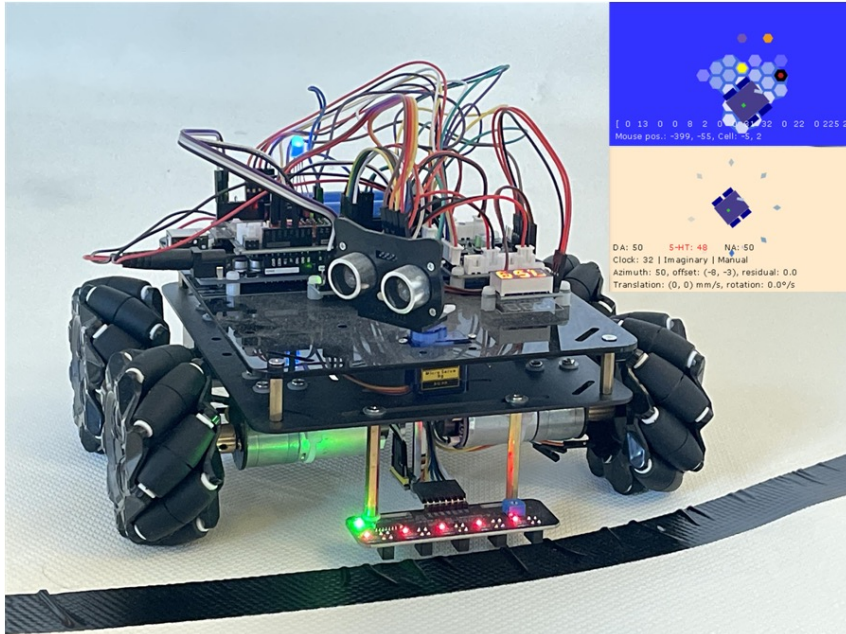


Intelligence Artificielle Développementale



23 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".

Séance 1: Plan

- **Introduction à l'IA développementale**
 - Qu'est-ce que c'est ?
 - Est-ce même possible ?
 - Comment ca se situe dans le champ de l'IA actuel ?
- **Intelligence artificielle dans un domaine non modélisé a priori**
 - Demos
- **Travaux pratiques**

1. Qu'est-ce que l'IA Développementale ?

IA Développementale

- **Faire des robots capables d'apprendre comme des bébés**



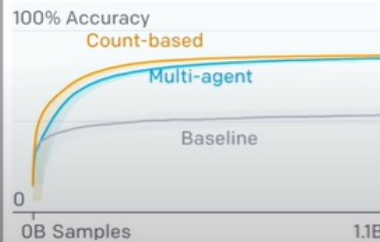
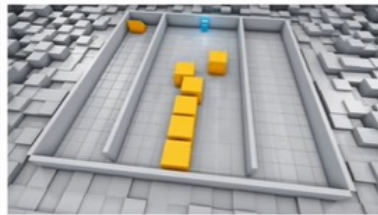
... mais pas comme ça



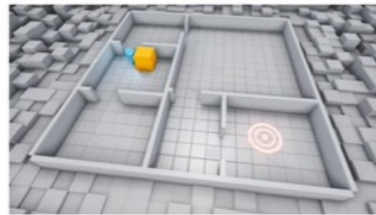
<https://youtu.be/kopoLzvh5jY?si=HdgnRpOW2zN7-eL6>

Personne n'a 6×10^9 vies !

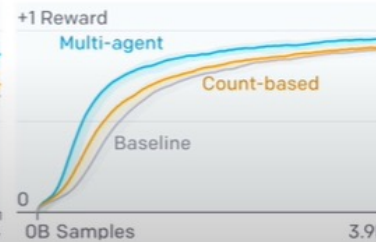
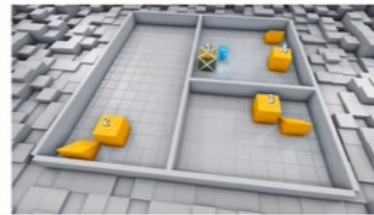
Object counting The agent is pinned in place and asked to predict how many objects have gone right or left, testing the agent's memory and sense of object permanence.



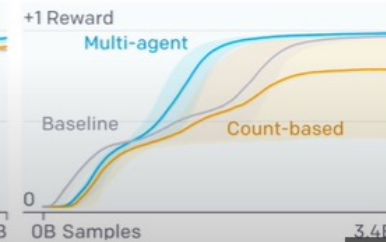
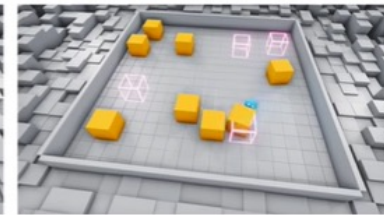
Lock and return The agent must find the box, lock it, and return to its original position, which tests the agent's long term memory of its location.



Sequential lock The agent must lock boxes in an order unobserved to the agent. Boxes can only be locked in the correct order, so the agent must remember the status of boxes it has seen.



Blueprint construction The agent must move boxes to the target locations.



Subtitles/closed captions (c)

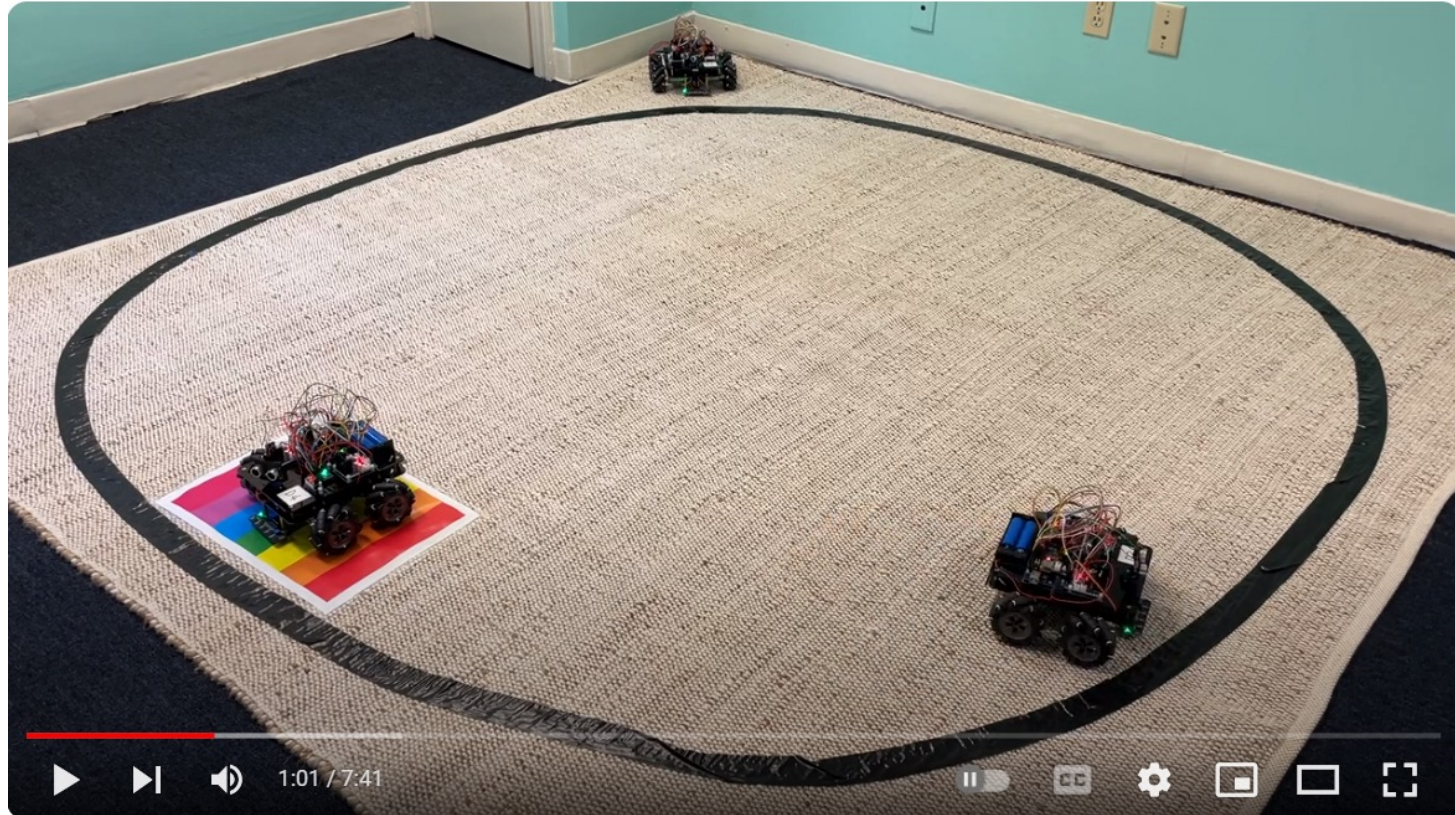


4:54 / 6:07 • Extensions >



https://youtu.be/Lu56xVIZ40M?si=Ob1re_9I34UnPM6b&t=294

On n'a qu'une vie



<https://youtu.be/oOZ4SGSWYDs?si=e-LxyWgXgh5ehBIP>

Termes voisins

- **Intrinsic motivation**

- Oudeyer Kaplan & Hafner (2007). Intrinsic Motivation Systems for Autonomous Mental Development.
<https://doi.org/10.1109/TEVC.2006.890271>
- IMOL conference <https://imolconf2023.github.io/>

- **Apprentissage constructiviste**

- Thórisson, K. R. (2012). A New Constructivist AI: From Manual Methods to Self-Constructive Systems.
https://doi.org/10.2991/978-94-91216-62-6_9

Self supervised learning

- **Self-supervised learning**

- Yan LeCun

- <https://ai.facebook.com/blog/self-supervised-learning-the-dark-matter-of-intelligence/>

- Minsky, Robertson, Georgeon, Shaoul

- <http://cadia.ru.is/events/IWSSL22/>
- <http://proceedings.mlr.press/v131/>

Constitutive autonomy

- **Enactive artificial intelligence**

- Froese, T., & Ziemke, T. (2009). Enactive artificial intelligence: Investigating the systemic organization of life and mind. <https://doi.org/10.1016/j.artint.2008.12.001>

- **Self-programming**

- Georgeon, O. L., & Riegler, A. (2019). CASH only: Constitutive autonomy through motorsensory self-programming. <https://doi.org/10.1016/j.cogsys.2019.08.006>

Nouveaux termes

- **Active inference**
- **Auto-catalytic**
 - Computational Life: How Well-formed, Self-replicating Programs Emerge from Simple Interaction (Aguera et al. 2024)
- **Connaissance Endogène**
 - Autocatalytic Endogenous Reflexive Architecture
 - <https://openaera.org/>

Vieux rêve de l'IA

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*).



Est-ce même possible?

Non ?

Théories spiritualiste de la conscience.

Théories de l'ouverture causale de la réalité physique.

La subjectivité ne se programme pas.

Oui mais trop complexe.

Oui ?

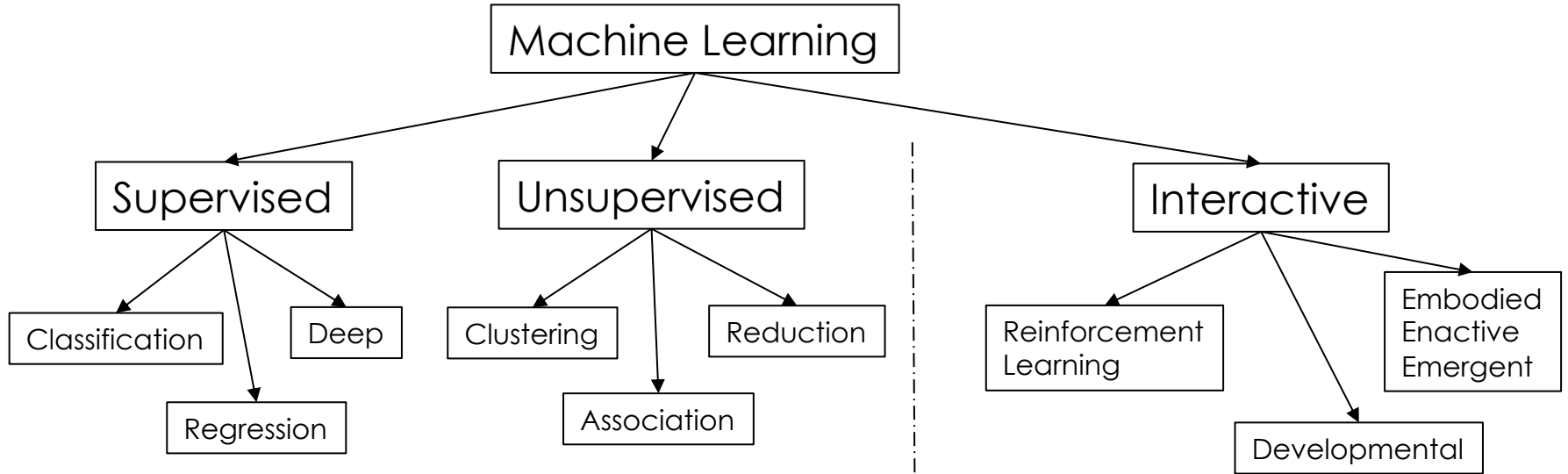
Théorie matérialiste de la conscience

- (Julien Offray de La Mettrie, 1709-1751).

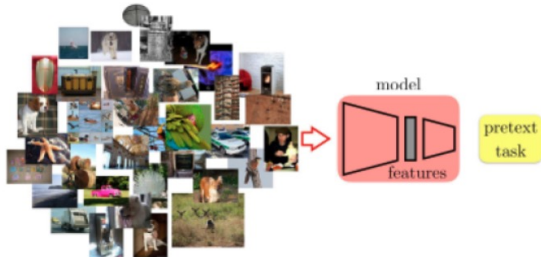
La conscience comme processus computationnel

- (Chalmers 1994)

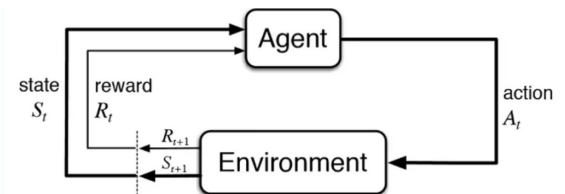
Cadre général



Single decision problems
Offline training from samples



Sequential decision problems
Incremental / online learning



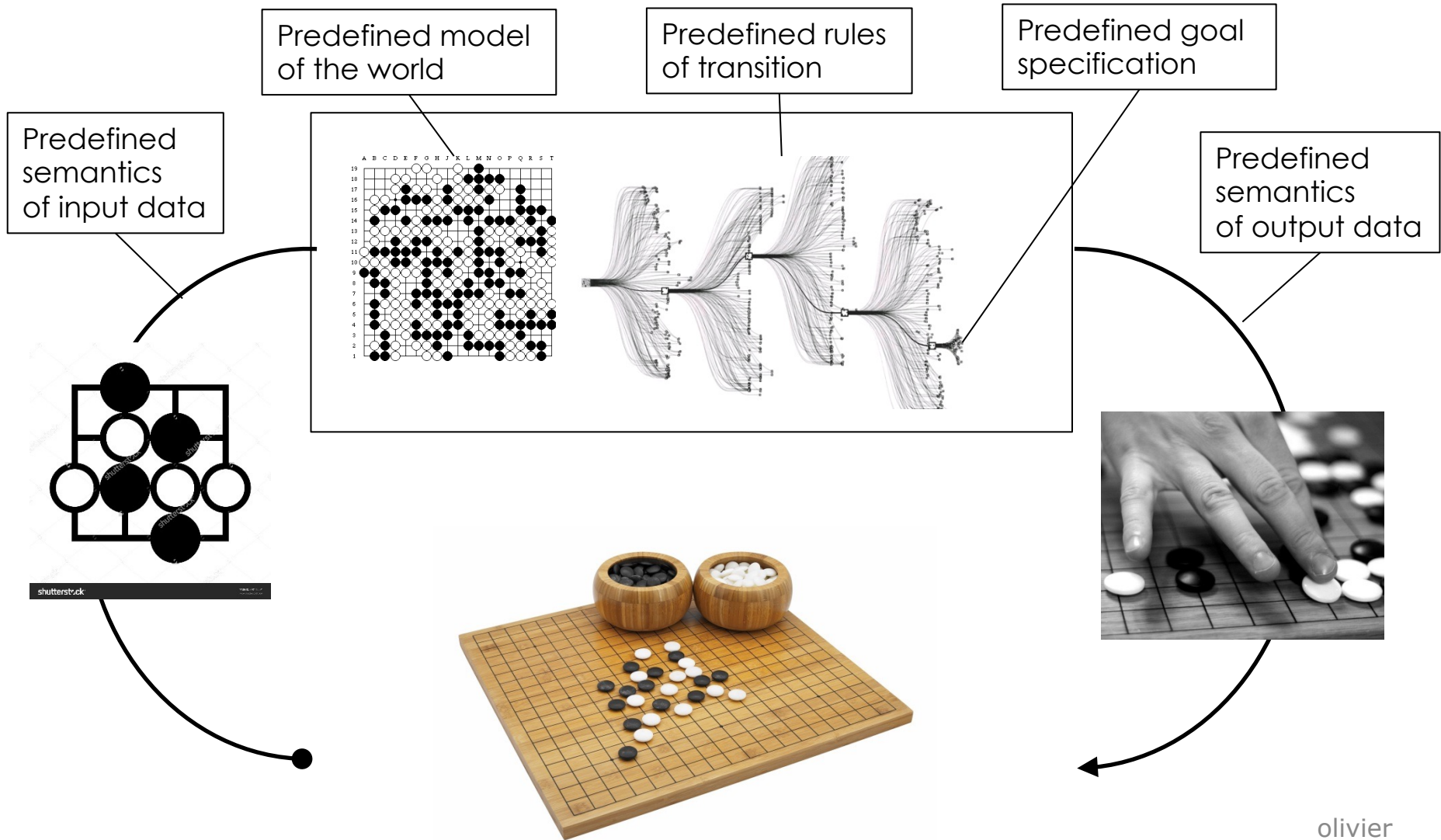
Model-Free or Model-Based

- Dynamic programming: model is given (p-complete)
- Reinforcement Learning: trial and error
 - Model-Free: estimate directly the utility function and update policy after observation
 - Q-Learning
 - Model-Based: estimate transition and reward function, then update policy
 - Explicitly predicts the next state (planning).
- A developmental
 - Start with primitive sensorimotor vocabulary
 - Increase representational capacities
 - Create more abstract elements within the model capable of representing more than combination of perception
- DL renounce explicit goals

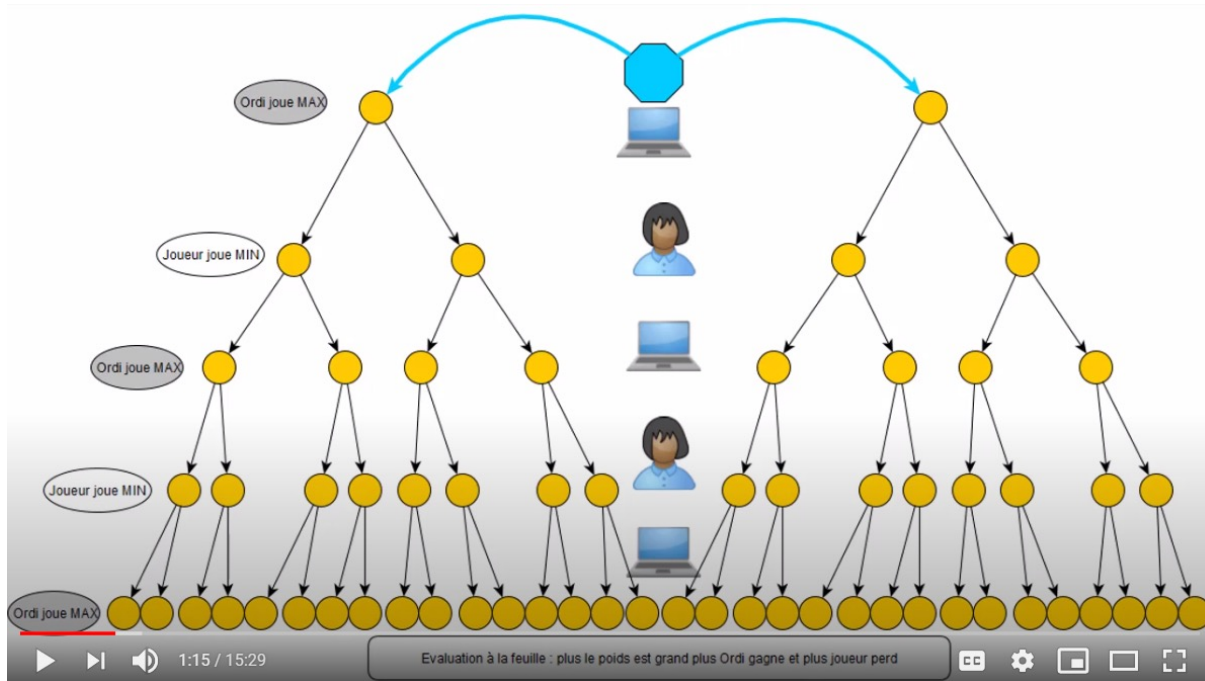
Arguments pour l'IA Développementale

IA Dans un domaine modélisé
versus
IA sans domaine modélisé a priori

AI in a predefined domain

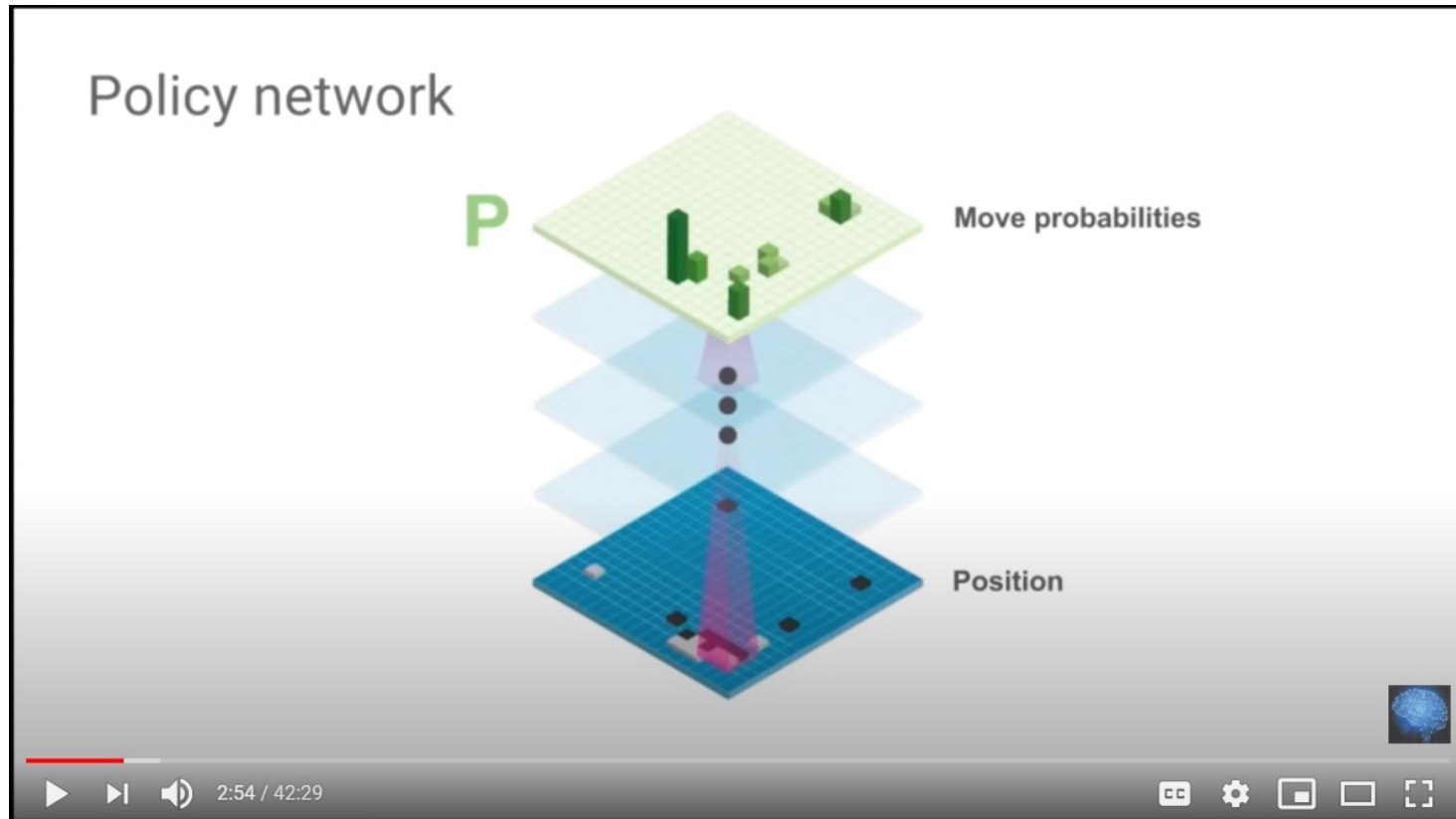


Algorithme Min Max



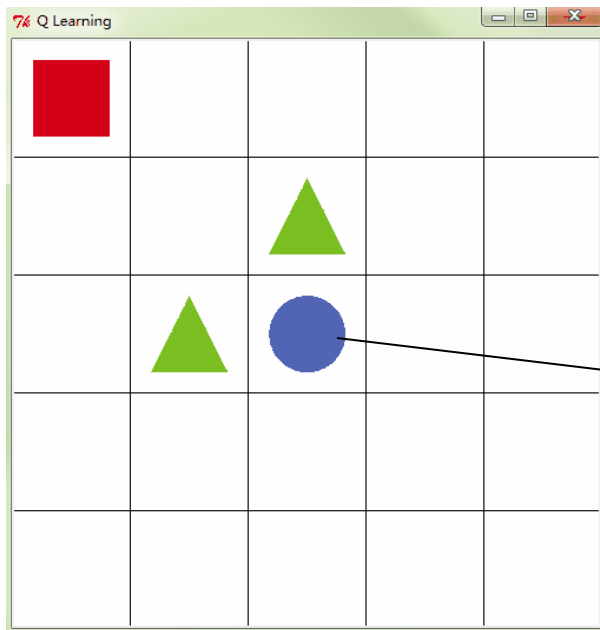
https://youtu.be/f30Ry1W0e_Q

Alpha Zero



<https://youtu.be/Wujy7OzvdJk>

Reinforcement learning



Predefined set of states

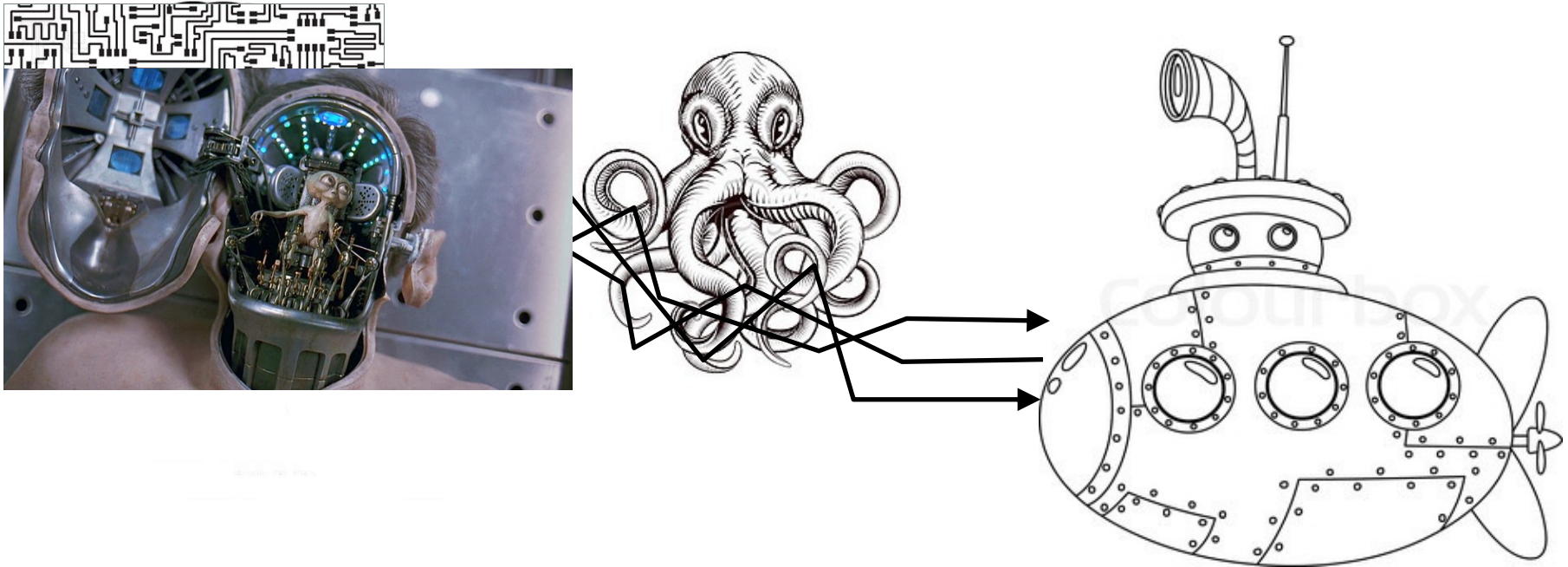
Predefined transitions

Predefined final goal and reward

Example Q-learning

<https://youtu.be/gOwU3aoEAmg>

IA sans domaine modélisé a priori

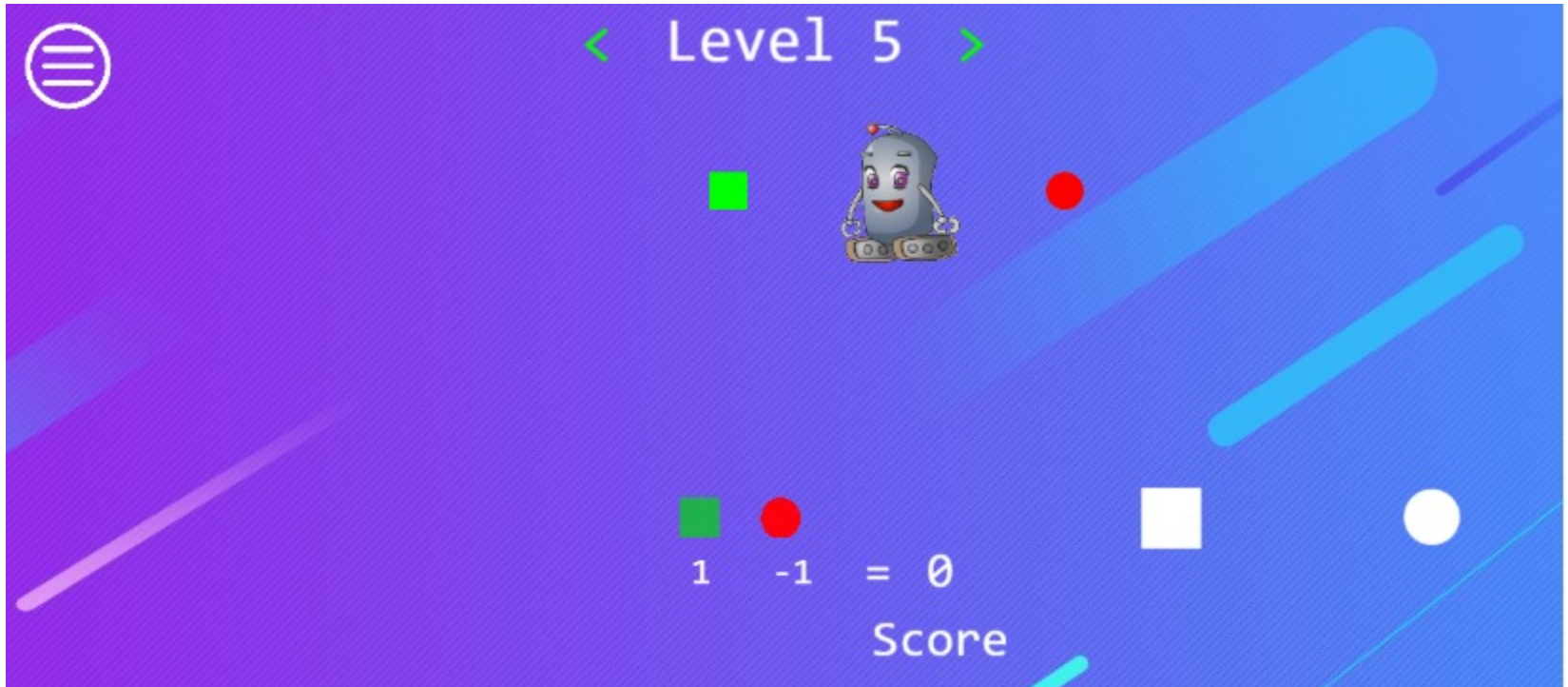


O'Regan & Noë (2001)

A sensorimotor account of vision and visual consciousness

Mise en situation

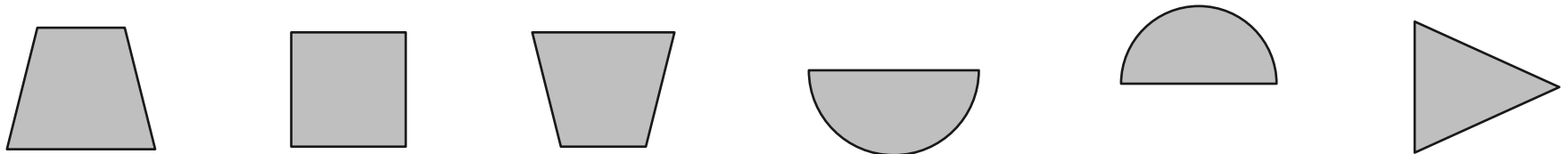
Jeu pédagogique Little AI



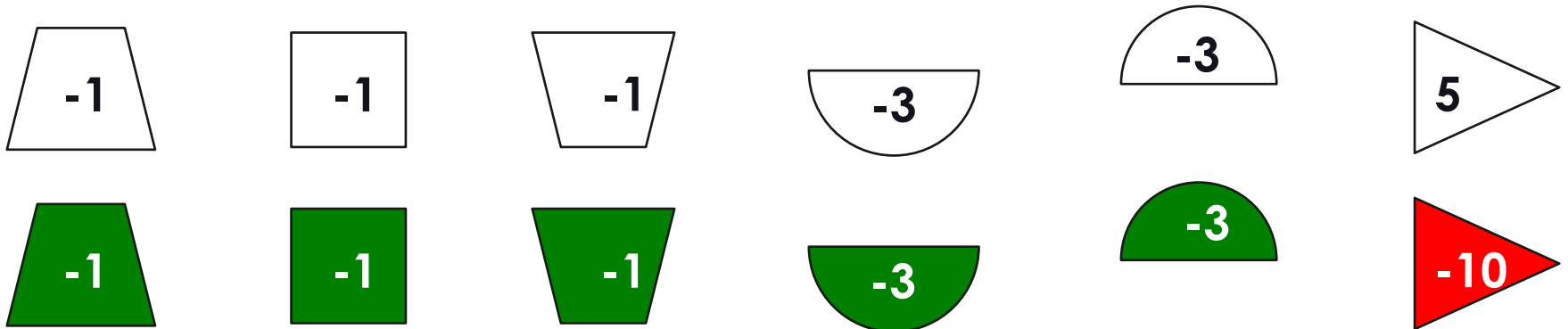
<https://little-ai.com/play/>

Exemple 1

Exemple : 6 actions possible

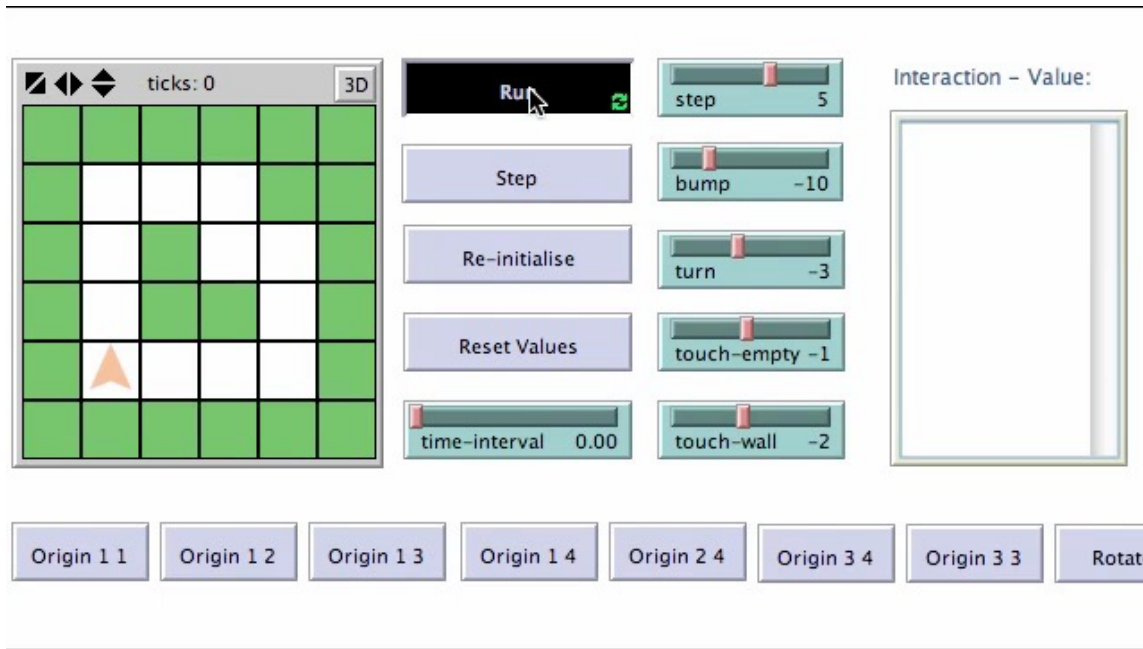


2 feedbacks possibles



... avec des valeurs

L'agent qui finissait par comprendre



<https://youtu.be/LVZ0cPpmSu8>

Avance / collision



(5)



(-10)

Tournes gauche/droite



(-3)

Touche droite/devant/gauche



(-1)

Bump:

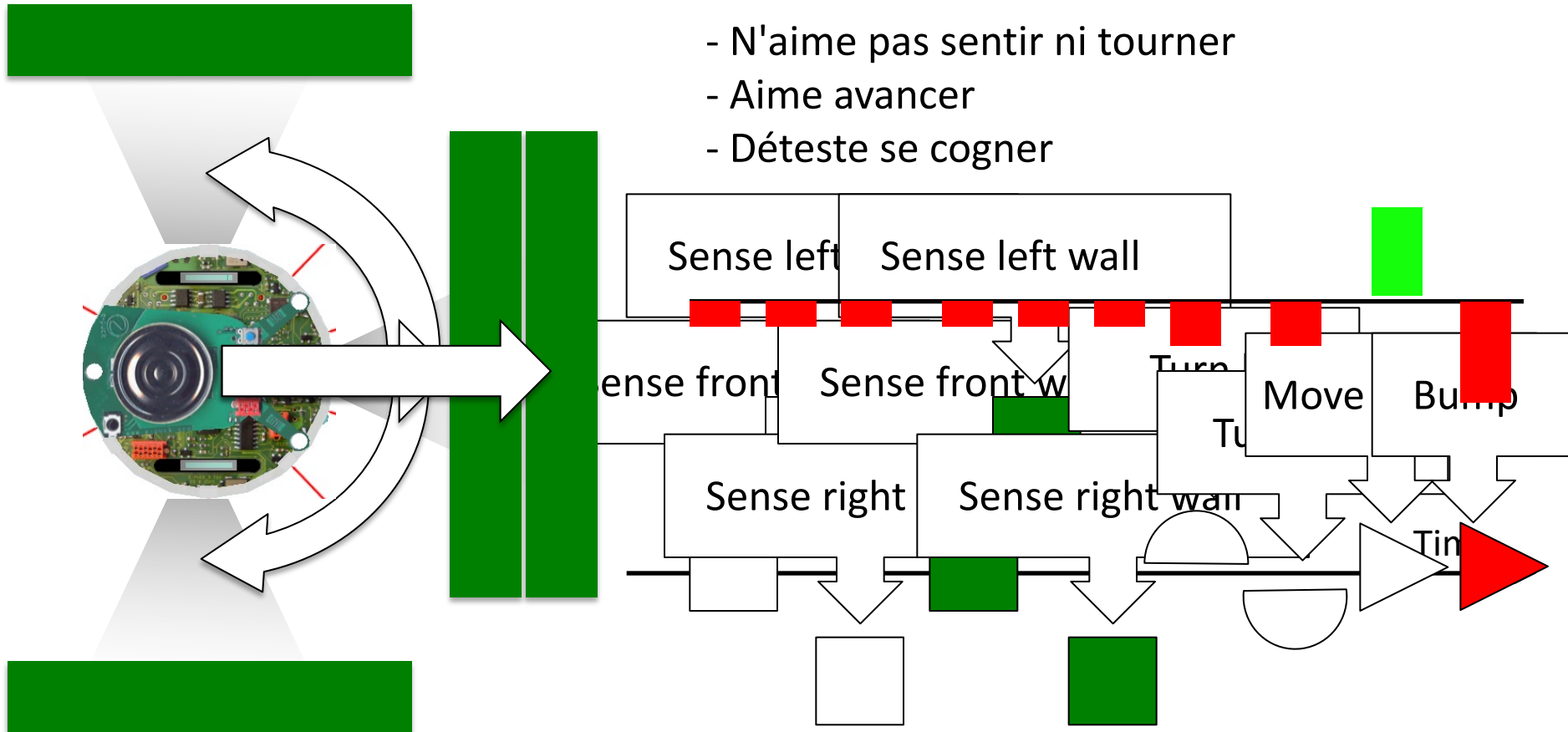


Touch:



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



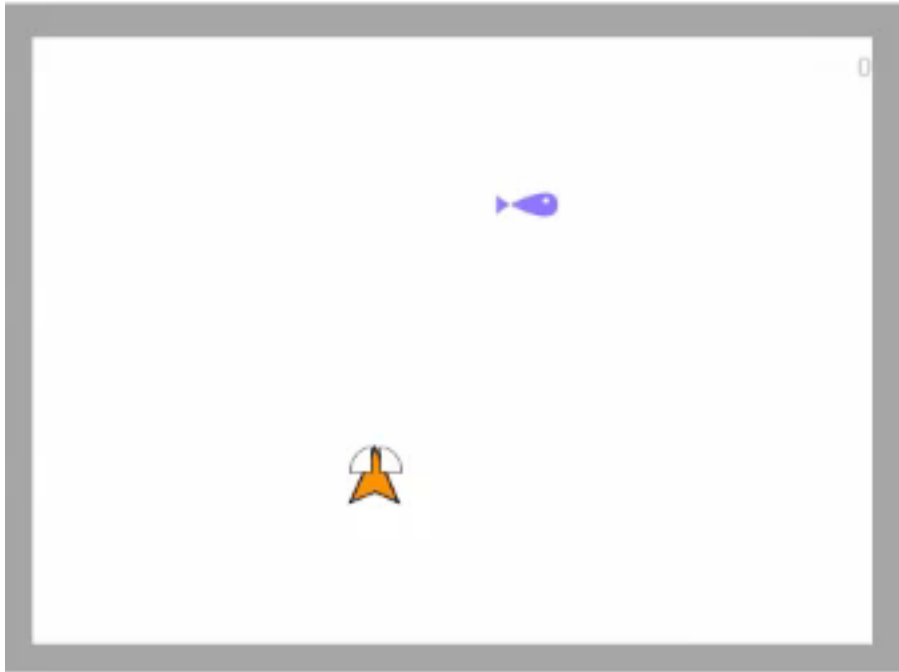
<https://youtu.be/t1RO5S4mBEY>

Bishop behavior

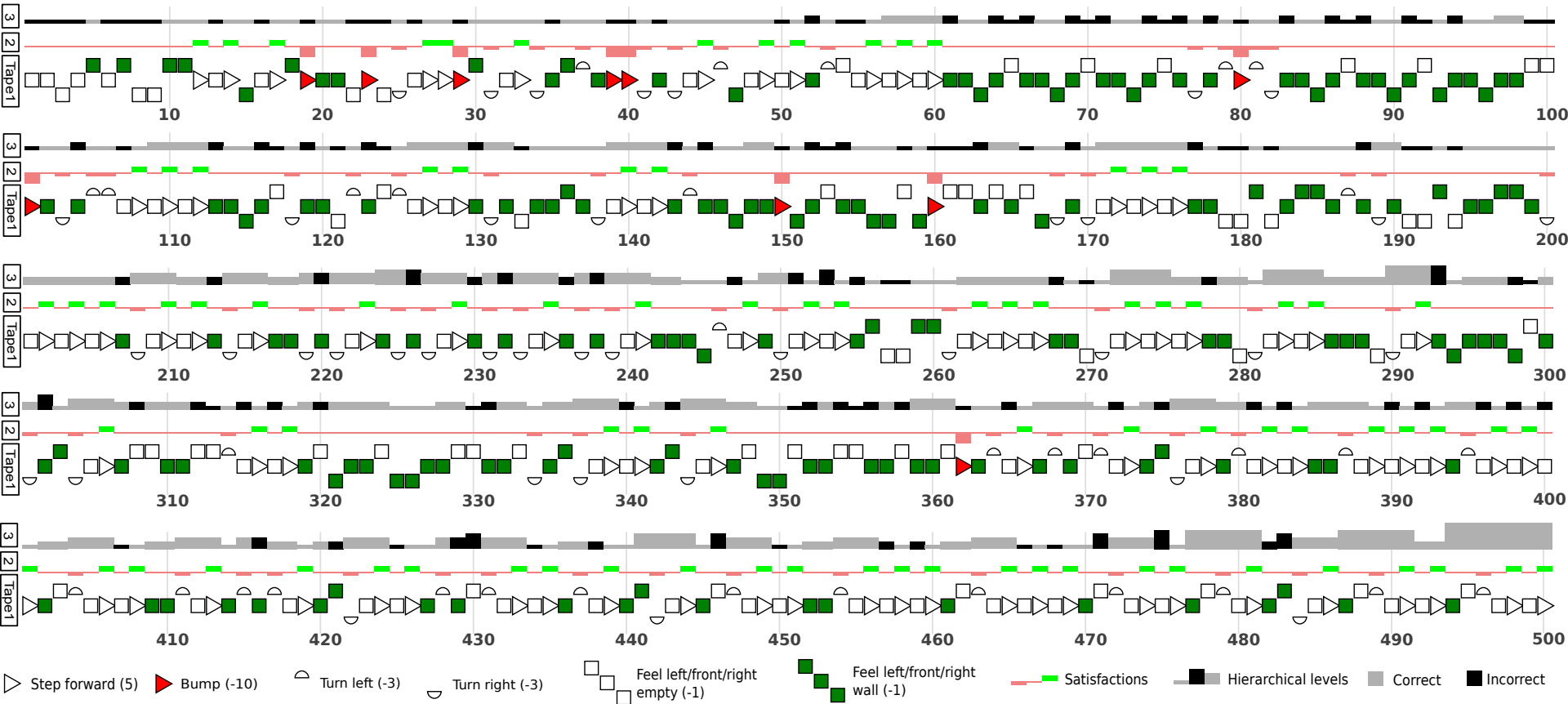


<https://youtu.be/91kKzybt8XY>

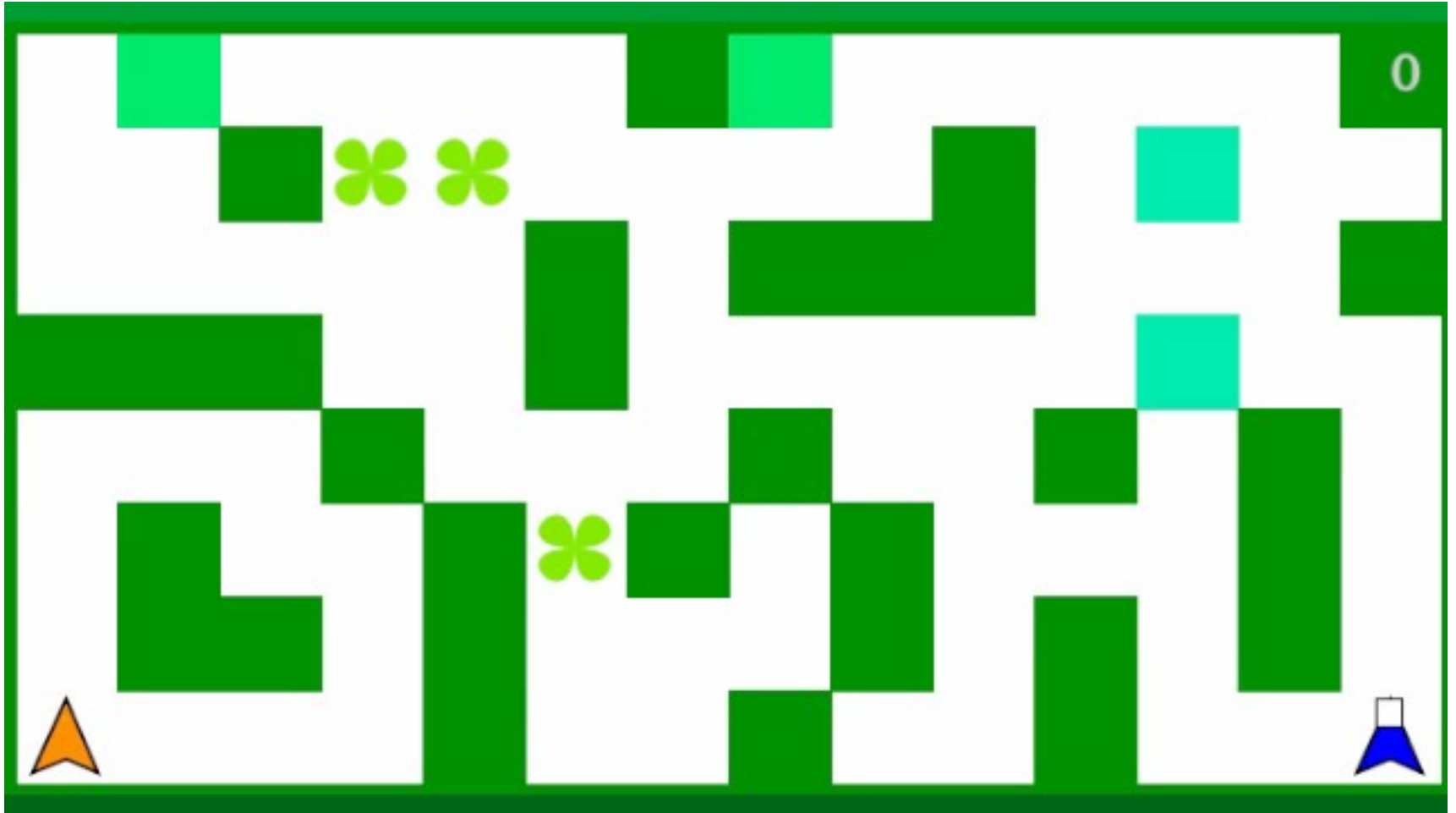
Rook behavior



Exemple de trace



Environnement plus complexe

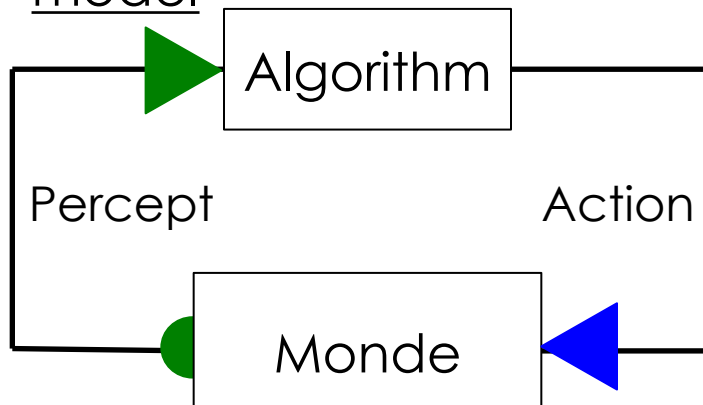


<https://youtu.be/q8WkYbt2BxM>

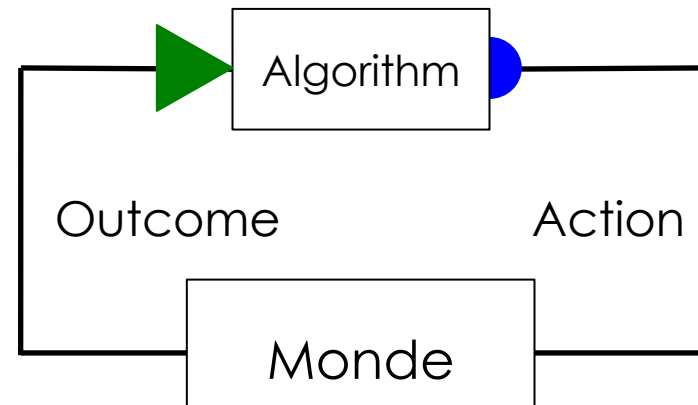
Inversion du cycle d'interaction

- “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

Deux hypothèses en concurrence

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

Travaux dirigés

Séance 1

Exercice

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 apprenne à anticiper son outcome 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.

Consignes pour les TP

- Par groupe de 2.
- Rendre un seul rapport à la fin .PDF
- Indiquer bien le nom des deux membres du groupe
- Envoyer par mail à olivier.georgeon@gmail.com pour le **vendredi 22 octobre 2024 23h59**
- Pour chaque agent
 - Décrire les principes de l'algorithme que vous avez implémenté
 - Inclure des captures d'écran des traces affichées à la console dans différents environnements
 - Expliquer les comportements obtenus en vous appuyant sur les traces.
- Conclure sur ce que vous retirez de cette expérience et suggestions de comment aller plus loin (Activité 4)

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

Agent 1

Dans le fichier world.py, modifier la class Agent pour créer l'Agent 1 en suivant les instructions :

<https://github.com/OlivierGeorgeon/Developmental-AI-Lab/blob/master/docs/Agent-1.md>

Tester votre agent dans Environment1 puis dans Environment2 en commentant et décommentant les lignes appropriés