

## UN ROBOT DE SOL POUR APPRENDRE DES MATHÉMATIQUES

Francine Athias\*

### RESUME

La communication porte sur l'introduction de robots de sol dans une classe de maternelle. Nous cherchons à en documenter les difficultés et les effets. La recherche s'inscrit au début d'un processus d'ingénierie coopérative, et nous rendons compte ici d'une séquence introductive. La description des actions de la professeure et des élèves ayant des difficultés (plus ou moins) et leur analyse sont effectuées dans le cadre de la théorie de l'action conjointe en didactique. Ces analyses révèlent des moments-clés, dans l'apprentissage de connaissances mathématiques et informatique en lien avec un usage des robots. Les résultats de cette étude exploratoire seront exploités dans une nouvelle mise en œuvre, selon le processus itératif propre à ce type d'ingénierie.

Mots-clés : Robotique pédagogique, action conjointe ; nombre en maternelle ; programmer.

### ABSTRACT

The paper focuses on the introduction of robots in a kindergarten classroom (in France). We seek to document the difficulties and effects. The research is at the beginning of a cooperative engineering process. We report here some moments, at the first year. The description of the actions of the teacher and a student and their analysis are carried out within the framework of the theory of joint action in didactics. These analyses reveal key moments in the learning of mathematical and computational knowledge in connection with the use of robots. The results of this exploratory study will be exploited in a new implementation, according to the iterative process specific to this type of engineering.

Keywords: Educative robotics; joint action; kindergarten; teaching of numbers; coding.

## INTRODUCTION

Depuis 2016, l'enseignement de l'informatique en tant que tel est inscrit dans les programmes de l'école primaire en France. On se rappelle qu'une éducation à la logique informatique avait été initiée à l'école primaire par Papert (1981). Il s'agissait alors de développer un langage de programmation, le Logo pour la Tortue Logo. L'ensemble était destiné à améliorer chez les enfants la manière de penser et de résoudre les problèmes, dans une perspective piagétienne. Puis de nouveaux robots ont été créés et testés dans les classes. L'utilisation de ces robots, objets tangibles, permettent de mettre en œuvre des activités concrètes en lien avec des connaissances autour du monde du numérique. On passe donc d'une programmation (le Logo) au service de compétences génériques, de type logique, à l'usage de robot pour le développement de ce qui est désigné sous le nom de « pensée informatique » (Wing, 2006). La pensée informatique est définie comme un ensemble de compétences nécessaires à tous (et pas seulement aux seuls informaticiens), pour comprendre le monde dans lequel nous vivons. Ces compétences sont susceptibles d'être travaillées dans toutes les activités induisant une coopération entre l'homme et la machine.

### *1. Le robot de sol et contexte*

La robotique pédagogique offre un environnement avec lequel les élèves peuvent interagir, observer les résultats de leurs actions et créer (Sullivan, 2008). Dans la suite de la communication, nous nous intéressons à un des robots de sol, la beebot (cf fig. 1). C'est un objet programmable qui est contrôlé par une interface tangible, contenant différents boutons. Quatre boutons situés sur la beebot permettent de l'orienter. Un symbole est dessiné sur chacun d'eux sous la forme de flèches oranges (avancer d'un pas, reculer d'un pas, pivoter à

---

\*Laboratoire ELLIADD, INSPE Franche-Comté

droite, pivoter à gauche). Trois autres boutons permettent de contrôler l'exécution du programme : le bouton vert « go » (qui permet l'exécution des instructions) et deux boutons bleus, pause et « X » (qui correspond à l'effacement de la mémoire). Cette interface permet aux élèves de définir toutes les commandes contrôlant le déplacement de la beebot. Ainsi, avec cette dernière, il est possible d'enregistrer une séquence de déplacements avant de l'exécuter.



*Figure 1. – La beebot*

Notre étude est exploratoire : une professeure et une chercheure choisissent d'introduire la beebot, dans une classe de maternelle (élèves de 4 et 5 ans). La professeure est expérimentée, mais elle n'a jamais utilisé les beebots dans sa classe. Cette première mise en œuvre est alors partagée avec des professeurs stagiaires débutants au cours d'un atelier d'entrée dans le métier. La professeure et la chercheure ont échangé sur la construction de la séquence en classe ainsi que sur la mise en œuvre. Elles ont élaboré ensemble le déroulement de l'atelier. Dans le cadre de cette communication, nous orientons notre regard sur ce qui s'est déroulé en classe avec les élèves. Le travail avec les professeurs stagiaires fait l'objet d'une autre communication.

## *2. Contexte institutionnel et connaissances mathématiques*

Si la place de l'informatique comme objet d'enseignement est réaffirmée en France dans les programmes (MEN, 2020), elle n'apparaît pas directement dans les programmes de maternelle. L'informatique est seulement présente à partir du cycle 2 avec des perspectives modestes telles que savoir coder ou décoder pour prévoir ou représenter des déplacements (Eduscol<sup>1</sup>). De même l'initiation à la programmation est envisagée pour apprendre à anticiper l'effet de telle ou telle séquence d'instruction avant de la faire exécuter par le robot. L'utilisation des robots est présentée dans la partie mathématique des curricula (MEN, 2020), en cycle 2 et 3. Nous ne cherchons pas à savoir si la pensée informatique est en lien épistémologique avec des connaissances et compétences mathématiques mais nous voulons toutefois prendre en compte ces dernières, en particulier en maternelle. Il est précisé que « l'expérience de l'espace porte sur l'acquisition de connaissances liées aux déplacements » (MEN, 2020, p. 23).

Des problèmes spatiaux, au sens de Berthelot et Salin (1992) sont ainsi mis en œuvre dans les usages de la Beebot. Les situations concernent l'espace sensible. La réussite ou l'échec sont déterminés par l'élève, qui peut comparer le résultat obtenu au résultat attendu : la beebot est-elle là où elle était attendue ? De plus ces situations sont l'occasion de production d'énoncés aux fins de communication : le langage et les représentations spatiales peuvent

<sup>1</sup> <https://eduscol.education.fr/document/15409/downloadU>

Vandebrouck F. & Gardes, M.-L. (dir.) (2023). Nouvelles perspectives en didactique des mathématiques - Preuve, Modélisation et Technologies Numériques. Volume des séminaires et posters des actes de EE21.

permettre de communiquer des informations entre pairs ou à la beebot. Kim et Lee (2016) ont d'ailleurs montré que l'usage des robots pouvait favoriser les apprentissages en géométrie.

Par ailleurs, il est également rappelé dans les programmes que la confrontation à de nombreuses situations permet de donner du sens au nombre (MEN, 2020). Un rôle possible de l'utilisation du nombre dans l'usage de la beebot est d'amener les élèves à créer une bijection entre le nombre de cases à parcourir et la quantité de pressions sur la flèche « avancer ». Le nombre est alors la mémoire de la quantité de pressions sur la touche « avancer » réalisées pour un essai donné. L'élève, qui peut comparer le résultat obtenu au résultat attendu, peut alors ajuster le nombre de pressions.

### 3. Un questionnaire

De nombreuses recherches tendent à montrer que le recours à des robots est favorable aux apprentissages, en particulier en mathématiques (Toh & al., 2016 ; Komis et Misirli, 2011 ; Barker & Ansorge, 2007 ; Highfield, 2010). Toutefois, dans des recherches qui se sont portées sur les usages de la robotique pédagogique (Komis & Misirli ; 2015), il est noté que l'introduction d'un langage intermédiaire entre le robot et l'élève est nécessaire pour lui permettre de s'engager dans des situations didactiques (*ibid.* ). Par ailleurs, de nombreux élèves semblent bénéficier des activités autour des robots. En effet, les élèves s'entraînent, font des essais pour résoudre les problèmes (Bugman & Karsenti, 2018). Ils se rendent capables d'une centration sur le résultat de l'action (le lieu à atteindre par le robot) à une centration sur la procédure, les déplacements à réaliser (Nogry, 2019). Dans le même temps il semblerait toutefois que certains élèves pourraient ne pas avancer du tout dans un tel contexte (Bugman & Karsenti, 2018). C'est précisément ce dernier résultat qui retient notre attention : nous voulons décrire et comprendre ce qui se passe dans la classe de maternelle (MS) en mathématiques lorsque des robots de sol de type beebot sont introduits, en caractérisant les actions des élèves ayant des difficultés et celles de la professeure.

Dans une première partie, je présenterai les éléments théoriques qui permettent de modéliser l'action. Dans une deuxième partie, j'exposerai le contexte de la classe de maternelle et je décrirai la séquence. Dans une troisième partie, je donnerai de premiers résultats concernant les actions de différents élèves, en particulier concernant une élève qui semble éprouver des difficultés. Enfin, dans une dernière partie, j'engagerai une discussion conclusive.

## ÉLÉMENTS THEORIQUES ET METHODOLOGIQUES

Nous modélisons l'action en classe du professeur et des élèves en appui sur certains éléments de l'action conjointe en didactique (TACD, Sensevy, 2011 ; CDpE, 2019). Le contrat didactique a été introduit par Brousseau (1980, p. 127), comme « étant l'ensemble des comportements [spécifiques des connaissances enseignées] du maître qui sont attendus de l'élève et des comportements de l'élève qui sont attendus du maître ». Ainsi, le contrat didactique se construit : l'interprétation de l'élève constitue un moyen de réguler l'activité didactique par le professeur (Brousseau, 1986). Le contrat didactique apparaît comme un *déjà-là* (CDpE, 2019) en tant qu'*arrière-plan commun* (repris et adapté de Wittgenstein, 2006) c'est-à-dire un système de significations instituées. C'est sur cet arrière-plan du contrat que le professeur et les élèves travaillent. Ils vont aborder ce qui fait problème à partir de cet arrière-plan.

La structure du problème est modélisée par la notion de milieu didactique (Brousseau, 1998 ; Sensevy, 2011 ; CDpE, 2019), qui décrit la structure matérielle et symbolique du problème travaillé. Le travail du problème s'établit de façon dynamique et évolutive. Dans le problème, l'élève est confronté à un ensemble d'éléments épars, qui ne semblent pas reliés.

Par exemple, l'élève sait que telle flèche permet au robot d'avancer d'une case. Il sait où doit aller le robot. Il lui reste donc à établir des liens entre ces éléments de sorte que le robot se déplace là où l'élève souhaite. Ainsi la résolution du problème l'amène à transformer les éléments épars en un système structuré. C'est précisément l'établissement de ces relations qui permet de résoudre le problème et d'apprendre. Le gain au jeu, c'est à dire l'atteinte par le robot du but prévu, signe la réussite dans cette entreprise dans l'espace sensible. Le travail du problème consiste pour l'élève à mener une enquête. Il doit pour cela s'appuyer sur des affordances du milieu. Au départ, même si elles sont présentes, elles sont invisibles et peuvent devenir visibles à un moment, par exemple, lorsque le robot n'avance pas. Dans la description du travail d'enquête de l'élève, on s'aperçoit que ce dernier ne la mène pas seul. Il pourra bénéficier de l'expertise de ses pairs, par exemple, de ceux qui ont utilisé l'interrupteur (sous le beebot). Il pourra également compter sur la professeure. Cette double description, en termes de contrat, système de connaissances existant, et de milieu, problème posé et affordances disponibles permet de comprendre la manière dont le contrat didactique permet ou non de traiter avec le milieu. Les actions de la professeure seront modélisées dans une dialectique réticence-expression (*ibid.*). La réticence désigne le fait de cacher ce que l'on sait. La professeure doit faire en sorte que l'élèves assume la responsabilité de jouer et de gagner. Si la professeure divulgue les informations (expression), alors l'élève ne pourra pas produire de stratégie gagnante de son propre mouvement. Dans le même temps, si elle ne dit rien, à certains moments, le jeu s'interrompt. Ainsi, expression et réticence sont opposés et complémentaires. Par exemple, la professeure choisit de ne pas répondre à une élève qui prétend que son robot ne « marche » pas (réticence). Dans le même temps, elle attire l'attention de cet élève sur le fait que les autres robots avancent (expression).

À partir de ces éléments, nous pouvons reformuler notre question initiale de la façon suivante : dans le milieu organisé autour des déplacements des robots, en quoi l'action de la professeure conduit-elle ou non à mettre en évidence des affordances, visibles pour tous les élèves, leur permettant ainsi d'apprendre ?

C'est pour tenter de répondre à cette question que nous avons engagé une première expérimentation avec une professeure, qui a fait utiliser une beebot à ses quatorze élèves de maternelle (MS et GS). Rappelons que cette première mise en œuvre est prévue pour être partagée avec des professeurs stagiaires débutant au cours d'un atelier d'entrée dans le métier. Puis la professeure partage son expérience au sein d'un collectif de professeurs et de chercheurs (cette partie n'est pas développée dans le cadre de cette communication).

Les données consistent en différents films, réalisés par la professeure au sein de sa classe. Ces données font ensuite l'objet de représentations et de réductions à différentes échelles (synopsis, transcriptions, ...), permettant d'approfondir et de garantir le processus d'analyse (qui servira de base pour les échanges avec les professeurs stagiaires)

## DESCRIPTION ET ANALYSE

### 1. La séquence

La séquence comporte quinze séances : certaines se déroulent en classe entière, d'autres en petits groupes avec 3 à 5 élèves et enfin d'autres en deux demi-classes de 7 élèves. La classe dispose de 6 robots. Des séances collectives sont organisées pour parler des robots en général : une chanson lors de la séance 1, une construction d'une représentation d'un robot avec un jeu de construction lors de la séance 8, une présentation des robots à une personne extérieure lors de la séance 13. D'autres sont faites pour établir un bilan de ce qui a été découvert : expliquer comment le robot « bouge » lors de la séance 3, faire le schéma de la

beebot et de ses fonctionnalités, séance 4. Enfin, d'autres permettent d'introduire de nouvelles notions : introduction des flèches de programmation lors de la séance 6, leurs usages sur une ligne lors des séances 7, 10 et 11, ou des déplacements des élèves à la manière des robots lors des séances 4, 6, 10 et 11. Ces séances collectives sont entrelacées avec des séances en petits groupes, au cours desquelles quelques élèves disposent d'une beebot et doivent résoudre des problèmes : faire avancer la beebot lors de la séance 2, faire avancer la beebot sur une piste rectiligne en lien avec le lancer d'un dé lors des séances 5 et 9, introduire les cartes représentant les déplacements lors des séances 12 et 14. La séquence se termine par une séance d'évaluation (séance 15) où les élèves doivent programmer le robot, avec ou sans carte. Nous présentons ci-dessous un synopsis de la séquence.

Séances	Temps (en minutes)	Modalités	Résumé
1	14	Collectif	La professeure et les élèves chantent une chanson.
2	15 (X4)	<b>Petits groupes</b>	<b>Découverte des beebots : manipulation libre des élèves en présence de la professeure.</b>
3	7	Collectif	Les élèves tentent d'expliquer comment fonctionne la beebot (elle peut se déplacer).
4	16	Collectif	La professeure structure les découvertes des élèves concernant les déplacements de la beebot grâce à une affiche.
5	10 (X2)	Demi-classe	Reprise des instructions à la beebot.
6	12	Collectif	Introduction des cartes.
7	7	Collectif	Usage des cartes sur une ligne.
8	17	Collectif	Discussion autour des robots en lien avec la construction en Lego.
9	14 (X4)	<b>Petits groupes</b>	<b>Jeu sur deux bandes : faire déplacer la beebot en utilisant le dé.</b>
10	7	Collectif	Usage des cartes (le corps et la beebot).
11	12	Collectif	Usage des cartes (le corps et la beebot).
12	10 (X4)	Petits groupes	Prévoir le déplacement du robot en utilisant les cartes, sur un circuit complexe, tout en étant à côté du circuit.
13	3	Collectif	Raconter à une personne extérieure ce qu'on a appris.
14	24 (X2)	Demi-classe	Prévoir le déplacement du robot en utilisant les cartes, sur un circuit complexe, tout en étant à distance du circuit.
15	5	<b>Individuel</b>	<b>Évaluation sur le circuit complexe.</b>

*Tableau 1. – Organisation des séances*

## 2. Quelques élèves de MS

Nous rappelons que nous voulons décrire et comprendre comment la professeure met en évidence des affordances, visibles pour tous les élèves, leur permettant ainsi d'apprendre dans le milieu organisé autour des déplacements des robots. Pour cela, nous allons nous intéresser plus particulièrement à une élève de Moyenne Section Nina. Elle a des difficultés à apprendre de l'enseignement qui lui est proposé. Nous verrons comment, au fur et à mesure de l'avancée dans la séquence, elle apprend à agir adéquatement. L'analyse fine des actions de cette élève (et de quelques autres à des moments précis) nous permettra de mettre en évidence ce que nous avons considéré comme des « points de vigilance », lors de l'usage des robots de sol en

maternelle à différents moments. En particulier, nous décrivons l'introduction du robot dans la séance 2 (épisode 1), les premiers usages du déplacement du robot lors de la séance 9 (épisode 2) et enfin la séance d'évaluation lors de la séance 15 (épisode 3), ces épisodes étant repérés dans le tableau 1. Dans le cadre de cet article, nous n'étudierons pas la place des cartes de programmation, introduites au cours de la séance 12.

### Épisode 1

**Description :** il s'agit de la deuxième séance au cours de laquelle les beebots sont introduites. La professeure apporte le plateau de six beebots et permet à chaque élève d'en prendre une et de jouer avec. Elle s'en va quelques instants sans donner de consigne particulière « Je vous laisse découvrir », puis elle revient (figure 2). La beebot d'un premier élève Sofiane se met à se déplacer, à cligner les yeux et à faire du bruit. Nina se plaint : « La mienne ne marche pas ». La professeure s'étonne : « Ah ? Elle ne marche pas ». Elle se tourne auprès des autres élèves : « Vous croyez qu'elle ne marche pas ? ». Aussitôt Sofiane explique « Je sais moi », il s'empare de la beebot, la retourne et la met en marche grâce aux interrupteurs. Nina appuie alors sur des boutons sur le dos de la beebot (au hasard). Il ne se passe rien et elle s'énervé : « Elle ne marche même pas ». Un peu plus tard, en regardant les autres, Nina découvre le bouton « go ». Lorsqu'elle appuie sur ce bouton, la beebot bouge.

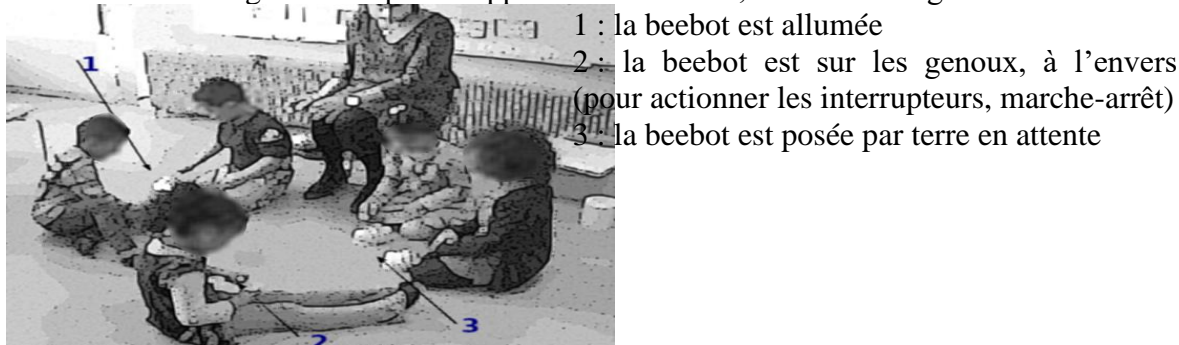


Figure 2. – La découverte de la beebot par les élèves

**Analyse :** l'enjeu de cet épisode est de faire déplacer la beebot en utilisant des flèches de direction puis le bouton « go ». La professeure le résume à la fin « Appuyer sur les flèches et après le bouton vert ». Les élèves s'engagent dans la découverte sans savoir ce dont il s'agit. La professeure est réticente sur ce qu'il y a à faire. Le problème que les élèves rencontrent rapidement est le suivant : comme certaines beebots se déplacent, toutes les beebots doivent pouvoir se déplacer. L'enquête dans le milieu (CDpE, 2019) est assez inaccessible au premier abord. Nina interprète rapidement l'absence de déplacement par une défaillance de la machine. Ces interprétations reposent sur des habitudes sociales (contrat, *ibid.*). Une première réponse au problème est apportée grâce à la découverte du bouton « go ». Nina est alors capable de faire se déplacer sa beebot. La professeure est réticente face à cette découverte. Elle sait que le seul bouton « go » ne suffit pas. Elle orientera l'attention des élèves sur les autres boutons de direction un peu plus tard.

La beebot est programmée de sorte qu'elle garde en mémoire toutes les instructions antérieures. Le bouton « go » permet de faire se déplacer le robot à partir de toutes ces instructions précédentes. Ainsi, lorsque Nina appuie sur « go », elle ne peut pas voir que le robot se déplace du fait de tout ce qu'elle a fait avant. De même, lorsque Nina appuie sur « go » et qu'il ne se passe rien, rien ne peut lui indiquer que la mémoire du robot est vide. Dans ces premiers moments, la consigne « je vous laisse découvrir » conduit les élèves à allumer la beebot et à « découvrir » de quoi il s'agit. A cours de la séance, la plupart des élèves cherchent à faire se déplacer le beebot. Pendant ce temps, Nina cherche à allumer sa

beebot « défaillante ». Elle ne fera que de rares tentatives de déplacement. D'autres expérimentations ont mis au jour la première difficulté relative à la conservation des instructions. Une élève Noémie (5ans) a fait avancer le robot à partir de la flèche « avancer », appuyée une seule fois. La professeure a indiqué qu'il fallait utiliser « go » pour le faire avancer. Puis Noémie a recommencé. Elle a alors été surprise que la beebot se déplace deux fois alors qu'elle n'avait appuyé qu'une seule fois. Elle a éteint le robot et l'a rallumé. Le robot a avancé d'un pas lorsqu'elle l'a programmé. Puis elle a appuyé sur la flèche « tourner à droite ». Le robot a d'abord avancé d'un pas puis a tourné. Là, Noémie a conclu que le robot faisait n'importe quoi et s'en est allée. Nogry (2019) précise que des élèves de CP ont découvert l'action d'éteindre le robot à chaque fois. Elle précise alors que si les élèves ont découvert cette stratégie, rien n'indique qu'ils en comprennent le sens. Ce mouvement de démarche de recherche, d'expérimentation et de validation d'hypothèses sur le fonctionnement du robot est loin à lui-seul d'être efficient (Noirpoudre & al., 2017).

### Épisode 2

**Description :** cet épisode se déroule de la manière suivante : quatre élèves sont avec la professeure (dont Nina et Nelly). Il s'agit de programmer la beebot de sorte qu'elle avance sur une bande du nombre de cases indiqué par le dé (figure 3). Les élèves savent lire le nombre sur le dé et dire « deux », sans hésiter. La professeure insiste : « Tu dois avancer de deux cases, en une seule fois ». Dans le même temps, elle efface la mémoire (en appuyant sur la touche « X »). Nina programme la beebot, qui ne fait qu'un pas. Elle est alors capable de dire que la beebot a avancé d'un pas et répond à la professeure qu'il fallait avancer de deux cases : « deux » en montrant avec les doigts de la main. Après avoir effacé la mémoire de la beebot, la professeure demande alors à une autre élève Nelly de programmer, à son tour, la beebot : « Je voudrais que tu appuies sur la flèche « avancer », « un et encore un ». Elle prend alors la beebot, avec l'index elle appuie deux fois sur la flèche « avancer », et valide avec le pouce sur la touche « go ». Elle obtient ainsi le déplacement attendu.



*Figure 3. – Se déplacer de deux cases vers l'avant, comme sur le dé*

**Analyse :** Le problème auquel sont confrontés les élèves est de faire avancer la beebot d'un nombre de pas, donné par le dé. Pour enquêter dans ce milieu (CDpE, 2019), les élèves s'appuient sur des connaissances antérieures (contrat didactique, *ibid.*). Ils savent lire un nombre (compris entre 1 et 6) sur le dé. Ils savent également ce que signifie se déplacer sur une piste. En effet, ils ont l'habitude de jouer sur des pistes, par exemple dans le déplacement des « petits chevaux ». En appui sur ces habitudes, ils doivent donc communiquer ce déplacement de deux cases vers l'avant à la beebot. C'est précisément un des enjeux de la séance. Cette communication nécessite de programmer la beebot en s'appuyant sur trois éléments-clés : l'effacement de la mémoire, le déplacement et la demande d'exécution du programme. Autrement dit, cela demande un apprentissage du codage non négligeable. L'effacement de la mémoire est pris en charge systématiquement par la professeure. Il semble que la première élève Nina fait une confusion entre le nombre de touches pressées (deux) et le nombre de cases à avancer (deux). Ainsi, Nina sait qu'il faut avancer de deux cases, elle appuie sur deux touches (« avancer » puis « go »). La seconde élève, Nelly semble être

parvenue à distinguer ces deux aspects de la programmation. En effet, elle change de doigts : l'index pour le déplacement, le pouce pour la validation. Ce changement de doigts semble être le signe d'une compréhension : Bara & Tricot (2017) rendent compte de ces phénomènes pour lesquels « le cerveau existe dans un corps, qui lui-même est situé dans un environnement avec lequel il va interagir » (p. 224).

Les rétroactions du milieu sont claires pour les élèves. Ils savent où doit aller la beebot. Ils savent dire si le but est atteint ou non. Cela ne signifie pas pour autant que ces rétroactions permettent de programmer la beebot. Par exemple, ce n'est pas parce que la beebot ne se déplace que d'une case au lieu de deux que les élèves peuvent agir pour qu'il en soit autrement. Le nombre comme réponse au problème de déplacement doit être distingué du nombre d'actions à effectuer. La séquence d'actions (remettre à zéro- appuyer sur les flèches- valiser avec « go ») n'est pas explicitée dans la classe. Dans la recherche de Nogry (2019), cette séquence d'actions avait nécessité quatre séances en classe de CP. La situation de « communication » au robot mériterait donc sans doute d'être davantage explicitée. Suite à des échanges avec la professeure, en appui sur les films de classe, la professeure nous explique qu'elle n'a pas repéré toutes ces stratégies.

### Épisode 3

**Description :** nous nous intéressons maintenant à de la dernière séance (la quinzième). La professeure et l'élève Nina sont toutes les deux, avec la beebot et un circuit avec des « coudes » : c'est un moment de bilan. La professeure demande alors de dire ce que la beebot doit faire « Dis-moi comment on fait pour que la beebot arrive sur le point rose » (figure 4). Nina montre avec ses doigts « deux ». Nina ne fait avancer la beebot que d'une seule case. La professeure l'interroge : « Tu as appuyé une fois sur avancer. Est-ce que c'était assez ? ». Sans attendre la réponse, la professeure remet la beebot sur la case départ. Elle explique alors : « Tu mets le nombre de fois qu'il faut pour aller sur le point rose ». Nina recommence : elle appuie sur la flèche « avancer » trois fois en regardant la professeure. La beebot ne s'arrête pas à la case prévue. La professeure interroge « Est-ce que c'est réussi ? ». Nina ne sait que dire que ce n'est pas réussi. La professeure remet la beebot à la case départ. Au bout du sixième essai, Nina programme la beebot : « avancer / avancer / Go » ce qui permet d'atteindre la case attendue. Elle met la main pour interdire au robot d'aller plus loin (figure 5). La professeure l'interroge : « Est-ce réussi ? ». Nina acquiesce.



Figure 4 – Nina montre « deux »

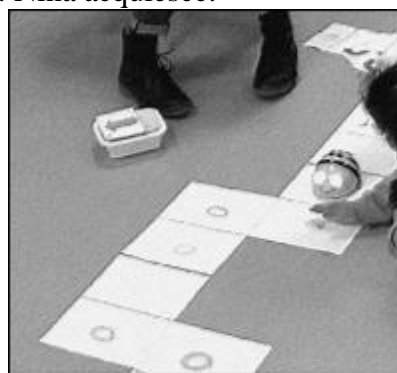


Figure 5 – Nina empêche la beebot d'aller plus loin

**Analyse :** Le problème auquel est confronté l'élève consiste à transmettre à la beebot des instructions pour atteindre une case choisie : le milieu didactique (CdpE, 2019) repose donc

sur cette situation de communication (Brousseau, 1998 ; Margolinas & Wozniak, 2012) un peu particulière. Le robot est intraitable : si on ne lui communique pas correctement ce qu'il doit faire, il ne peut pas le faire. Ce sont des interactions Homme-Machine (Wing, 2006). Pour enquêter sur ce problème, l'élève doit s'appuyer sur des éléments contractuels, du « déjà-là » (CDpE, 2019). Les actions de Nina permettent de confirmer qu'elle sait où la beebot doit aller et s'arrêter, par exemple, lorsqu'elle met la main pour interdire à la beebot d'aller plus loin. Nina est également capable de voir le nombre comme réponse à un problème (Margolinas & Wozniak, 2012) : elle le montre avec les doigts, sans le nommer. Elle est capable de dire si le robot atteint la case attendue ou non. Elle sait également utiliser la touche « avancer d'une case », correspondant à la direction que doit prendre le robot. Pourtant, seule, elle ne parvient pas à transmettre cette information à la beebot. Le lien entre la programmation sur la beebot et son effet sur son déplacement ne semble pas évident. Au cours de cette enquête, la professeure ajuste sa place en fonction des actions de Nina. Elle va orienter l'attention de l'élève sur ce que la beebot doit faire, à savoir aller à la case rose, ainsi que sur la manière d'y arriver, à savoir avancer de deux cases. Elle lui demande de dire d'abord comment s'y prendre pour que la beebot atteigne la case attendue. Elle est réticente, permettant ainsi à l'élève d'agir de son propre mouvement. Devant l'échec, elle devient plus expressive en pointant les effets de l'action de la programmation : « Tu as appuyé une fois sur avancer. Est-ce que c'était assez ? ». Pourtant, elle ne laisse pas de place pour la réponse. Puis elle modifie le questionnement : il s'agit plutôt d'analyser si le robot a atteint la case attendue. Nina sait dire si la beebot s'arrête au bon endroit. Pour conclure, pendant ces quatre minutes (4min32), il apparaît que Nina parvient à grand peine à communiquer des instructions simples à la beebot pour atteindre un but défini. Dans le même temps d'apprentissage (15 séances), d'autres élèves (par exemple Marc) parviennent à programmer le robot sans hésiter. La situation finale présentée ici confirme des résultats déjà présentés : il semblerait que des élèves semblent bénéficier de ces activités autour des robots tandis que d'autres ne pourraient ne pas avancer du tout dans un tel contexte (Bugman & Karsenti, 2018).

## DISCUSSION-CONCLUSION

Les résultats de cette expérimentation mettent au jour des difficultés au sein de la classe, en particulier avec une élève, qui a des difficultés d'apprentissage.

### *1. Des difficultés de prise en main*

La robotique pédagogique suscite de l'intérêt et de la curiosité chez les élèves (Nogry, 2019). Ces derniers semblent développer leur capacité de réflexion, des stratégies de résolution de problèmes et des compétences mathématiques (Mulligan & Highfield, 2008). Pourtant, dans le cadre de notre étude, la professeure se trouve confrontée à une élève Nina et elle ne parvient pas à soutenir la prise en main de la beebot : établir des liens entre les gestes de l'élève sur les boutons de la beebot et le déplacement de cette dernière. En effet, l'absence de réactions de la beebot est d'abord vue comme une défaillance de l'objet lui-même. Puis, le fait que la beebot « bouge » est en soi un résultat intéressant (et suffisant ?) pour elle. Dans le milieu organisé autour des déplacements des robots, l'action de la professeure ne permet pas (dans le cas présent) de rendre visibles les effets de la programmation sur la beebot.

### *2. Des difficultés de programmation*

Il a été montré que la robotique pédagogique est efficace dès l'école maternelle pour développer la capacité à construire une séquence d'instruction (Komis & Misirli, 2015). Ces

résultats ont été produits dans des contextes particuliers au cours desquels des professeurs (partageant le projet) ont mis en œuvre une séquence élaborée par des chercheurs.

Dans notre étude, nous avons mis en évidence un problème : le passage d'une centration sur le résultat de l'action (case à atteindre) et une centration sur la procédure (déplacement à réaliser) n'est pas explicite. La plupart des élèves parviennent à inférer ce passage. D'autres mettent plus de temps ou n'y parviennent pas. L'échec de la programmation de Nina nous conduit à rester très vigilant sur les modalités d'usage de tels robots. Par ailleurs, si au départ, nous savons que des connaissances spatiales sont mises en œuvre dans un usage de tous les boutons de la beebot, nous constatons que dans les moments présentés, ce sont essentiellement des déplacements vers l'avant qui sont utilisés. Les figures 4 et 5 montrent que d'autres déplacements sont envisagés (pivoter à droite ou à gauche). Par contre, les élèves ayant des difficultés, telle que Nina, n'accéderont pas à un travail sur la direction. Nous avons certes focalisé notre attention sur une élève. En faisant cela, nous cherchons à mettre en évidence des moments-clés que la professeure doit rendre explicite pour favoriser l'apprentissage de tous.

### *3. Le nombre comme mémoire de quantité*

Dans cette situation avec la beebot, le nombre comme moyen de créer une bijection entre le nombre de cases à parcourir et la quantité de pressions sur la flèche « avancer » est problématique (pour cette élève), dans la mesure où des manipulations supplémentaires sont nécessaires pour faire se déplacer la beebot le bouton X (pris en charge par la professeure) et surtout le bouton Go. Les connaissances mathématiques (anciennes) entrent en conflit avec les connaissances instrumentales (nouvelles), au sens de prise en main de la programmation de la beebot. La représentation des déplacements par des flèches (Nogry, 2019) ou les cartes des commandes de la beebot, en tant que langage visuel, pourraient être un intermédiaire entre l'analyse du problème (faire atteindre une case par la bluebot) et la programmation de la solution sur la bluebot.

### *4. Conclusion*

Nous avons envisagé d'introduire un robot de sol de type beebot pour permettre aux élèves d'appréhender différentes notions mathématiques, telles que la structuration de l'espace (en avant, tourner à droite, tourner à gauche), le rôle du nombre (se déplacer de deux cases, se déplacer vers une case donnée), les situations de communication un peu particulière (communiquer à un robot une suite d'instructions). Nous avons analysé les actions de la professeure et des élèves dans un tel contexte. Nous avons mis en évidence une difficulté : anticiper le déplacement du robot et programmer effectivement le robot sont deux actions distinctes. Il semble donc nécessaire de rendre visibles ces connaissances informatiques concernant l'usage de la beebot. Nos analyses rejoignent une expérimentation précédente. À la suite d'une formation, des professeurs-stagiaires avaient mis en œuvre un scénario pédagogique, qui visait à développer la pensée informatique par l'utilisation de jouets programmables (Barrué, 2019). Une des difficultés repérées étaient de percevoir les stratégies des élèves par la professeure. En appui sur ces résultats et sur nos analyses, nous envisageons de développer une nouvelle recherche au sein d'un collectif plus large (cette professeure, de nouveaux professeurs et de chercheurs) dans le cadre d'une ingénierie coopérative (Sensevy, 2015 ; Joffredo-Lebrun et al., 2018 ; Athias et al., 2020), qui vise à la fois des savoirs mathématiques et des savoirs informatiques. Par exemple, le fait de programmer la beebot avant son exécution est en lien avec la pensée informatique, Le fait d'anticiper le déplacement de la beebot est plutôt du côté des connaissances spatiales. Quoiqu'il en soit, il s'agit d'amener tous les élèves à mener l'enquête (Dewey, 1993) pour que la beebot avance tel Vandebrouck F. & Gardes, M.-L. (dir.) (2023). Nouvelles perspectives en didactique des mathématiques - Preuve, Modélisation et Technologies Numériques. Volume des séminaires et posters des actes de EE21.

qu'on le souhaite et donc d'organiser avec les professeurs des situations dans lesquelles ils peuvent prendre en charge l'orientation de cette enquête.

#### RÉFÉRENCES

- ATHIAS, F., MORELATTO, M & GRUSON, B. (2020). Pour mieux enseigner, il faut s'appuyer sur les résultats de la recherche. Dans Collectif Didactique pour Enseigner (dir.), p 155-171. *Enseigner, ça s'apprend*, Editions Retz.
- BARA, F., & TRICOT, A. (2017). Le rôle du corps dans les apprentissages symboliques : apports des théories de la cognition incarnée et de la charge cognitive. *Recherches sur la philosophie et le langage*. Vol. 33, 219-249.
- BARKER, B. S., & ANSORGE, J. (2007). Robotics as means to increase achievement scores in an informal learning environment. *Journal of research on technology in education*, 39(3), 229-243.
- BARRUE, C. (2017). Jouets programmables à l'école maternelle : pratiques pédagogiques de professeurs stagiaires. *Grand N*, 99, 69-86.
- BERTHELOT, R. & SALIN, M-H. (1992), *L'enseignement de l'espace et de la géométrie dans la scolarité obligatoire*. Thèse université de Bordeaux I.
- BROUSSEAU, G. (1980). L'échec et le contrat. *Recherches*, 41, p177-182.
- BROUSSEAU, G. (1998). *Théorie des situations didactiques*. Grenoble : La pensée sauvage.
- BUGMANN, J., & KARSENTI, T. (2018). Quand les robots entrent en classe. *Formation et profession*, 26(1), 142.
- COLLECTIF DIDACTIQUE POUR ENSEIGNER, CDpE (2019). *Didactique Pour Enseigner*. Rennes : PUR.
- DEWEY, J. (1993). *Logique : la théorie de l'enquête*. Traduction par G. Deledalle, Paris, Presses universitaires de France (1ère édition américaine : 1938).
- HIGHFIELD, K. (2010). Robotic toys as a catalyst for mathematical problem solving. *Australian Primary Mathematics Classroom*, 15(2), 22-27.
- JOFFREDO-LE BRUN, S. , MORELATTO, M., SENSEVY, G. & QUILIO, S. (2018). Cooperative Engineering in a Joint Action Paradigm. *European Educational Research Journal*, vol. 17(1), 187-208.
- KIM, S. & LEE, Y. (2016). Effects of robot for teaching geometry for fourth graders. *International Journal of Innovation in Science and Mathematics Education (Formerly CAL-Laborate International)*, 24 (2), 52-70.
- KOMIS, V. & MISIRLI, A. (2011). Robotique pédagogique et concepts préliminaires de la programmation à l'école maternelle : une étude de cas basée sur le jouet programmable Bee-Bot. *Sciences et technologies de l'information et de la communication en milieu éducatif : analyse de pratiques et enjeux didactiques*. Actes du quatrième colloque international DIDAPRO 4-Dida&Stic, Université de Patras, 271-281.
- KOMIS, V. & MISIRLI, A. (2015). Apprendre à programmer à l'école maternelle à l'aide de jouets programmables. Dans G-L. Baron, E. Bruillard et B. Drot-Delange (dir.). *Informatique en éducation : perspectives curriculaires et didactiques*, 210-226. Clermont Ferrand : Presses universitaires Blaise Pascal.
- MARGOLINAS, C. & WOZNIAC, F. (2012). *Le nombre à l'école maternelle, une approche didactique*. Bruxelles : De Boeck.
- MINISTERE DE L'ÉDUCATION NATIONALE (Ed.) (2020). Programmes d'enseignement : école maternelle : modification ; cycle des apprentissages fondamentaux (cycle 2), cycle de consolidation (cycle 3) et cycles des approfondissements (cycle 4): modification. Dans Bulletin Officiel n° 30 du 31 juillet 2020. Paris : MEN. Repéré à [\[https://www.education.gouv.fr/pid285/bulletin\\_officiel.html?pid\\_bo=39771\]](https://www.education.gouv.fr/pid285/bulletin_officiel.html?pid_bo=39771).
- MULLIGAN, J., & HIGHFIELD, K. (2008). Young children's engagement with technological tools: The impact on mathematics learning. In Proceedings of *International Congress in Mathematical Education 11* (p. 1-8). Monterrey, Mexico: International Congress of Mathematics Education.
- NOGRY, S. (2019). Robotique pédagogique à l'école primaire : quelle activité des élèves de classe préparatoire (6-7 ans) et quels apprentissages dans une séquence conçue par l'enseignant. *Review of Science, Mathematics & ICT Education*, vol 13(1), 93-110.
- 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. *EIAH, Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain*, Strasbourg, France.
- PAPERT, S. (1981). *Jaillissement de l'esprit*. Flammarion.
- SENSEVY, G. (2011). *Le sens du savoir. Éléments pour une théorie de l'action conjointe en didactique*. De Boeck.
- SENSEVY, G. (2015). *Le collectif en didactique : quelques remarques*. Dans Y. Matheron, G. Gueudet, V. Celi, C. Derouet, D. Forest, M. Kryszynska, S. Quilio, M. Rogalski, T. Angels Sierra, L. Trouche, C. Winslow et S. Besnier (Eds), *Enjeux et débats en didactique des mathématiques, XVIII école d'été de didactique des mathématiques*, Brest, 223-253.
- SULLIVAN, F. R. (2008). Robotics and science literacy: Thinking skills, science process skills and systems understanding. *Journal of Research in Science Teaching*, 45(3), 373-394.
- TOH, L.P.E; CAUSO, A., TZUO, P.W, CHEN, I.M & YEO, S.H. (2016). A Review on the Use of Robots in Education and Young Children. *Journal of Educational Technology & Society*, 19(2), 148-163.
- WING, J.C. (2006). Computational Thinking. *Communication of the ACM*, 49(3), 33-35.
- WITTGENSTEIN, L. (2006). *De la certitude*. Paris : Gallimard.