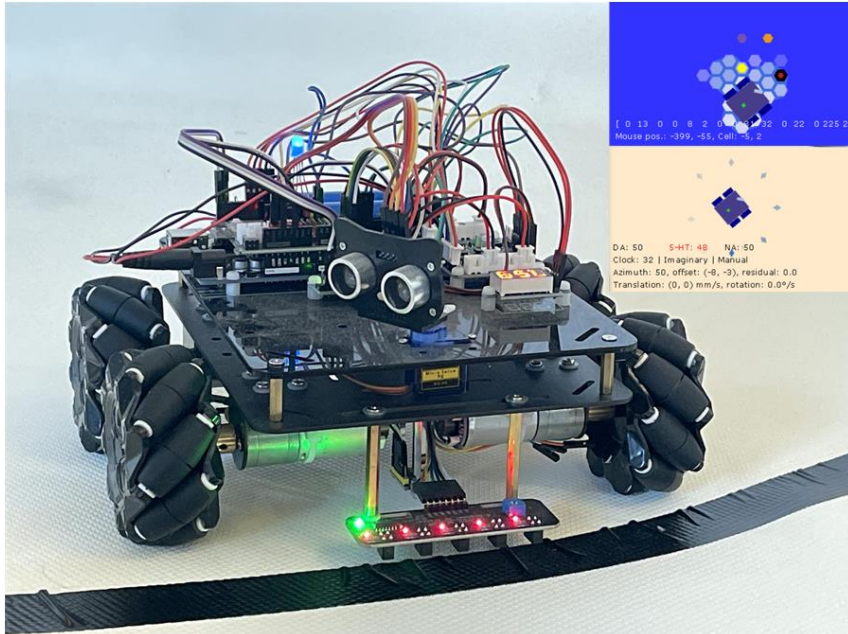


Intelligence Artificielle Développementale



8 Octobre 2025
olivier.georgeon@gmail.com
<http://www.oliviergeorgeon.com>

Déroulement du cours

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

Module « IA Développementale » (9h) Olivier Georgeon

- Mercredi 24 septembre: 3h
- Mercredi 1 octobre: 3h
- **Mercredi 8 octobre: 3h**

Contrôle des connaissances:

- TD par groupe de 2: 33% de la note de contrôle continu
- Rendu par mail le **vendredi 24 octobre**
- Examen final: 6 points sur 20

Objectifs pédagogiques

Après ce cours, vous serez capables de:

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

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

IA Développementale

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



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).

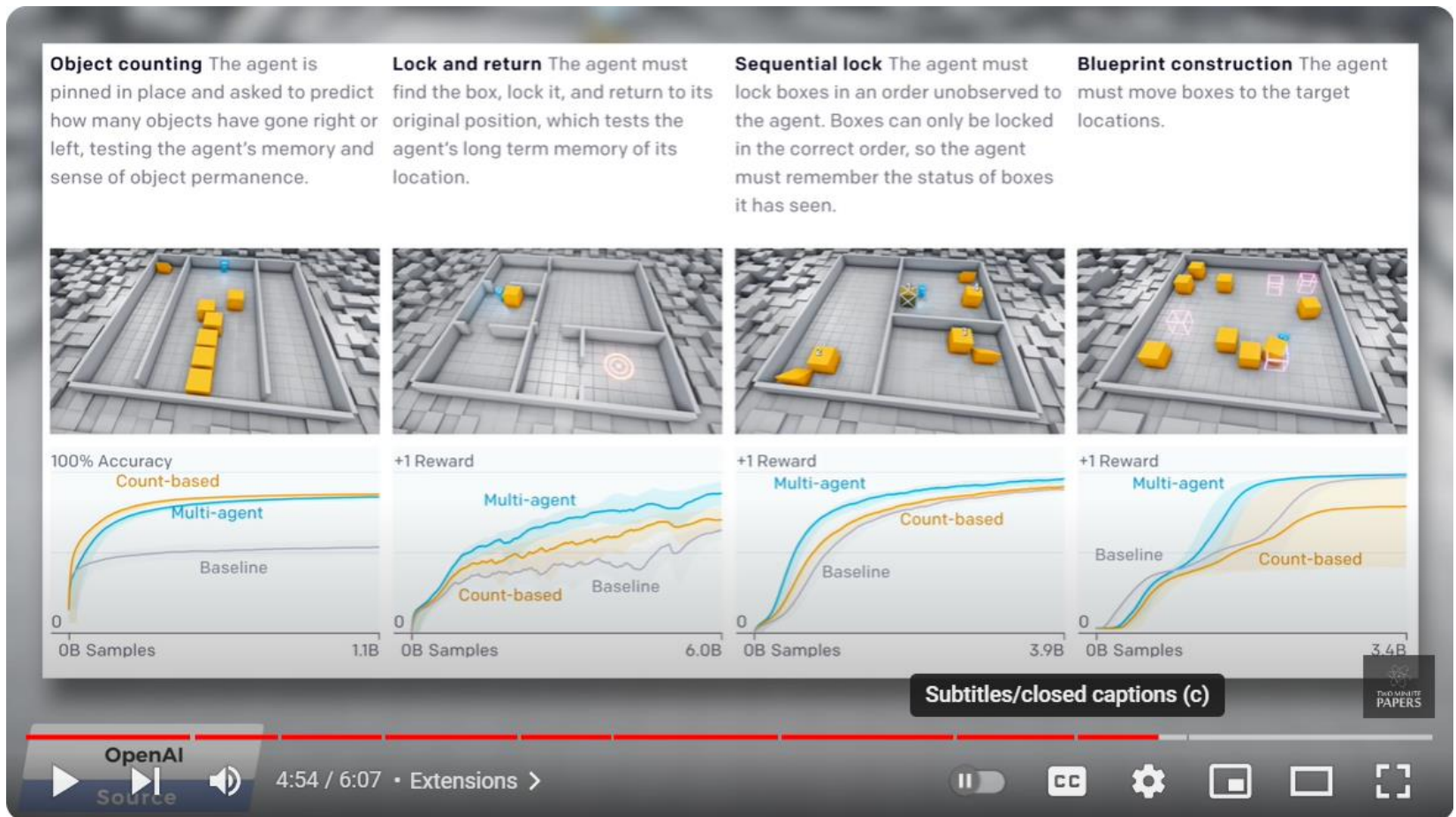


... mais pas comme ça



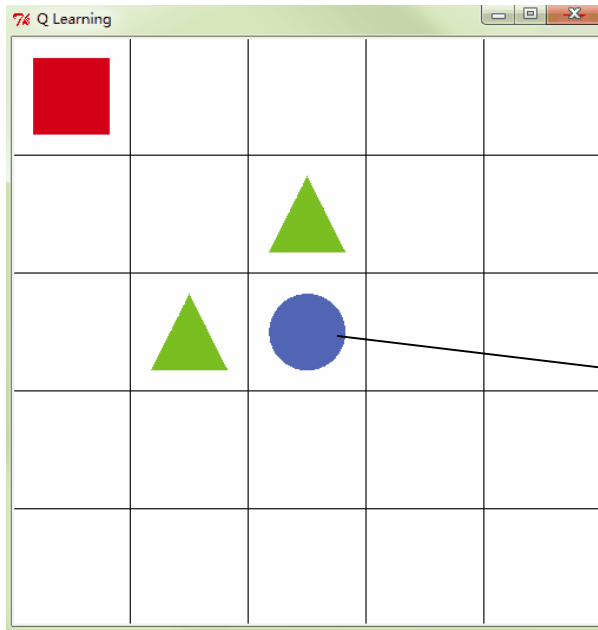
<https://youtu.be/kopoLzvh5jY?si=HdgnRpOW2zN7-eL6>

Personne n'a 6×10^9 vies !



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

Reinforcement learning



Predefined set of states

Predefined transitions

Predefined final goal and reward

Example Q-learning

<https://youtu.be/gOwU3aoEAmg>

Apprentissage ouvert en monde ouvert

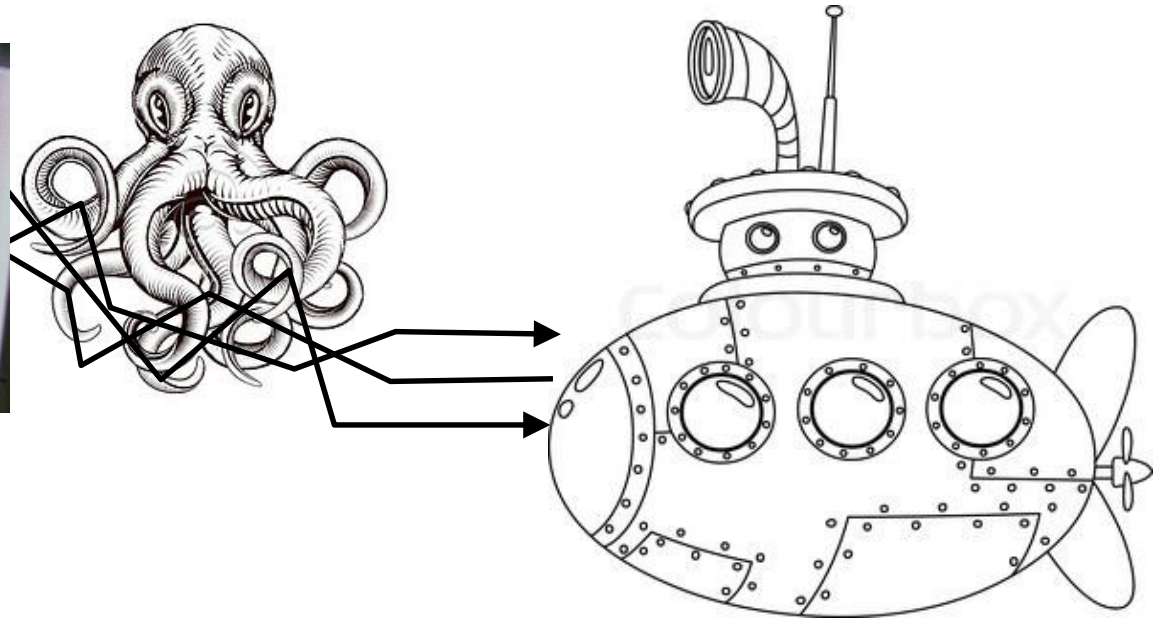
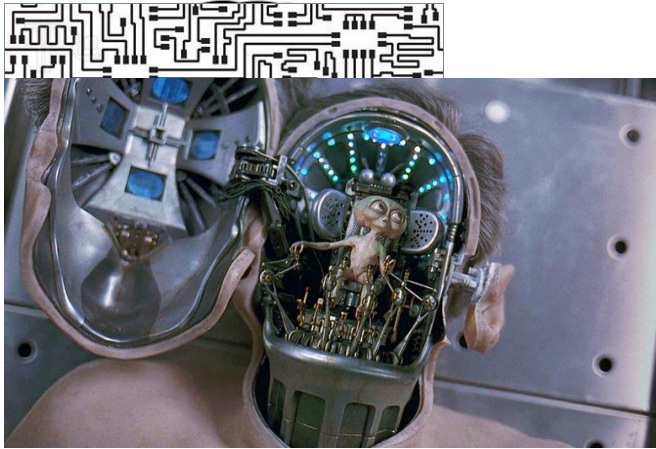
- Ensemble des « états du monde » non connu a priori
- Pas d'ontologie du monde codée a priori
- Donnée sensorielles « non représentationnelles » (« feedback » plutôt que « observation »)
- Pas « d'état objectif » (goal state) défini par le designer
- Capacité de construire une « connaissance du monde » (world model)
- Préférences initiales comportementales

Termes voisins

- **Apprentissage constructiviste**
 - Made-up minds, a constructivist approach to AI (Drescher 1991)
- **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/>
- **Self-supervised learning**
 - Yan LeCun
<https://ai.facebook.com/blog/self-supervised-learning-the-dark-matter-of-intelligence/>
- **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>

•

Maitrise des contingences sensorimotrices

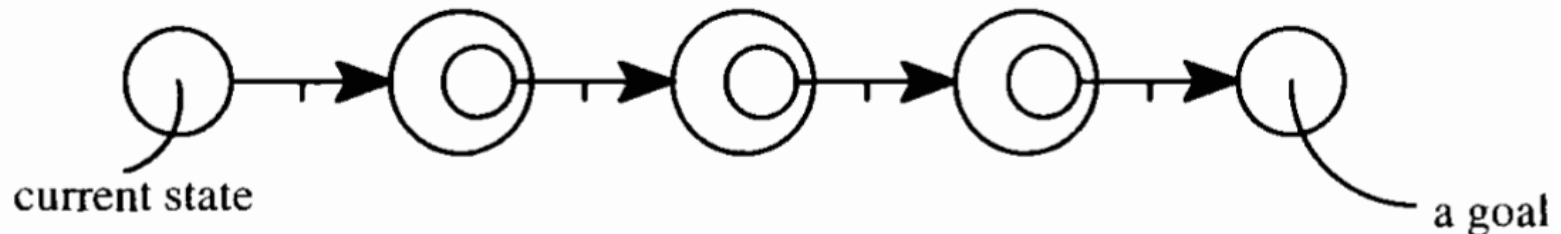


O'Regan & Noë (2001)

A sensorimotor account of vision and visual consciousness

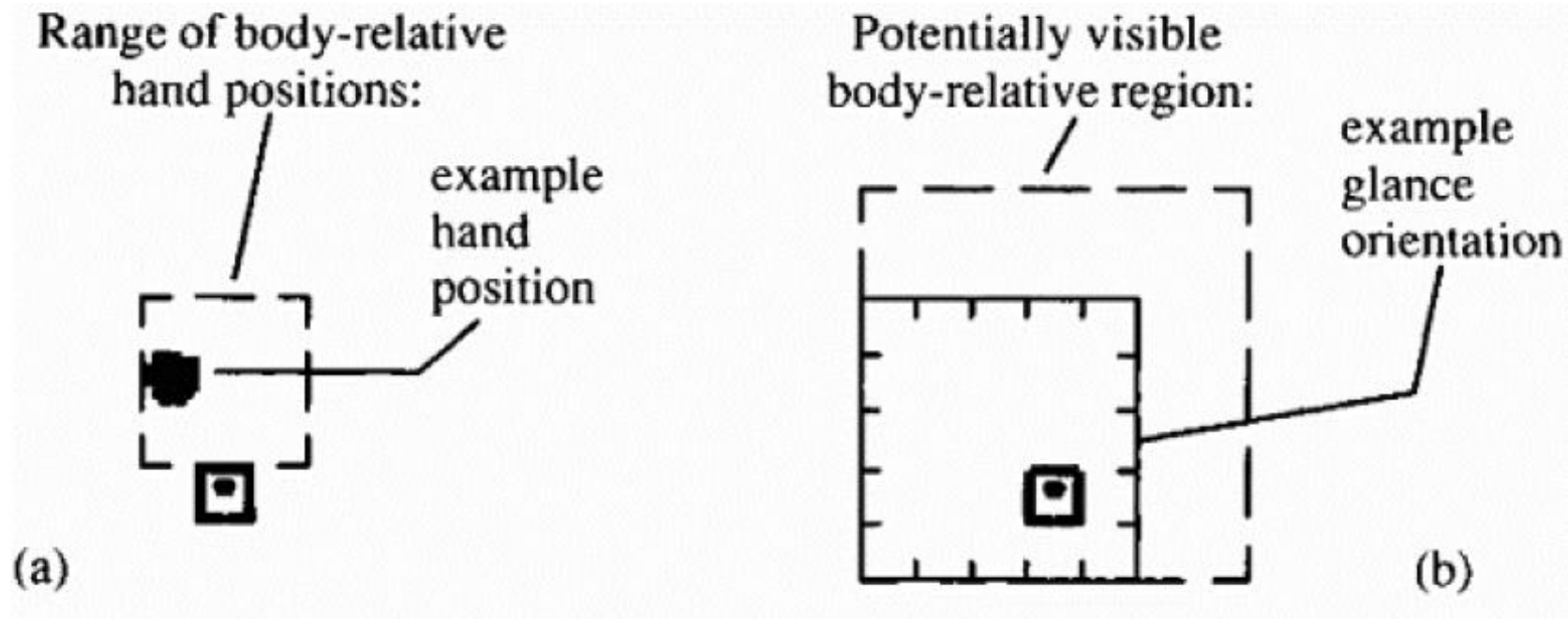
Schema Mechanism 1.0

- Made-up minds, a constructivist approach to AI (Drescher 1991)
 - Schema = <pre-items, action, post-items>
 - Primitive items = observations.
 - Synthetic items are constructed to represent hypothetical objects experienced through afforded schemas
 - Experimenter defines Goal states
 - Schemas are chained to reach goals



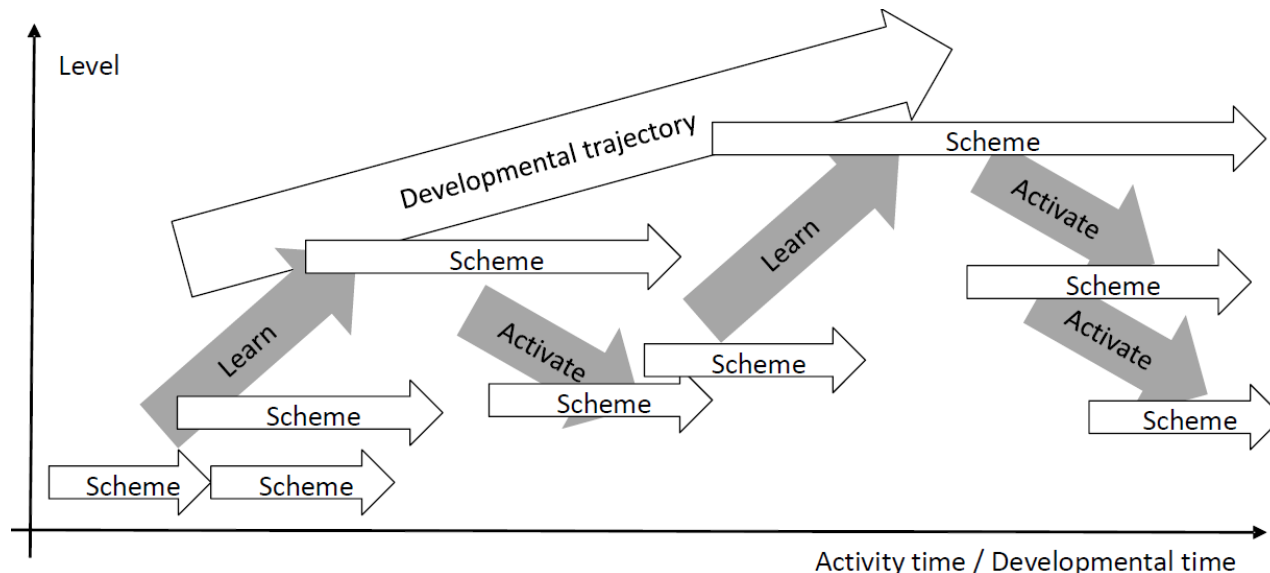
... mais démontré en monde fermé

Microworld: 7x7 grid.



Schema Mechanism 2.0

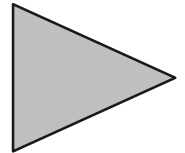
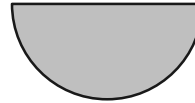
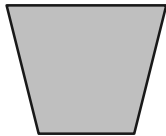
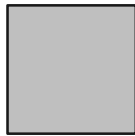
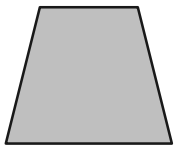
- Schema mechanism 2.0 for developmental AI (Georgeon, Perotto, Thórisson, Scheikhlar, Robertson, 2025). IWSSL
 - Schemas = Events of interaction
 - Primitive events = control loops or <action, feedback>
 - Experimenter defines valence of primitive events
 - Composite schemas are hierarchical sequences of schemas to represent habits of interaction



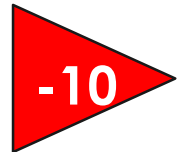
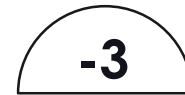
Mise en situation

Exemple 1

Exemple : 6 actions possible

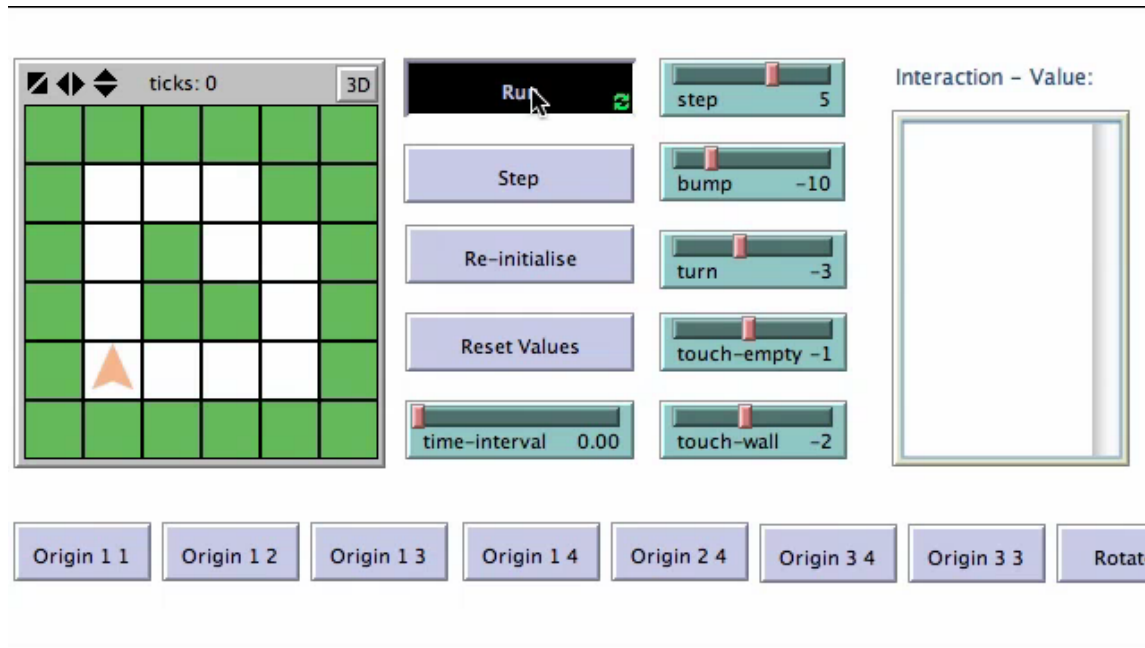


2 feedbacks possibles



... avec des valeurs

L'agent qui finissait par comprendre

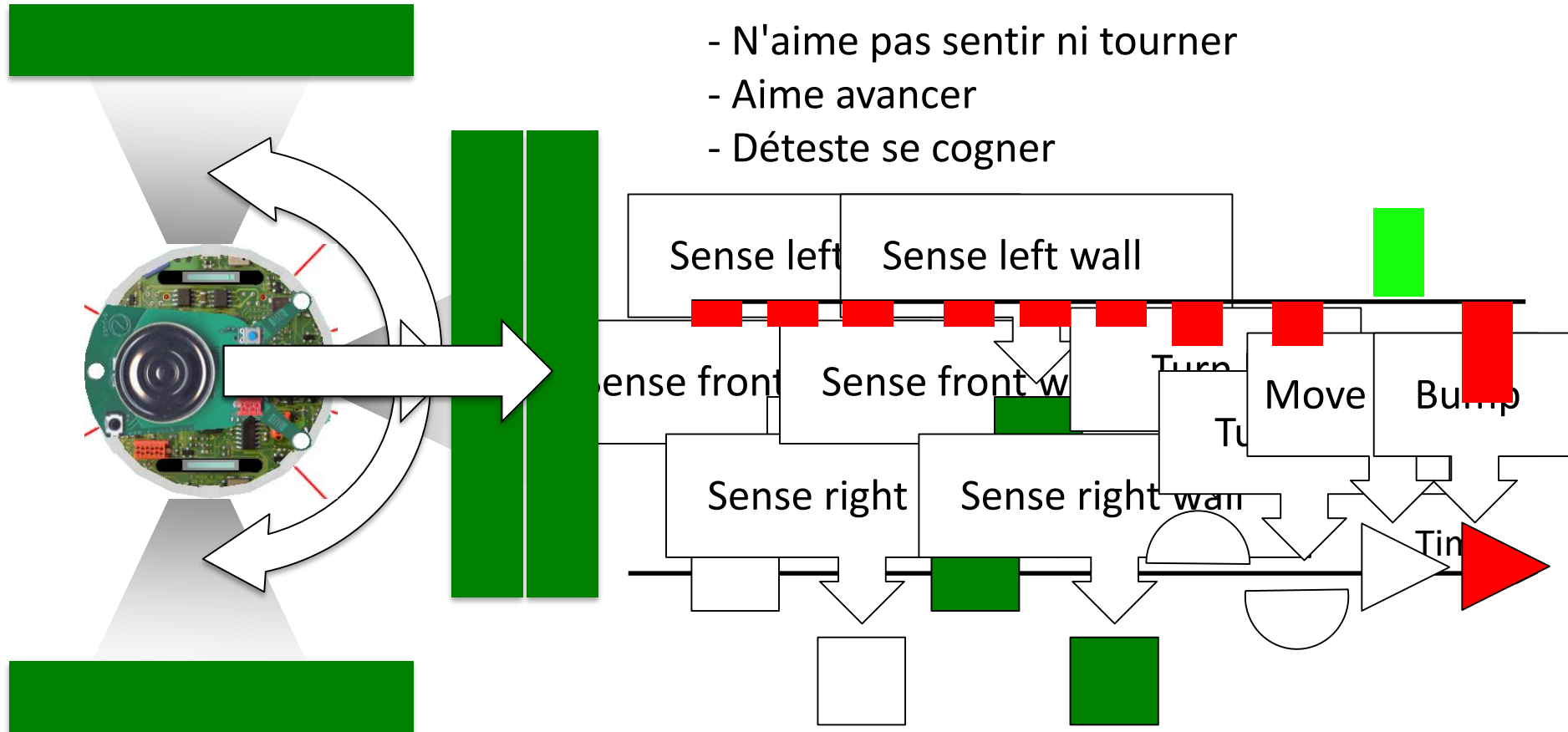


<https://youtu.be/LVZ0cPpmSu8>

Avance / collision  (5)  (-10)
 Tourne gauche/droite   (-3)
 Touche droite/devant/gauche       (-1)

Bump: 
 Touch: 

A l'insu du robot ...

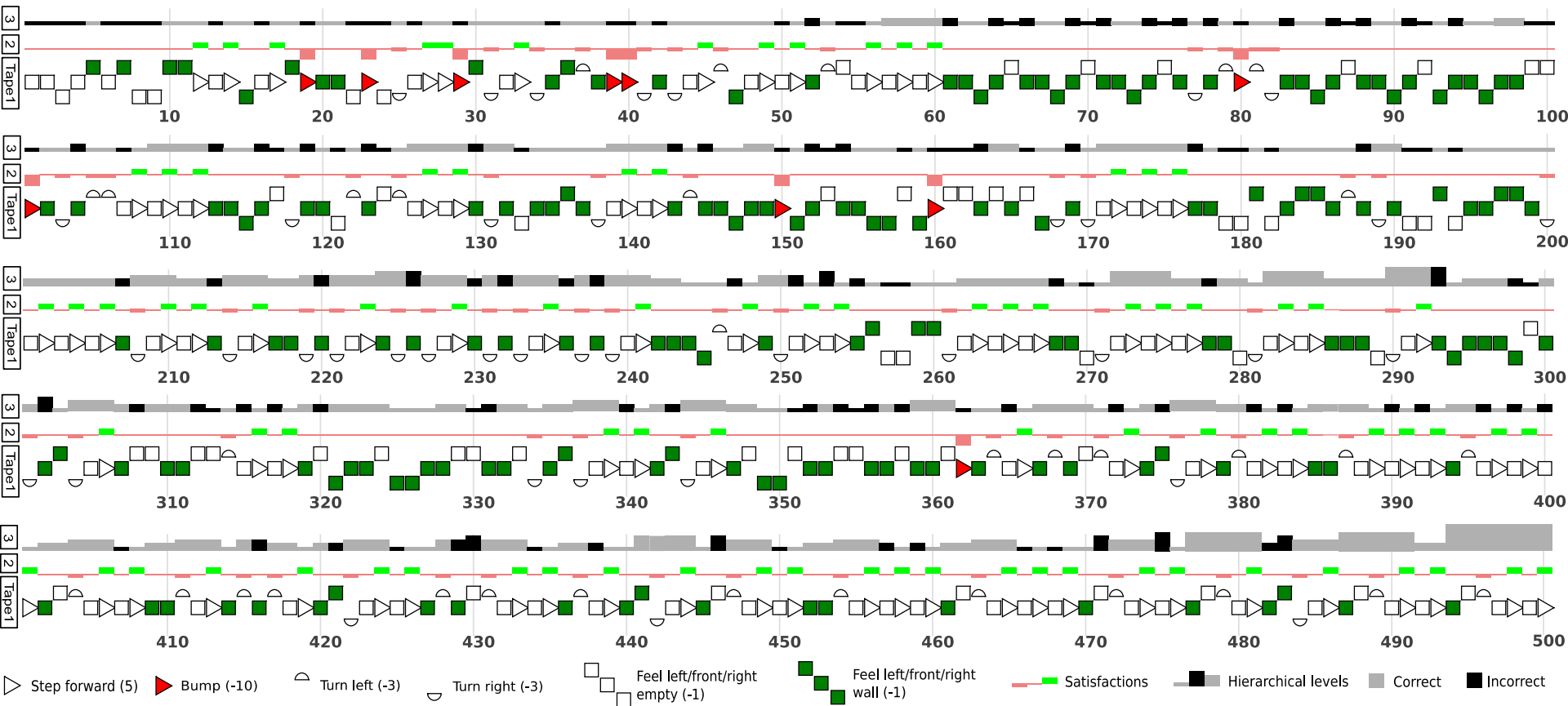


Le robot qui n'y comprenait rien du tout

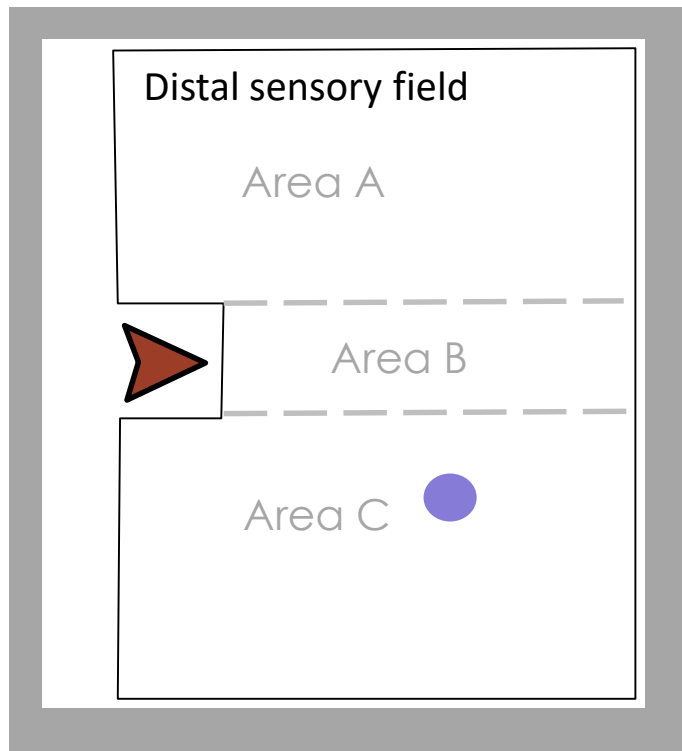


<https://youtu.be/t1RO5S4mBEY>

Exemple de trace



Example



(0) Forward
Unchanged



(1) Forward
Increase



(1) Forward
Increase front



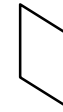
(-1) Forward
Decrease



(1) Eat



(-1) Bump
Wall



(0) Turn left
Unchanged



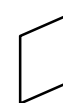
(1) Turn left
Increase



(1) Turn left
Increase front



(10) Turn left
Decrease



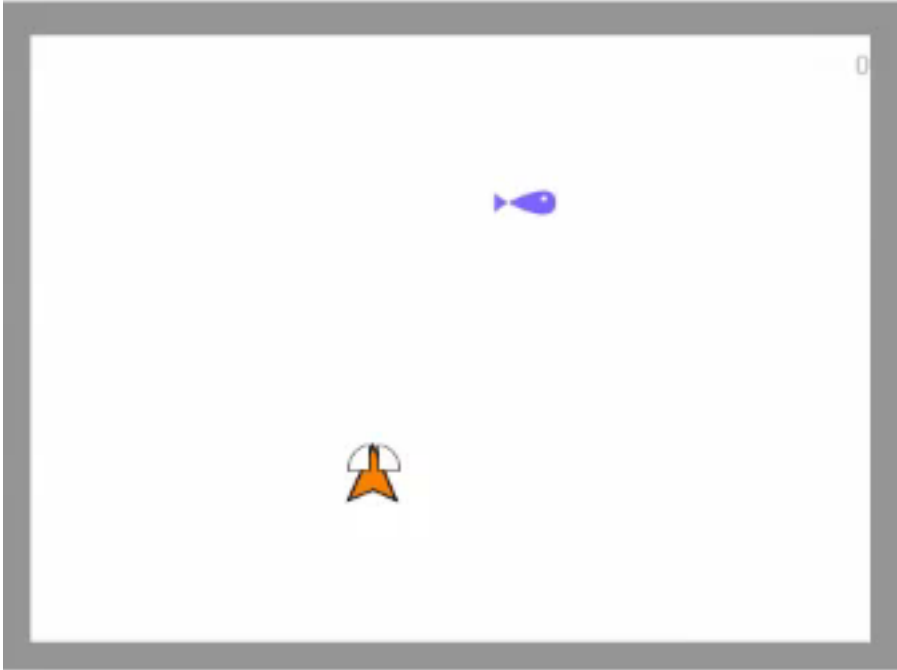
Turn right
(idem ...)

Bishop behavior



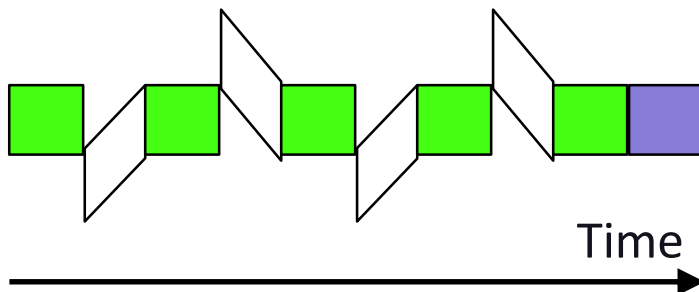
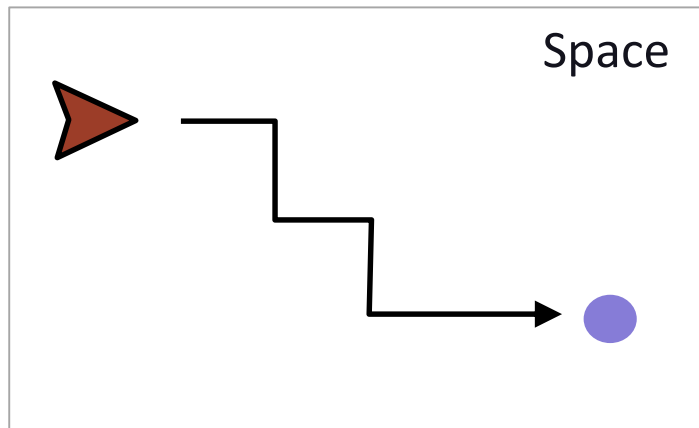
<https://youtu.be/91kKzybt8XY>

Rook behavior

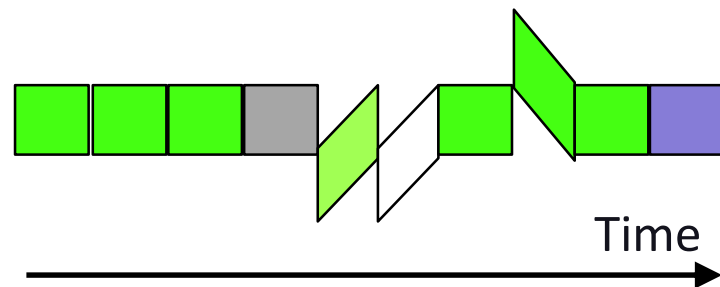
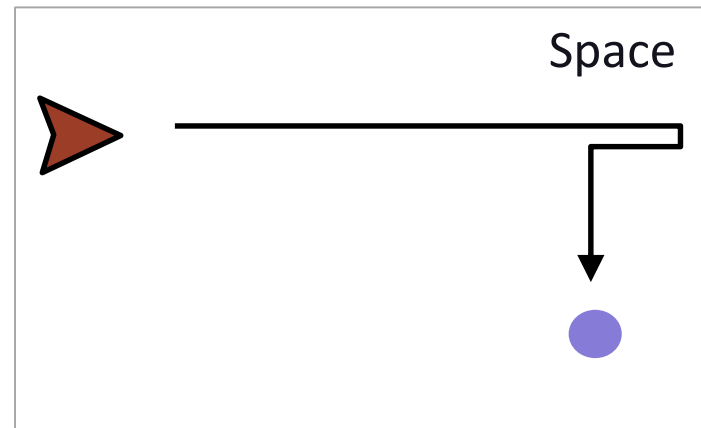


Exemples de comportements appris

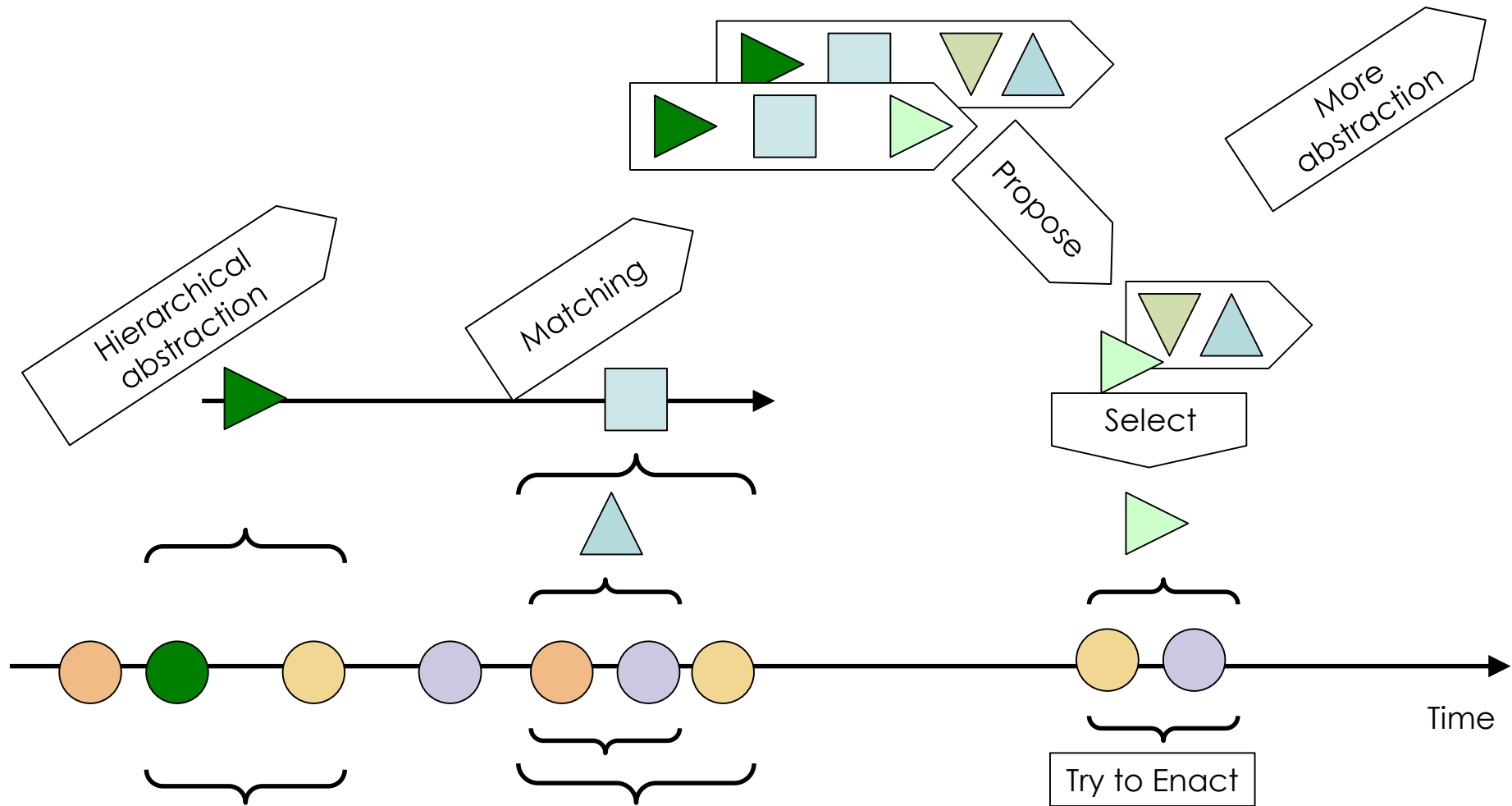
Bishop Behavior



Rook Behavior

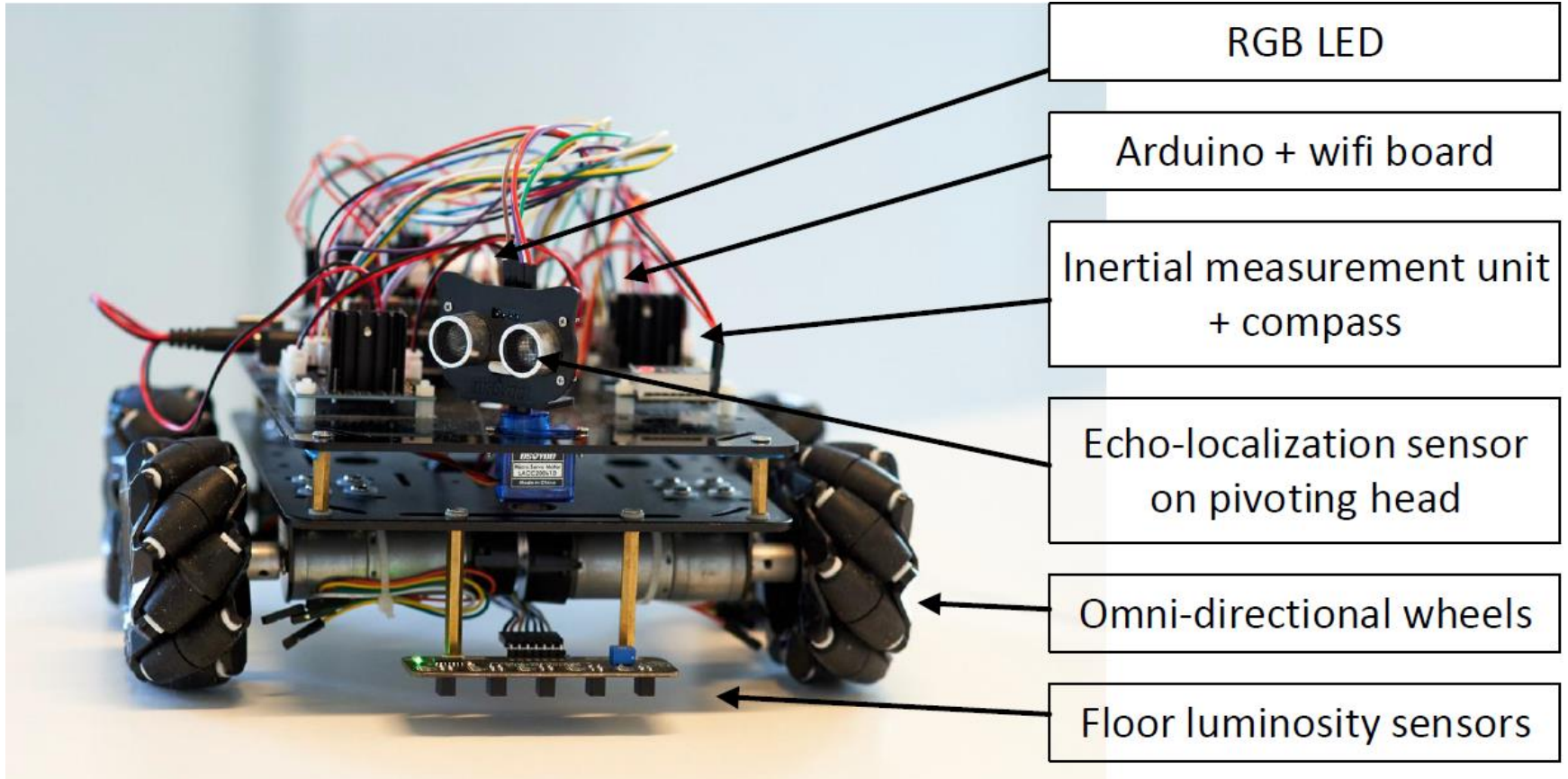


Apprentissage de régularités hiérarchique



Robotique développementale

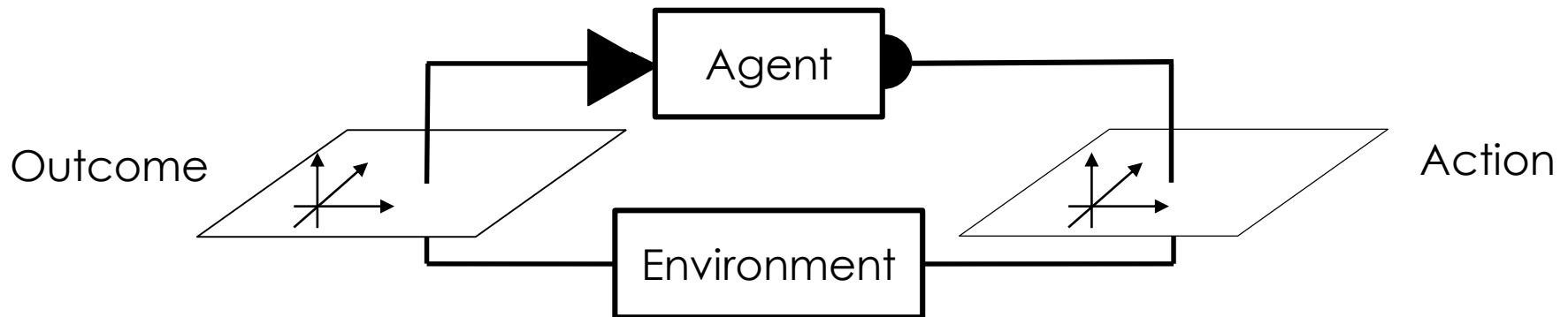
Petitcat



<https://github.com/PetiteIA/petitcat>

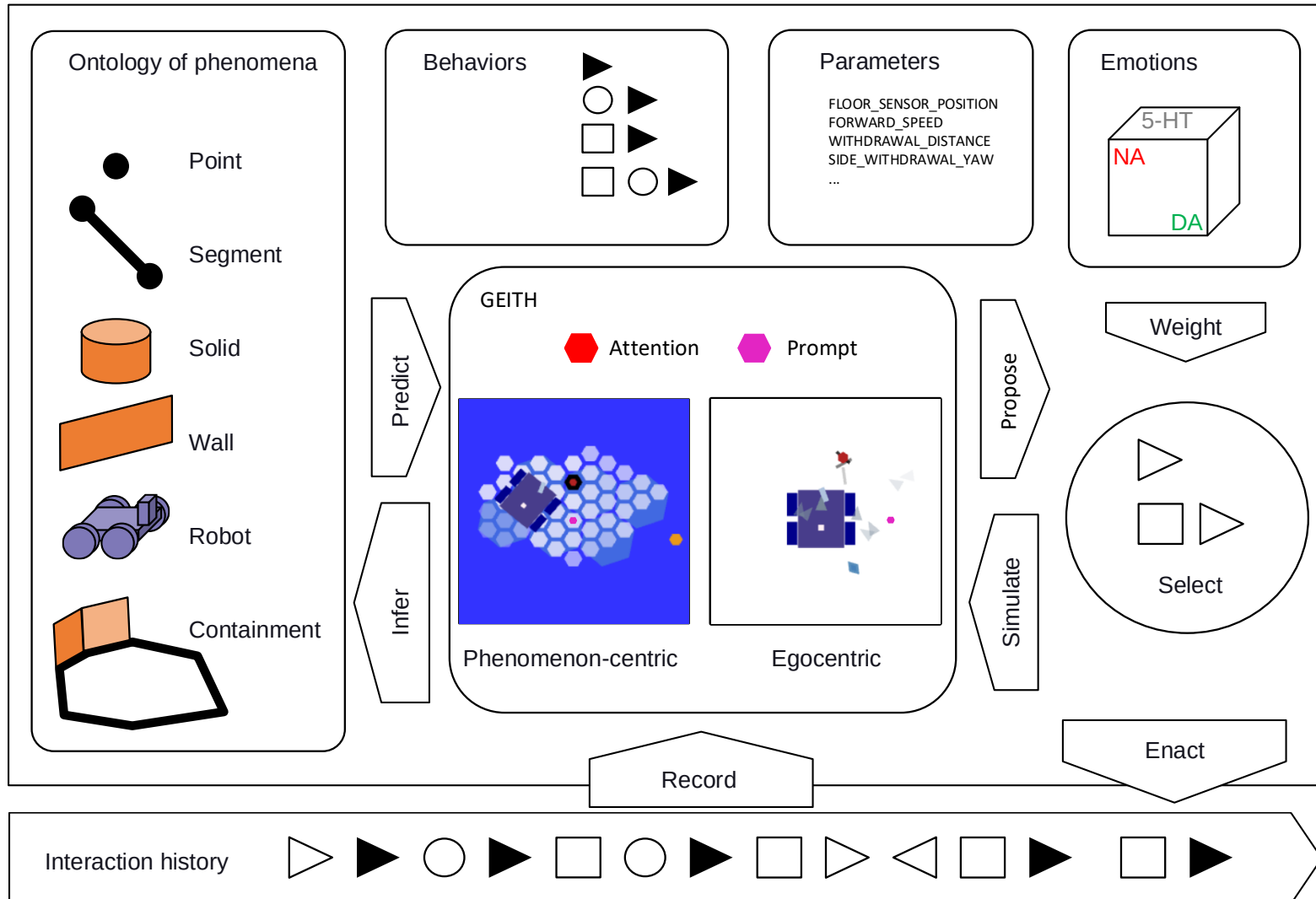
Control loops with spatial information

- Outcome is not representational but contains spatial data
 - Measure of displacement
 - Position of **points of interactions** between the robot and other objects

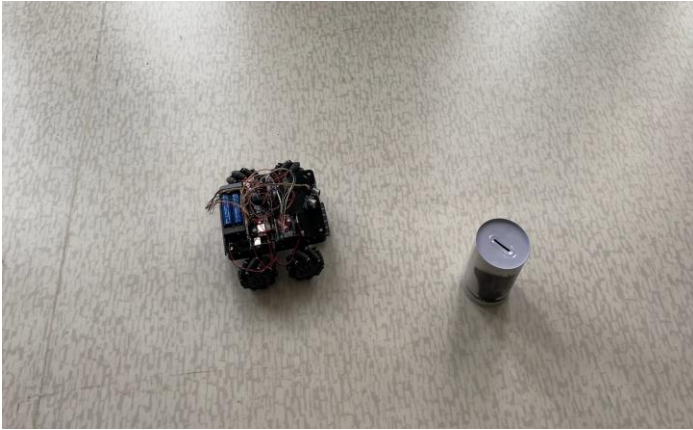


- Proposal:
 - Spatial data is processed by **predefined spatial cognitive structures**
 - The capacity to infer objects from spatially-localized interactions may open the way to more abstract learning
 - Friston & Buzsaki (2017) *The functional anatomy of time: What and when in the brain*

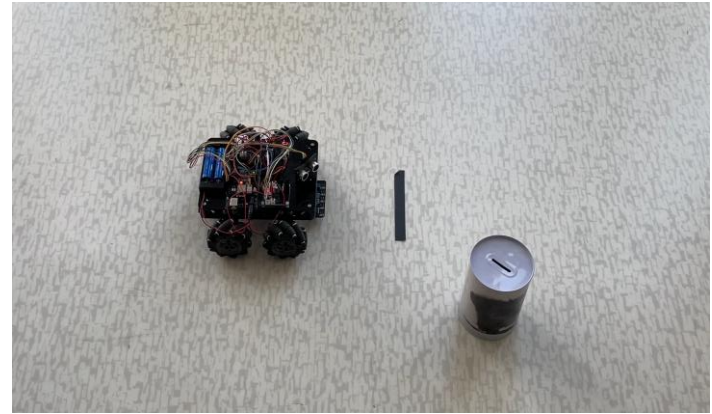
Cognitive architecture



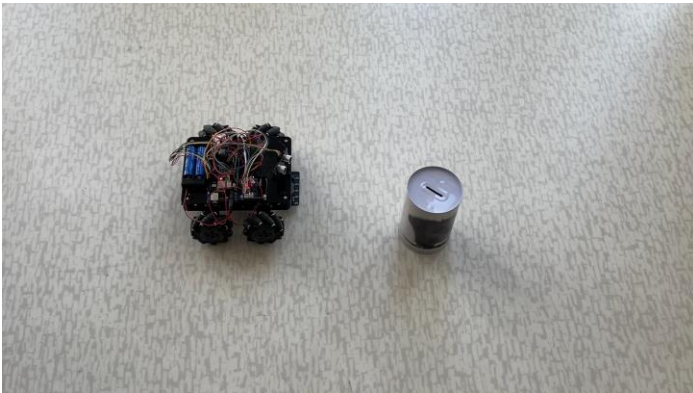
Primitive interactions



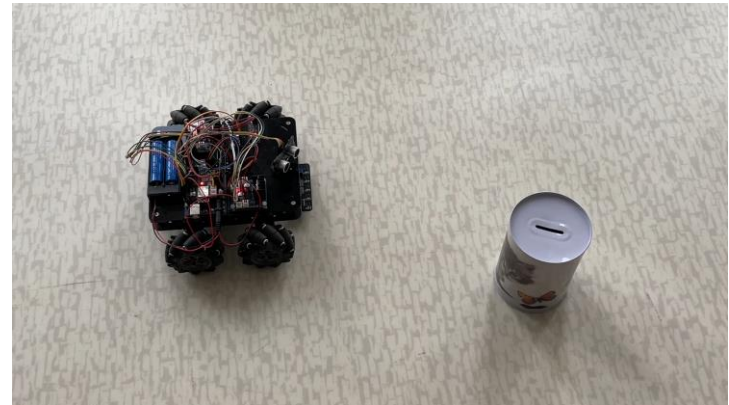
Move_forward with focus



Move forward – line_front

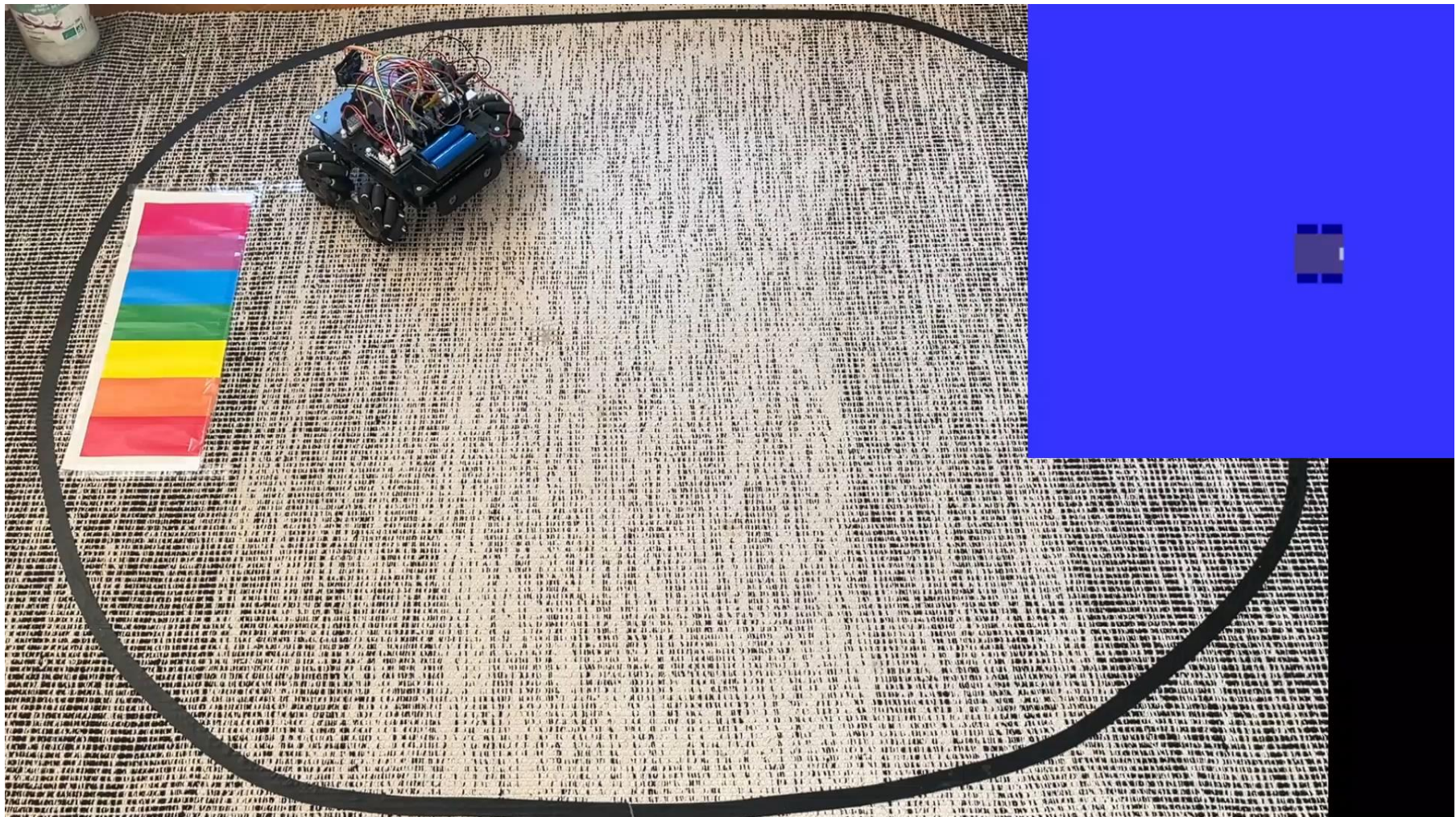


Sweep_right with focus



Scan

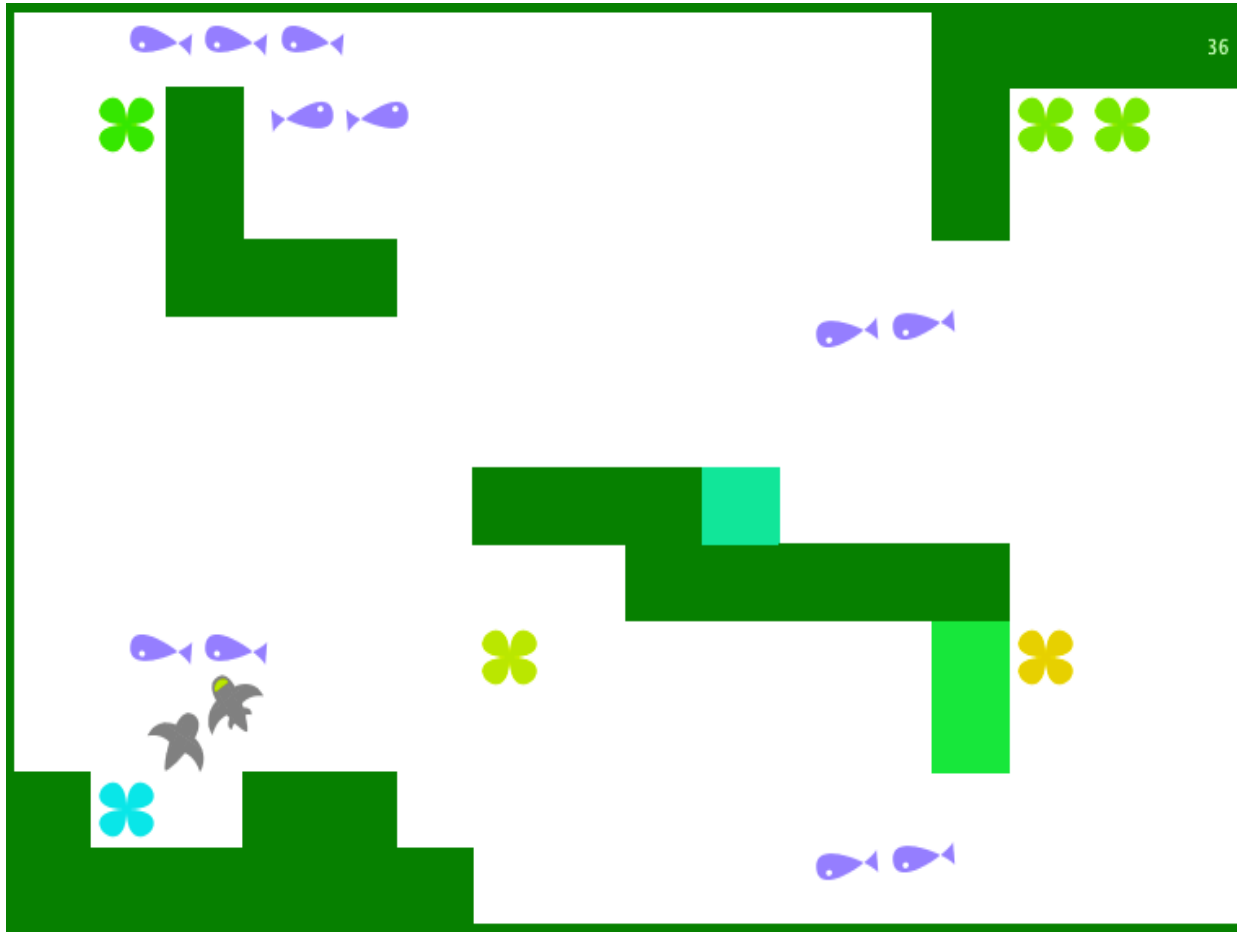
Demonstration



<https://youtu.be/1NpKXTZcqSo>

Environnement continu

https://youtu.be/LjOck5ts_2g



Travaux dirigés

Séance 3

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 24 octobre 2024** 23h59
- Pour chaque agent 1 à 3
 - 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

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

Agent 3

Permettre de choisir parmi trois actions possibles

Tester votre agent dans l'environnement TurtlePy

Choisir des valences qui font que la tortue ne reste pas coincée dans un coin

Observez qu'il faudrait que l'agent tienne compte du contexte pour faire ses prédictions.
Ce sera l'objet de l'Agent 4.

