

Poppy Education : un dispositif robotique open source pour l'enseignement de l'informatique et de la robotique

Stéphanie Noirpoudre^{1*}, Didier Roy^{1*}, Thibault Desprez¹, Théo Segonds¹, Damien Caselli¹, Pierre-Yves Oudeyer¹

¹ Équipe de recherche FLOWERS, Inria Bordeaux Sud-Ouest, 33400 Talence, France
firstname.lastname@inria.fr

* deux premiers auteurs

Résumé. Les robots sont des outils privilégiés pour contribuer à l'acquisition de la pensée informatique par les élèves. Le dispositif robotique Poppy Education propose une plateforme robotique open-source matériel et logiciel, imprimée en 3d, ainsi que des activités pédagogiques également open-source. Des enseignants et des chercheurs font vivre ce dispositif en co-crédant des activités, en les testant avec les élèves, en échangeant sur leurs usages et en faisant évoluer la plateforme selon les besoins.

Mots-clés. Education, Pensée informatique, Robotique, Enseignement, Coopération

Abstract. Robots are privileged tools to contribute to the acquisition of computer thinkings by students. The Poppy Education Robotic device offers an open source robotics platform hardware and software, 3d printing, as well as open-source educational activities. Teachers and researchers make this system live by co-creating activities, testing them with students, exchanging about their uses and by improving the platform as needed.

Keywords. Education, Computational thinking, Robotics, Teaching, Cooperation

1. Introduction

Avec l'entrée des Sciences du Numérique dans tous les cursus de formation, de l'enseignement primaire à l'enseignement supérieur, la question des approches et des outils pertinents pour ces nouveaux enseignements se pose.

Le propos est ici de présenter un dispositif basé sur la robotique au potentiel didactique intéressant.

Seymour Papert a été le premier à pointer la pertinence des robots pour l'éducation aux sciences du numérique : « La robotique a un potentiel intéressant pour faire acquérir les compétences de programmation informatique, étant à la fois stimulante et riche de concepts importants. » [5].

D'autres chercheurs ont montré l'efficacité d'activités robotiques sur les apprentissages, notamment Barker [1] qui a étudié l'utilisation de robots avec des

élèves de 9 à 11 ans dans un contexte pédagogique clair et avec une analyse quantitative de l'impact. Ils montrent l'amélioration quantitative des scores (rapport pré-tests post-tests) dans l'acquisition de concepts liés à la programmation, aux mathématiques appliquées, à la robotique, à l'ingénierie. L'apport de robots, notamment humanoïdes, à la remédiation pour des élèves en difficulté a également été étudié, notamment en mathématiques [6].

2. La stratégie pédagogique

La stratégie pédagogique choisie a pour ambition de faciliter l'acquisition de compétences en lien avec la pensée informatique, et de compétences plus transversales : travailler en équipe en apprenant à répartir le travail, gérer le débat et l'argumentation, accepter la révision de ses propres hypothèses.

2.1. Un micro-monde d'apprentissage

Si l'on raisonne en terme d'Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain (EIAH), la robotique propose un micro-monde d'apprentissage (comme Cabri Géomètre, Geogebra, ...) à la jonction entre le monde numérique et le monde physique, où l'élève a une autonomie importante et peut exploiter les rétroactions du milieu ambiant pour progresser. Ainsi, si le robot tombe du bord de la table alors que l'élève voulait qu'il s'arrête, nul besoin que l'enseignant lui dise qu'il y a un problème, l'élève le voit par lui-même et va utiliser cette information pour corriger.

L'inscription du robot dans le monde physique est un atout important pour bien comprendre les enjeux de l'informatique et son périmètre d'application. La plupart de l'informatique aujourd'hui se trouve dans des systèmes embarqués comme l'électroménager, les véhicules de transport, les objets de la vie courante, soumis aux aléas des déplacements, de la chaleur, etc. Alors, en plus des bugs inhérents à l'informatique en elle-même, il y a les aléas apportés par le monde physique, moins « parfait » que le virtuel. La robotique apporte ce côté tangible. « Pourtant, j'avais tout prévu, mais évidemment s'il y a des cailloux sur la piste alors ça ne marche pas bien, je n'y suis pour rien... ». Donc, tout n'avait pas été tant prévu que ça... Dans les véhicules autonomes qui parcourront inlassablement la planète dans quelque temps, espérons qu'ils auront pris en compte la physique de notre monde.

2.2. Une démarche d'investigation scientifique

Le dispositif Poppy Education privilégie une approche pédagogique d'investigation, une démarche scientifique où les élèves deviennent des chercheurs actifs et autonomes, où ils expérimentent et valident leurs hypothèses dans une dynamique de projet [3]. Cette approche d'investigation, la recherche, et la découverte associée, portent en germe le plaisir de chercher, et celui de trouver. C'est

Plateforme robotique Poppy Education

un atout pour rapprocher les élèves de l'état de « Flow¹ » dans leur apprentissage [2].

Un mot sur le statut de l'erreur dans une telle approche : l'erreur retrouve une image positive, une étape normale dans le processus d'apprentissage. L'aspect tangible du résultat de la programmation du robot place l'expérimentation des élèves dans le monde physique et renforce leur confiance à résoudre les difficultés.

Pour augmenter le potentiel pédagogique du dispositif, en plus du micro-monde d'apprentissage et de la démarche d'investigation scientifique, nous ajoutons une approche coopérative, qui vient renforcer les différents aspects mis en avant.

2.3. Une approche coopérative

En plus d'être mis en situation de chercheurs par la démarche d'investigation, un travail coopératif va fédérer les élèves en équipes de chercheurs, avec les apports inhérents à cette approche : la richesse des idées, l'émergence d'hypothèses, l'expérimentation pour valider ou invalider, le débat. Tout cela contribue à la réussite dans les activités et à l'entretien de la motivation.

En ce qui concerne le statut de l'erreur évoqué précédemment, dans un travail coopératif son statut positif est encore renforcé, l'erreur est portée par tous et peut être traitée collectivement, ce qui offre un recul supplémentaire.

Cette stratégie produit des comportements très positifs chez les élèves, même ceux en difficulté pour lesquels les bénéfices en terme de motivation sont particulièrement visibles. Ils osent davantage, proposent des idées, participent aux débats, autant d'atouts pour gagner en confiance, pour vivre une expérience scolaire différente.

3. La stratégie de diffusion

Afin d'assurer une diffusion la plus large possible, une approche ouverte et co-créative a été privilégiée.

Le dispositif repose sur l'utilisation de la plateforme robotique open-source Poppy développée initialement pour la recherche, pour étudier l'influence de la morphologie des jambes sur l'apprentissage de la marche bipède, le corps étant considéré comme une variable expérimentale pouvant proposer différentes configurations [4].

Cette plateforme a été mise en open source matériel et logiciel afin d'être utile à la communauté scientifique. A l'issue d'une première expérience dans un lycée, mixant programmation et danse, l'écosystème de ce robot est apparu comme pouvant être un outil utile pour l'éducation. Des Centres de Culture Scientifique et Technique et des FabLabs, il a essaimé vers l'enseignement des sciences du numérique.

Les activités pédagogiques de Poppy Education sont open source, co-crées par des enseignants et des chercheurs, et sont parfois regroupées dans des livrets téléchargeables, clés en mains, avec les solutions complètes.

Le site internet associé au projet (www.poppy-education.org) contient les

¹ Le **flow** est l'état mental d'une personne complètement engagé dans sa tâche, avec une concentration maximale et une satisfaction majeure dans son accomplissement.

ressources (pédagogiques, documentaires, techniques) issues des expérimentations et accessibles à tous, et le forum présente des retours d'expérience et favorise les échanges pour que les enseignants puissent se lancer dans l'aventure. Des formations se développent peu à peu dans toute la France, en collaboration avec le Ministère de l'Education, la Fondation la Main à la Pâte et des Centres de Culture Scientifique et Technique, avec l'objectif de s'appuyer sur chacune des personnes formées pour qu'elles deviennent des personnes ressources susceptibles à leur tour de former et d'accompagner les collègues.

Aujourd'hui, Poppy Education est répandu au-delà des frontières de la Nouvelle Aquitaine, dans plusieurs régions de France et également à l'étranger, notamment dans les Caraïbes, aux Etats-Unis, au Chili. Il est aussi prévu de traduire les contenus pédagogiques en plusieurs langues, en particulier en Anglais, les documentations des robots Poppy étant déjà en Français et en Anglais.

Le passage à l'échelle est un enjeu important, et une recherche de baisse du prix du Poppy Ergo ainsi que l'augmentation du nombre d'activités pédagogiques et des temps de formation font partie des pistes envisagées pour y contribuer.

4. Le dispositif Poppy Education

Poppy Education est un projet développé au sein de notre équipe de recherche, soutenu par la Région Nouvelle-Aquitaine et les Fonds Européens FEDER. Poppy Education vise à développer, évaluer et mettre à disposition des kits robotiques clés en mains à visée éducative, afin de promouvoir la robotique et le numérique dans l'éducation et de faciliter l'acquisition de connaissances en informatique. En particulier, il est destiné à fournir des activités robotiques pour l'enseignement secondaire et l'enseignement supérieur.

Des lycées et collèges expérimentent Poppy Education depuis début 2016, et aujourd'hui nous suivons une trentaine d'établissements en Nouvelle-Aquitaine où nous menons des expérimentations (d'autres établissements utilisent également Poppy Education mais sans suivi spécifique de notre part). Il y a actuellement environ deux cents robots en prêt dans des établissements scolaires. Des expérimentations sont en cours, de nouvelles activités vont s'ajouter à celles existantes, pour le collège (mathématiques, technologie) et pour le lycée (ICN, ISN, ...).

4.1. La plateforme robotique Poppy



Fig. 1. Les trois formes de base : « Humanoïde », « Torso » et « Ergo Jr ».

Plateforme robotique Poppy Education

On parle de plateforme Poppy ou d'écosystème Poppy parce que grâce au développement du robot humanoïde, c'est une multitude de robots que l'on peut désormais construire avec ce qui a été développé à l'origine.

Quelques caractéristiques de la plateforme robotique Poppy :

- Open source matériel et logiciel.
- Pièces imprimées en 3D.
- Langages de programmation variés : Snap! Scratch, Python, ...
- Trois formes de base, une multitude de formes possibles.
- Programmation directe dans un navigateur.
- Existence de simulateurs afin de pouvoir travailler avec un Poppy virtuel.
- Collaborations possibles autour de la plateforme entre diverses disciplines (ingénierie, sciences, design, sciences humaines, arts, ...).
- Une communauté de plus de 1400 membres (<https://forum.poppy-project.org/>).

Le robot Poppy Ergo Jr a été créé dans le cadre du projet Poppy Education afin de disposer d'un robot assez peu cher et simple à utiliser en classe, tout en offrant par ailleurs de nombreuses possibilités d'activités.

4.2. Le robot Poppy Ergo Jr

[Poppy Ergo Jr](#) est un robot 6 moteurs open source conçu pour être utilisé facilement en classe pour initier aux sciences du numérique, notamment à l'informatique et à la robotique. Il est utilisable sans connexion internet et installation préalable. La forme Poppy Ergo Jr, simple bras robotique miniaturisé issu de Poppy, a été retenue comme robot de base pour le dispositif Poppy Education, pour sa simplicité et son coût limité.

Une présentation vidéo : <https://www.youtube.com/watch?v=T1ZxHZ0POk0>

Un robot à construire soi-même et à personnaliser

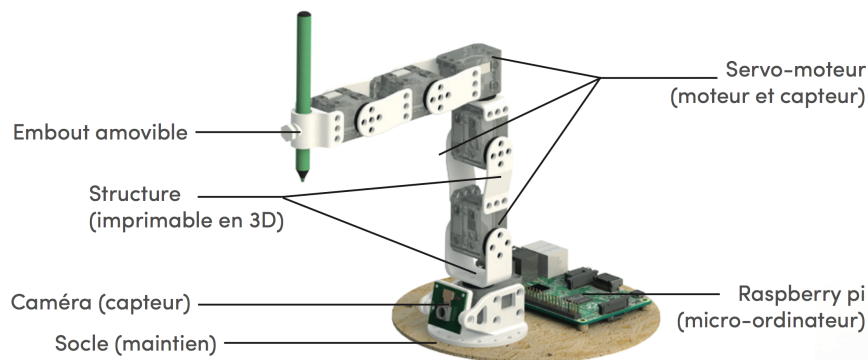


Fig. 2. Le robot Poppy Ergo Jr

Les pièces sont imprimables en 3D.

Il est doté :

- de capteurs pour prendre des informations dans son environnement : sa caméra et ses servo-moteurs permettent de détecter ce qui se passe autour de lui (sa position, sa température etc.)
- d'actionneurs pour produire des actions : ses 6 servo-moteurs permettent de bouger et ses leds émettent de la lumière
- d'un micro-ordinateur (Raspberry Pi) : connecté aux capteurs et aux actionneurs, il permet de contrôler le comportement du robot en exécutant le programme informatique créé. Tous les logiciels nécessaires au fonctionnement du robot (Snap!, Python, etc.) sont installés sur cette ordinateur.

Une programmation intuitive par blocs avec Snap! (réimplémentation de Scratch)

Le kit Poppy Ergo Jr propose notamment une programmation visuelle avec *Snap!* Les élèves sont amenés à assembler des blocs d'instructions et à les activer, de façon très intuitive (grâce aux codes couleurs et aux formes), pour voir directement sur le robot Ergo Jr (physique ou simulé) les effets des programmes qu'ils construisent.

Des nouveautés pour bientôt

Des capteurs et des actionneurs supplémentaires concernant le son et l'image sont en cours de développement afin d'enrichir et d'élargir les activités pédagogiques. De nouvelles activités pédagogiques sont en cours de développement.

4.3. Les activités Poppy Education

Les activités pour la plateforme Poppy ont été conçues principalement avec Snap! et Python. La plupart des activités font appel au Poppy Ergo Jr, mais certaines utilisent le Poppy Torso (essentiellement dans le supérieur à cause de son coût), telles que celles produites par l'Ecole Nationale Supérieure des Arts et Métiers (ENSAM) de Bordeaux², ou même le Poppy humanoïde, comme à l'ENSAM ParisTech, où l'équipe Academy de Dassault Systèmes a développé une expérience d'apprentissage sur le thème de Virtual Twin (double virtuel). <https://academy.3ds.com/fr/lab/le-robot-humanoide-poppy-et-la-3dexperience>

² <http://savoir.ensam.eu/moodle/course/view.php?id=1835>

Plateforme robotique Poppy Education

Une vingtaine de chercheurs et d'enseignants se retrouvent régulièrement pour échanger et construire ensemble.

Un ensemble d'activités libres et gratuites ont été conçues dans une collaboration enseignants du secondaire et chercheurs, allant de la découverte du robot à des utilisations plus complexes :

- Le livret pédagogique « Apprendre à programmer Poppy Ergo Jr en Snap! » propose des activités et des petits défis à réaliser.
- Des projets complets ont également été créés par les enseignants et leurs élèves.

Quelques exemples de projets réalisés

- Ergo Jr joue au chamboule-tout (atelier découverte).
- [Modélisation du port automatisé de Rotterdam](#) (troisième technologie, collègue Anatole France, Cadillac).
- [Des yeux pour Poppy Torso](#) (seconde ISN, Lycée François Mauriac, Bordeaux).
- [Une partie de Tic Tac Toe : Humain VS Ergo Jr](#) (projet ISN de terminale, Lycée Camille Jullian, Bordeaux).
- [Atelier robotique au CERN](#) : une journée pour construire et programmer son robot.

Pour en voir davantage : <http://www.poppy-education.org>

En pratique, comment démarrer avec Poppy Ergo Jr ?

- Obtenir un Kit Poppy Ergo Jr :
<https://www.poppy-education.org/documentation/poppy-ergo-jr/>
- Echanger avec la communauté Poppy grâce à son forum :
<https://forum.poppy-project.org/>
- Se référer au Guide démo du projet Snap! pour trouver des exemples de démonstrations d'activités pédagogiques (vidéos et projets snap !) et des projets pédagogiques (vidéos)
<https://forum.poppy-project.org/t/guide-de-demo-du-kit-pedagogique-poppy-ergo-jr-version-beta/2698>

4.4. Le suivi et l'évaluation du dispositif Poppy Education

Les expérimentations en Nouvelle Aquitaine sont suivies par des membres de l'équipe de recherche qui vont régulièrement en classe pour accompagner l'enseignant et observer comment est utilisé le dispositif par les élèves et comment l'améliorer. Environ une fois par mois, les enseignants associés à l'expérimentation retrouvent les chercheurs de l'équipe pour des discussions et des présentations de travaux.

Le robot Ergo Jr et les activités proposées sont en cours d'évaluation. Les premiers résultats qualitatifs montrent l'impact motivationnel positif de l'outil robotique proposé, et des questionnaires sont en cours d'analyse pour évaluer les effets de Poppy Education sur les apprentissages.

Une thèse sur la pertinence et l'efficacité du dispositif Poppy Education a démarré en octobre 2016.

Références

1. Barker, B. Et J Ansorge (2007). „Robotics as means to increase achievement scores in an informal learning environment“. In : Journal of Research on Technology in Education 39.3, p. 229–243.
2. Csikszentmihalyi, Isabella Selega (1992). Optimal experience : Psychological studies of flow in consciousness. Sous la dir. de Cambridge University PRESS. Cambridge University Press.
3. Kahn peter, and (2004). „Karen O'Rourke. "Guide to curriculum design : Enquiry-based learning."“ In : Higher Education Academy 30.3.
4. Lapeyre, m. (2015). Poppy : plate-forme robotique open source, imprimée en 3D et totalement modulaire pour l'experimentation scientifique, artistique et pédagogique. Thèse de doctorat (Bordeaux)
5. Papert, s. (1980). Mindstorms : children, computers, and powerful ideas. 17. Basic Books.
6. Roy, Didier (2012). „Usage d'un robot pour la remédiation en mathématiques“. Rapport de recherche. Université de Bordeaux.