

S'initier à la robotique/informatique en classe de grande section de maternelle. Une expérimentation autour de l'utilisation du robot Blue Bot comme jeux sérieux

KATELL BELLEGARDE, JULIE BOYAVAL, JULIAN ALVAREZ

ESPE Lille Nord de France
France

katell.bellegarde@espe-lnf.fr

julie.boyaval@ac-lille.fr

julian.alvarez@espe-lnf.fr

ABSTRACT

This paper presents a comparative study of cognitive mediations at work in the scope of pedagogical device dedicated to introduce robotic/computer science to learners of last section of kindergarten (5-6 years old). The device used for the experiment is a robot named «Blue Bot» and presents three modalities in the scope of proposed serious games: the body, the robot and digital tablet. This study highlights on how mediator-instruments influence the reception and learning of learners through their performances, strategies and conceptions built during programming activities. Beyond this observation, this contribution proposes to apprehend these differences taking into account specificities of the mediator-instruments and their gap from the learner physical reality.

KEYWORDS

Serious game, robot pedagogy, cognitive mediation, activity analysis, last section of kindergarten

RÉSUMÉ

Cet article rend compte d'une étude comparative des médiations cognitives à l'œuvre dans un dispositif pédagogique visant à initier des élèves de grande section de maternelle (5-6 ans) à la robotique/informatique en utilisant le dispositif Blue Bot dans le cadre de jeux sérieux déclinés sur supports corporel, robotique et tablette

numérique. Cette étude éclaire la manière dont les instruments-médiateurs influent sur la réception et les apprentissages des élèves à travers leurs performances, stratégies et conceptions construites dans les activités de programmation. Au-delà de ce constat, cette contribution propose d'appréhender ces différences en fonction des spécificités des instruments-médiateurs et de leur écart à la réalité physique de l'élève.

MOTS-CLÉS

Jeu sérieux, robotique pédagogique, médiation cognitive, analyse de l'activité, grande section de maternelle

INTRODUCTION

Le jeu sérieux numérique constitue un outil et une ressource pédagogique attrayante et sans doute pertinente dans des contextes et situations idoines (Alvarez, Djaouti, & Rampnoux, 2016). Face à une consommation écran grandissante des jeunes enfants et à ses dangers sur le développement de plusieurs capacités¹, l'exposition d'élèves de cycle I² à des écrans dans l'enceinte scolaire est à questionner (Tisseron, 2013). Pour bénéficier du potentiel du jeu sérieux numérique sans pour autant arriver à une surexposition écran, l'usage de la robotique apparaît alors pertinent. Depuis une quarantaine d'années, la robotique a ainsi fait l'objet d'applications intéressantes dans le champ de l'enseignement. Ce courant éducatif nommé « robotique pédagogique » s'adresse à différents types de publics, de l'école maternelle à la formation des adultes, dans un objectif d'initiation à la robotique/informatique. Toutefois, le jeu sérieux sur terminaux numériques offre des avantages en termes de coût (souvent gratuit à l'instar du jeu en ligne *Blue Bot*) et de diffusion en contexte scolaire.

Le projet de recherche *Blue Bot* que nous avons réalisé et que nous présentons ici³ porte sur un dispositif pédagogique visant à initier des élèves de Grande Section de Maternelle (GSM) à la robotique/informatique en utilisant le dispositif *Blue Bot* dans le cadre de jeux sérieux déclinés sur supports corporel, robotique et tablette numérique. Elle propose de comprendre l'influence des médiations cognitives sur la réception et les apprentissages des élèves interrogés à partir de l'identification de leurs stratégies, conceptions et performances. Ces résultats nous conduiront à appréhender cette

1 Notamment, le langage, l'attention, la concentration et l'empathie.

2 Le cycle I concerne l'ensemble des classes de maternelle, des élèves âgés de 2 à 6 ans.

3 Le projet *Blue Bot* a été financé conjointement par l'ESPE Lille Nord de France et la DANE de Lille durant l'année 2017. Ce projet, réalisé dans le cadre du laboratoire DeVisu (Université de Valenciennes / Creative Mine) recense comme partenaires la Serre Numérique (CCI Grand Hainaut), l'association ID6, le rectorat de Dijon et l'université de Laval (Québec). Le projet a mobilisé 1 ingénieur recherche, 5 étudiants de Master II de l'ESPE et 2 doctorants.

S'initier à la robotique/informatique en classe de grande section de maternelle. Une expérimentation autour de l'utilisation du robot Blue Bot comme jeux sérieux

influence au regard des spécificités propres à chaque support et de leur écart à la réalité physique de l'élève. Au préalable, une réflexion théorique autour de l'initiation à la robotique/informatique de jeunes élèves de cycle I sera menée, puis, des éléments méthodologiques liés à l'enquête de terrain seront présentés.

INITIATION À LA ROBOTIQUE/INFORMATIQUE DE JEUNES ÉLÈVES DE CYCLE I

Cette première partie rend compte des investigations théoriques menées en vue d'approcher la question de l'initiation à la robotique/informatique en classe de GSM.

Robotique pédagogique et modèle constructiviste des apprentissages : des élèves « bâtisseurs de leurs savoirs » et « épistémologues »

Le courant éducatif de la robotique pédagogique a été initié par Papert (1981) dans les années 80, avec la tortue de plancher associée au langage de programmation Logo. Ce dispositif va donner lieu à différentes déclinaisons logicielles (Tilogo, Terrapin Logo, Logo plus, Atari Logo, Apple Logo, Commodore Logo, Squeak...) et de robots (Big Trak, LEGO Logo...). Le robot programmable *Blue bot* s'inscrit dans cette lignée et fait partie des dernières productions en date. Plus minimaliste, ce dernier s'affranchit de la nécessité d'être relié à un micro-ordinateur car le langage inspiré du Logo se résume aux seules instructions de déplacements à l'instar du jouet programmable *Big Trak*. La notion de boucles n'est par exemple plus de mise. Au-delà des considérations informatiques, on peut cependant toujours établir une parenté forte entre *Blue Bot* et la tortue de plancher de Papert au regard du mode d'apprentissage qui s'inspire des travaux de Jean Piaget sur le développement cognitif de l'enfant et la recherche d'une manière de coder spécialement conçue dans une démarche de pédagogie active. Pour que l'enfant entre dans les apprentissages, Logo comprend une voie d'accès proposant un apprentissage syntone, c'est-à-dire qu'il lui permette de relier la manipulation du nouveau matériau proposé avec ses apprentissages passés tout en restant attractif et motivant. Apprendre à programmer la Tortue, met à contribution chez l'enfant son désir de communiquer, son plaisir de donner des ordres, son goût pour le mouvement et cela consiste pour l'enfant à apprendre à la machine ce qu'elle doit faire.

La robotique pédagogique s'inscrit ainsi dans le modèle constructiviste des apprentissages. En tant qu'« *objets pour penser avec* », les robots permettent une manipulation et une expérimentation à partir de situations réelles, dans un contexte de résolutions de problème. Dans ce paradigme, les enfants sont considérés comme « les bâtisseurs de leurs savoirs », de leurs propres structures intellectuelles. Ils sont également épistémologues dans le sens où ils sont amenés à entrer dans une étude critique de leur propre réflexion. La robotique pédagogique contribue également à

débarrasser la notion d'erreur du sentiment de sanction intellectuelle, à redonner à l'erreur un statut positif : la recherche du bug du programme par son analyse, sa compréhension et sa correction fait partie intégrante de l'activité de programmation. L'erreur redevient alors une étape du processus d'apprentissage. En programmant le robot, l'enfant se trouve en situation de réfléchir sur sa propre action et sur sa propre pensée.

En définitive ces jouets programmables constituent de véritables outils de médiation, qui permettent aux enfants de s'y identifier par « effet miroir » (Komis & Misirli, 2011). Linard (1996) nous met en garde contre le mythe de l'autogenèse cognitive qui consisterait à négliger le rôle de la médiation humaine. Le soutien humain sera toujours nécessaire pour relayer l'information médiatisée comme nous allons le développer maintenant.

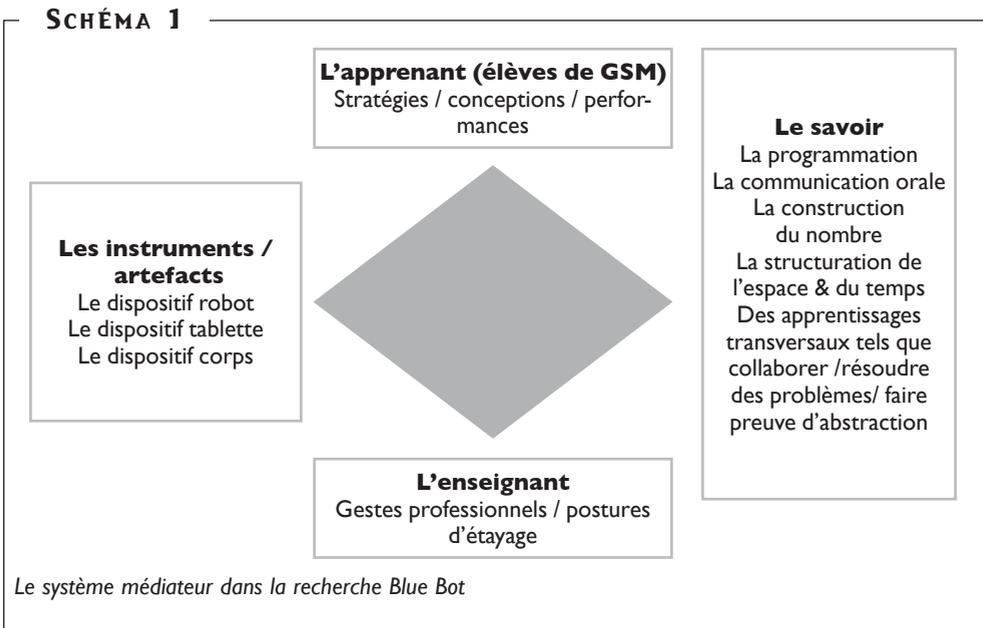
Appropriation d'un savoir et système médiateur : le rôle d'agents-médiateur joué par l'enseignant et l'instrument

S'approprier un savoir suppose toujours un processus d'objectivation qui n'est possible que par l'action d'un système médiateur qui va jouer le rôle d'intermédiaire entre le sujet et le savoir. Composé d'aspects très hétérogènes, ce système médiateur comprend des personnes ayant des statuts différents (médiateur-apprenant) et des artefacts culturels (Weil-Barais & Resta-Schweitzer, 2008).

La fonction de médiation de l'enseignant renvoie à celle d'étayage, à la manière dont un adulte, plus expert, organise le monde pour l'enfant dans l'optique d'assurer la réussite de ses apprentissages. Cette interaction interpersonnelle adulte-enfant dite « de tutelle » s'exerce sur un mode communicationnel ; l'adulte oriente, soutient, et contrôle l'activité de l'enfant (Bruner, 1983). L'adulte-expert intervient à l'intérieur de la zone proximale de développement, zone de décalage entre le niveau de développement actuel et potentiel de l'enfant (Vygotski, 1934) dans l'optique que ce dernier puisse progressivement prendre en charge seul la tâche demandée.

La recherche que nous présentons ici implique l'utilisation d'artefacts culturels de type robotique, numérique et corporel qui suppose une activité de didactisation exercée par l'enseignant à travers ces artefacts. Dans cette perspective, nous envisageons la médiation comme un processus résultant soit de l'action directe d'une personne, soit de son action indirecte exercée par le biais des instruments-médiateurs. À l'instar de Rézeau (2002), nous proposons de penser le système médiateur dans le projet de recherche *Blue Bot* (cf Schéma 1) sous la forme d'un carré pédagogique qui met en évidence le rôle d'agents-médiateurs joué à la fois par l'instrument et l'enseignant.

S'initier à la robotique/informatique en classe de grande section de maternelle. Une expérimentation autour de l'utilisation du robot Blue Bot comme jeux sérieux



La recherche Blue Bot se propose de comprendre l'influence des instruments-médiateurs sur le système médiateur dans sa globalité⁴. Dans le cadre de cette contribution, notre réflexion se focalise sur la relation entre trois pôles du carré : les instruments médiateurs, les élèves, le savoir. Il s'agit ainsi de comprendre l'influence du numérique et de la robotique sur l'appropriation de la programmation par les élèves de GSM.

Programmer à l'école maternelle : un objet d'apprentissage ou un outil au service d'autres disciplines ?

En France, la seule référence du programme de Maternelle en lien avec la programmation et le codage informatique concerne l'identification du principe d'un algorithme et la poursuite de son application (BO spécial n°2 du 26 mars 2015). Mais, il s'agit ici de compléter une suite à partir de critères préalablement identifiés. Cette mince référence à l'algorithme peut néanmoins justifier l'initiation à la robotique/informatique en classe de GSM.

De surcroît, l'école maternelle constitue un socle sur lequel va se construire l'ensemble des apprentissages de la vie de l'élève. Dans une logique de continuité et de

4 La recherche Blue Bot comporte deux axes de réflexion : le premier, présenté ici, porte sur l'influence de la robotique et du numérique sur les pratiques apprenantes à travers les stratégies, conceptions et performances des élèves ; le second porte sur l'influence de ces médiations cognitives sur les pratiques enseignantes, les gestes professionnels et postures d'étayage développées et fera l'objet d'une publication ultérieurement.

fluidité des parcours de l'élève tout au long de sa scolarité, il s'agit, à travers les activités de programmation d'amorcer certains apprentissages qui seront systématisés quelques années plus tard. Dans cette perspective, initier des élèves à la programmation apparaît cohérent avec l'introduction, en 2016, de la science informatique dans les programmes de L'Education Nationale à l'école élémentaire et au collège.

Un débat persiste autour de l'apprentissage de l'informatique à l'école : s'agit-il d'un outil d'enseignement au service d'autres disciplines ou d'un objet d'enseignement à part entière ? S'agit-il d'apprendre à programmer ou de programmer pour apprendre ? Nous n'entrerons pas dans ce débat et préférons adopter un positionnement intermédiaire qui permette de penser la programmation comme un objet d'enseignement, qui favoriserait également l'acquisition de certains apprentissages premiers, langagiers et culturels, qui dépassent les simples notions algorithmiques : la communication orale, la construction du nombre, la structuration de l'espace et du temps, la résolution de problèmes, la collaboration ou encore l'abstraction (Greff, 2004)⁵.

PRÉSENTATION DE L'ENQUÊTE DE TERRAIN

Les informations exposées dans cette partie entendent procurer au lecteur les éléments de repérage sur la manière dont a été mise en œuvre l'enquête.

Retour sur la problématique

Cette contribution propose de comprendre l'influence des instruments-médiateurs, robotique et numérique, sur l'appropriation de la programmation par des élèves de GSM. Au démarrage de cette recherche, nous avons fait l'hypothèse que la robotique par sa dimension tangible, ludique et extracorporel faciliterait l'acquisition de la programmation. Nous étudierons cette appropriation sous le prisme des stratégies déployées, conceptions construites et performances observées chez des élèves de grande section maternelle.

Modalités d'élaboration du corpus

Cette recherche s'inscrit dans une approche compréhensive, l'analyse de l'activité apprenante constituant le cœur du protocole de recherche. Cinq modalités d'élaborations du corpus ont été retenues :

- (1) des captations vidéo des situations éducatives ont été réalisées de manière à déconstruire-reconstruire la dynamique de la situation d'apprentissage et à identifier les invariants significatifs de l'activité apprenante. Sept classes ont été filmées.

5 Romero (2016a) a mis en évidence les compétences pour le 21^{ème} siècle (la collaboration, la résolution de problèmes, la pensée critique, la créativité et la pensée informatique) développées par les élèves lors de l'usage de robots pédagogiques.

- (2) des entretiens d'auto-confrontation aux traces réalisées avec des élèves ont permis de saisir leurs conceptions et stratégies construites dans l'action. Quinze élèves ont ainsi été confrontés à l'image de leur activité filmée à neuf temps distincts de l'expérimentation.
- (3) des documents de suivi ont été mis à la disposition des enseignants dans l'optique de saisir leur regard porté sur l'activité des élèves. Dix-sept évaluations intermédiaires et quatorze carnets de bords ont ainsi été recueillis.
- (4) dans cette même visée, des entretiens semi-directifs ont été réalisés avec sept enseignants après l'expérimentation de chacun des supports dans leur classe.
- (5) enfin, des évaluations, pré/post-tests ont été proposées aux élèves à différents moments de l'expérimentation afin de mesurer leurs performances dans les activités de programmation (voir Tableau 1 : « phasage de la recherche *Blue Bot* »).

Dans l'optique de comparer l'influence des médiations cognitives (corporelle, robotique et numérique) et de leur combinaison sur l'appropriation de la programmation, l'expérimentation s'est découpée en plusieurs phases en fonction des groupes classe constitués (cf Tableau 1).

TABEAU 1

Phasage de la recherche Blue Bot

A (4 classes)	A' (4 classes)	B (4 classes)	B' (4 classes)	C (4 classes)	C' (4 classes)	D (4 classes)	E (4 classes)
pré-test	pré-test	pré-test	pré-test	pré-test	pré-test	pré-test	pré-test
robot	robot post-test	tablette	tablette post-test	corps	corps post-test	corps	-
tablette post-test	tablette	corps post-test	corps	robot post-test	robot	robot	-
corps	corps	robot	robot	tablette	tablette	tablette post-test	- post-test

Ce phasage s'est opéré à partir du roulement des supports pédagogiques en fonction de huit groupes classe et de post-tests réalisés à différents temps de l'expérimentation. Les groupes obtenus permettent ainsi d'étudier avant les post-tests les classes ayant fait usage uniquement du Robot (Groupe A'), de la Tablette (Groupe B') ou du Corps (C') ou bien des combinaisons Robot + Tablette (Groupe A), Tablette + Corps (Groupe B), du Corps + Robot (Groupe C) et enfin de l'ensemble Corps + Robot + Tablette (Groupe

D). Un dernier groupe classe E dit « témoin », n'ayant pas participé à l'expérimentation *Blue Bot*, a également été constitué de manière à évaluer si les élèves auraient pu développer des compétences similaires à celles travaillées en programmation dans les activités quotidiennes de classe.

Dispositif expérimental mis en œuvre

Trente-cinq classes de GSM et vingt-huit écoles du Nord et du Pas-de-Calais ont participé à l'expérimentation *Blue Bot* à travers la mise en œuvre du scénario pédagogique construit dans le cadre de cette recherche (Annexe I « Extrait du scénario pédagogique du projet Blue Bot »⁶). Élaboré selon une progression en trois temps, ce scénario a été pensé de manière à être transposable aux trois supports (robot⁷, tablette⁸, corps⁹) : (1) introduction à l'algorithmique et aux instructions de programmation (prise en main des supports pédagogiques et des fonctions des commandes), (2) introduction progressive des commandes (« avancer », « tourner à droite », « tourner à gauche ») avec création d'une séquence de codage, (3) création d'une séquence de codage avec contraintes supplémentaires (« passer par une ou plusieurs cases » « éviter une ou plusieurs obstacles », « répondre aux deux contraintes simultanément »).

Les situations-problème proposées aux élèves sont construites autour de l'histoire Vibot – le robot (Romero, 2016b), personnage que l'enfant devra programmer pour le conduire à différents lieux¹⁰. Les activités de programmation se réalisent sur un damier de 24 cases (6 x 4) avec une barre et des cartes de programmation ; l'élève conserve alors la trace du programme et un travail sur l'erreur est possible. Les élèves réalisent les activités par groupe de quatre maximum sur un temps d'environ trente minutes.

6 L'intégralité du volet pédagogique du projet Blue Bot se situe à l'adresse suivante : http://ja.games.free.fr/BlueBot/Volet_p%C3%A9dagogique_projetBlueBot2017.pdf

7 Le support robot Blue bot est un jouet programmable adressé à des enfants de quatre à sept ans. L'enfant programme le robot à partir de boutons présents sur le dos et d'un système de réglette relié au robot en Bluetooth.

8 Pour le support tablette, l'application développée par le fabricant Blue Bot a été utilisée et les scénarios pédagogiques prévus dans le protocole y ont été implantés.

9 La mise en œuvre du scénario pédagogique sur support corps s'est réalisé de la façon suivante : un premier élève joue le rôle du robot, un second programme l'élève-robot.

10 Pour des exemples de situations problème proposées ans le scénario pédagogique Blue Bot, voir Annexe I « Extrait du scénario pédagogique du projet Blue Bot », p. 20.

APPROPRIATION DE LA PROGRAMMATION EN CLASSE DE GRANDE SECTION DE MATERNELLE : DES STRATÉGIES, CONCEPTIONS ET PERFORMANCES EN CONSTRUCTION ET DIFFÉRENCIÉES

L'analyse de l'activité apprenante met en évidence chez les élèves de GSM leurs stratégies, conceptions et performances dans les activités de programmation. Elle souligne également la manière dont celles-ci se sont construites, au fil de l'expérimentation, et l'influence des instruments-médiateurs dans leur élaboration.

Des stratégies d'aide aux activités de programmation : vers la réussite de la tâche

Cinq types de stratégies déployés par les élèves dans les activités de programmation ont été observés.

1^{ère} stratégie : la référence au corps

La référence au corps est la première stratégie mise en œuvre par les élèves. Elle constitue une aide pour compter, se repérer, s'orienter et anticiper. Cette stratégie apparaît plus fortement avec la complexification des parcours : l'élève ressent alors le besoin de pointer les cases quand elles sont nombreuses à compter et que le concept visuel ne suffit plus. Il peut également ressentir le besoin de se repérer avec le corps quand les contraintes et les changements de direction du robot sont plus importants. Le corps offre alors la possibilité de se mettre dans la peau du robot, d'appréhender l'espace par son expérience sensori-motrice (Greff, 1998) et compense ainsi la difficulté que constitue pour des élèves de GSM le passage de l'espace vécu à l'espace représenté, capacité d'abstraction nécessaire à l'activité de programmation : [Pourquoi tu utilises ta main ?] « C'est pour savoir où tourner, où avancer [...]. Je fais semblant que c'est le robot et j'avance et j'avance et quand je vois que je dois tourner, je tourne avec ma main » (Maël, robot¹¹). Cette appropriation par le corps est moins fréquente sur support tablette en raison de son format réduit et du positionnement des élèves autour de façon un peu ramassée.

2^{ème} stratégie : la simplification de l'activité

Trois stratégies de simplification de l'activité ont été observées chez les élèves (Komis & Misirli, 2015) : (1) la programmation pas à pas (ou « step by step »), le robot est déplacé sur le quadrillage et chaque déplacement fait l'objet du codage d'une commande ; (2) le sous-programme avec une segmentation/décomposition du programme ; (3) l'essai-erreur, l'enfant procédant par tâtonnement et corrigeant, au fur à mesure de ses tentatives, le programme.

11 Le nombre indiqué à côté du support correspond au moment où a été utilisé le support. Par exemple, dans le cas de Maël, le support robot a constitué le premier support mis à sa disposition.

Ces stratégies de simplification de l'activité peuvent s'entendre comme une réponse à une surcharge cognitive, les activités de programmation demandant de traiter plusieurs informations à la fois et de convoquer simultanément différentes compétences. Elles ont été mises en œuvre de manière spontanée par les élèves ou suscitées par l'enseignant : « *J'ai quand même dû intervenir pour leur donner de la méthode. Par exemple, celui qui mettait les flèches et qui savait pas du tout ce que ça allait faire je lui ai dit «beh, écoute tu peux prendre le robot et le déplacer»* » (Enseignante_V, entretien robot1).

3^{ème} stratégie : l'évitement

Dans les activités de programmation, les élèves ont également mis en œuvre des stratégies d'évitement, dans le sens où on observe un contournement des tâches scolaire de dénombrement, de repères dans l'espace. Dans le premier cas, les élèves procèdent par action répétitive (« un tout droit/encore un tout droit, etc.. »). Dans le second cas, ce sont des repères visuels qui sont convoqués à la place de la latéralisation droite/gauche. Ces stratégies peuvent être suscitées par l'enseignant ou mises en œuvre de manière spontanée par les élèves : « *Quand ils ne maîtrisent pas la gauche et la droite, ils disent «vers le couloir», «vers la cour» (étayage souvent utilisé dans la classe) »* (Enseignant_L, Evaluation_intermédiaire corps1). Les stratégies d'évitement sont plus fréquemment mises en œuvre en début de projet ; des stratégies plus expertes se développent ensuite.

4^{ème} stratégie : le contrôle de l'activité de programme

Le contrôle de l'activité de programmation s'opère à travers le contrôle visuel des cartes de programmation simultanément au déplacement du robot et le repérage de l'erreur sur la barre de programmation. La trace laissée par le programme construit par les élèves autorise alors un travail de débogage : « *[Cela] permet à l'enfant de revoir sa programmation parce qu'il avait une trace de son essai* » (Enseignant_V, entretien, robot1). Toutefois, le contrôle de l'activité de programmation est plus complexe sur support tablette, en raison d'un déplacement trop rapide du robot sur écran. Dans l'impossibilité d'identifier le bug, l'élève doit effacer le programme dans sa globalité et procéder à un nouveau codage.

5^{ème} stratégie

Enfin, des stratégies collaboratives s'observent chez les élèves à travers la recherche collective du programme, l'argumentation/justification de leur choix et le tutorat. La plus-value du travail entre pairs est double : d'un côté, être en mesure d'explicitier son raisonnement, de le rendre intelligible et, de l'autre, tenir compte du point de vue de son camarade en évitant des situations d'échec : « *J'ai vu qu'ils faisaient un peu n'importe quoi, je les ai aidés. Moi, j'ai fait les réponses et je les ai dits à mes camarades* » (Maël, robot1) ; « *A un moment donné, Maël, il a dit «c'est pas celle-là»*

S'initier à la robotique/informatique en classe de grande section de maternelle. Une expérimentation autour de l'utilisation du robot Blue Bot comme jeux sérieux

[...]. Et, en fait, il a bien expliqué qu'est-ce qui fallait faire » (Justin, robot1). Le support tablette, de par son format réduit, suppose un travail individuel ; collaborer est alors moins évident.

Des conceptions de la programmation en transformation: un enrichissement des notions liées à l'activité de programmation

À l'instar de Giordan (1998), nous envisageons les mécanismes d'apprentissage comme un processus de transformation et d'intégration conceptuelle. Dans cette perspective, nous proposons de mesurer l'appropriation chez les élèves de GSM à travers leur construction progressive des notions liées à l'activité de programmation, de montrer comment leurs perceptions de ces notions sont venues se modifier et s'enrichir. Ces perceptions se sont construites dans l'action, au fil des séances, et à partir du discours de l'enseignant porté sur l'activité des élèves. Ainsi, la capacité chez les élèves à utiliser et définir les notions de programmation, d'instruction et de codage sont à relier à la manière dont les enseignants se sont eux-mêmes saisis de ces notions et les ont intégrées à leurs pratiques d'étayage¹².

Au début de l'expérimentation, les notions de programmation, d'instruction et de codage se définissent à travers les actions que supposent ces tâches : « *je veux faire ça* » (c'est le résultat), donc, « *je fais ça* » (ce sont les actions). La démarche de construction d'un programme est verbalisable dès les premières séances et ceci, pour l'ensemble des élèves rencontrés en entretien. Puis, au fur et à mesure de l'expérimentation, on observe une prise de recul vis-à-vis des notions de programmation et d'instruction qui sont reliées à la notion de langage¹³. Programmer, donner une instruction, c'est indiquer quelque chose au robot, lui dire, par un langage, ce qu'on veut qu'il fasse. [Programmer ?] « *Je devais programmer le robot. [...] je mettais les flèches et après on appuyait sur le bouton vert si c'était bon* » (Maël, robot, support1), « *Quand le robot, il marche pas, il faut le programmer pour lui dire des choses. Et là, il fait qu'est-ce qu'on dit* » (Maël, tablette2).

L'activité de codage est une notion plus difficile à appréhender pour de jeunes élèves. Elle est peu comprise ou souvent uniquement définissable en termes d'actions à réaliser. On repère uniquement chez deux élèves une capacité à identifier et verbaliser un des principes de l'activité de codage, à savoir mettre les instructions dans le bon ordre, en fonction de la chronologie des actions à faire réaliser au robot : [Coder ?]

12 Dans le cadre de cet article, nous n'aborderons pas la question des postures et pratiques d'étayages des enseignants mais nous avons conscience de leur influence sur l'appropriation de la programmation par les élèves. Cette question fera l'objet d'autres écrits scientifiques.

13 Komis & Misirli (2011) ont montré que des apprentissages des concepts préliminaires de programmation chez des jeunes élèves sont possibles s'ils s'inscrivent dans un contexte de scénarisation pédagogique adéquate.

« *C'est avec plein de gens* » (Maël, activité1 – robot1) / « *Coder, ça veut dire l'ordre des instructions* » (Maël, activité3 – robot1).

On observe également chez les élèves une vraie difficulté à identifier les enjeux cognitifs des activités de programmation. Ils traitent alors ces tâches scolaires sans être capables d'en saisir la signification, c'est à dire ce qu'elles leur permettent d'apprendre. La non-adoption d'une posture de secondarisation (Bautier & Goigoux, 2004) est ainsi révélatrice chez ces élèves d'une certaine centration sur « le faire », sur le plaisir de réaliser et réussir l'activité, attitude qui pourrait tout particulièrement être renforcée par l'usage d'un jeu sérieux auprès de jeunes élèves de cycle 1. Ainsi, on note chez eux une impossibilité d'énoncer les apprentissages contenus dans les activités de programmation ou une réduction de ceux-ci à l'activité de codage : « *Pour réfléchir comment il faut faire le travail. [...] A travailler bien* » (Justin, robot 1), « *[J'apprends à] coder des instructions. [...] à coller les flèches, [...] à bien regarder où ils sont [...] les flèches* » (Justin, corps3).

Des performances différenciées dans les activités de programmation : un indice de l'influence des médiations cognitives

Les pré/post-tests proposés aux différents élèves de GSM par l'intermédiaire de leurs enseignants respectifs étaient sous forme papier / crayon et se composaient de 3 parties : (1) l'activité de décodage où l'enfant doit lire l'ensemble des instructions représentées sous forme de flèches et l'interpréter par un tracé à dessiner sur une grille correspondant à la trajectoire que doit effectuer le robot (Figure 1), (2) l'activité de codage où l'enfant se voit proposer un tracé sur une grille correspondant au parcours du robot. L'enfant doit identifier les commandes correspondantes à un tel parcours et les représenter dans un tableau situé au-dessus de la grille (Figure 2), (3) l'activité de conception où l'enfant se voit dans un premier temps attribué une consigne précisant qu'il doit tracer une trajectoire permettant au robot d'éviter un oiseau et d'atteindre deux fleurs. Une fois le tracé représenté sur la grille, l'enfant doit coder ce parcours avec une série de commandes idoines comme dans l'activité de codage (Figure 3).

FIGURE 1

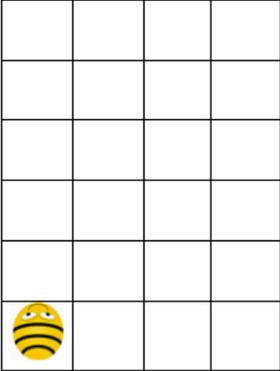
	<p>Evaluations pré et post test</p> <p><i>Activité 1 de décodage :</i></p> <p><i>Consigne : dessiner dans le quadrillage, le chemin que va parcourir l'abeille en fonction des cartes/images de direction :</i></p>
	
<p><i>Activité de décodage</i></p>	

FIGURE 2

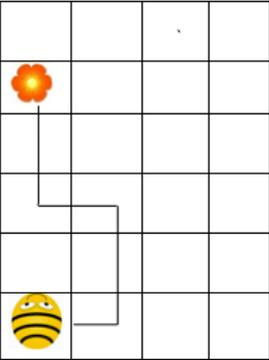
	<p>Activité 2 de codage</p> <p><i>Consigne : représenter par des flèches sur les cartes le chemin parcouru par l'abeille pour aller jusqu'à la fleur (avec tracé du chemin)</i></p>
	
	
<p><i>Activité de codage</i></p>	

FIGURE 3

Activité 1 de décodage :

Consigne : dessiner dans le quadrillage, le chemin que va parcourir l'abeille en fonction des cartes/images de direction :



--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

		🌻	
		🌺	
🐝	🐦		

Activité de conception

Le fait de produire le tracé idoine, le fait de recenser les bonnes commandes, le fait d'atteindre une ou deux fleurs, le fait d'éviter l'oiseau, sont des exemples d'indicateurs évaluatifs associés à des variables qui ont permis de calculer des scores pour chaque élève lors du pré-test et du post-test. Puis un calcul des moyennes des scores pour chaque groupe (cf. Tableau 1) a été établi pour les pré-tests et les post-tests. Afin de s'assurer de la cohérence de ces scores et du calcul des moyennes, les corrections pour l'ensemble des pré-tests et post-tests ont été menés par les mêmes chercheurs. Nous avons ainsi obtenu un score de progression exprimé en pourcentage pour chaque groupe que nous avons comparé à celui du groupe E. Le Tableau 2 consigne ces premiers résultats, les groupes étant classés par ordre décroissant au regard des taux de progression obtenus.

TABLEAU 2

Calcul des taux de progression pour chaque groupe

Classe- ment des groupes	A 59 élèves	C 30 élèves	C' 18 élèves	D 39 élèves	A' 30 élèves	B' 6 élèves	E 42 élèves
Progres- sion en %	23,58%	20,52%	19,09%	18,89%	16,22%	14,61%	7,88%
Progres- sion au regard de E	x 2,99	x 2,60	x 2,42	x 2,40	x 2,06	x 1,85	-
Modal- ités	ROBOT TAB- LETTE	CORPS ROBOT	CORPS	CORPS ROBOT TABLETTE	ROBOT	TAB- LETTE	AU- CUNE

En l'état, le Tableau 2 fait apparaître que le groupe E est bien celui qui recense le taux de progression le plus faible. Cela signifie que chacune des activités proposées pour les groupes A à D (à l'exception du groupe B¹⁴) présente un effet dans les apprentissages. La modalité qui semble à ce stade présenter la plus forte modalité est celle du groupe A qui mêle Robot et Tablette. Les modalités proposant d'introduire le corps sont également bien positionnées : 2, 3 et 4^e place du Tableau 2. Les modalités robot ou tablette seules offrent visiblement les résultats de progression les plus faibles. Ces premiers résultats qui se basent pour l'instant sur des calculs de moyennes, feront l'objet d'un traitement statistique idoine avec vérification du Khi2 dans nos prochains travaux. En parallèle, si ces premiers résultats nous donnent une indication chiffrée, il sera également nécessaire de les confronter aux observations effectuées sur le terrain pour en affiner l'interprétation.

COMPRENDRE L'INFLUENCE DES MÉDIATIONS COGNITIVES SUR L'APPROPRIATION DE LA PROGRAMMATION...

Précédemment, l'analyse de l'appropriation de la programmation s'est opérée à partir de l'identification des stratégies, conceptions et performances développées par les élèves. Il s'agit maintenant de comprendre l'influence des médiations cognitives via le corps, la robotique et la tablette, sur cette appropriation à travers les caractéristiques des supports-médiateurs.

¹⁴ Les scores du groupe B n'ont pu être pris en compte en raison de l'absence de données recensées.

...en fonction des dimensions des supports pédagogiques : tangible / virtuelle, intracorporelle / extracorporelle et ludique

Les dimensions des instruments-médiateurs, tangible/virtuelle, intracorporelle (corps de l'enfant) /extracorporelle (tablette et robot) et ludique, sont des éléments de compréhension d'une appréhension différente de l'activité de programmation par les élèves. Le Tableau 3 est une représentation synthétique des dimensions propres à chacun de ces instruments-médiateurs.

TABLEAU 3

Les instruments-médiateurs et leurs dimensions

Dimensions / Supports	Corps	Robot	Tablette
Tangible	x	x	
Intracorporel	x		
Extracorporel		x	x
Virtuel			x
Ludique	x	x	x

La dimension tangible est caractéristique des supports corps et robot. Elle offre la possibilité à l'enfant, dans le premier cas, de se mettre à la place du robot, de se déplacer comme lui et, dans le second cas, de manipuler le robot, de le déplacer sur le quadrillage. À l'inverse, sur support tablette, on est sur une représentation du robot sur écran ce qui suppose un degré d'abstraction plus fort. On le voit évoluer sur l'écran mais pas en vrai, agir sur l'objet est alors plus difficile : « *Blue Bot, on l'avait vu en vrai et après, on le voit plus en vrai, on le voit dans une tablette* » (Arthur, tablette2).

La dimension intracorporelle du support corps (à l'inverse des supports robot et tablette) ne permet pas à l'enfant de se décentrer vis-à-vis de l'objet, de se déplacer autour de lui pour anticiper ses déplacements et les sens de rotation : « *Utiliser son propre corps comme objet, c'est beaucoup plus difficile pour lui de se latéraliser plutôt que d'avoir un objet autour duquel il va se déplacer, il va pouvoir retrouver ses repères tout en se mettant d'un côté et de l'autre* » (enseignant_H, robot1).

Le caractère ludique est une dimension propre à l'ensemble des trois instruments-médiateurs. Au départ, on aurait pu penser que les élèves seraient moins engagés dans les activités avec le support corps de par sa similarité avec les activités quotidiennes réalisées à l'école maternelle. Mais, jouer le rôle du robot, se déplacer comme lui sont apparus très ludiques pour les enfants : « *J'étais un petit robot et je marchais dans les cases. [...] j'ai préféré le support corps] parce que j'aime bien marcher comme un robot* » (Camille, corps3).

... en fonction de l'écart du média à la réalité physique de l'élève

Une autre manière de penser les particularités des instruments-médiateurs consiste à identifier l'écart du média à la réalité physique de l'élève, c'est-à-dire, à mesurer l'adéquation entre le corps de l'élève et le support utilisé. Greff (2004) propose ainsi de voir autrement notre manière de penser la dimension virtuelle et réelle d'un support. Serait donc virtuel ce qui est éloigné de la réalité physique de l'élève et pas uniquement la représentation d'un objet sur un écran. On note alors une inversion du réel et du virtuel en fonction de ce rapport à la réalité physique de l'élève.

L'estimation des longueurs et la construction mentale du parcours sont des activités impactées par cette dimension des supports. Pour les supports robot et corps, la longueur à parcourir est grande et éloignée de la réalité physique des élèves et devient donc virtuelle. À l'inverse, la tablette est proche de leur réalité, la distance à parcourir appréhendée est donc réelle. On observe ainsi sur support tablette un recours au pointage plus aisé puisque le damier est à la portée de leurs doigts et n'implique pas d'oser se lancer physiquement pour compter ou tracer le chemin. L'ampleur du support corps rend particulièrement complexes ces tâches : *« Ils avaient une vision globale plus floue du parcours. Donc, ils dessinaient pas forcément les parcours les plus simples. Ils se projetaient peut-être sur une partie du parcours, ensuite une autre au lieu d'avoir vraiment une idée générale de ce qu'ils allaient faire au début du codage »* (Enseignant_H, entretien corps3).

CONCLUSION

Au démarrage de ce travail, nous supposons que le support robot favoriserait particulièrement l'appropriation de la programmation chez des élèves de GSM, en comparaison aux deux autres instruments-médiateurs. Nos analyses viennent nuancer cette prévalence supposée de l'outil robotique. Certes, ses dimensions tangible, extracorporelle et ludique offrent des possibilités de décentration et de manipulation de l'objet-robot intéressantes pour un élève de GSM, tout en l'inscrivant dans un environnement d'apprentissage motivant. Mais, l'écart de ce média à la réalité physique du jeune enfant peut, à l'inverse, complexifier les tâches d'estimation d'une longueur et de construction mentale du parcours. Le projet de recherche *Blue Bot* relève alors les différences entre les supports en termes d'activités cognitives prises en charge et de compétences travaillées par les élèves.

Ainsi, plutôt que de penser la prévalence des supports les uns par rapport aux autres, nous préférons penser ces instruments en complémentarité. L'enseignant a alors la possibilité de varier les situations proposées et balayer plusieurs champs d'apprentissages. En référence aux travaux de Gardner (2008) sur les intelligences multiples, nous envisageons l'association de plusieurs modalités pédagogiques comme un moyen pour différencier les situations d'apprentissage et tenir compte des

intelligences propres aux élèves. Chaque élève appréhende le monde, donne sens à une activité scolaire, en fonction du groupe d'intelligence dont il dispose, avec le plus souvent une intelligence dominante. Donc, plus un enfant a d'outils-médiateurs en sa possession, plus il a de chances d'arriver à son but. De surcroît, les intelligences ne sont pas figées ; le contexte influence beaucoup le profil d'intelligences de l'enfant. En associant différents instruments-médiateurs, on offre à chaque élève la possibilité de développer ou renforcer ses propres intelligences.

Le projet de recherche *Blue Bot* met également en évidence les difficultés que constituent pour des élèves de GSM l'identification des enjeux cognitifs des tâches scolaires. Cela questionne plus spécifiquement l'usage d'un jeu sérieux auprès de jeunes enfants puisque, d'un côté, il les inscrit dans un environnement d'apprentissage ludique et motivant mais, d'un autre côté, il pourrait constituer un obstacle à la désignation des objets sur lesquels portent les apprentissages. Plus largement, le projet de recherche *Blue Bot* révèle l'enjeu que constitue le développement d'un enseignement explicite à l'école maternelle qui accompagne les élèves dans l'adoption d'une posture de secondarisation, les aide à donner du sens aux apprentissages.

REMERCIEMENTS

Merci pour leurs conseils, expertises, partages d'expériences et suggestions : Sylvie Leleu-Merviel, Dorothee Hallier-Vanuxemm, Margarida Romero, Jean-François Condette, Alfonsino Cutillo, Romain Deledicq, Jean-Jacques Flahaut, Vincent Hurez, Thierry Lafouge, Yoann Lebrun, Philippe Leclercq, David Detève, Angelino Mascaro, Patrick Pelayo et Gilles Petit ainsi que l'ensemble des partenaires associés au projet de recherche *Blue Bot* : la Dane de Lille, ID6, la Serre Numérique, les académies de Lille et de Dijon, le Laboratoire de Recherche DeVisu de l'Université Polytechnique Hauts-de-France et L'ESPE Nord-de-France et l'université de Laval.

RÉFÉRENCES

- Alvarez, J., Djaouti, D., & Rampnoux, O. (2016). *Apprendre avec les Serious Games ?* France: Réseaux Canopé.
- Bautier, E., & Goigoux, R. (2004). Difficultés d'apprentissage, processus de secondarisation et pratiques enseignantes : Une hypothèse relationnelle. *Revue Française de Pédagogie*, 148, 89-100.
- Bruner, J. (1983). *Le développement de l'enfant, savoir-faire, savoir dire*. Paris: PUF.
- Gardner, H. (2008). *Les intelligences multiples: La théorie qui bouleverse nos idées reçues*. Paris: Retz.
- Giordan, A. (1998). *Apprendre !* Paris: Belin.
- Greff, E. (1998). Le 'jeu de l'enfant-robot' : Une démarche et une réflexion en vue du développement de la pensée algorithmique chez les très jeunes enfants. *Hermes*, 5(1), 47-61.
- Greff, E. (2004). Le corps d'abord! *Education Infantine*, 1056, 62-63.

S'initier à la robotique/informatique en classe de grande section de maternelle. Une expérimentation autour de l'utilisation du robot Blue Bot comme jeux sérieux

- 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. In G.-L. Baron, E. Bruillard & V. Komis (Éds.), *Sciences et technologies de l'information et de la communication en milieu éducatif : Analyse de pratiques et enjeux didactiques* (pp. 271-281). Athènes, Grèce : New Technologies Éditions.
- Komis, V., & Misirli, A. (2015). Étude des processus de construction d'algorithmes et de programmes par les petits enfants à l'aide de jouets programmables. In B. Drot-Delange, G.-L. Baron & E. Bruillard (Éds.), *Informatique en éducation : Perspectives curriculaires et didactiques*. Clermont-Ferrand: Presses Universitaires Blaise-Pascal.
- Linard, M. (1996). *Des machines et des hommes. Apprendre avec les nouvelles technologies*. Paris: L'Harmattan.
- Papert, S. (1981). *Jaillissement de l'esprit. Ordinateur et apprentissage*. Paris: Flammarion.
- Rézeau, J. (2002). Médiation, médiatisation et instruments d'enseignement : Du triangle au carré pédagogique. *ASp*, 35/36, 183-200.
- Romero, M. (2016a). *Jeux numériques et apprentissages*. Montréal: JFD Éditions.
- Romero, M. (2016b). *Vibot – le robot*. Québec: Les publications du Québec.
- Tisseron, S. (2013). *Apprivoiser les écrans pour grandir*. Paris: Erès.
- Vygotski, L-S. (1934). *Pensée et langage*. Paris: Éditions Sociales.
- Weil-Barais, A., & Reste-Schweitzer, M. (2008). Approche cognitive développementale de la médiation en contexte d'enseignement-apprentissage. *La Nouvelle Revue de l'Adaptation et de la Scolarisation*, 42, 83-98.

ANNEXE I « EXTRAIT DU SCÉNARIO PÉDAGOGIQUE DU PROJET BLUE BOT »

2 « CRÉATION DE SÉQUENCES DE CODAGE »

Activités de programmation I 2^{ème} et 3^{ème} temps du scénario

La « création de séquences de codage » se compose d'une série d'activités de programmation avec introduction progressive des différentes commandes (avancer, puis, tourner à droite et, enfin, tourner à gauche). Cette introduction par étape donne lieu à la création d'une séquence de codage à l'aide du système de réglette/pictogramme contenant uniquement les commandes utilisées.

Objectifs :

- S'initier à la programmation dans un contexte ludique et logico-mathématique
- Intégrer de manière progressive les différentes commandes simultanément à une activité de codage.

Utiliser des commandes de direction et d'orientation manière séquentielle et automatisée

Description de la situation d'apprentissage

Amorce : Suite à l'activité d'introduction, l'enseignant pose des questions (*Qui est Vibot ? Quel langage parle Vibot ? Qu'est-ce que la programmation ? Qu'est-ce qu'une instruction ? Dans le cas des supports tablette et robot, qu'a-t-on découvert la dernière séance lorsqu'on a programmé Vibot ? Quelles sont les fonctions des touches du robot (en les montrant) ?*) afin de rappeler les principes fondamentaux de la programmation en lien avec le personnage Vibot ainsi que les fonctions des touches en insistant particulièrement sur celles « démarrer » et « vider la mémoire ».

Réalisation : Après ce rappel, la situation d'apprentissage se réalise en trois étapes à partir de l'introduction progressive des commandes et des six parcours différents à programmer selon une logique de progression pour chaque commande introduite.

Les élèves sont amenés par sous-groupe à se répartir face aux différents supports : face aux damiers, sur différentes tables aux centres desquelles se trouvent robots/ piste et tablettes.

Sur chaque support est indiqué la case « départ » représentée par une maison et « arrivée » par un symbole représentant ses différentes destinations ; une fois la programmation réalisée ces cases sont modifiées en fonction de la progression prédéterminée. Les élèves ont à leur disposition uniquement les cartes de codages utiles à la programmation en lien avec l'introduction progressive des commandes

Situations problèmes proposées en fonction des six activités de programmation :

Parcours proposé uniquement avec la commande « avancer » :

Mise en contexte : La maman de Vibot a beaucoup de travail et n'a pas le temps d'aller chercher les enfants, Viviane et Victor, à l'école et au sport en début de semaine (lundi, mardi et mercredi). Elle demande à Vibot d'y aller à sa place et écrit sur le tableau de la cuisine ce qu'il doit faire. Lundi : aller chercher Viviane et Victor à l'école à 16h ; mardi : aller chercher Viviane à la salle de danse à 18h, mercredi : aller chercher Victor au foot à 16h. Vibot est arrivé dans la maison depuis une semaine et ne connaît pas très bien le chemin pour aller chercher les enfants et a peur de se perdre. La maman de Viviane le rassure et lui dit : « Ne t'inquiète pas le chemin est très facile puisque tu as juste à aller tout droit mais attention il faudra t'arrêter au bon endroit ».

- (1) Aller de la maison (case départ) à l'école (case arrivée) chercher Viviane et Victor. L'enseignant précise que leur école se trouve juste à côté de la maison.
- (2) Aller de la maison (case départ) à la salle de sport (case arrivée) chercher Viviane qui pratique la danse. L'enseignant précise que la salle de sport se trouve un peu plus loin de la maison.
- (3) Aller de la maison (case départ) au terrain de sport (case arrivée) chercher Victor qui pratique le foot. L'enseignant précise que la salle de sport est encore plus loin de la maison et que Vibot devra marcher longtemps.

Parcours proposé avec l'introduction de la commande « tourner à droite » :

Mise en contexte : Cette semaine Vibot a décidé d'apprendre à cuisiner et veut faire une surprise à la maman, au papa de Viviane et Victor et à Mamie Ada : leur préparer leur repas du midi et leur apporter au travail. Lundi, ce sera des pâtes à la bolognaise, mercredi, une cuisse de poulet avec des petits pois et vendredi, du poisson avec du riz. Ça fait maintenant deux semaines que Vibot vit dans la maison et il n'est jamais allé au travail du papa, de la maman et de mamie Ada. Il a donc très peur de se perdre et décide de regarder une carte de la ville pour trouver son chemin. Il se rend compte alors que ce n'est pas trop compliqué d'y aller, il devra aller tout droit mais attention, à un moment, il devra aussi aller sur sa droite (ou tourner pour simplifier).

- (1) Aller de la maison (case départ) au travail de la maman de Viviane et de Victor, c'est-à-dire à l'hôpital (case arrivée). L'enseignant précise que l'hôpital est juste à côté de la maison.
- (2) Aller de la maison (case départ) au travail du papa de Viviane et de Victor (case arrivée), c'est-à-dire au collège (« l'école des grands »). L'enseignant précise que le collège est un peu plus loin de la maison.
- (3) Aller de la maison (case départ) au travail de Mamie Ada, qui travaille à

l'université (« l'école des très grand ») (case arrivée). L'enseignant précise que l'université est encore plus loin de la maison et que Vibot devra marcher longtemps.

Parcours proposé avec l'introduction de la commande « tourner à gauche » :

Mise en contexte : aujourd'hui, la maman de Victor et Viviane a demandé à Vibot d'aller dans différents magasins pour faire les courses. Elle travaille beaucoup et n'a pas le temps d'y aller, il a donc pour mission d'aller à la boulangerie, au magasin de fruits et légumes et au supermarché. Il décide d'aller le matin à la boulangerie, le midi au magasin de fruit et légume et l'après-midi au super marché. Vibot est déjà allé dans ces magasins avec toute la famille mais jamais seul, il a donc un peu peur de se perdre. La maman de Viviane lui donne alors des conseils : « ce n'est pas trop compliqué d'aller là-bas, tu devras aller tout droit mais attention, à un moment, tu devras aussi aller sur ta gauche » (ou pour simplifier « tourner »)

- (1) Aller de la maison (case départ) à la boulangerie (case arrivée) pour acheter du pain pour le repas du soir. L'enseignant précise que le supermarché est juste à côté de la maison.
- (2) Aller de la maison (case départ) au magasin de fruits et légumes (case arrivée) pour acheter des carottes pour la soupe de ce soir. L'enseignant précise que le magasin de fruit et légumes est un peu plus loin de la maison.
- (3) Aller de la maison (case départ) au supermarché (case arrivée) pour faire les courses pour la fête d'anniversaire de mamie Ada. L'enseignant précise que le supermarché est encore plus loin de la maison, le robot marchera longtemps.

Plusieurs temps prévus pour ces différentes activités de programmation en équipe :

- *Construction par les élèves de la séquence de codage à l'aide du système de règlette/ pictogramme.* Ce travail de codage doit amener la discussion entre les élèves du groupe de travail qui devront se mettre d'accord sur la séquence de codage à tester.
- *Programmation du robot tangible/virtuel ou enfant-robot* (joué par un élève du groupe à qui on donne à l'oral les instructions de codage retenues pour le corps).
- *En cas de problème, recherche et analyse de l'erreur de façon collective* au sein du groupe de travail. Puis, une fois celle-ci trouvée, la programmation est de nouveau testée.