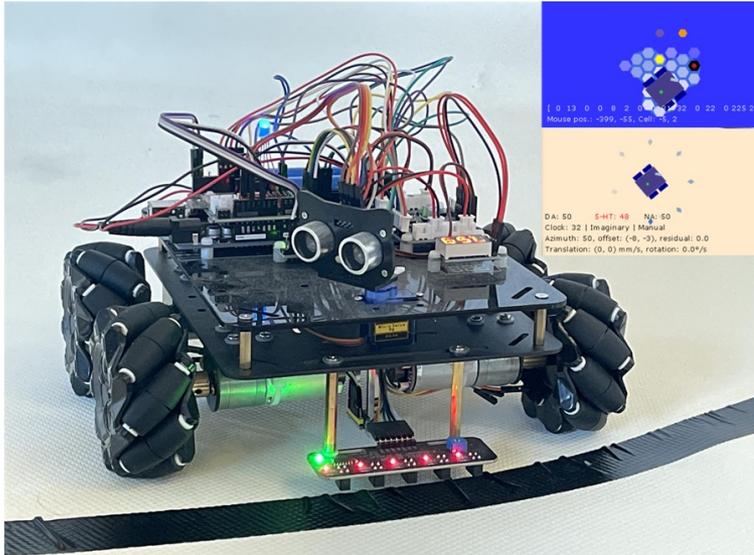
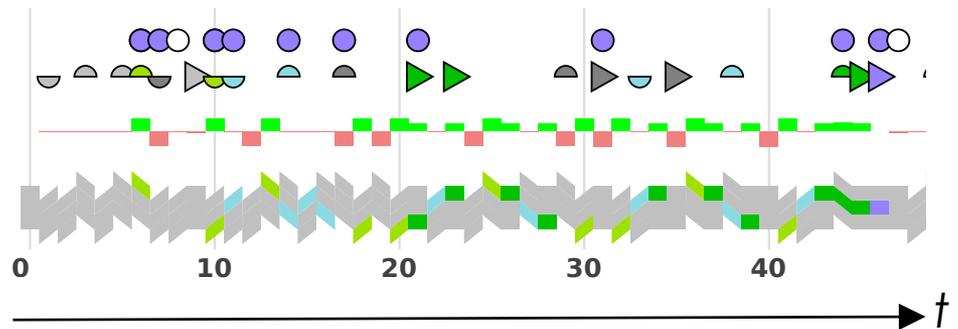


# Intelligence Artificielle Développementale



30 Septembre 2024  
olivier.georgeon@gmail.com  
<http://www.oliviergeorgeon.com>



# Déroulement du cours

UE « IA et Cognition » (30h): Marie Lefevre

Module « IA Développementale » (12h) Olivier Georgeon

- Lundi 23 septembre: 3h
- **Lundi 30 septembre: 3h**
- Lundi 7 octobre: 3h
- Lundi 14 octobre: 3h

Contrôle des connaissances:

- TD par groupe de 2: 40% de la note de contrôle continu
- Rendu par mail le **vendredi 22 octobre**
- Examen final: 7 points sur 20

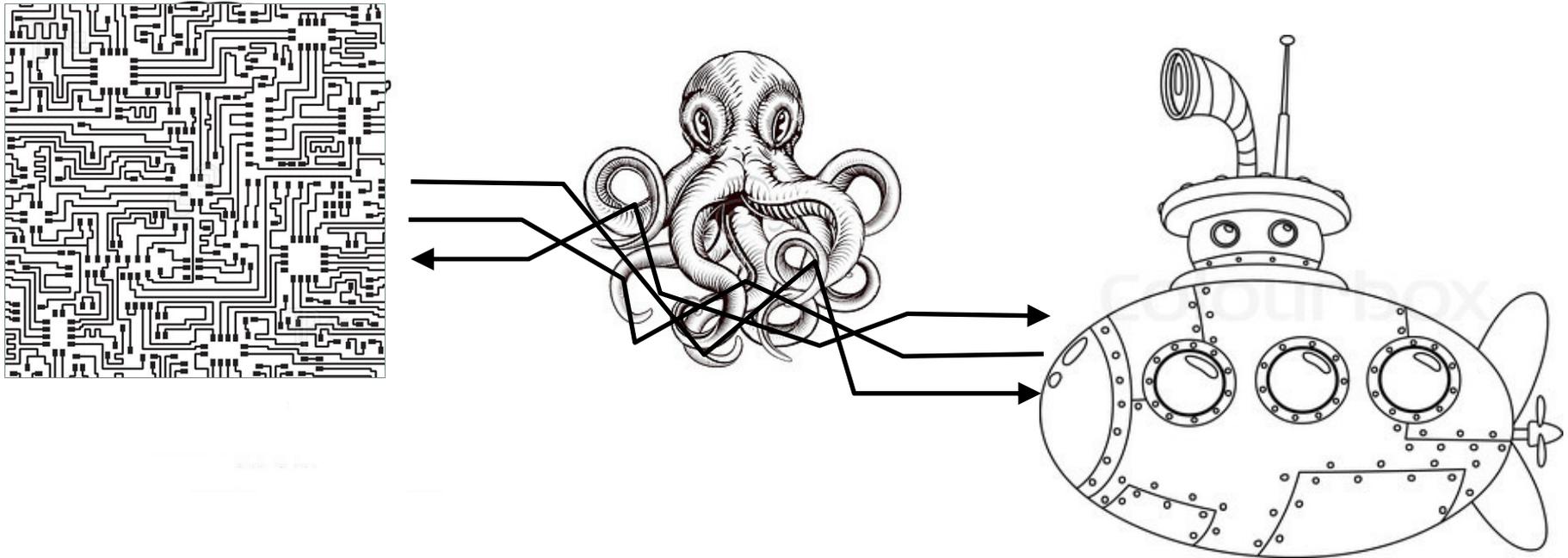
# Objectifs pédagogiques

## Après ce cours, vous serez capables de:

- Cours
  - Expliquer ce qu'est l'IA développementale
  - Différencier IA en domaine modélisé / non modélisé
  - Nommer quelques auteurs de référence dans ce domaine
- TD
  - Implémenter un agent minimaliste dans lequel on ne code pas a priori une ontologie du "monde".

# Inversion du cycle d'interaction

# IA sans domaine modélisé a priori



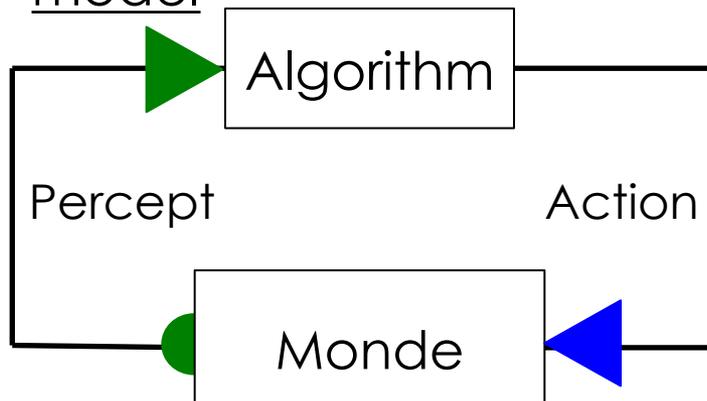
O'Regan & Noë (2001)

A sensorimotor account of vision and visual consciousness

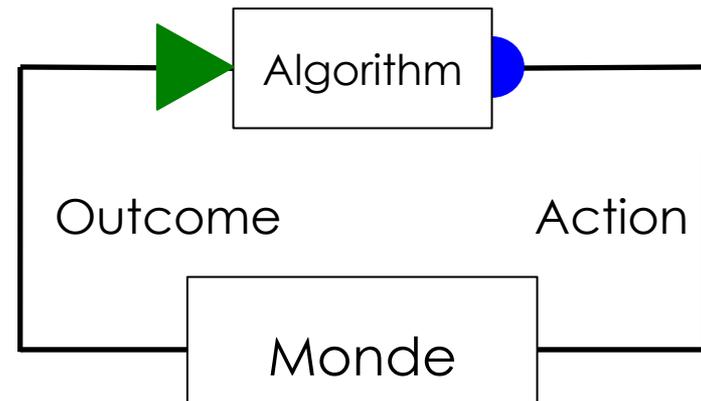
# Inversion du cycle d'interaction

- “The problem of AI is to build agents that **receive percepts from the environment and perform actions**” (Russell et Norvig, 2003, p. iv)
- By observing the **structure of the changes** that occur **when they press various buttons and levers** (O'Regan & Noë 2001, p. 940).

a) Traditional model



b) Inverted model



La complexité des **données d'entrée** n'a pas besoin d'être proportionnelle à la complexité du monde

# Psychologie développementale

## Jean Piaget (1896-1980)

Docteur en malacologie valaisaine. Professeur en psychologie, sociologie, philosophie des sciences. Directeur du bureau international d'éducation (BDI, UNESCO). Fondateur et directeur du Centre International d'Épistémologie Génétique.

La construction du réel chez l'enfant (1937)

Épistémologie génétique (1950)

### Idées clés

Schème sensori-moteur

La connaissance est construite et non enregistrée



# Epistémologie génétique (Piaget 1950 p14)

La connaissance ne procède en ses sources ni d'un sujet conscient de lui-même ni d'objets déjà constitués (du point de vue du sujet) qui s'imposeraient à lui : elle résulterait d'interactions se produisant à mi-chemin entre deux et relevant donc des deux à la fois, mais en raison d'une indifférenciation complète et non pas d'échanges entre formes distinctes.

S'il n'existe au début ni sujet, au sens épistémique du terme, ni objets, conçus comme tels, ni surtout d'instruments invariants d'échange, le problème initial de la connaissance sera donc de construire de tels médiateurs: partant de la zone de contact entre le corps propre et les choses, il s'engageront alors toujours plus avant dans les deux directions complémentaires de l'extérieur et de l'intérieur et c'est de cette double construction progressive que dépend l'élaboration solidaire du sujet et des objets

L'instrument d'échange initial n'est pas la perception, comme les rationalistes l'ont trop facilement concédé à l'empirisme, mais bien l'action elle-même en sa plasticité beaucoup plus grande. Certes, les perceptions jouent un rôle essentiel, mais elles dépendent en partie de l'action en son ensemble et certains mécanismes perceptifs que l'on aurait pu croire innés ou très primitifs ne se constituent qu'à un certain niveau de la construction des objets.

# Au meme moment

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.

Presumably, the child brain is something like a notebook [...]. Rather little mechanism, and lots of blank sheets. [...]. **Our hope is that there is so little mechanism in the child brain that something like it can be easily programmed.** The amount of work in the education we can assume, as a first approximation, to be much the same as for the human child.

Computing machinery and intelligence  
(**Alan Turing**, 1950, *Mind*, *philosophy journal*).



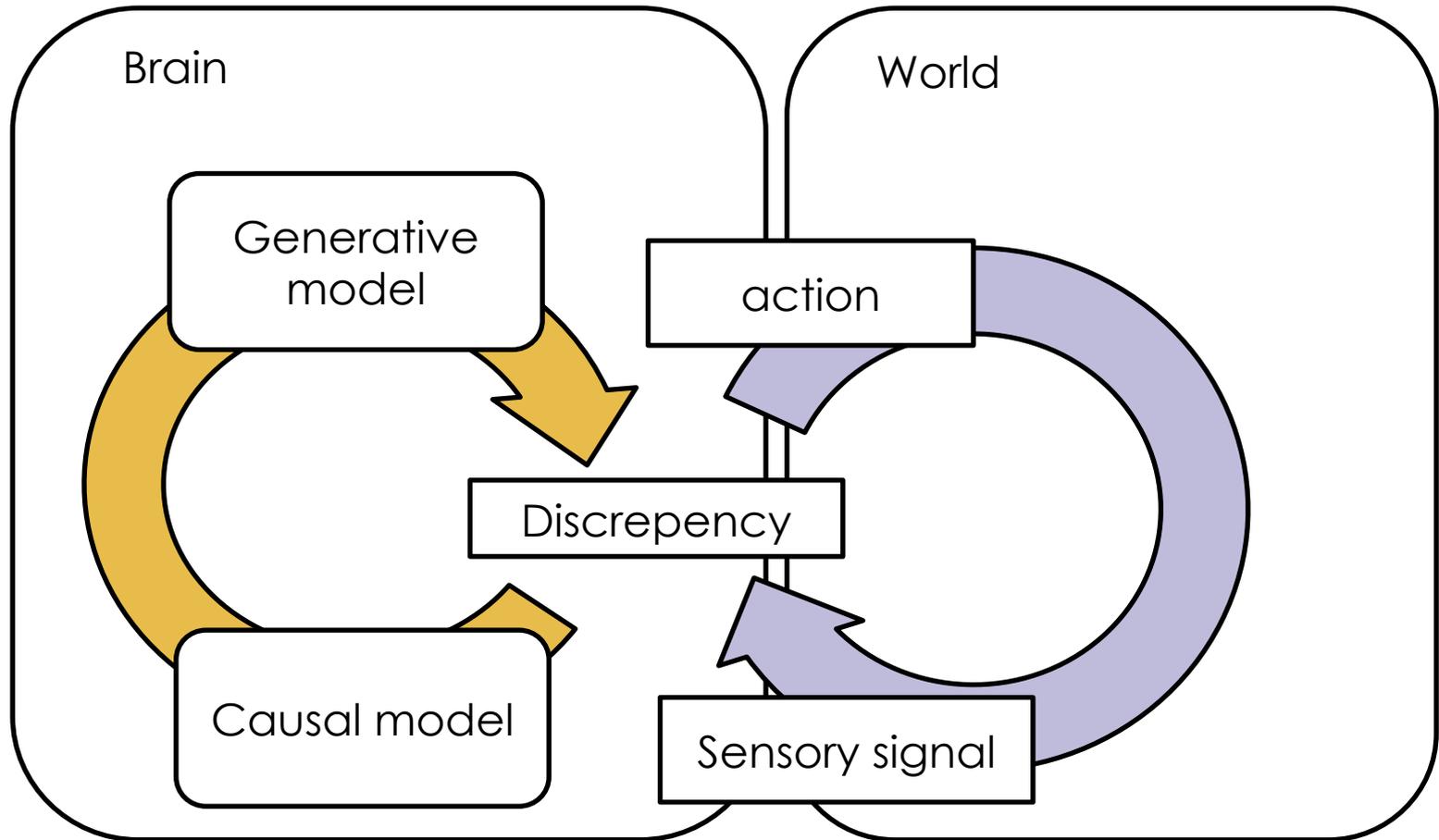
# Joscha Bach (2023)



<https://youtu.be/e8qJsk1j2zE?si=Gh7KfkJFHpzttT6-&t=6600>

So during the first years of our life, an infant is building a lot of structures about the world that require experiments and some first principle reasoning and so on. And in this time, there is usually no personal self. There is a first-person perspective but it's not a person. This notion that you are a human being interacting in a social context and is confronted with an immutable world in which objects are fixed and can no longer be changed, in which the dream can no longer be influenced is something that emerges a little bit later in our life

# Active Inference



M. Ramstead (2020) <https://youtu.be/WzFQzFZiwzk?t=1265>

# Inversion du cycle d'interaction

- **Neurosciences**

- Active inference
  - Friston (2017) Active inference, a process theory.
  - <https://youtu.be/WzFQzFZiwzk?t=1265>
- O'Regan – Laming
  - On the distinction between “sensorimotor” and “motorsensory” contingencies (2001)

- **Robotique**

- Rolf Pfeifer
  - From perception to action: The right direction? (1994)
- Georgeon O. & Cordier A.
  - Inverting the interaction cycle to model embodied agents (2014)
- Asada & Nagai
  - Predictive learning of sensorimotor information as a key for cognitive development. (2015)

# Deux épistémologies en concurrence

- Hypothèse « représentationnaliste » ou « réaliste »
  - Les données d'entrée représente des aspects de la réalité (percepts)
- Hypothèse « constructiviste » ou « interactionniste »
  - Les données d'entrées informent sur les possibilités d'interaction (résultat d'une action)

# Déterminisme et cognition

# Déterminisme

**Je suis un système déterministe**

**Je suis un système non déterministe**

# Déterminisme et prédictibilité

## Déterministe

- Chaque état du système découle de manière univoque de l'état précédent
- Si on « ré-exécute » le système, il se comportera exactement de la même manière

## Prédictibilité

- Possibilité de prévoir l'état futur d'un système

# Sources d'imprédictibilité

## Indéterminisme

- physique quantique

## Incertitude

- Connaissance imparfaite des lois
- Connaissance imparfaite des conditions initiales

## Complexité

- Moyens de calcul insuffisants

## Irréductibilité computationnelle

- L'algorithme qui simule le système ne peut pas être court-circuité pour prédire directement le résultat à l'étape  $n$ .

# Imprédictibilité déterministe

## Problème des trois corps

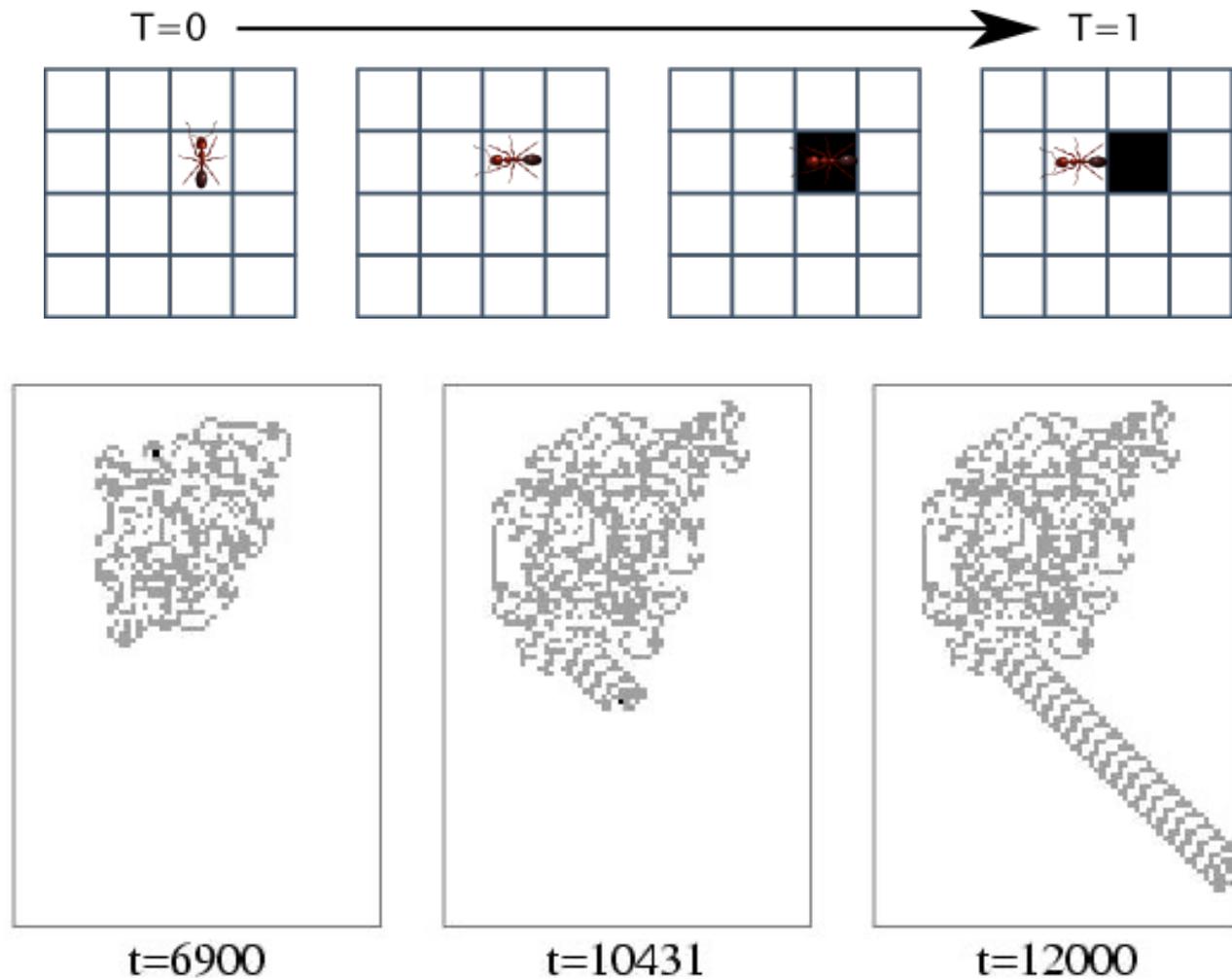
- Résoudre les équations de Newton de N corps interagissant gravitationnellement
- Henri Poincaré

## Jeu de la vie de Conway

## Fourmi de Langton

- <https://youtu.be/qZRYGxF6D3w>

# Fourmi de Langton



# Idées Clés

## L'humain est peut être déterministe mais néanmoins libre

- *Théorie évolutionniste de la liberté* (Dennett 2003).

## Système déterministe peut être imprédictible.

- *Computational irreducibility* (Stephen Wolfram)
- Inutile d'utiliser la Fonction Random() pour générer des comportements imprédictibles.



## Un système déterministe peut « s'individualiser »

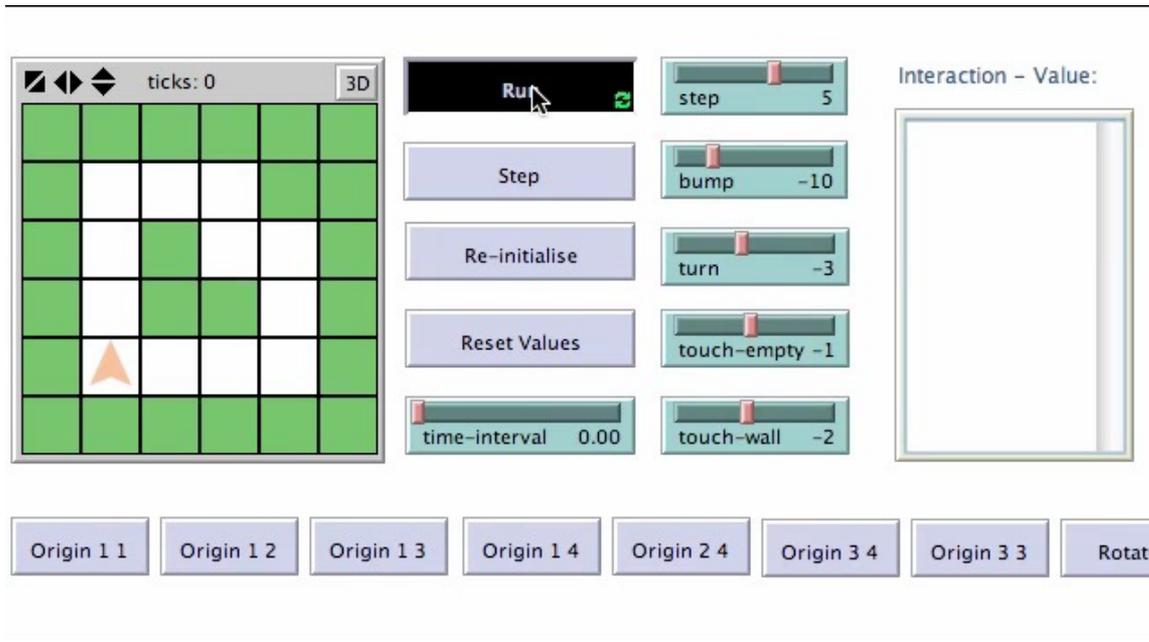
- En fonction des conditions initiales
- En fonction d'expériences individuelles
- *Autonomie constitutive* (Froese & Ziemke 2009).

## Emergence de « macro-propriétés »

- Souvent non démontrable mais observable depuis un niveau d'observation supérieur

# More examples

# L'agent qui finissait par comprendre



<https://youtu.be/LVZ0cPpmSu8>

Avance / collision



(5)



(-10)

Tournes gauche/droite



(-3)

Touche droite/devant/gauche



(-1)

Bump:

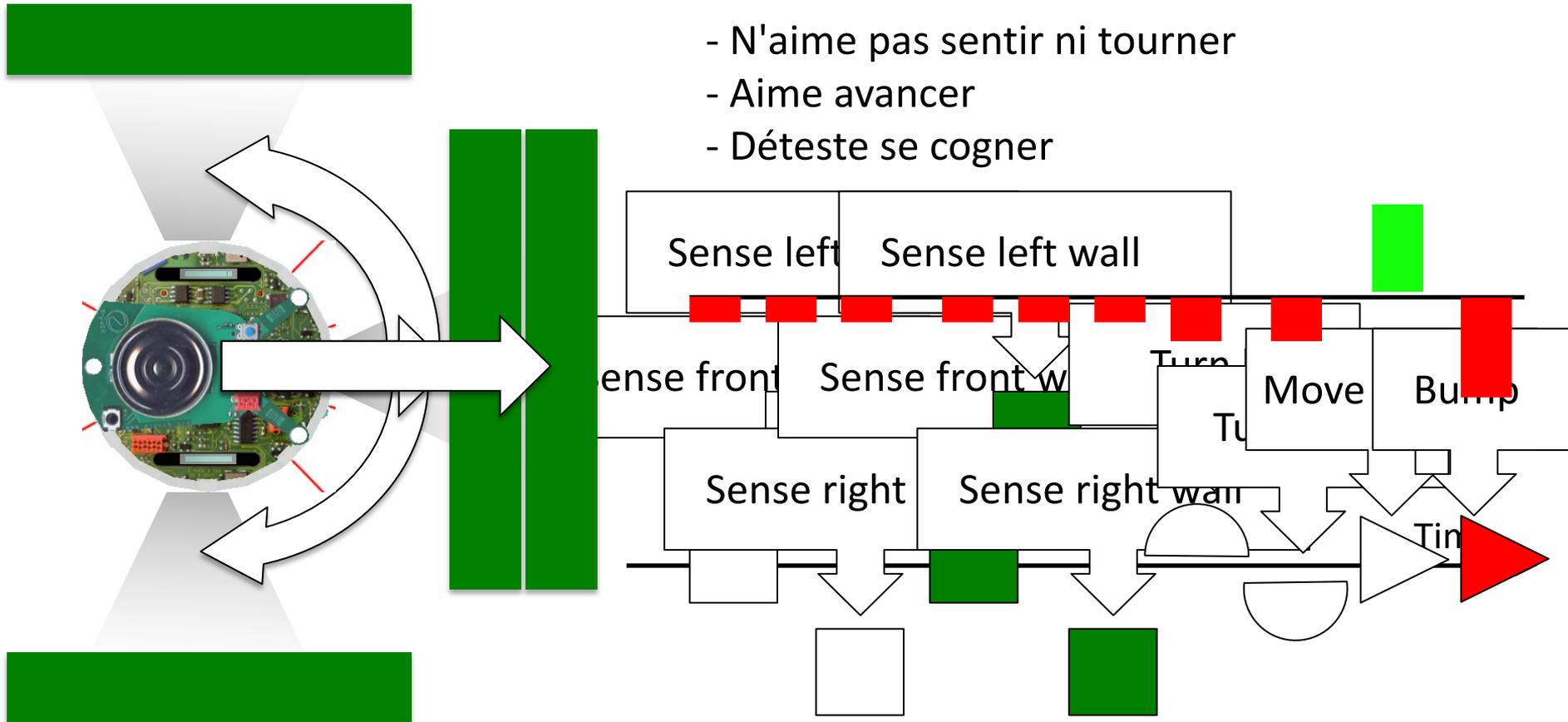


Touch:



# A l'insu du robot ...

- N'aime pas sentir ni tourner
- Aime avancer
- Déteste se cogner

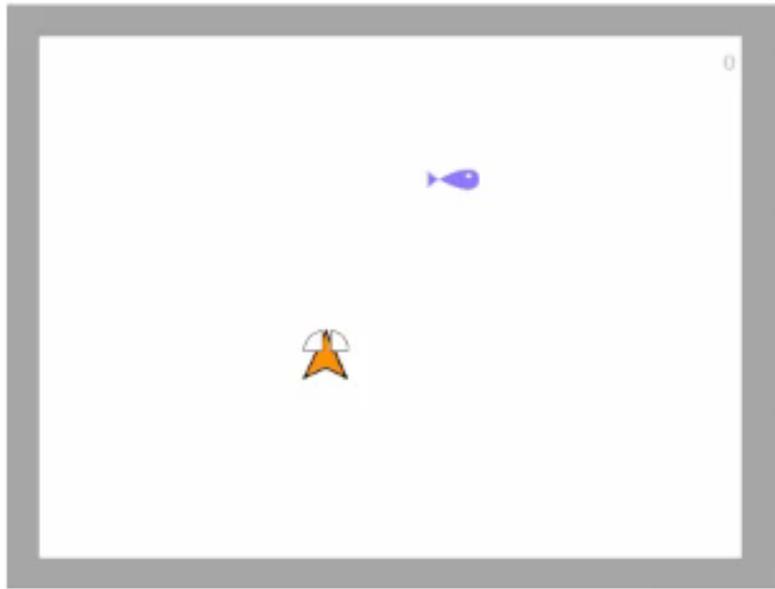


# Le robot qui n'y comprenait rien du tout



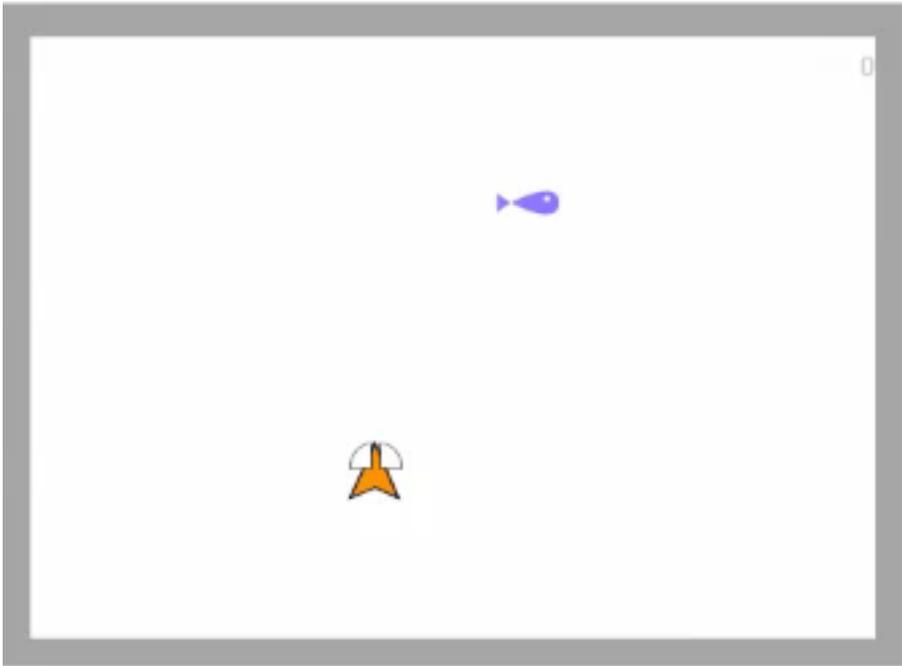
<https://youtu.be/t1RO5S4mBEY>

# Bishop behavior

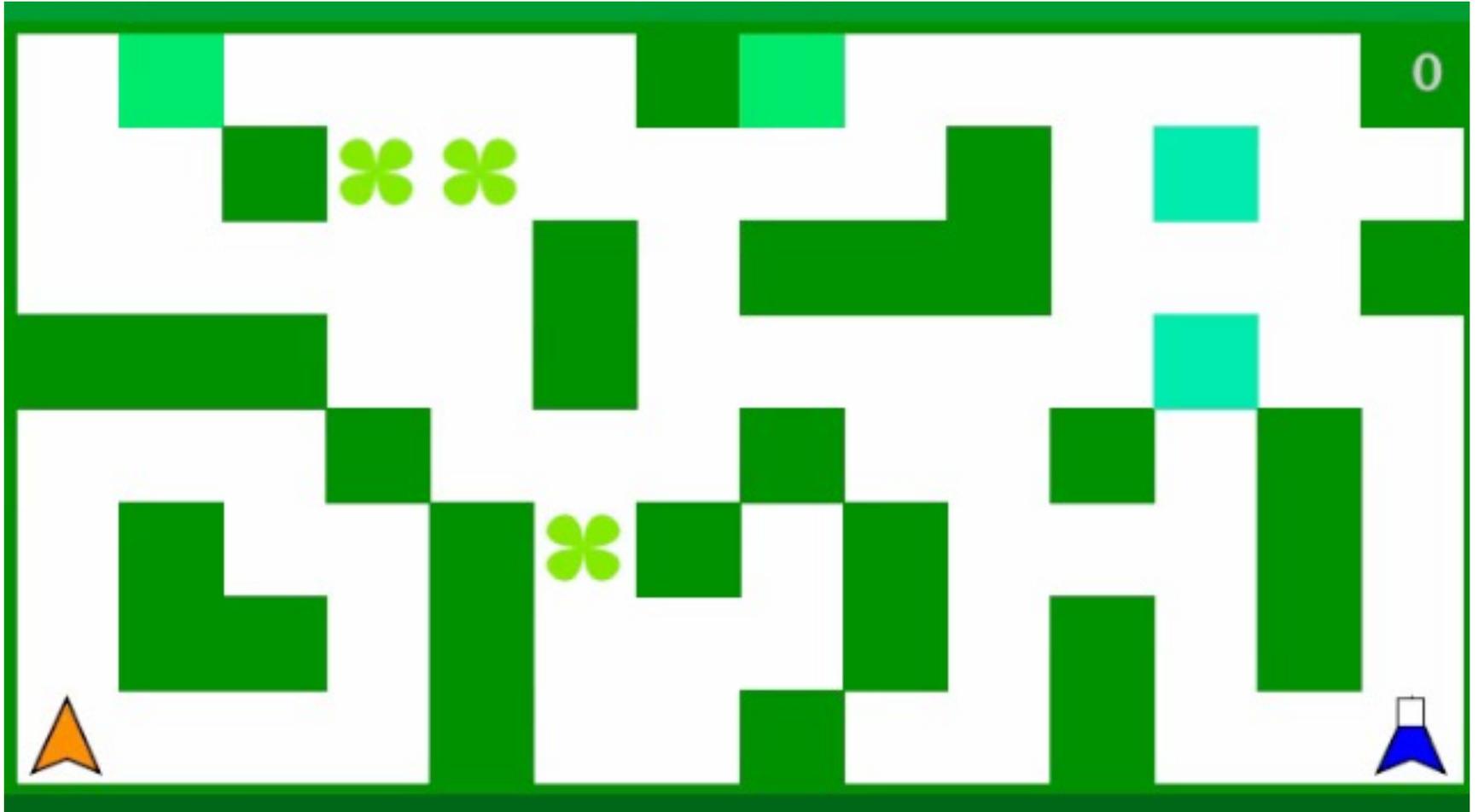


<https://youtu.be/91kKzybt8XY>

# Rook behavior



# Environnement plus complexe



<https://youtu.be/q8WkYbt2BxM>

# Travaux dirigés

## Séance 2

# Agent 2

Deux actions possibles  $A = \{0, 1\}$

Deux outcome possibles  $O = \{0, 1\}$

Quatre interactions possibles  $I = A \times O = \{00, 01, 10, 11\}$

Environnement

- $env_1: 0 \rightarrow 0, 1 \rightarrow 1$  ( $01$  et  $10$  ne se produisent jamais)
- $env_2: 0 \rightarrow 1, 1 \rightarrow 0$  ( $00$  et  $11$  ne se produisent jamais)

Implémenter un agent qui sélectionne les interactions qui ont une valence positive (s'il en existe) sans connaître a priori son environnement ( $env_1$  ou  $env_2$ ).

Il change d'action quand il commence à s'ennuyer

Produire un rapport d'analyse de comportement basés sur les traces.

# Setup

Suivre la procédure écrite dans README.md:

<https://github.com/OlivierGeorgeon/Developmental-AI-Lab>

Vous avez deux méthode possibles :

1. Cloner (ou downloader) le repository
2. Ouvrir les notebook avec Google.colab ou un autre outil online

Méthode 1: Exécuter world.py et vérifiez que vous obtenez la trace d'interaction montrées dans les consignes

Dans les deux cas: Rendre un seul fichier PDF le 22 octobre