

Fiche de projet semestriel

Titre :

Comportements réactifs et apprentissage en environnement multi-agent

Description :

La librairie `pyvrep-epuck`¹ a été développée dans le but de permettre à des étudiants aux profils variés de s'initier au contrôle robotique et à l'interaction multi-robot. Elle permet de programmer des boucles sensorimotrices bas niveau par des fonctions Python, de les combiner pour créer des comportements plus complexes, et de lancer ces boucles de contrôle sur une population de robots mobiles dans un simulateur. La définition des comportements est réalisée selon une approche "bottom-up" (du plus simple au plus complexe), dans l'esprit de la "behavior-based robotics" proposée par Brooks² ; et plus précisément le cadre formel des "véhicules de Braitenberg"³.

La librairie est interfacée avec le simulateur 3D Coppeliasim⁴ et permet de contrôler des robots mobiles simulés Epucks. Ces robots sont constitués d'une base circulaire, de deux roues, de capteurs de proximités, de capteurs au sols, ainsi que d'une caméra.

Les sessions pratiques du cours sont réalisées dans des Jupyter Notebooks⁵, qui contiennent à la fois les instructions de la session ainsi que du code Python. La librairie permet de se connecter au simulateur puis de programmer des comportements de façon très intuitive et interactive (voir Fig. 1). Par exemple, exécuter une cellule du notebook contenant le code `robot.left_speed = 1` a un effet immédiat dans le simulateur : la roue gauche va se mettre en rotation et le robot va donc tourner sur lui-même.

Les objectifs principaux du projet sont d'une part d'étendre la librairie pour intégrer un simulateur 2D permettant la simulation de nombreux agents dans des environnements à la dynamique complexe ; d'autre part de permettre l'interaction avec des algorithmes d'apprentissage par renforcement pour l'optimisation des boucles de contrôle⁶. Du côté du simulateur, nous utiliserons `simple-playgrounds`⁷ (ex-Flatland⁸), dont le développement a commencé à l'ENSTA-Paristech et qui se poursuit actuellement par Michael Gracia Ortiz de la City University à Londres (qui co-encadrera ce projet). Il s'agit d'un simulateur rapide en 2D à la

¹ https://github.com/clement-moulin-frier/pyvrep_epuck

² Brooks R. A. (1991), *Intelligence without representation*, Artificial Intelligence, vol. 47, no. 1-3

³ Braitenberg, V. (1984). *Vehicles: Experiments in synthetic psychology*. Cambridge, MA: MIT Press

⁴ <https://www.coppeliarobotics.com/>

⁵ <https://jupyter.org/>

⁶ Nous utiliserons <https://github.com/DLR-RM/stable-baselines3>

⁷ <https://github.com/mgarciortiz/simple-playgrounds/>

⁸ <https://arxiv.org/abs/1809.00510>

physique réaliste, permettant d'intégrer de nombreux robots (jusqu'à une trentaine sur une machine standard) ainsi que des objets à la dynamique variée (voir Fig. 2).

Client/tuteur :

Projet proposé par Clément Moulin-Frier (Inria-Flowers) et Michael Garcia-Ortiz (City University, Londres, UK)

Contacts : clement.moulin-frier@inria.fr ; Michael.Garcia-Ortiz@city.ac.uk

Livrables :

Les objectifs du projet sont les suivants :

- Familiarisation avec les principes de la "behavior-based robotics" par la lecture de quelques articles scientifiques (voir les notes de bas de page ci-dessus)
- Prise en main de la librairie pyvrep-epuck et des jupyter notebooks associés
- Prise en main de l'environnement de simulation simple-playgrounds
 - Cahier des charges, contenant le détail de l'architecture logicielle proposée
- Abstraction des structures de données de la librairie pour pouvoir l'interfacer avec différents simulateurs ou robots physiques
- Intégration de simple-playgrounds dans pyvrep-epuck
- Adaptation des jupyter-notebook utilisés dans le cours (VREP -> simple-playgrounds)
- Intégration d'un algorithme d'apprentissage par renforcement

Environnement technique :

Python 3, Jupyter Notebooks, CoppeliaSim, simple-playgrounds, stable-baselines (voir liens dans les notes de bas de page)

Ressources :

Voir liens dans les notes de bas de page

Points particuliers :

Les pré-requis sont les suivants :

- Compétences solides en programmation orientée-objet, notamment en Python
- Lecture et écriture en anglais (les jupyter notebooks sont en anglais).
- Connaissances des principes de l'apprentissage par renforcement
- Intérêt pour les systèmes autonomes et l'interaction multi-agent, en intelligence artificielle et en biologie

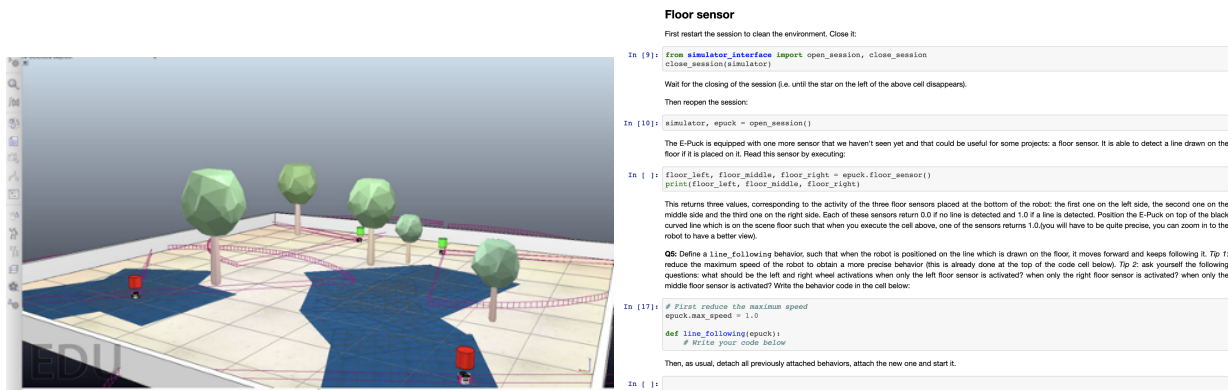


Figure 1. La librairie `pyvrep-epuck` fournit une plateforme éducative pour aborder des problèmes de robotique, d'apprentissage machine et de simulation multi-agent de façon interactive et intuitive. Elle repose actuellement sur le couplage d'un simulateur robotique 3D (à gauche) et de Jupyter Notebook (à droite). Ces derniers permettent de réaliser des supports de travaux pratiques interactifs, sous la forme de pages web (contenant du texte, des images, des liens ...) dans lesquelles les étudiants peuvent exécuter du code Python. La librairie `pyvrep-epuck` permet ainsi de contrôler le simulateur directement depuis ces pages web (lecture des capteurs des robots, envoi de commandes motrices, contrôle d'éléments de l'environnement). Elle permet de définir des boucles de contrôle de manière simple, sous la forme de fonctions prenant en argument les valeurs des capteurs et retournant des activations sur les moteurs. La capture d'écran du simulateur provient du projet d'un groupe d'étudiants : deux robots « prédateurs » (en rouge) implémentent des boucles de contrôle pour chasser deux robots « proies » (en vert clair) dans un environnement reproduisant un cycle de saisons été-hiver.

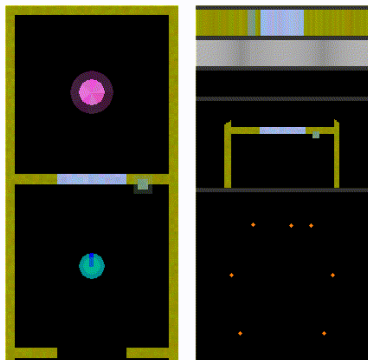


Figure 2. L'objectif du projet est d'étendre la librairie `pyvrep-epuck` pour pouvoir l'interfacer le simulateur `simple-playground`⁹ et de permettre l'optimisation de boucles de contrôle par apprentissage par renforcement.

⁹ Voir une version animée de cette image sur <https://github.com/mgarciaortiz/simple-playgrounds/>