



# *Les robots, bientôt nos égaux ?*

David Filliat

ENSTA ParisTech / INRIA FLOWERS

<http://flowers.inria.fr>

# Qu'est-ce que la robotique ?

Mécanique : structure,  
mécanismes, matériaux



Nao

Logiciel Haut-niveau : navigation,  
vision, cognition, apprentissage

Logiciel Embarqué : OS,  
commande, temps-réel

Energie : moteurs,  
actionneurs, batteries

Electronique : capteurs,  
processeurs, communications

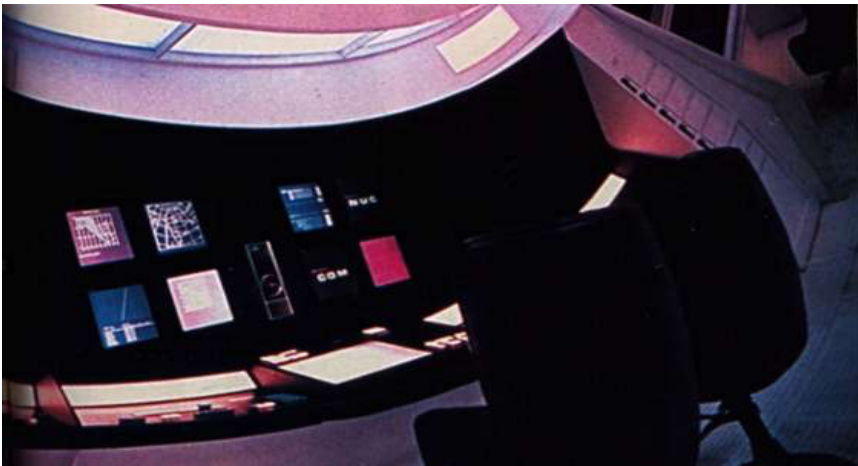
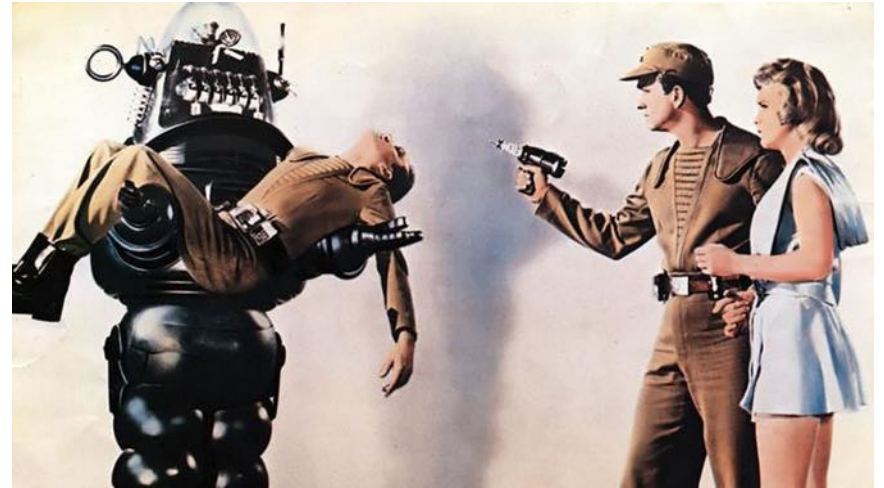
Domaine pluri-disciplinaire

# Robots imaginaires

1957

## **ROBBY**

Intelligent, puissant, rigide



1968

## **HAL 9000**

Désincarné, froid, purement rationnel

# Robots imaginaires



2001

**David**

Robot incarné, émotionnel, faillible

2012

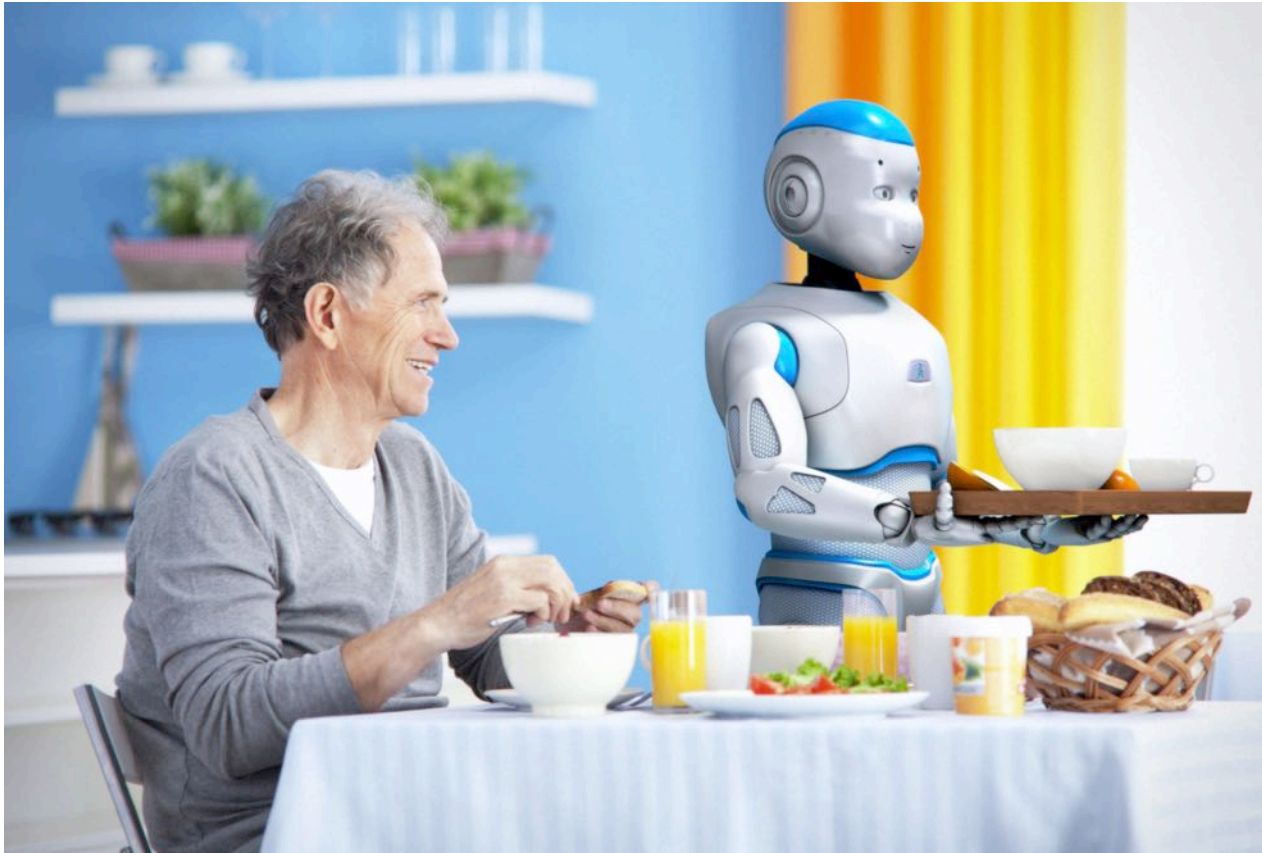
**Anita**

Intelligente, sensible, ambiguë





# Robots de service



Romeo2  
Aldebaran  
Robotics

Besoin d'apprendre, d'adaptation, d'interaction avec l'homme

# Robots industriels



Besoin d'apprendre, d'adaptation, d'interaction avec l'homme

# Une transition en recherche



2010 - IIT

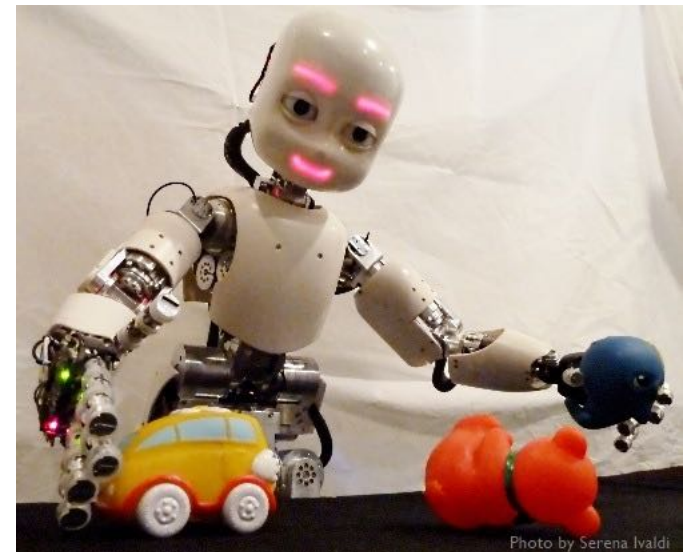
Importance du corps, de l'interaction, de l'apprentissage

# S'inspirer des enfants

## Une idée ancienne...



























*Instead of trying to produce a program to simulate the adult mind, why not rather try to produce one which simulates the child's? If this were then subjected to an appropriate course of education, one would obtain the adult [brain](#) [...] Our hope is that there is so little mechanism in the child brain that something like it can be easily programmed.*

(Turing, 1950, "Computing Machinery and Intelligence")





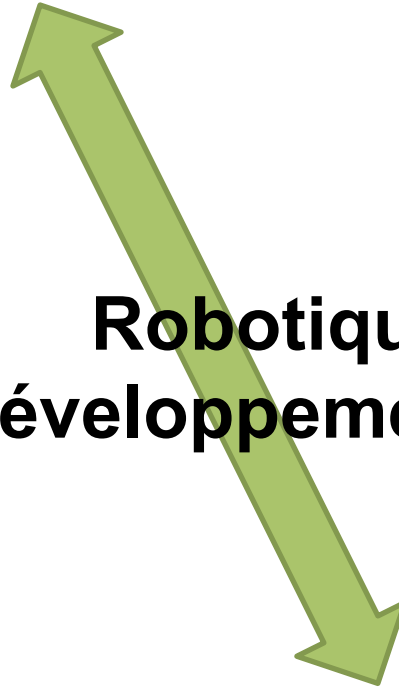
# Développement cognitif et comportemental de l'enfant

PHYSICAL DEVELOPMENT	Average age skills begin	3 months	6 months	9 months	1 year	2 years	
Head and trunk control	 lifts head part way up	 holds head up briefly	 holds head up high and well	 holds up head and shoulders	 turns head and shifts weight	 holds head up well when lifted	 moves and holds head easily in all directions
Rolling		 rolls belly to back	 rolls back to belly	 rolls over and over easily in play			
Sitting		 sits only with full support	 sits with some support	 sits with hand support	 begins to sit without support	 sits well without support	 twists and moves easily while sitting
Crawling and walking		 begins to		 pulls to	 takes	 walks	
Arm and hand control	 grips finger put into hand						
Seeing	 follows close	 enjoys bright	 eyes focus on	 looks at small			

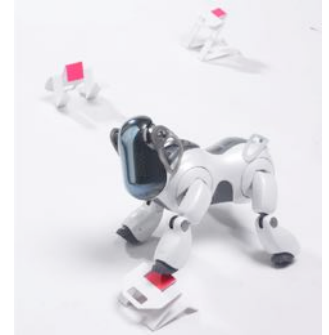
- Comment se forment ces structures ?
- Comment influent-elles sur l'apprentissage ?



Comprendre le développement humain



**Robotique  
Développementale**



Construire des robots qui apprennent



# Modélisation computationnelle et robotique

Explorer des dynamiques complexes pour **développer nos intuitions**



# Comprendre les contraintes guidant le développement pour construire des robots

## Familles de “forces” développementales

### **Morphologie et croissance**

- Utilité de la morphologie
- Auto-organisation des structures du mouvement

### **Abstractions cognitives**

- Catégories perceptuelles ancrées dans l'action
- Apprentissage efficace en grandes dimensions

### **Motivations intrinsèques, apprentissage actif**

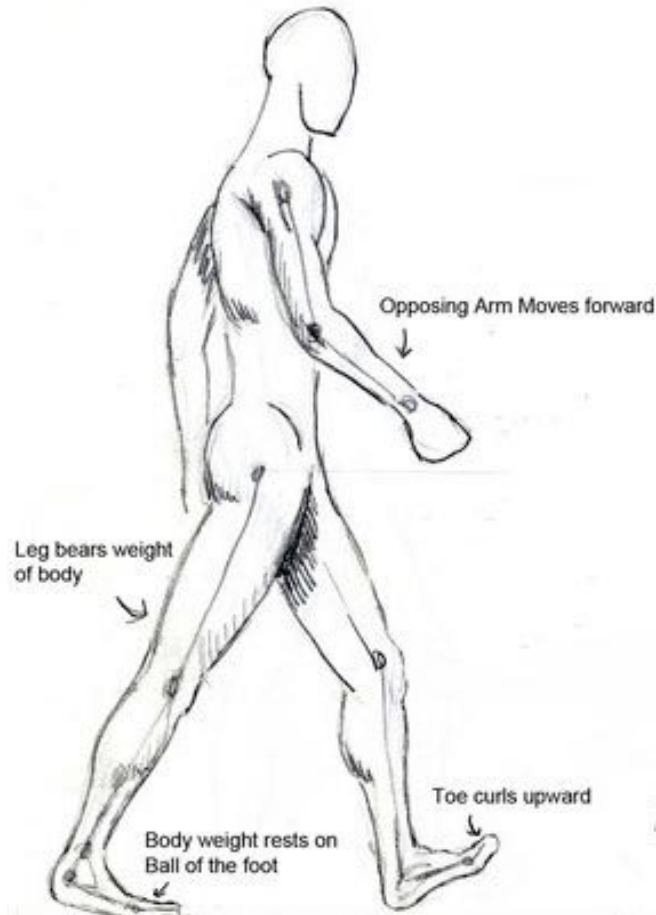
- Recueil autonome de données
- Auto-organisation de trajectoires développementales

### **Apprentissage social, imitation**

- Imitation de buts et de trajectoires
- Apprentissage de primitives de mouvement



# L'importance du corps



Walking = calculating?

# Walking with calculating

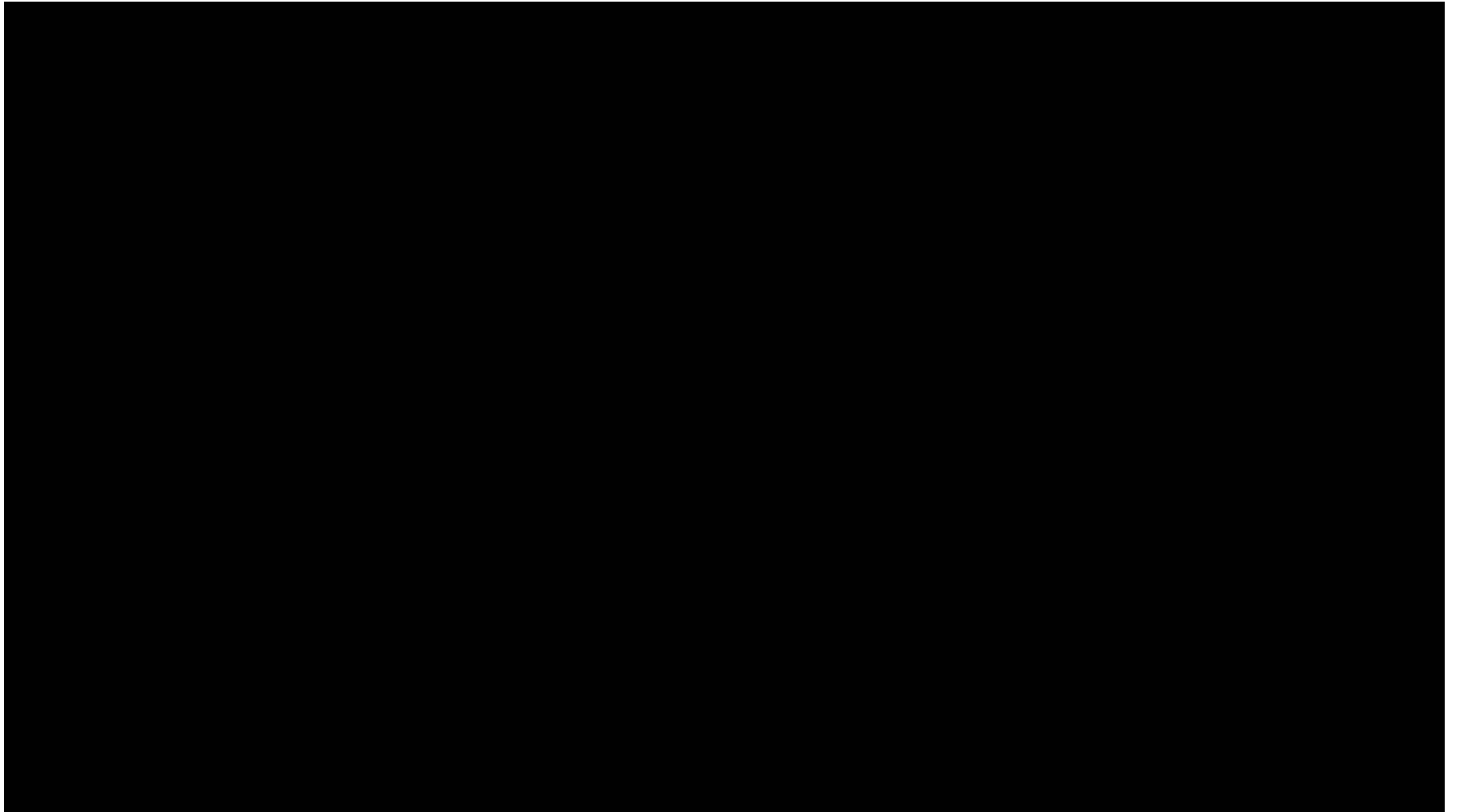


# Walking without calculating



Tad McGeer (McGeer, 1990), Nagoya Univ. (2005)

# Le robot humanoïde Poppy



- Dessin des jambes bio-inspiré et Open Source
- Impression 3D et mécanique sur étagère, 2 jours d'assemblage



# Créer des abstraction cognitives

Reconnaissance d'objets par ordinateur



Plane



Motorbike



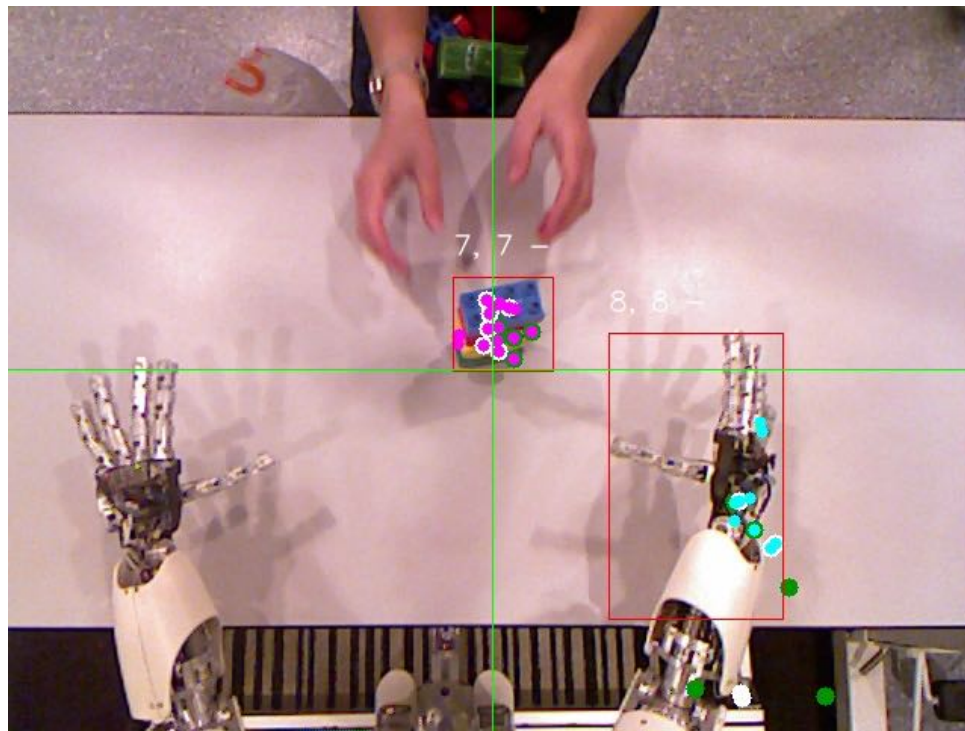
?

Tache très difficile



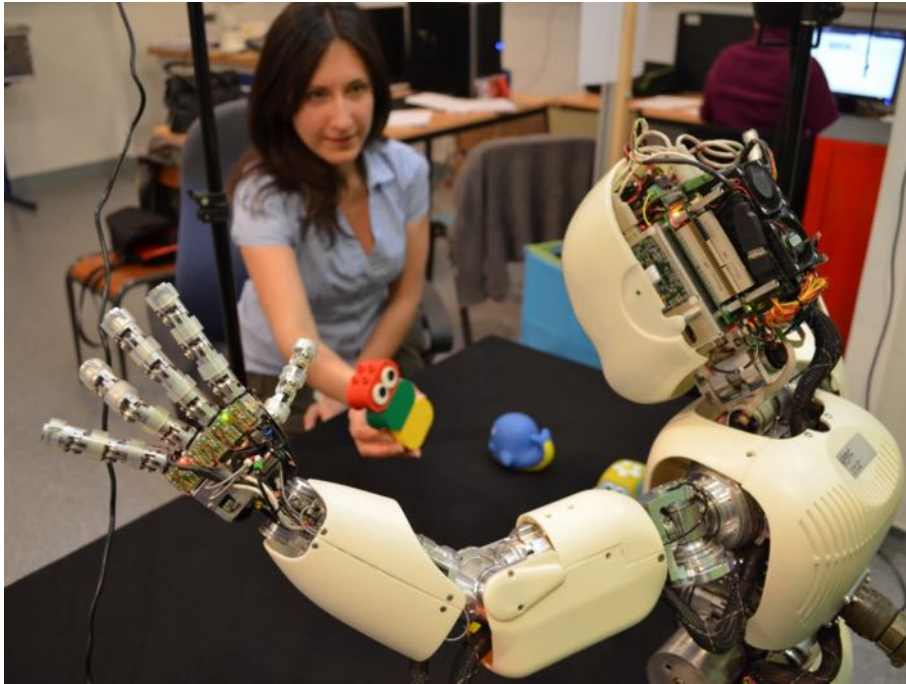
# Qu'est-ce qu'un objet ?

Reconnaitre ombres/objets/humain/soi ...

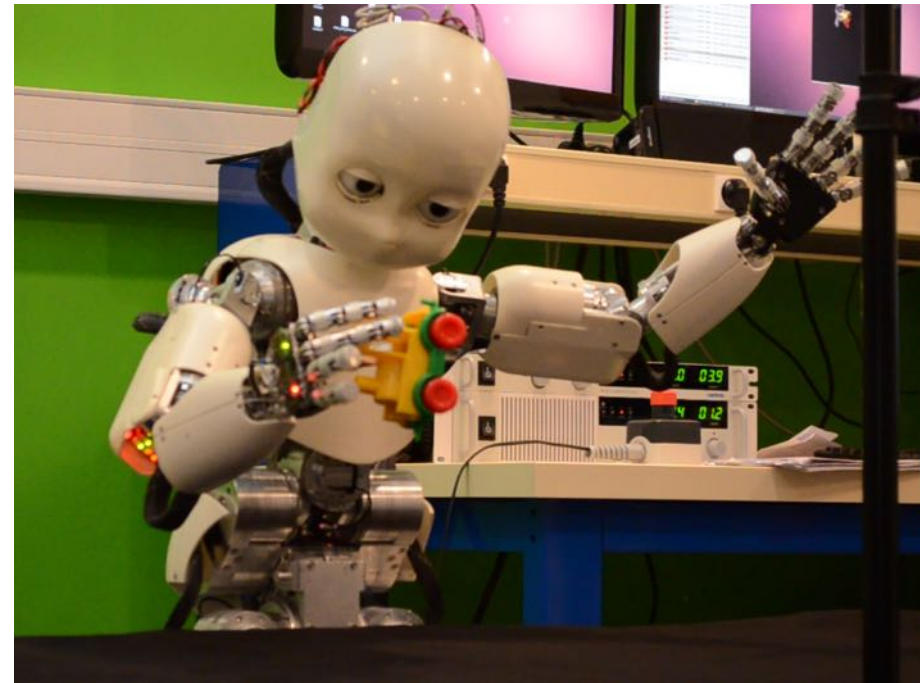


Reconnaitre objets / leur fonction

# S'inspirer des enfants



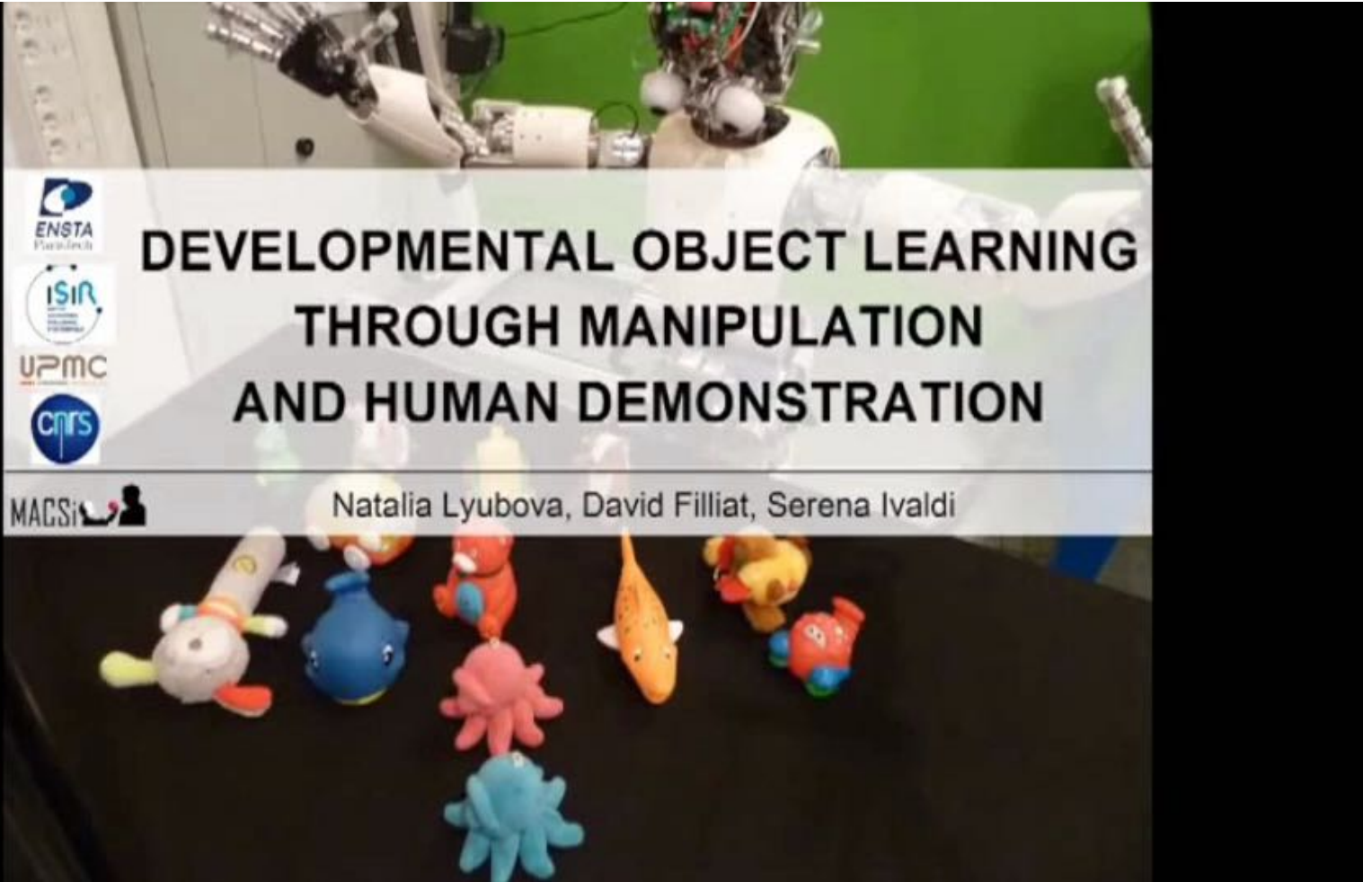
Apprendre par l'observation



Apprendre par la manipulation



# Apprentissage d'objets



The image shows a white robotic arm with a gripper, positioned over a table. On the table are several colorful, soft toys, including a white and orange fish, a blue fish, a red octopus, a yellow fish, a blue octopus, and a red fish. The background is a plain green wall.


**ENSTA**  
ParisTech

**ISIR**  
Institut des Sciences de l'Informatique et de la Robotique

**UPMC**

**CNRS**

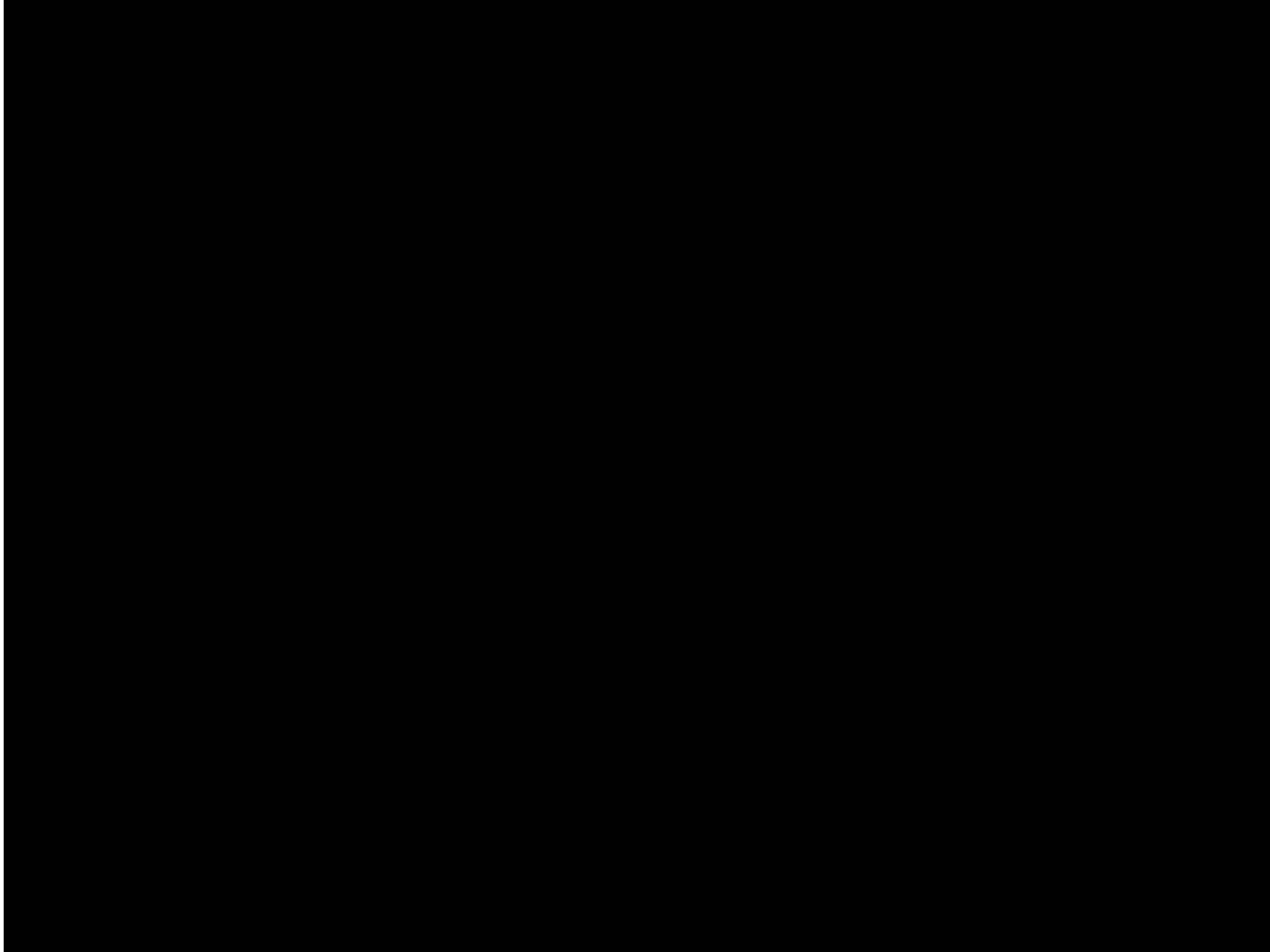
**DEVELOPMENTAL OBJECT LEARNING  
THROUGH MANIPULATION  
AND HUMAN DEMONSTRATION**

**MAGSi** 

Natalia Lyubova, David Filliat, Serena Ivaldi



# Explorer le monde



# Motivations intrinsèques, curiosité, apprentissage actif



Hull (1943), White (1959)

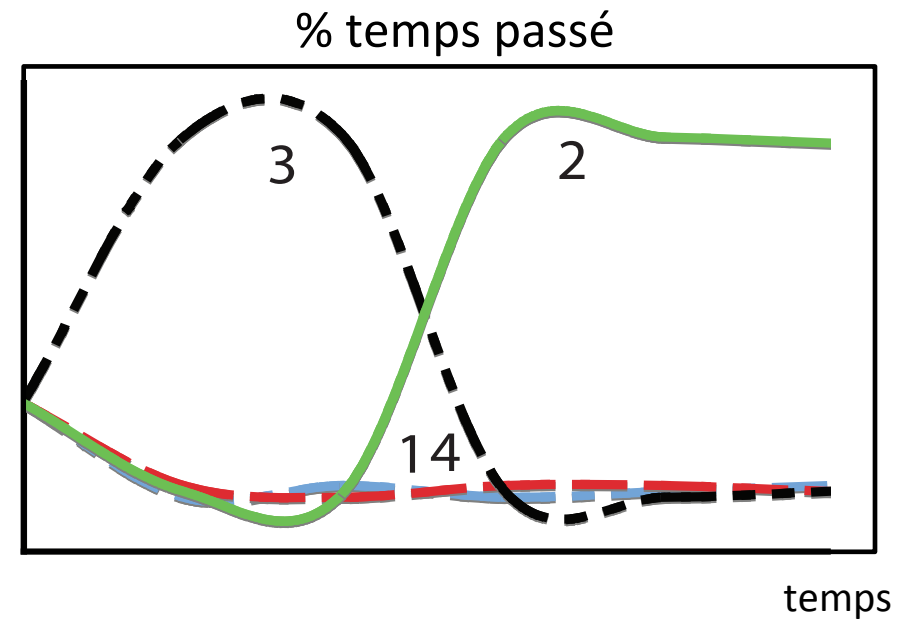
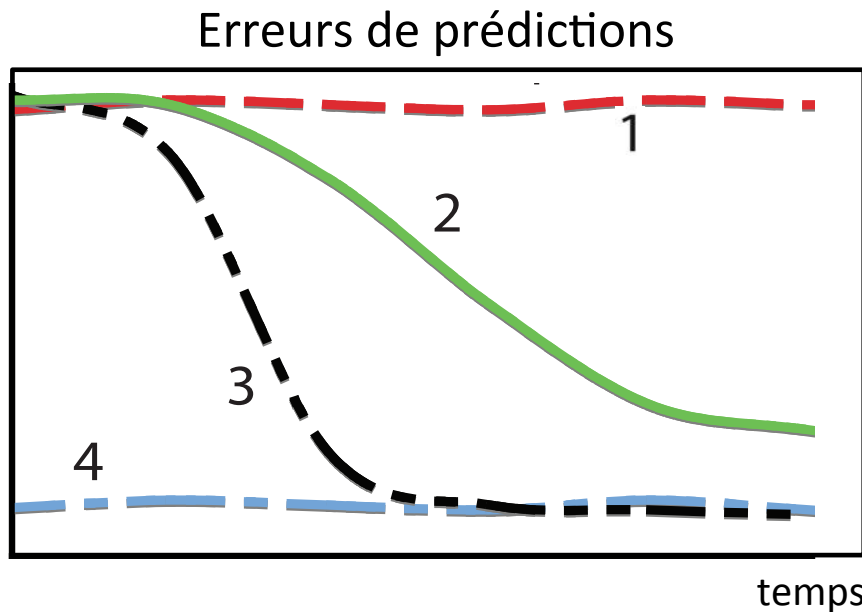
Les formes simples de motivations (e.g., se nourrir, se reproduire ...) ne peuvent pas expliquer la variété des activités spontanées chez l'humain.

→ Les **motivations intrinsèques** poussent les humains à explorer des activités de nouveauté/difficulté intermédiaire, par un mécanisme de régulation active de la complexité

# The Playground Experiment

Can a robot be curious?  
<http://playground.csl.sony.fr>

# « Intelligent Adaptive Curiosity »



Création de séquences de comportement qualitativement similaires à l'homme : régularités / diversité



# Ou en sommes nous ?



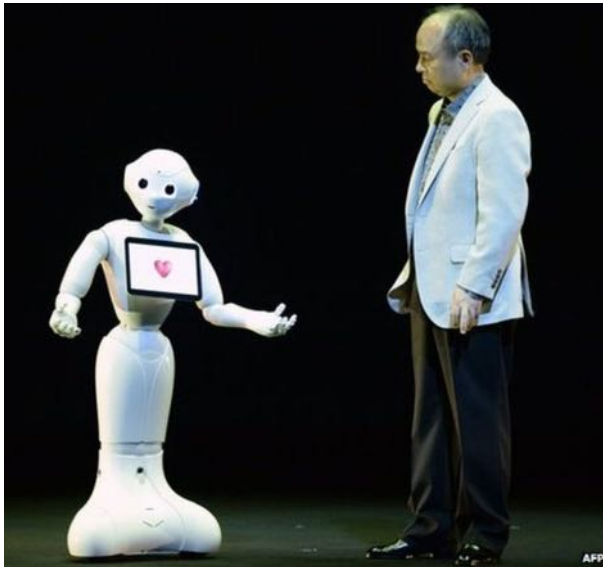
Compétition robotique DARPA

# Ou en sommes nous ?



Compétition robotique DARPA

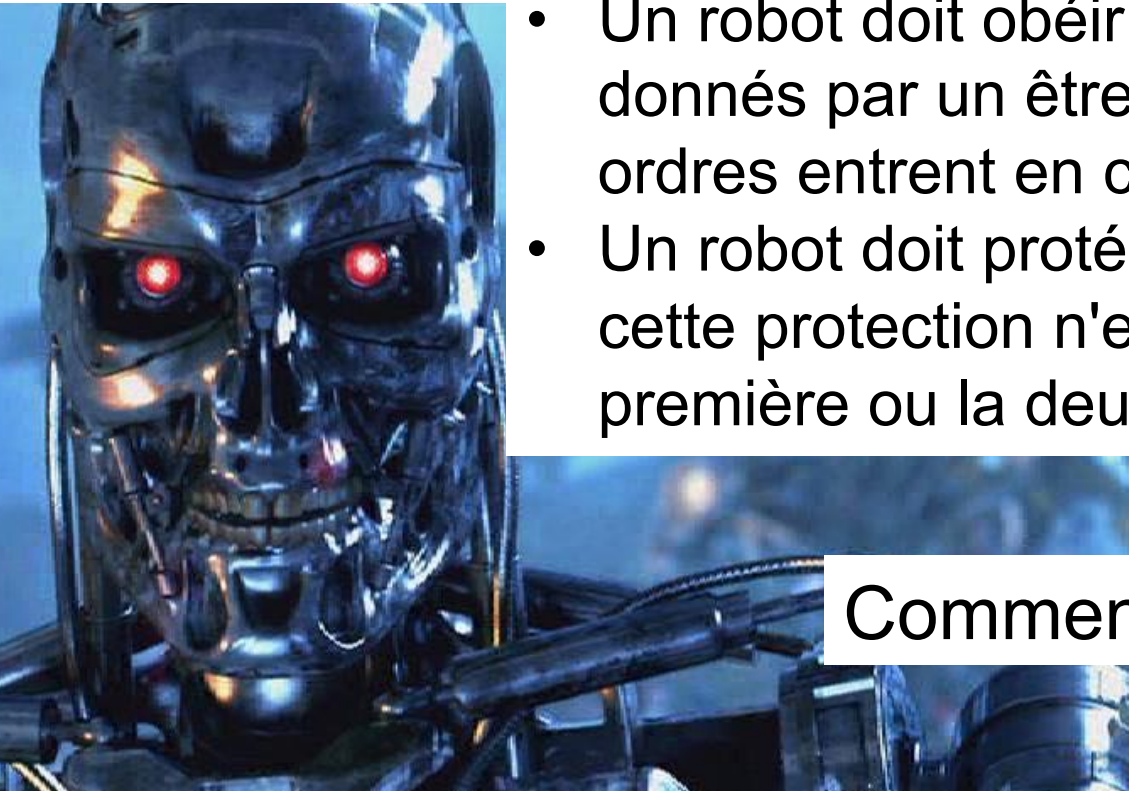
# Ou en sommes nous ?



# Comment éviter les dérives ?

## **3 lois de la robotique** (A. Asimov)

- Un robot ne peut porter atteinte à un être humain, ni, en restant passif, permettre qu'un être humain soit exposé au danger.
- Un robot doit obéir aux ordres qui lui sont donnés par un être humain, sauf si de tels ordres entrent en conflit avec la première loi.
- Un robot doit protéger son existence tant que cette protection n'entre pas en conflit avec la première ou la deuxième loi.



Comment les appliquer ?



# Comment limiter les risques ?

- La robotique est un assemblage de technologies  
→ contrôler son utilisation (mines)
- Les 3 lois supposent des robots intelligents  
→ éduquer les robots ?
- Si les robots deviennent capables d'apprendre  
→ qui sera responsable ?



Merci à Pierre-Yves Oudeyer (resp équipe FLOWERS) et à toute l'équipe

<http://flowers.inria.fr>

Poppy : une plateforme ouverte pour les scientifiques, éducateurs, développeurs et artistes.

<https://www.poppy-project.org/>

