

Poppy Ergo Jr : un kit robotique au coeur du dispositif Poppy Éducation

Thibault Desprez¹, Stéphanie Noirpoudre¹, Théo Segonds¹, Damien Caselli¹,
Didier Roy^{1, 2} & Pierre-Yves Oudeyer^{1, 2}

1. Équipe FLOWERS, Inria BSO, prénom.nom@inria.fr

2. Deux derniers auteurs

Résumé

Pour favoriser une meilleure appréhension du monde numérique, le dispositif Poppy Éducation propose un kit robotique pédagogique open source baptisé « kit Ergo Jr ». Il se destine principalement aux élèves et enseignants de la fin du collège et du lycée, mais modularité a fait naître des projets à de nombreux niveaux, abordant de nombreuses disciplines. Nous présentons ici la démarche de conception centrée utilisateur qui a conduit son développement ainsi que les objectifs de dissémination qui y ont été associés. Nous présentons le kit en lui-même, composé d'un robot à construire soi-même et d'un livret d'accompagnement pédagogique contenant des activités clé en main. Nous développons certains des usages qui en ont été fait dans le milieu scolaire, et plus particulièrement dans les sections ISN et ICN. Enfin, nous exposons les méthodes et résultats des questionnaires d'utilisabilité que nous avons fait remplir à des élèves de la région Nouvelle Aquitaine ayant pratiqué des activités avec le robot Ergo Jr. Ces questionnaires ont également été complétés par leurs enseignants.

Mots clés : Kit robotique, Robot, Poppy, Ergo Jr, Programmation, Snap !, Python, Sciences du numérique

1 Introduction

Pour aider chacun à mieux comprendre le monde numérique dans lequel nous vivons et ainsi en faire le meilleur usage possible, l'État Français a choisi depuis 2017 d'intégrer, du cycle 1 au cycle 3, dans tous les programmes scolaires, les sciences du numérique. Depuis cette intégration, il devient indispensable d'identifier et de disséminer des dispositifs pédagogiques pertinents permettant d'acquérir les bases essentielles de l'informatique. Depuis 2015, le projet Poppy Éducation (équipe Flowers, Inria Bordeaux, France) reposant sur le kit robotique pédagogique Poppy Ergo Jr, s'inscrit dans cette volonté, et cherche à aider les élèves à comprendre, à apprendre et à manipuler les éléments fondamentaux des sciences du numérique et de la pensée informatique. Pour cela a été mise en place une démarche de développement centrée utilisateur, impliquant une quarantaine d'enseignants de lycées de Nouvelle Aquitaine intervenant en section Informatique et Sciences du Numérique (ISN) et Informatique et Création Numérique (ICN). Les échanges entre les chercheurs de l'équipe, les enseignants et leurs élèves ont permis de faire évoluer le matériel et de concevoir un livret pédagogique d'activités avec le robot Ergo Jr. Un des objectifs visés par le projet Poppy Éducation était de créer des kits clé en main, facilitant l'auto-formation de l'enseignant et son appropriation du dispositif, avec deux ambitions, que l'enseignant puisse modifier le kit et l'adapter à sa pratique pédagogique et qu'il partage ses réalisations avec la communauté enseignante. Pour évaluer l'impact du kit Poppy Ergo Jr dans le dispositif, nous avons choisi dans un premier temps d'adopter une posture d'observation, afin de recueillir un certain nombre de données qualitatives ; nous avons également utilisé des questionnaires standardisés afin d'estimer l'utilisabilité, et l'expérience utilisateur offerte par le kit. Aujourd'hui, plus de 30 lycées sont équipés du kit Ergo Jr ; et des expérimentations plus avancées, avec suivi de cohortes sont en cours de réalisation. Nous présentons ici le kit Poppy Ergo Jr, les résultats des questionnaires standardisés, ainsi que quelques données qualitatives sur la pertinence du kit.

2 Phase de Conception

2.1 Objectif & Méthode

Inspirés par le kit IniRobot qui totalisait après un an d’existence, environ 700 utilisateurs adultes et 6400 enfants dans 35 villes de France (Roy & Oudeyer, 2016), nous avons opté pour une stratégie qui favorise une dissémination bottom-up et l’auto-formation. Ainsi nous avons mis l’accent sur l’accessibilité du kit, que ce soit par son coût ou par la richesse et la disponibilité des ressources qui lui sont dédiées. Ces paramètres favorisent une plus grande appropriation des outils par les utilisateurs, garante d’une pérennité du dispositif.

Pour aller plus loin nous avons souhaité favoriser le détournement de la plateforme, ainsi que le partage de ce détournement. Pour cela un certain nombre de choix sur le développement ont été faits (Noirpoudre et al., 2017) : le caractère open source du dispositif, la modularité des pièces mécaniques, ou la programmation multilingue. Cependant, l’impact de ces choix sur la dissémination effective ne pourra être observé que sur le long terme. En revanche, des stratégies de conception ont déjà fait leurs preuves, comme la méthode du développement centré utilisateur (Abrams, Maloney-Krichmar & Preece, 2004) que nous avons appliqué pour partie ici :

Tout d’abord, nous avons bâti un groupe de travail avec plusieurs enseignants et ingénieurs constituant nos premières réunions. Nous avons ensuite effectué les premières formations à l’utilisation de la plateforme, et certaines adaptations techniques du kit en ont découlé. Puis s’est organisé un suivi avec les enseignants via téléphone, mail, réunion, forum, observation sur place, etc. De ce suivi, ont émergé plusieurs contenus et pratiques pédagogiques. Enfin nous avons pu optimiser au cours du temps de nombreuses spécificités de la plateforme et centraliser de nombreuses activités.



FIGURE 1 – Robot à construire + un livret pédagogique

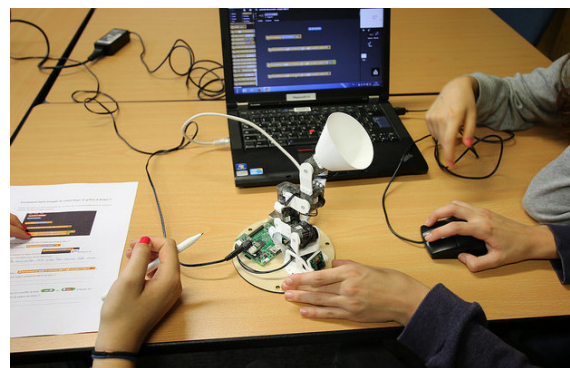


FIGURE 2 – Robot Poppy Ergo Jr en cours d'utilisation

2.2 Le kit Poppy Ergo Jr

Le robot Poppy Ergo Jr (Figure 2) utilisé dans le dispositif Poppy Éducation est issu de la plateforme robotique Poppy (Lapeyre, 2015) et en reprend donc les caractéristiques : cette plateforme est un ensemble de briques matérielles et logicielles open-source basé sur l’impression 3D, permettant de construire différents robots, programmables avec de multiples langages (notamment via une API REST), dont l’Ergo Jr. La modularité de la plateforme permet la conception et le partage de projets éducatifs et collaboratifs mettant en jeu des compétences variées, comme la manipulation de multiples technologies (*e.g.* impression et conception 3D, objet connecté, etc) permettant des connexions entre diverses disciplines, outils et matériaux d’une variété et d’une accessibilité toujours croissante (*cf* FabLab, MOOC).

Les activités ont été conçues initialement pour deux langages de programmation, *Snap!* (variante de Scratch) et Python, mais il est possible d’utiliser d’autres langages. Les activités peuvent être menées avec les robots physiques ou bien avec leur version simulée. L’utilisation de ce dispositif concerne la fin du collège, le lycée et l’enseignement supérieur. Mais d’autres usages, en primaire, en maternelle, dans des fablab, ont été observés.

De nombreuses activités sont aujourd’hui disponibles sur le site web <www.poppy-education.org> grâce au partage des enseignants et de leurs élèves. Ces activités abordent des thématiques d’une grande diversité, comme les mathématiques, la physique, les sciences de la vie et de la terre, les sciences humaines, le design, l’art, etc.

Un livret d’activités pédagogiques (Noirpoudre et al., 2016) permet la prise en main du kit robotique. Il se compose d’activités de découverte de la plateforme en elle-même et des concepts de l’informatique et de la robotique (e.g. servomoteur, capteur, boucle); d’idées d’activités et de « défis » permettant d’exploiter le potentiel du kit. Ces activités visent à favoriser chez les élèves la démarche scientifique, la coopération et la création d’un micro monde d’apprentissage via le robot (Noirpoudre et al., 2017).

Les ressources représentent un vecteur permettant d’orienter certains usages en les facilitant. Ainsi la plateforme a été modifiée afin d’en accroître les possibilités de personnalisation et d’adaptabilité, notamment en accentuant la portabilité vers d’autres solutions open source. Car, partant du principe que chaque utilisateur est unique et qu’il possède un bagage théorique et pratique spécifique, il est indispensable que la plateforme puisse s’adapter à ses singularités. Plusieurs observations réalisées par l’équipe Poppy Éducation en témoignent : des projets aboutissant, au pire, à un abandon faute de ressources, ou, au mieux, à des réalisations allant au-delà des possibilités techniques de la plateforme grâce à des ressources externes, comme l’utilisation de différents matériaux (plastique, bois, carton) ou de différentes formes de pièces pour le robot ; des pièces additionnelles (tête, pince, labyrinthe) ; des capteurs (webcam, makey makey, leapmotion) et contrôleurs (arduino) supplémentaires, etc. Ces détournements réalisés par les enseignants et leurs élèves sont avant tout possibles car l’ensemble des ressources (tutoriel, matériel et logiciel : *Snap!*, onshape, meshmixer, etc) sont accessibles et réutilisables grâce aux licences open source.

3 Phase d’évaluation, les questionnaires

Dans notre démarche de conception centrée utilisateur, la première étape fut d’observer et de recueillir des données qualitatives, permettant de faire évoluer nos premiers prototypes tant sur l’aspect technique que sur l’aspect pédagogique. Nous avons également recueilli un grand nombre de témoignages écrits et/ou oraux sur les usages qu’ont eu les enseignants avec leurs élèves via l’utilisation du robot Ergo Jr.

Par rapport à notre objectif de dissémination, une première mesure de l’utilisabilité globale du dispositif était indispensable. Pour réaliser cette étude, nous avons sélectionné deux questionnaires standardisés traitant de cette question : le SUS (« the System Usability Scales ») (Brooke, 1996) et L’attrakDiff (Hassenzahl, Burmester & Koller, 2003). Ces deux questionnaires sont complémentaires et permettent, d’un côté d’identifier d’éventuels problèmes de conception et de l’autre de rendre compte de la perception de l’utilisateur lors des activités. L’intérêt qu’ils soient standardisés est de pouvoir comparer les résultats.

Le lien de ces questionnaires (à compléter en ligne) a été diffusé aux enseignants participant au dispositif Poppy-Éducation, qui l’ont ensuite transmis à leurs élèves. Nous avons collecté 88 réponses : 20 enseignants de 47 ans en moyenne (écart type $S = 14,26$) et 68 élèves ($\text{âge} = 16$; $S = 2,44$), 37 sont issus de section ISN, 12 de ICN, et 18 du collège. Il ont tous pratiqué des activités durant l’année scolaire 2016 – 2017 et ont répondu aux questionnaires à la fin de cette même année. Ces activités ont pu être plus ou moins longues, plus ou moins répétées ; pour déterminer ces paramètres un questionnaire de renseignements additionnels était intégré après les questionnaires d’utilisabilité, 29 critères de discrimination ont pu en être dégagés. Ces critères reflètent différents usages du kit et ont permis d’observer plusieurs différences significatives dans les résultats aux deux questionnaires. Ceux-ci sont visible via les différents tracés sur les figures 3 et 4. Ici, leur interprétation ne sera vu que d’une manière générale, les données recueillies ne permettant pas une analyse à ce niveau de granularité.

Nous avons également synthétisé certains de ces critères pour former des groupes : *néophyte*, n’a pas utilisé d’autres kits et a pratiqué moins de 6 heures d’activités avec le kit Ergo Jr ; *novice*, n’a pas utilisé d’autres kits et a pratiqué entre 6 et 25 heures d’activités avec le kit Ergo Jr ; *expert*, a utilisé d’autres kits et a pratiqué plus de 25 heures d’activités avec le kit Ergo Jr ; cependant, ces groupes n’ont pas permis d’établir de distinction significative.

3.1 Utilisabilité : le SUS

Le SUS (« the Systeme Usability Scales ») (Brooke, 1996) se compose d'une série de 10 affirmations à évaluer selon une échelle de Likert à 5 points. Le score obtenu varie entre -2 et 2 et permet de graduer l'utilisabilité définie sous la norme ISO 9241-11 par « le degré selon lequel un produit peut être utilisé, par des utilisateurs identifiés, pour atteindre des buts définis avec efficacité, efficience et satisfaction, dans un contexte d'utilisation spécifié ». Nous pouvons observer sur la figure 3 que la moyenne générale (axe noir en gras) est positive sur l'ensemble des affirmations hormis la première, cela est peut-être induit par l'environnement scolaire proposant des plannings stricts et de nombreux modules à explorer. La rétrospective de 2013 du SUS (Brooke, 2013) nous apprend que le score moyen obtenu par des dispositifs au SUS est de $68/100$ soit $0,72$ sur l'intervalle $[-2; 2]$. Dans notre étude, la moyenne générale a atteint $0,72 : 0,57$ pour les enseignants ($N = 20$) et $0,77$ pour les élèves ($N = 68$).

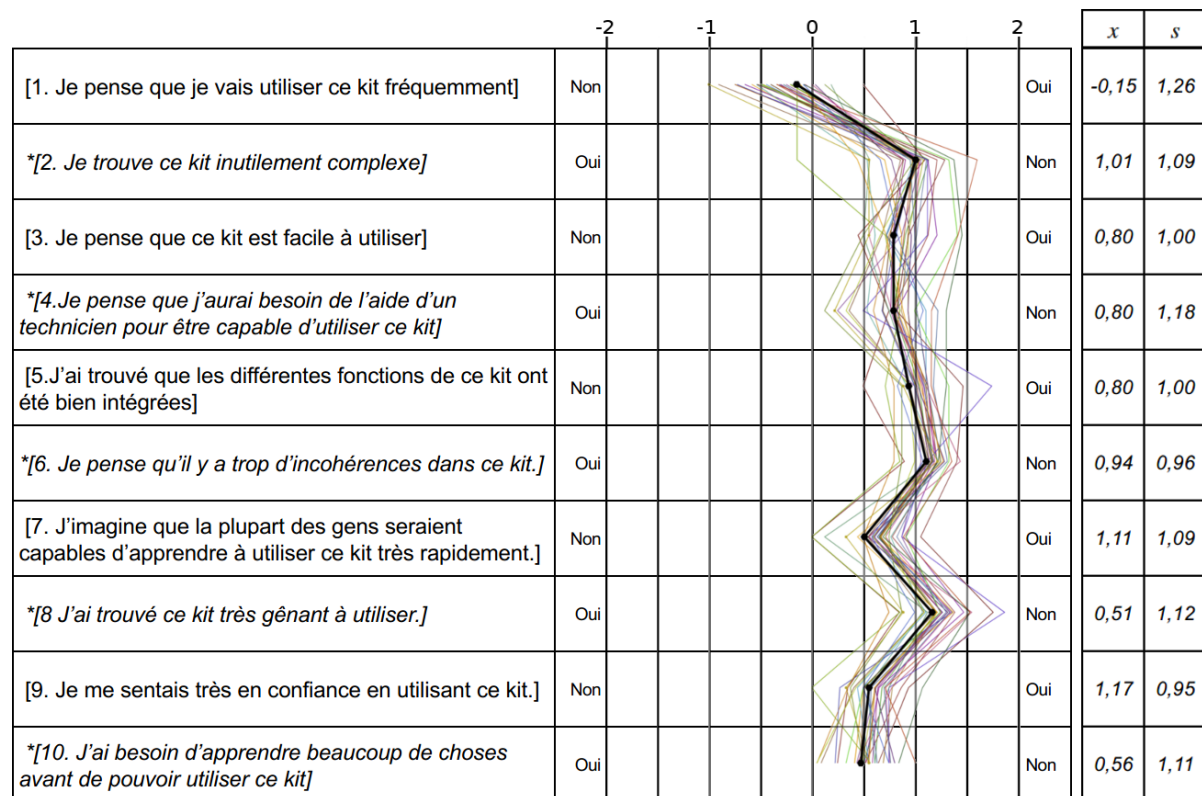


FIGURE 3 – Diagramme des réponses. L'axe noir, en gras, correspond à la moyenne générale

Les affirmations 7, 3 et 10 évoquent les questions de prise en main et de capacité d'auto-formation, point que nous souhaitons optimiser. Ici la variabilité observée montre que notre action a eu un impact mais pas sur l'ensemble de la population. Les résultats de l'affirmation 8 montrent une bonne acceptation de la part des utilisateurs.

3.2 Expérience utilisateur : l'AttrakDiff

L'attrakDiff (Hassenzahl et al., 2003) — possédant une validation en Français (Lallemant, Koenig, Gronier & Martin, 2015) — est un questionnaire permettant d'évaluer l'expérience utilisateur suivant 4 échelles : Échelle de Qualité Pragmatique ; Échelle de Qualité Hédonique - Stimulation ; Échelle de Qualité Hédonique - Identité ; Échelle d'Attractivité globale. La première estime le niveau de difficulté perçu par l'utilisateur. La deuxième estime si le dispositif offre une expérience stimulante et novatrice pour l'utilisateur. La troisième estime l'intégration sociale perçue avec l'utilisation du dispositif. La quatrième estime les mêmes aspects mais d'un point de vue plus global. Pour obtenir ces scores, l'utilisateur est invité à noter 28 paires d'antonymes suivant une échelle à 7 points. Nous pouvons observer sur la figure 4 le résultat pour nos 29 modalités pour les 28 paires de mots, ici ordonnées par catégorie.

Sur la figure 4 nous pouvons voir qu’une majorité de réponses sont positives, et que plusieurs paires de mots semblent se distinguer, notamment : l’évaluation de *Technique / Humain* en moyenne à $\bar{x} = -0,70$ ($S = 1,38$) et l’évaluation de *Amateur / Professionnel* à $\bar{x} = -0,15$ ($S = 1,45$) quand l’évaluation générale se situe à $\bar{x} = 1,20$ ($S = 0,61$). Dans une moindre mesure nous observons la même distinction au niveau de *Prévisible / Imprévisible* $\bar{x} = 0,36$ ($S = 1,31$) qui peut s’expliquer par la mise en avant dans les activités de la démarche d’apprentissage par essai-erreur. De la même façon on observe que les termes *Original - Créatif - Plaisant* obtiennent une meilleure évaluation que la moyenne, respectivement : $\bar{x} = 1,73$; $1,75$; $1,88$ ($S = 1,24$; $1,14$; $1,15$).

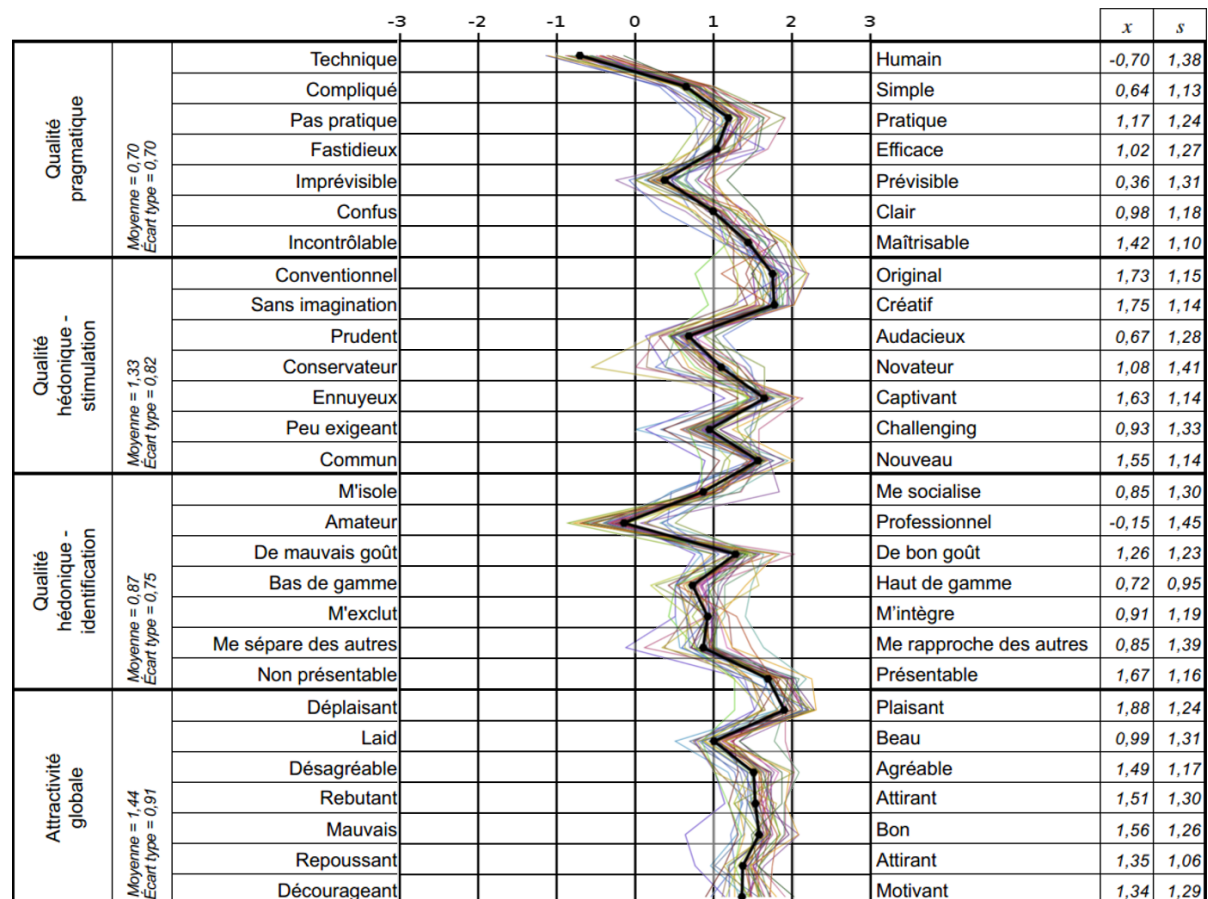


FIGURE 4 – Diagramme des réponses. L’axe noir, en gras, correspond à la moyenne générale

Au niveau des 4 échelles, nous observons que l’aspect stimulation $\bar{x} = 1,33$ ($S = 0,70$) et l’attractivité globale $\bar{x} = 1,44$ ($S = 0,91$) obtiennent de meilleurs résultats que l’aspect identification $\bar{x} = 0,87$ ($S = 0,75$) et pragmatique $\bar{x} = 0,70$ ($S = 0,70$). La moyenne de ces différentes échelles donne un score global de $1,087$ ($S = 0,58$) pour l’ensemble de l’échantillon ($N = 88$) ; de $1,057$ ($S = 0,58$) pour les enseignants ($N = 20$) ; et de $1,182$ ($S = 0,61$) pour les élèves ($N = 68$).

3.3 Interprétation globale

Ces deux questionnaires — standardisés — nous ont permis, d’une part de rassembler un certain nombre d’éléments quantifiables afin de mieux évaluer les choix et stratégies de conception pris pour le dispositif Poppy Éducation et ce principalement sur le kit Ergo Jr. Cela nous permet de mieux appréhender la pertinence des solutions proposées en fonction des différents usages et perceptions qu’ont les utilisateurs. D’autre part, utiliser ces questionnaires nous permet de proposer une « photographie » des caractéristiques d’utilisabilité perçues par l’utilisateur selon différents critères. Ceci offre la possibilité de comparaison future avec d’autres dispositifs de robotique pédagogique, permettant de mieux classer ces outils.

4 Limites & perspectives

De nouveaux enseignants souhaitant utiliser le kit Ergo Jr ont été identifiés, cela nous permettra d'effectuer de nouvelles passations des questionnaires présentés ici et ainsi de comparer les résultats à plus large échelle. De plus, les enseignants ayant participé à la phase d'évaluation ont également participé à la phase de conception, et sont tous de la région Nouvelle Aquitaine, il est donc difficile de généraliser. À noter également qu'il faut distinguer les effets induits par « les nouvelles technologies » et « les sciences du numérique » : Les ordinateurs installés dans les établissements scolaires dans les années 1990 ne produisent plus le même attrait chez les étudiants. Multiplier les essais pour limiter l'effet de nouveauté et élargir la zone géographique, représente la prochaine étape vers la généralisation de nos résultats. Dans ce même objectif a été mis en place un protocole de suivi de cohorte qui sera activé à la rentrée de septembre 2017. Ce protocole nous permettra une analyse longitudinale afin d'observer l'impact de kits robotiques dans les apprentissages et les représentations qu'ont les élèves de la pensée informatique. Enfin, d'autres résultats restent à analyser ou compléter, il est difficile d'aller plus loin aujourd'hui dans leur interprétation sans de nouvelles données comme par exemple avec le score obtenu au SUS par les enseignants (0, 57) plus faible que celui traditionnellement relevé (0, 72).

5 Conclusion

Le dispositif Poppy Éducation, à travers le kit robotique Ergo Jr, a connu un retour plutôt positif de la part de la communauté scolaire. L'équipe Poppy Éducation a pu observer ces retours et les pratiques qui y ont mené, et cela tant qualitativement que quantitativement. En effet, nous venons de voir que la plateforme Poppy, notamment le robot Ergo Jr, pouvait avoir une grande variété d'usages et que ceux-ci modifiaient significativement la perception qu'en ont les utilisateurs. Cependant, certains éléments du kit, atouts comme faiblesses, font l'unanimité chez ces utilisateurs, dressant ainsi une carte d'identité du kit. Cette photographie vient en complément de la liste des caractéristiques techniques, pour contribuer à une meilleure visibilité des différents dispositifs proposés aux enseignants dans le cadre de l'apprentissage des sciences du numérique. Cette évaluation permet également de poser les fondations d'études plus complexes, notamment sur les apprentissages réalisés par les élèves, leur motivation et leur engagement dans les activités, l'évolution de leur perception des robots, de l'intelligence artificielle, et plus généralement leur appropriation de la pensée informatique.

Références

- Abras, C., Maloney-Krichmar, D. & Preece, J. (2004). User-centered design. *Bainbridge, W. Encyclopedia of Human-Computer Interaction. Thousand Oaks : Sage Publications*, 37(4), 445–456.
- Brooke, J. (1996). Sus-a quick and dirty usability scale. *Usability evaluation in industry*, 189(194), 4–7.
- Brooke, J. (2013). Sus : a retrospective. *Journal of usability studies*, 8(2), 29–40.
- Hassenzahl, M., Burmester, M. & Koller, F. (2003). Attrakdiff : Ein fragebogen zur messung wahrgenommener hedonischer und pragmatischer qualität. In *Mensch & computer 2003* (pp. 187–196). Springer.
- Lallemant, C., Koenig, V., Gronier, G. & Martin, R. (2015). Création et validation d'une version française du questionnaire attrakdiff pour l'évaluation de l'expérience utilisateur des systèmes interactifs. *Revue Européenne de Psychologie Appliquée/European Review of Applied Psychology*, 65(5), 239–252.
- 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 non publiée). Bordeaux.
- Noirpoudre, S., Roy, D., Demangeat, M., Desprez, T., Segonds, T., Rouanet, P., ... Oudeyer, P.-Y. (2016). Livret pédagogique : Apprendre à programmer poppy ergo jr en snap.
- Noirpoudre, S., Roy, D., Desprez, T., Segonds, T., Caselli, D. & Oudeyer, P.-Y. (2017). Poppy education : un dispositif robotique open source pour l'enseignement de l'informatique et de la robotique. In *Eiah 2017*.
- Roy, D., & Oudeyer, P.-Y. (2016). Inirobot et poppy éducation : deux kits robotiques libres pour l'enseignement de l'informatique et de la robotique. In *Colloque didapro-didactic 6e édition*.