

Jouets programmables de type Bee-Bot : représentations et effets cognitifs chez les écoliers de cinquième fondamentale au Burundi

Bee-Bot Programmable Toys: Representations and Cognitive Effects on Burundian in fifth-grade Schoolchildren

Claver Nijimbere

Laboratoire ReSTE, École Normale Supérieure, Bujumbura, Burundi

Emmanuelle Voulgre

Laboratoire EDA, Université Paris Descartes, Paris, France

Etienne Barahinduka, Remegie Ndovori

Laboratoire ReSTE, École Normale Supérieure, Bujumbura, Burundi

Georges-Louis Baron

Laboratoire EDA, Université Paris Descartes, Paris, France

Résumé

Cette contribution s'intéresse à la programmation d'un robot de type Bee-Bot pour la résolution des problèmes dans quatre classes de cinquième année fondamentale au Burundi. Il s'inscrit dans le projet Supervision PÉdagogique et Ressources, Recherche Coopérative Francophone (SUPERE-RCF¹) financée par l'AUF² et l'OIF³. Le travail a lieu dans deux établissements, l'un public et l'autre privé. Une approche qualitative mobilisant des entretiens semi directifs a été utilisée. Les principaux résultats de l'étude révèlent que si la programmation de Bee-Bot leur permet la résolution des problèmes élèves vivent un certain nombre de difficultés différentes selon les écoliers et les établissements concernés.

Mots clés : SUPERE-RCF, ANR DALIE, ANR IE-CARE, jouet programmable, Bee-Bot, apprentissage de l'informatique, enseignement fondamental, Burundi

Abstract

This contribution focuses on the programming of a Bee-Bot robot for problem solving in four fundamental fifth grade classes in Burundi. It is part of the Teaching Supervision and Resources project, Francophone Cooperative Research (SUPERE-RCF) funded by AUF and OIF. The work takes place in two institutions, one public and the other private. A qualitative approach involving semi-structured interviews was used. The main results of the study reveal that if Bee-Bot's programming allows them to solve student problems, they experience a number of different difficulties depending on the schoolchildren and institutions concerned.

Keywords: SUPERE-RCF, ANR DALIE, ANR IE-CARE, Bee-Bot, programmable toys, computer learning, burundian fundamental schoolchildren

¹ Site support de la recherche Supervision PÉdagogique et REssources Recherche Coopérative Francophone (SUPERE-RCF) <http://eda.shs.univ-paris5.fr/supere/doku.php?id=start>

² Site de l'Agence Universitaire Francophone (AUF) <https://www.auf.org/>

³ Site de l'Organisation Internationale Francophone (OIF) <http://www.francophonie.org/>

I. Robotique pédagogique : contexte et questions de recherche

En informatique, Duchâteau (1993) distinguait deux grands groupes : la programmation informatique classique utilisant l'ordinateur et la programmation robotique qui, tout en procédant d'une démarche conceptuelle commune, utilise comme technologie un robot. En 2012, Drot-Delange rappelle que l'apprentissage de l'informatique peut s'envisager soit avec un ordinateur ou avec des objets programmables soit sans technologie, sans ordinateur, ce qui est alors appelé « informatique débranchée ». Si de nombreux travaux de recherche tentent d'identifier les intérêts pédagogiques de l'enseignement de l'informatique dans différents pays, qu'en est-il en Afrique alors que l'achat de petits robots y est encore très coûteux en 2019 ?

Notre contribution s'intéresse à la programmation d'un robot de type Bee-Bot pour la résolution des problèmes dans quatre classes de cinquième année fondamentale au Burundi. Son but est de comprendre comment les élèves de 5ème année à l'École Fondamentale⁴, construisent des connaissances informatiques basiques en robotique pour résoudre des problèmes simples donnés, par la programmation d'un robot de type Bee-Bot.

Notre recherche s'inscrit dans le cadre d'une collaboration de chercheurs en éducation de l'École Normale Supérieure de Yaoundé (Cameroun), de l'École Normale Supérieure de Bujumbura (Burundi) et du laboratoire Education, Discours et Apprentissages : EDA (EA 4071) de l'Université Paris Descartes (France).

Cette recherche ainsi que la recherche action de Djeumeni et Voulgre (2017) qui interrogent la compréhension des Bee-Bot par des écoliers au Cameroun s'inscrivent toutes deux à la fois dans le projet Supervision Pédagogique et Ressources, Recherche Coopérative Francophone (SUPERE-RCF⁵) financée par l'AUF⁶ et l'OIF⁷ et sont en continuité des travaux de l'ANR DALIE⁸, « Didactique et Apprentissages de l'informatique à l'école fondamentale ». Notons aussi que depuis 2019, l'ANR IE-CARE⁹ se situe en continuité de l'ANR DALIE.

En éducation, l'importance pédagogique attribuée aux objets programmables et aux robots a permis l'émergence d'un champ d'étude spécifique : la robotique pédagogique (RP). Aussi, notre première partie relative à une revue de littérature reviendra sur les différentes recherches.

Après avoir présenté notre méthodologie, nous tenterons d'apporter des éléments de réponses aux questions suivantes dans notre partie résultats : Quelles sont les représentations des élèves de ce type de robot ? Quelles sont les difficultés vécues par ces élèves dans un contexte de programmation de ce type de robot qu'ils ne connaissent pas ? Et quels types de stratégies ces élèves ont-ils mobilisées durant leurs tentatives de programmation ?

II. Une revue de littérature en robotique éducative

A. Une approche pédagogique prometteuse en termes d'apprentissages

Le champ de recherche en pédagogie éducative s'est construit à partir du langage de programmation Logo, œuvre de Papert (1994), qui était utilisé en classe aux États-Unis et en France dans les années 1985, notamment avec le Plan Informatique pour Tous (Béziat, 2013). L'approche constructiviste de l'apprentissage permettrait alors d'enseigner à des enfants

⁴ L'école Fondamentale compte 9 années de scolarisation et remplace l'école Primaire qui n'en comptait que 6.

⁵ Site support de la recherche Supervision Pédagogique et Ressources Recherche Coopérative Francophone (SUPERE-RCF) <http://eda.shs.univ-paris5.fr/supere/doku.php?id=start>

⁶ Site de l'Agence Universitaire Francophone (AUF) <https://www.auf.org/>

⁷ Site de l'Organisation Internationale Francophone (OIF) <http://www.francophonie.org/>

⁸ Site support de la recherche DALIE Didactique et Apprentissage de l'Informatique à l'École <http://dalie.unilim.fr/>

⁹ IE-CARE : Informatique A L'école : Conceptualisations, Accompagnement, Ressources <http://iecare.lip6.fr/>

comment programmer et notamment à l'aide d'une tortue. En 1993, Duchâteau rappelait l'intérêt pour l'apprentissage de la programmation des robots à l'école. Notons par exemple que la programmation des robots offre un contexte favorisant la réflexion lors de résolutions des problèmes et que le robot permet d'observer un feed-back immédiat par le mouvement de l'objet, sur la qualité de la programmation de l'élève qu'il peut lui-même observer et juger avant même l'intervention de l'enseignant.

Vivet puis Nonnon ont tenté de comprendre comment utiliser ce type d'objet programmable au-delà de la formation professionnelle en vue de procurer des apprentissages scolaires (Vivet, 2000 et Nonnon, 2002). Livingstone note qu'un fort plaisir d'apprendre et qu'un engagement accru des enfants est remarquable (Livingstone, 2009). Alimisis explique le développement des compétences cognitives (2013).

Gaudiello et Zibetti (2013) parlent de « *révolution technologique* » qui a marqué le début du XXI^e siècle et qui conduit à l'« *ère du robot* ». Selon eux, la RP vise à renouveler l'enseignement du côté des éducateurs et à améliorer l'apprentissage du côté des élèves. Selon ces auteures, « *l'apprentissage avec la robotique repose sur l'interaction entre les jeunes apprenants et un robot humanoïde ou animoïde qui recouvre le rôle de compagnon pour les apprenants ou d'assistant pour l'enseignant. La finalité éducative vise à provoquer des réactions empathiques et à créer des interactions cognitives et sociales* » (Zibetti et Gaudiello, 2016). Cette application de la robotique implique l'usage de kits robotiques de construction et de programmation. Comme le précisent les auteures, la finalité éducative de cette dernière est d'acquérir des connaissances et des compétences liées à une matière scolaire précise parmi celles enseignées. Il s'agit alors d'agir sur l'acquisition des compétences transversales telle que la « *résolution de problèmes, la communication, la prise d'initiatives* » permettant de développer chez les apprenants diverses « *compétences cognitives, métacognitives, sociales* ». Ces compétences peuvent se construire à travers la planification des problèmes à résoudre. Les différents choix conduisent les élèves à développer leur esprit critique. La réalisation des tâches complexes peut conduire à prendre « *confiance en soi* », prendre de décisions, à s'autocorriger, à améliorer son travail individuellement ou collectivement.

Comme le souligne Christophe Reverd (2016), la robotique pédagogique est un dispositif qui permet de concrétiser des notions abstraites telles que le diamètre d'une roue et la distance parcourue, les mouvements et les angles, la détection d'obstacles et les fréquences d'ondes, etc. Se référant à Yannick Dupont, Christophe Reverd (2016) donne trois utilisations possibles de la robotique : (1) outils d'investigation scientifique pour explorer des phénomènes naturels, observables, ressentis par des capteurs, etc. ; (2) outils de modélisation pour expliquer un phénomène ; (3) outils d'ingénierie par la conception d'une solution à un problème.

Mandin (2016), pour sa part aborde les compétences professionnelles requises pour « *l'insertion de la robotique éducative au sein de séquences pédagogiques* » qui nécessite le soutien des élèves en fonction de leurs besoins.

Baron, Drot-Delange et Touloupaki (2016) dans le cadre de l'ANR DALIE reviennent sur les éléments principaux de la constitution du champ de la robotique éducative au sein des recherches en sciences de l'éducation.

Dolbeau-Bandin (2017) indique l'intérêt de la RP dans la scolarité par la possibilité ainsi offerte aux élèves de comprendre la notion d'intelligence artificielle. Elles donnent trois exemples d'applications pédagogiques concrètes de la robotique. La première application concerne l'apprentissage de la robotique où le robot est uniquement utilisé comme support d'apprentissage. Dans une telle situation, l'apprentissage peut servir la mécanique, l'électronique et l'informatique dans une approche collaborative. La deuxième application pédagogique est l'apprentissage *avec* la robotique. Cet aspect de la robotique consiste en une

interaction entre l'utilisateur et le robot. La troisième application est l'apprentissage par la robotique.

B. Des recherches-actions en Grèce, en France et au Cameroun

Komis et Misirli (2012) ont exploré les possibilités de la construction des concepts de programmation avec des robots programmables de type Bee-Bot chez les enfants de la maternelle. Les chercheurs pour ce faire, ont organisé une formation pour quelques enseignants volontaires leur permettant, par une approche d'ingénierie didactique, de concevoir une série de scénarii éducatifs à expérimenter en classe avec leurs élèves de maternelles.

Dans le cadre de l'ANR DALIE, Voulgre, Weller et Jang (2016) ont analysé les représentations des élèves du cycle 3 d'écoles fondamentales et de leurs enseignants participant au projet, pour comprendre quelle culture informatique est acquise au cours de séance de découverte et de programmation de l'objet programmable Thymio. Les résultats montrent que les apprentissages des enfants ne s'arrêtent pas seulement aux savoirs informatiques mais sont axés sur l'expression orale et écrite de la langue française, sur des notions mathématiques, artistiques dans une approche de pédagogie du Projet. Enfin, des compétences de collaboration se construisent au cours des échanges entre élèves à propos des problématiques à résoudre, ils peuvent aussi s'enrichir à partir des interactions avec l'enseignant, témoins des dialogues et des raisonnements lors du suivi de l'activité collaborative et des réponses que les élèves apportent à l'enseignant.

Dans le cadre du projet de recherche Supervision PÉdagogique et REssources-Recherche Coopérative Francophone (SUPERE-RCF)¹⁰ interrogeant les évolutions nécessaires à mettre en œuvre dans le cadre de l'accompagnement des changements des pratiques imposés par la prise en compte du numérique dans l'enseignement et ses conséquences sur les apprentissages, Djeumeni-Tchamabe et Voulgre (2017) montrent qu'en ce qui concerne les robots, les représentations des élèves sont influencées par leurs usages sociaux des technologies de l'information et de la communication, notamment des jeux vidéo, des dessins animés disponibles sur les téléphones mobiles et les télévisions. De plus, elles constatent que, au cours des manipulations des Bee-Bots, les élèves sont capables d'identifier leurs différents types de boutons. Néanmoins, elles remarquent que les élèves éprouvent des difficultés à formuler leurs conclusions sur les fonctions des touches de ce type de robot après leurs tests. Ce constat a poussé ces chercheuses à questionner les réformes possibles liées aux notions du numérique et d'informatique à l'école fondamentale notamment en termes de formation des enseignants.

Notons alors en continuité de ces recherches que depuis 2014, une initiation à l'informatique est enseignée au niveau des Écoles Fondamentales au Burundi (Ndikuriyo et Voulgre, 2016 et 2018). Cet enseignement se fait transversalement dans à deux domaines disciplinaires, celui des « *Sciences et Technologies* » et celui des « *Sciences Humaines* ». L'enseignement de ces notions informatiques ne permet pas de rendre les apprentissages des élèves concrets (Nijimbere, 2012) dans la mesure où il s'agit d'une approche débranchée, sans matériel. Les futurs enseignants de ce niveau de formation apprennent alors à utiliser les Technologies de l'Information et de la Communication (TIC) à l'École Normale Supérieure de Bujumbura (Ndovori, Voulgre, Barahinduka et Baron, 2016).

¹⁰ <http://eda.shs.univ-paris5.fr/supere/doku.php?id=start>

III. Cadre théorique

Nous nous situons dans le cadre théorique des champs conceptuels de Gérard Vergnaud (1990). Cet auteur définit le champ conceptuel comme « *un espace de problèmes ou de situations-problèmes dont le traitement implique des concepts et des procédures de plusieurs types en étroite connexion, ainsi que les représentations langagières et symboliques susceptibles d'être utilisées pour les représenter* ». Cette approche théorique s'intéresse aux pré-requis indispensables pour acquérir de nouveaux apprentissages, à la manière dont les savoirs doivent se construire avec la croissance cognitive de l'apprenant et l'évolution de ses conceptions. La théorie des champs conceptuels caractérise aussi bien des situations comme des tâches. En effet, selon Vergnaud, toute situation complexe peut être analysée comme une combinaison de tâches ; les processus cognitifs et les réponses des sujets sont alors fonction des situations auxquelles ils sont confrontés (Vergnaud, 1990).

Cette approche a déjà été utilisée par Barrué et Vigot (2016) lorsqu'ils interrogeaient les enjeux d'apprentissages avec un scénario de programmation de jouets programmables mis en œuvre en formation avec un groupe de professeurs stagiaires des écoles. Le scénario pédagogique, élaboré par ces derniers et destiné à des élèves de l'école maternelle devait avoir pour objectif, la résolution d'une situation-problème.

Tableau 1. Erreurs des élèves et stratégies des étudiants stagiaires (Barrué et Vigot, 2016)

Erreurs des élèves	Stratégies des étudiants stagiaires
Rotation du robot sur lui-même au lieu d'avancer	Utiliser son corps pour simuler le déplacement du Bee-Bot
Utiliser successivement les différentes flèches du robot pour une action souhaitée	
Repérage de l'espace	
Combinaison des cartes de direction et de programmation	
Ne pas être d'accord sur le chemin à suivre pour résoudre un problème donné	Donner l'opportunité de discuter des différentes possibilités : le « chemin » le plus court n'est pas une obligation
Choix des cartes pour construire le « chemin » à l'aide du langage intermédiaire	Consacrer beaucoup de temps à la prise en main des commandes de direction
Une erreur quelconque repérée	Donner aux élèves l'opportunité de retrouver la source de l'erreur
Manque de prérequis sur les noms, les formes géométriques et les couleurs	Faire pointer la forme géométrique sur le plateau avant que l'élève se lance
	Donner la possibilité de fractionner le chemin à suivre en proposant de rallonger ensuite le nombre d'action pour que l'élève progresse
Problème de décantation des élèves vis-à-vis de la disposition spatiale des cartes pour l'élaboration du chemin dans la construction du langage intermédiaire	Conserver le sens vertical dans le sens global de l'avancée du robot

Dans sa thèse, au niveau de l'école fondamentale, Spach (2017) montre qu'en contexte de programmation des robots de type Bee-Bot, les jeunes enfants, en situation de résolution de problèmes simples. Ainsi les élèves apprendraient des concepts informatiques lors d'activités et feraient référence au programme, à l'algorithme, au langage, à la mémoire, aux données du

robot. Spach fait une corrélation entre ce que les activités des élèves permettent de faire avec un robot et cinq concepts informatiques que sont l'algorithme, la machine, le langage et l'information et l'interface. Selon Spach, les élèves construisent lors de leurs actions sur et avec le robot, des représentations des macro-notions qui ne leur ont pas été explicitées et qui interviennent indirectement pour faire acquérir aux élèves une représentation des algorithmes linéaires simples.

IV. Méthodologie

Rappelons que nous souhaitons comprendre comment les élèves de cinquième année fondamentale au Burundi peuvent construire des connaissances informatiques basiques avec un robot de type Bee-Bot, quelles difficultés ils rencontrent et comment ils les surmontent.

Pour apporter des réponses à ces questions, une approche méthodologique de type qualitatif mais aussi comparatif entre les pratiques des élèves de deux établissements scolaires a été utilisée.

Initialement, le protocole de recherche devait être semblable à celui proposé au Cameroun (Djeumeni et Voulgre, 2017). Nous avons cependant adopté un autre protocole souple décrit ci-après :

La recherche a concerné des élèves de 5^{ème} année de niveau fondamentale provenant de deux établissements d'enseignement fondamental, l'un public et l'autre privé.

Les deux établissements disposaient chacun de deux classes parallèles de cinquième A et B.

Dans l'établissement privé intervenant dans la recherche, chaque classe compte trente élèves soit au total soixante élèves pour les deux classes. L'établissement public compte deux cent quarante élèves à raison de cent vingt élèves par classe :

- Dans un premier temps, une séance devait permettre l'exploration du robot par les manipulations libres ;
- Dans un deuxième temps, les Bee-Bot devaient être laissées à quatre enseignants des quatre classes concernées pour que les élèves de ces classes continuent à se familiariser avec le robot ;
- Dans un troisième temps, au cours du troisième trimestre de l'année scolaire 2016-2017, un trimestre après la première la « visite de classe », une deuxième visite a été organisée pour la collecte de données par entretien.

Dans chaque classe, il a été choisi, de façon aléatoire et genrée, quatre élèves dont deux garçons et deux filles. Au total seize élèves, huit filles et huit garçons ont participé à l'expérimentation.

À côté de l'entretien individuel mené par un chercheur auprès de chaque élève, une observation des manipulations de l'élève a été réalisée. Les entretiens ont été enregistrés et les manipulations filmées.

L'entretien permettait à chaque élève de dire ce que l'objet (robot Bee-Bot) représentait pour lui et d'en donner une description personnelle.

Ensuite, une ou deux situations problèmes étaient proposées aux élèves :

- Commander le robot pour qu'il dessine un carré d'un certain nombre de pas de côté ;
- Commander le robot pour qu'il dessine un rectangle pour ceux qui réussissaient le carré.

Si la première situation-problème était réussie, alors une deuxième situation-problème était proposée au même élève.



Les données collectées ont été qualitativement analysées. La partie suivante présente les premiers résultats de notre expérimentation.

V. Résultats

A. Illustrations des séances et changement de protocole

Les séances d'expérimentation ont eu lieu dans deux écoles, l'une privée et l'autre publique. Les images suivantes (voir *Tableau 3*) représentent respectivement les manipulations d'un écolier d'une école privée et une séance de questions à un écolier d'une école publique.

Tableau 2. Séances d'expérimentation du Bee-Bot par des écoliers

	
<p>Illustration 1 : Un écolier d'une école privée manipulant le Bee-Bot</p>	<p>Illustration 2 : Séance de questions portant sur les touches de direction du Bee-Bot</p>

La séance de découverte et d'exploration de ce type de robot a permis de faire des manipulations libres par quelques élèves volontaires. Dans chaque classe, certains enfants étaient appelés un à un pour « jouer » avec la Bee-Bot devant le groupe classe. Compte tenu du nombre d'élève par classe, du nombre d'élèves volontaires, du temps de manipulation du robot par un seul élève et du temps imparti pour cette activité par l'enseignant tous les élèves n'ont pas pu s'essayer à la manipulation. Le rôle de la maitresse de classe présente a été essentiel dans la gestion de l'attente et de la frustration des élèves.

Nous pouvons confirmer que la majorité des élèves n'avaient jamais vu de robot de type Bee-Bot.

Après cette première séance de découverte de Bee-Bot avec les élèves, nous avons choisi de modifier le protocole que nous avons décidé de suivre initialement conforme aux conditions de la recherche-action du Cameroun (Djeumeni et Voulgre, 2017) afin de l'adapter encore davantage au contexte local du Burundi. À cet effet, deux Bee-Bot ont été laissés à chacun des quatre enseignants affectés dans les classes concernées par notre étude. Les outils initialement prévus pour la collecte des données ont été remplacés. Les questions des entretiens ont été modifiées afin que les élèves les comprennent mieux et qu'elles correspondent mieux aux compétences traitées en classe.

B. Résultats de la première phase : séance en classe

1. Des difficultés à verbaliser ce que l'objet représente

Au premier contact avec le Bee-Bot, très peu d'élèves sont parvenus à dire ce que l'objet représentait. En effet, une minorité d'élèves voyaient le Bee-Bot soit comme un jouet, une poupée, une abeille, une souris sans savoir comment ils pouvaient jouer avec ou l'utiliser.

Beaucoup d'autres restaient bouche bée : ils n'avaient rien à répondre à la question qui était posée relative à ce que représentait pour eux cet objet présenté.

Leurs difficultés à verbaliser ce que l'objet représente étaient dues à des problèmes d'expression en français. Certains élèves ne parvenaient pas à s'exprimer en français pour dire ce qu'ils pouvaient voir ou penser ou comprendre de cet objet.

2. Une nécessité de dialoguer en Kirundi

La situation d'incompréhension des élèves face à l'objet présenté a conduit l'équipe à échanger avec eux dans leur langue maternelle, le kirundi.

3. Une nécessité d'une approche ludique

L'efficacité de la première séance est due au fait que les élèves en général aiment jouer. Petit à petit, tous les élèves voulaient jouer en même temps, tâtonner, toucher les boutons, voir le robot se mouvoir.

Cette séance a donc favorisé la découverte de ce robot Bee-Bot.

4. Des difficultés à faire-faire au robot une figure géométrique

Une élève, qui parlait très bien le français, a réussi au premier essai la programmation du Bee-Bot pour qu'il construise un carré mais n'a jamais réussi à programmer et faire exécuter le rectangle au robot : nous faisons l'hypothèse que cette élève avait mémorisé les étapes de cette première programmation après avoir observé les chercheurs sans toutefois comprendre le fonctionnement du Bee-Bot.

C. Résultats de la troisième phase : séance individuelle

1. Une nécessité de tâtonnement pour comprendre comment faire-faire un carré

Au courant de la deuxième séance, aucun des 16 élèves n'est arrivé à programmer le Bee-Bot pour qu'il trace un carré ou une autre figure donnée (rectangle, ligne brisée) avant le quatrième essai. **En effet, la quasi-totalité d'élèves ont réussi à faire faire le carré après au moins trois essais.**

Tableau 3. Réussites/échecs des écoliers à faire faire le carré selon le nombre d'essai effectués et le genre

Numéro d'écoliers	Age (années)	Genre (G/F)	École (publique/privée)	Classe (A/B)	Réussi/Pas réussi
1	10	G1	Privée	A	4ème essai
2	10	G2	Privée	A	4ème essai
3	10	F1	Privée	A	4ème essai
4	10	F2	Privée	A	1er essai
5	11	G3	Privée	B	2ème essai
6	10	G4	Privée	B	Pas réussi
7	11	F3	Privée	B	2ème essai
8	11	F4	Privée	B	Pas réussi
9	12	G5	Publique	B	Pas réussi
10	11	G6	Publique	B	Pas réussi

Numéro d'écopiers	Age (années)	Genre (G/F)	École (publique/privée)	Classe (A/B)	Réussi/Pas réussi
11	10	F5	Publique	B	Pas réussi
12	12	F6	Publique	B	Pas réussi
13	9	F7	Publique	A	Pas réussi
14	11	F8	Publique	A	Pas réussi
15	10	G7	Publique	A	Pas réussi
16	13	G8	Publique	A	Pas réussi

2. Des performances hétérogènes entre les élèves des écoles publique et privé

Quatre essais au maximum étaient donnés à chaque écolier pour faire dessiner le carré par le Bee-Bot. Trois quarts des écoliers du privé (6/8), dont 3 filles et 3 garçons, ont réussi l'épreuve, alors qu'aucun élève du public (0/8) n'y est parvenu après les quatre essais.

S'agissant de l'expression française, les élèves du privé comprennent rapidement les consignes et les remarques données en français et s'expriment mieux par rapport à ceux du public.

Nous avons observé des difficultés d'expression et de compréhension en français chez la plupart des élèves du public : nous étions obligés de parler en langue nationale, le Kirundi, pour qu'ils comprennent.

3. Donner la solution n'est pas forcément suffisant pour atteindre l'objectif souhaité

Certains élèves ne sont pas parvenus à faire-faire un carré au robot Bee-Bot à la fin du sixième essai.

Par ailleurs, si certains ont pu tracer un carré, ils n'ont pas forcément pu tracer le rectangle par la suite.

Néanmoins, les élèves concernés par les essais multiples ont tous gardé une motivation soutenue jusqu'au nième essai – erreurs autorisé. Pour des raisons de temps, nous avons alors fixé le nombre d'essais maximum par l'écolier pour passer aux suivants.

Lors du quatrième essai, nous avons donné toute la consigne en Kinrudi (citation ci-après traduite en Français), étape par étape, pour que l'élève numéro 10 puisse programmer la construction d'un carré de deux pas de côté :

« (1) Fyonda rimwe kuka buto ko kugwiza, (2) fyonda kabiri kuka buto kaja i mbere, (3) fyonda rimwe kuka buto gakatira i buryo, (4) fyonda kabiri kuka buto kaja i mbere, (5) fyonda rimwe kuka buto gakatira i buryo, (6) fyonda kabiri kuka buto kaja i mbere, (7) fyonda rimwe kuka buto gakatira i buryo, (8) fyonda kabiri kuka buto kaja i mbere, (9) fyonda rimwe kuri GO », ce qui veut dire : « (1) Appuie une fois sur le signe de multiplication (X), (2) appuie deux fois sur le bouton avancer, (3) appuie une fois sur le bouton tourner à droite, (4) appuie deux fois sur le bouton avancer, (5) appuie une fois sur le bouton tourner à droite, (6) appuie deux fois sur le bouton avancer, (7) appuie une fois sur le bouton tourner à droite, (8) appuie une fois sur le bouton avancer, (9) appuie une fois sur le bouton GO ».

Malgré ces consignes détaillées, l'élève n'a pas réussi à faire-faire construire le carré par le Bee-Bot.

D. Stratégies utilisées par les élèves

1. Des stratégies à construire sans références

La situation-problème proposée aux élèves leur demandait une résolution par programmation alors qu'ils n'en avaient jamais réalisée avant. Ils ne pouvaient pas se référer à des situations déjà vécues.

Pour que le Bee-Bot trace au sol un mouvement en forme de carré les élèves devaient réfléchir aux mouvements de l'objet : cela a engendré des difficultés de raisonnement et de représentation dans l'espace des mouvements de l'objet pour y parvenir.

2. Des pensées magiques à déconstruire

Certains élèves pensaient que ce robot Bee-Bot, qu'ils assimilaient à une abeille, était doté d'une certaine autonomie lui permettant de gérer librement ses déplacements.

Contrairement à leurs représentations, nous avons dû leur expliciter que le déplacement devait être programmé.

Ce changement de paradigme n'a pas été simple.

3. Une attribution de programmation difficile pour chacun des boutons

Plusieurs élèves ont confondu les différentes touches de directions du robot représentées par des flèches. Ils appuyaient par exemple sur la flèche de direction de l'objet « aller vers la droite » ou « aller vers la gauche » alors qu'ils souhaitaient programmer un mouvement du robot vers la gauche ou vers la droite.

Il fut aussi parfois difficile à comprendre la grandeur du « pas » et de « l'angle de la rotation » du Bee-Bot. Par conséquent, alors que l'angle de rotation était pré-fixé à 90° par mouvement programmé, certains élèves appuyaient deux fois (ou plus) sur la même flèche de direction ce qui faisait faire un demi-tour à la Bee-Bot (voire davantage).

4. De l'importance des stratégies de correction de la programmation

La majorité des élèves ont éprouvé des difficultés à corriger des erreurs commises dans la programmation. Certaines stratégies utilisées par les élèves en cas d'échec ont été notamment de refaire la commande, mettre à jour la mémoire par la touche X et éteindre le robot pour recommencer.

VI. Discussion, conclusion et perspectives

Lors de la première phase de notre recherche, les élèves étaient très intéressés par la découverte de cet objet de telle façon que nous avions de la peine à maintenir le calme dans la classe : tous voulaient le toucher et jouer avec alors que nous ne disposions que d'un nombre limité de robots.

Lors de la troisième phase de la recherche, certains élèves, essentiellement ceux de l'école privée, étaient capables de donner des descriptions très détaillées de ce que le robot pouvait réaliser et aussi de chercher ou vérifier pourquoi, dans certains cas, le Bee-Bot ne fonctionnait pas comme prévu. Ils le tournaient dans tous les sens, le renversaient pour vérifier s'il était ouvert ou fermé.

Comme pour la recherche-action au Cameroun, (Djeumeni-Tchamabe et Voulgre, 2017), les notions de programmation du robot n'apparaissent pas dans le discours des élèves du privé ni

dans ceux des élèves du public même si certains arrivaient à le programmer pour une activité donnée.

Les élèves du privé, ayant plus d'aisance à s'exprimer en français, sont arrivés à expliquer et énoncer leur raisonnement et leur manipulation durant l'observation, comme les élèves du privé observés au Cameroun.

Nous faisons l'hypothèse aussi que les élèves des classes du privé ont pu s'entraîner davantage lors de la deuxième phase, avant la troisième. Ils étaient plus familiarisés avec ce robot ce qui a sans doute contribué à mieux le programmer.

Il apparaît assez clairement que le Bee-Bot n'est pas « simple » à programmer sans une période de prise en main suffisante pour comprendre les fonctionnalités de chaque touche, et essentiellement en ce qui concerne la touche permettant d'effacer le programme en mémoire. Son utilisation en classe nécessite des conditions à définir tant sur le plan de l'organisation de l'espace que sur les objectifs à atteindre. L'enseignant doit avoir un minimum de connaissances et de compréhension de l'objet pour pouvoir séquencer des consignes précises à faire réaliser par les élèves.

Nous questionnons alors comment accompagner les enseignants à poursuivre l'utilisation des Bee-Bots malgré des effectifs pléthoriques des classes et des difficultés de gestion de classes que les activités pédagogiques pourraient induire.

En perspective, nous proposons de questionner l'accompagnement des enseignants pour initier des apprentissages créatifs chez les élèves compte tenu des initiatives récentes comme celles d'une association dénommée « *Great Lakes initiatives for Communities Empowerment* »¹¹ (GLICE) qui depuis 2010 tente de former des enfants hors de l'école et de celles de l'École Normale Supérieure de Bujumbura qui proposent des enseignements relatifs à quelques notions informatiques aux futur-e-s enseignant-e-s de l'école fondamentale depuis l'année académique 2011-2012 avec le système BMD (Baccalauréat, Mastère, Doctorat)¹².

Références

Alimisis, D. (2013). *Robotique dans l'enseignement et de l'éducation en robotique : Shifting focus de la technologie à la pédagogie*. Actes de la 3^e Conférence internationale sur la robotique dans l'éducation 2012 (pp. 7-14). Faculté de Mathématiques et Physique, université Charles de Prague, Prague.

Barrué, C. et Vigot, N. (2016). Jouets programmables comme outils cognitifs : pratiques pédagogiques de stagiaires professeurs des écoles Dans *Les actes en ligne du colloque Didapro-DidaSTIC, Université de Namur, Belgique*. [En ligne] <https://didapro6.sciencesconf.org/83332/document>

Baron, G-L., Drot-Delange, B. et Touloupaki, S. (2016). L'éducation à l'informatique à l'école primaire : une bibliographie sélective commentée. *Adjectif.net*. [En ligne] <http://www.adjectif.net/spip/spip.php?Article382>

Berry, G. (2008). Comment donner une culture générale informatique à tous les élèves ? Conférence organisée par l'association Enseignement Public et Informatique (EPI) au salon Educative 2008. [En ligne] <http://www.epi.asso.fr/revue/docu/d0901a.htm>

Béziat, J. (2013). Les TIC à l'école primaire en France : informatique et programmation. *EpiNet*, 159. [En ligne] <https://www.epi.asso.fr/revue/articles/a1311d.htm>

¹¹ Site web du Great Lakes initiatives for Communities Empowerment : <http://glice.bi/index.php/qui-sommes-nous/our-mission/2-non-categorise/15-robotique>, consulté le 23 avril 2019

¹² <http://www.adjectif.net/spip/spip.php?breve704>, consulté le 14 juin 2019

Djeumeni-Tchamabe, M. et Voulgre, E. (2017). Faire la classe différemment au Cameroun avec la robotique pédagogique : Bee-Bot avec des élèves de 10-12 ans (pp. 503-521). Dans Groux, D., Voulgre, E., Combemorel, C., et Langouët, G. (2017), *Réformer l'école ? L'apport de l'éducation comparée - Hommage à Louis Porcher*. Paris : L'Harmattan.

Dolbeau-Bandin, C. (2017). L'apprentissage par la robotique : vers une robotique éducationnelle constructiviste ? Sur le site de l'Institut pour l'Étude des Relations Homme-Robots (IERHR). [En ligne] <https://www.ierhr.org/lapprentissage-par-la-robotique-vers-une-robotique-educationnelle-constructiviste/>

Drot-Delange, B. (2012). Enseignement de l'informatique, éducation aux technologies de l'information et de la communication en France, dans l'enseignement général du second degré. *Spirale*, 50, 25-37.

Duchâteau, C. (1993). *Robotique-Informatique : mêmes ébats, mêmes débats, mêmes combats*. Dans Regards sur la robotique pédagogique-Actes du 4^e colloque sur la robotique pédagogique. Liège : Université de Liège, 10-33.

Gaudiello, I. et Zibetti, E. (2013). La robotique éducationnelle : état des lieux et perspectives. *Psychologie Française*, 58(1), 17-40. [En ligne] <http://doi.org/10.1016/j.psfr.2012.09.006>

Komis, V. et Misirli, A. (2012). Robotique pédagogique et concepts préliminaires de la programmation à l'école maternelle : une étude de cas basée sur le jouet programmable Bee-Bot Dans *Didapro-DidaetSTIC5*. Université Blaise Pascal.

Livingstone, S. (2009). *Children and the Internet: Great Expectations, Challenging Realities*. Cambridge: Polity. The London School of Economics and Political Science.

Mandin, S. (2016). Apprendre par la manipulation physique grâce aux robots. *L'Agence Nationale des Usages des TICE*. [En ligne] <http://www.cndp.fr/agence-usages-tice/que-dit-la-recherche/apprendre-par-la-manipulation-physique-grace-aux-robots-100.htm>

Ndikuriyo, E. et Voulgre, E. (2016). Quels accompagnements pour l'enseignement de l'informatique à l'École Fondamentale du Burundi ? *Adjectif.net*. [En ligne] <http://www.adjectif.net/spip/spip.php?article394>

Ndikuriyo, E. et Voulgre, E. (2018). Quels accompagnements pour l'enseignement de l'informatique à l'École Fondamentale du Burundi ? *Adjectif.net*. [En ligne] <http://www.adjectif.net/spip/spip.php?article455>

Ndovori, C., Voulgre, E., Barahinduka, E. et Baron, G.-L. (2016). Les usages des TICE par les lauréats de l'ENS de Bujumbura. *Adjectif.net*. [En ligne] <http://www.adjectif.net/spip/spip.php?article=404>

Nijimbere, C. (2012). Informatique et enseignement au Burundi, quelles réalités ? *Adjectif.net*. [En ligne] <http://www.adjectif.net/spip/spip.php?article105etlang=fr>

Nijimbere, C. (2015). *L'enseignement de savoirs informatiques pour débutants, du second cycle de la scolarité secondaire scientifique à l'université en France : une étude comparative*. Thèse soutenue à l'université Paris Descartes sous la direction de G.-L. Baron. [En ligne] <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01410094/document>

Nonnon, P. (2002). Robotique pédagogique et formation de base en science et technologie. *Aster - Recherches en didactique des sciences expérimentales*, 34. [En ligne] <http://documents.irevues.inist.fr/handle/2042/8787>

Papert, S. (1994). *L'enfant et la machine à connaître. Repenser l'école à l'ère de l'ordinateur*. Paris : Dunod.

Reverd, C. (2016). Quelle est la place de la robotique pédagogique au sein de l'éducation ? Billet de *La Vitrine Technologie Éducation*. [En ligne] <https://www.vteducation.org/fr/laboratoires/synthese/quelle-est-la-place-de-la-robotique-pedagogique-au-sein-de-leducation>

Spach, M. (2017). *Activités robotiques à l'école primaire et apprentissage de concepts informatiques : quelle place du scénario pédagogique ? Les limites du co-apprentissage*. Thèse soutenue à l'université Paris Descartes sous la direction de G.-L. Baron.

Vergnaud, G. (1990). La théorie des champs conceptuels. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 10(23), 133-170.

Vivet, M. (2000). Des robots pour apprendre. *Revue des Sciences et Techniques Éducatives*, 7(1), 17-60.

Voulgre, E., Weller, C. et Jang, A. (2016). Thymio en cycle 3 en France : qu'est-ce qu'un robot en termes de culture informatique ? *Adjectif.net*. [En ligne] <http://www.adjectif.net/spip/spip.php?article390>

Zibetti, E. et Gaudiello, I. (2016). L'usage de la robotique à l'école. *Agence des usages TICE*. [En ligne] <https://www.reseau-canope.fr/agence-des-usages/lusage-de-la-robotique-a-lecole.html>

