*