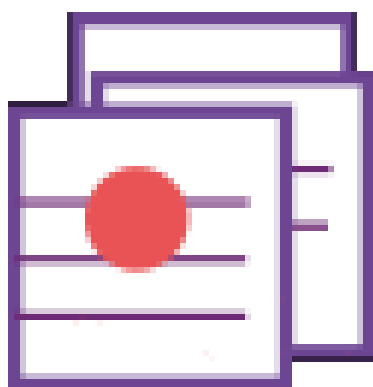


<https://adjectif.net.shs.parisdescartes.fr/spip.php?article470>



Robotique pédagogique à l'école primaire, découverte de la touche « pause »

- Etat des recherches - Didactiques, pédagogies et TICE -



Date de mise en ligne : mercredi 20 juin 2018

RECH

Copyright © Adjectif - Tous droits réservés

Adjectif



Article version PDF

Pour citer cet article :

Spach, Michel (2018). Robotique pédagogique à l'école primaire, découverte de la touche « pause », des possibilités intéressantes. *Adjectif.net* Mis en ligne mercredi 20 juin 2018 [En ligne] <http://www.adjectif.net/spip/spip.php?article470>

Résumé :

Cette contribution présente les résultats d'une recherche visant à étudier des pratiques d'enseignement ainsi que des processus d'apprentissage dans le domaine informatique à l'école primaire. Elle s'est intéressée aux situations pédagogiques confrontant des élèves à différents types de problèmes mobilisant des instruments de traitement de l'information (Baron et Bruillard, 2001). Elle a analysé la manière dont une enseignante, non spécialiste en informatique, s'approprie un objet robotique, conçoit une situation pédagogique et évalue la capacité des élèves à penser cet objet robotique sur lequel ils agissent. Elle fait, en particulier, référence à la découverte d'une touche spécifique du robot Bee-Bot, la touche *pause*, intégrée à des activités de programmation de déplacement.

Mots clés :

École Primaire, Pensée informatique, Robotique, Informatique, Programmation, Robot, Apprentissage, Collaboration



Introduction

La recherche présentée dans cette contribution s'inscrit dans le cadre plus général du projet ANR « [Didactique et apprentissage de l'informatique à l'école](#) » (DALIE), qui a eu pour objectif de tester, en situations réelles de classe, des éléments de curriculum en informatique, en vue d'en vérifier la faisabilité à l'école primaire.

Cette recherche s'est intéressée au rôle que l'école peut jouer pour former des citoyens capables de s'adapter aux évolutions du numérique. Elle s'est focalisée sur les pratiques élaborées par des enseignants non experts dans ce domaine et sur les conceptualisations naissantes des élèves. Elle questionne les enjeux éducatifs qui justifieraient, pour Baron et Bruillard (2001, p. 164), la nécessité d'une appropriation par la population du mode opératoire de produits particuliers et surtout des éléments d'une nouvelle culture. Leur appropriation conduirait, selon ces auteurs, à une meilleure compréhension des concepts et processus sous-jacents.

Contexte et questionnement de recherche

De récents rapports [1] préconisent de donner à l'école primaire sa place dans l'apprentissage des concepts fondamentaux de l'informatique. Si elle constitue un espace où de nombreuses innovations technologiques ont été introduites ces dernières années et si elle semble apte à assurer un enseignement de l'informatique, on peut supposer l'existence de difficultés susceptibles d'en freiner le développement.

Ces difficultés semblent prendre leur origine dans le fait que les élèves ne perçoivent pas les systèmes dans leur globalité et qu'il y aurait une illusion d'un apprentissage des concepts par l'utilisation (Baron et Bruillard, 2001). Or l'usage ne suffit pas au développement de compétences nécessaires à une utilisation raisonnée de l'informatique (Fluckiger, 2008). Ce que l'on fait chez soi avec un ordinateur est différent de ce que l'on fait à l'école ; si les savoir-faire acquis à la maison par les enfants sont réels, en l'absence d'enseignement, la conceptualisation reste souvent limitée (Giannoula et Baron, 2002).

La robotique pédagogique constitue une démarche pédagogique fertile au plan cognitif (Komis et Misirli, 2011), qui se positionne comme une réponse envisageable pour l'accès à ce que des auteurs nomment « pensée informatique » (Wing, 2006). Cette forme de pensée se définit comme un processus de réflexion qui permet de décrire un objet ou un problème sous une forme algorithmique, afin que celui-ci puisse être traité aussi bien par un système informatique que par un humain.

La philosophie LOGO conserve une place centrale dans la robotique pédagogique, bien que des limites à son utilisation aient été soulignées par la recherche (Crahay 1987, p.50) : elle permet la programmation de déplacements, s'appuyant sur quelques ordres simples, d'objets tangibles à l'instar des robots pédagogiques dits "de sol".

S'affranchissant de certaines des contraintes de LOGO, des robots de sol de petite taille, tels Bee-Bot, Blue-Bot et Thymio, sont commercialisés depuis quelques années. Des recherches ont montré que l'utilisation scolaire de ce type de robot pouvait permettre le développement des compétences dans le domaine des mathématiques et de la pensée algorithmique (Komis et Misirli, 2011, 2012). D'autres robots se présentant sous la forme d'un ensemble de construction, comme We-Do, s'inscrivent plus précisément dans une approche constructionniste telle que proposée par Papert.

Notre recherche a visé à comprendre comment une enseignante, novice en informatique et donc, à ce titre, représentative du corps enseignant du premier degré [2], parvient à inscrire des objets de connaissance du domaine informatique dans une situation d'apprentissage qu'elle a elle-même scénarisée avec le robot Bee-Bot et, en particulier, une notion peu étudiée jusqu'ici : celle de "pause" dans un programme.

Méthodologie

L'expérimentation a été conduite dans une classe de CE1 (24 élèves) d'une école primaire de l'académie de Versailles, au cours de quatorze séances, entre novembre 2015 et avril 2016. La classe, dont la charge est assurée par une enseignante maître-formatrice expérimentée, a été dotée d'un lot de six robots Bee-Bot et d'une station de recharge électrique.

Le protocole d'observation a consisté en un cycle d'observations de l'activité des élèves répartis en groupe de trois ou quatre. Le cycle d'observations a été précédé et suivi d'un entretien avec un groupe de cinq élèves et d'un entretien avec l'enseignante.

Une approche inductive a été privilégiée dans le cadre d'une démarche ethno-méthodologique permettant de « comprendre certains mécanismes difficilement décriptables » (Soulé, 2007), en évitant de provoquer le moindre changement. Différents outils ont permis la collecte des données comme l'observation filmée des séances, l'entretien d'explicitation avec le groupe d'élèves et avec l'enseignante, la collecte des documents didactiques et des traces écrites des élèves, ainsi que des questionnaires évaluatifs.

Les données extraites des données collectées ont été sélectionnées en lien avec les appuis théoriques et notre questionnement. Des grilles d'observation des activités filmées, des grilles de traitement des entretiens et des grilles d'analyse des documents didactiques ainsi que des traces écrites ont ensuite permis d'effectuer la catégorisation des données : activités des élèves, concepts et méthodes informatiques en jeu, appropriation des artefacts, interactions et activités langagières.

Résultats

Bien que non spécialiste de l'informatique, l'enseignante a une représentation de ce qu'est la pensée informatique. Il s'agirait d'une forme de traduction d'une décision humaine dans un modèle informatique. L'initiation à la pensée informatique aurait une double visée, celle de connaître « tout ce qu'il est possible de faire avec un ordinateur, en informatique » et celle de comprendre qu'un objet programmable ne peut effectuer une action sans avoir été au préalable programmé : « il y a des personnes qui se sont occupées de lui [l'ordinateur] donner des ordres pour que, par exemple, quand j'écris un mot, ce mot, il apparaît sur l'écran ». Cette initiation serait possible en sensibilisant les élèves « au vocabulaire et aux capacités en lien avec les termes de l'informatique » et en leur permettant de comprendre « ce qu'est une programmation, un algorithme, une mémoire, la notion de boucle en lien avec la mémoire du robot ».

Cette recherche rend compte, au travers l'étude de la touche *pause* du robot Bee-Bot, du rôle essentiel de l'accompagnement pédagogique, de l'adaptation des artefacts didactiques à cette nouvelle instruction, du développement d'activités en lien avec l'informatique, du développement ou de l'évolution de schèmes, de l'émergence de notions ou concepts informatiques et enfin du développement d'apprentissages en dehors du domaine informatique.

L'artefact robotique Bee-Bot

Le robot programmable Bee-Bot qui s'inscrit dans cette recherche est un mobile roulant programmable nécessitant, pour fonctionner, une action extérieure sur son pupitre (Grugier et Villemonteix, 2017). Ce dernier est constitué de sept touches de différentes couleurs : cinq d'entre-elles, de couleur bleue ou orange, permettent de programmer des actions de déplacement (avancer, reculer, tourner à droite, tourner à gauche, pause). Chacune de ces actions constitue une instruction du programme traité par un calculateur intégré. Les deux autres touches, de couleur verte ou bleue, permettent d'agir sur la mémoire du robot en exécutant le programme qui y est contenu ou en effaçant le

programme qui y est contenu.

Figure 1 - Pupitre de commande du robot Bee-Bot

[<https://adjectif.net.shs.parisdescartes.fr/local/cache-vignettes/L107xH85/1000000000000de000000b143b0ab91-26054.png>]

L'appui sur chaque touche est confirmé par l'émission d'un signal sonore et visuel, tout comme la fin d'exécution de chaque instruction. L'appui sur la touche *pause* se traduit par l'insertion d'une instruction sans opération (de type NOP) d'une durée d'une seconde au cours de laquelle le robot suspend son déplacement.

Ce robot ne possède pas d'afficheur et le programme saisi ne peut donc être ni modifié ni consulté.

L'analyse du pupitre de commande fait naître un questionnement au sujet du choix d'implémentation de la touche *pause*. La première question concerne la catégorisation retenue de cette touche : en effet, elle est de couleur bleue et donc identique à celle de la touche d'effacement qui, elle, agit *sur* le programme et non *dans* le programme. La seconde question concerne le nom et la sérigraphie retenus pour la touche *pause* : en effet, la touche *pause* se retrouve au coeur de nombreux artefacts, comme les lecteurs de médias pour lesquels elle agit *sur* le programme et non *dans* celui-ci.

Rôle essentiel du scénario et de l'accompagnement pédagogique

Le guidage des activités est assuré par un scénario pédagogique conçu par l'enseignante, au rythme de sa propre genèse instrumentale, en référence aux situations, ressources et dispositifs, selon des « processus itératifs (on conçoit un premier artefact, il évolue au cours des usages, on récupère ces informations pour enrichir l'artefact initial) : la conception se nourrit des usages » (Trouche, 2005, p. 287).

L'analyse préalable *a minima* de l'artefact robotique permet à l'enseignante d'en identifier les principales caractéristiques et de concevoir les aides outillées adaptées. Son questionnement au sujet de la touche *pause* va faire évoluer le scénario : « je voudrais tester la pause. C'est intéressant ça. Comment la mettre en mémoire ? ». La découverte de cette touche va permettre aux élèves de poursuivre leur instrumentation de l'artefact robotique : elle va s'effectuer selon une approche propre à chacune des trois étapes présentées ci-après.

Dans une première étape, l'approche retenue est de nature exploratoire. Elle permet aux élèves de mener une étude épistémique de la touche *pause* : « ça permet de la mettre à nu, de l'isoler, en tant que structure, même si cette notion ne répond pas à un besoin ».

Dans une seconde étape, l'approche retenue est de nature problématisée : « l'idée c'est que ça devienne une nécessité », « ils vont se débrouiller pour que ça se croise, pour que chaque abeille arrive en face sans cogner l'autre ». Elle permet aux élèves d'apprendre à utiliser la touche *pause*, de façon à ce que son utilisation constitue la solution à un problème posé par le scénario (éviter la collision entre deux robots).

Dans une troisième étape, l'approche retenue consiste à optimiser le fonctionnement d'un programme. Il s'agit d'identifier le nombre juste suffisant d'instruction *pause* pour éviter la collision entre deux robots.

Des artefacts didactiques qui compensent l'absence d'outil d'analyse associé au robot

Pour soutenir les apprentissages, des artefacts didactiques sont conçus par l'enseignante et introduits au fur et à mesure de l'avancée du scénario pédagogique. Composés d'un plateau sur lequel se déplace le robot, d'une grille de conception du trajet, d'une bande permettant l'écriture de l'algorithme, ils sont présentés aux élèves comme des propositions : « c'est une idée que je vous propose ».

L'introduction de la touche *pause* dans le scénario va impacter ces artefacts : après avoir matérialisé la position de ce pas de déplacement sur le plateau et la grille par un doigt, un stylo ou une gomme, les élèves vont finalement adopter l'étiquette de couleur jaune proposée par l'enseignante.

Différentes représentations de cette instruction apparaissent sur la bande algorithmique, comme la case vide, le saut de case, la symbolisation sous une forme proche de la sérigraphie de la touche " || " du robot. C'est cette dernière représentation qui sera retenue par la plupart des groupes. Cette instruction est positionnée de manières diverses sur la bande algorithmique, en étant placée sur la gauche ou la droite d'une autre instruction dont elle partage la case, en étant placée à cheval sur deux cases ou encore en étant placée sur une case dédiée. Le tableau 1 présente ces différents choix de positionnement.

Tableau 1 - Positionnement d'une *pause* sur la bande algorithmique

sur une case partagée avec une autre instruction	à cheval sur deux cases comportant chacune une instruction	sur une case dédiée	
à gauche de l'instruction	à droite de l'instruction		
[https://adjectif.net.shs.parisdescartes.fr/local/cache-vignettes/L110xH126/10000000000001580000018aea10460ed03e5c3f-4d9d4.png]	[https://adjectif.net.shs.parisdescartes.fr/local/cache-vignettes/L131xH83/1000000000000191000000ffc709e023564c1452-a178f.png]	[https://adjectif.net.shs.parisdescartes.fr/local/cache-vignettes/L128xH133/1000000000000017c00000189e87e34c2-92e64.png]	[https://adjectif.net.shs.parisdescartes.fr/local/cache-vignettes/L132xH82/1000000000000199000001013844ce01695bb59e-5baf8.png]

Des activités informatiques en développement

La programmation des robots s'effectue selon des démarches diverses. Une première démarche consiste à tracer le trajet sur la grille de conception, écrire l'algorithme de déplacement sur la bande algorithmique puis à le saisir par appui sur les touches du robot. Une autre consiste à simuler le déplacement des robots de case en case et à appuyer sur la touche de déplacement correspondante. Une combinaison de ces deux démarches est aussi observée, le premier robot exécutant son programme, le second étant programmé par simulation de déplacement ajusté au déplacement du premier robot. La touche *pause* est pressée lorsque cela s'avère nécessaire.

En cas de collision des deux robots, les élèves questionnent leur algorithme. Les principales erreurs relèvent d'une affectation incorrecte de la touche *pause* sur l'un ou l'autre des robots, d'un placement incorrect de ce pas de déplacement sur le trajet ou encore d'un nombre de *pause* incorrect.

Le travail d'investigation mené par les élèves les conduit à ajuster, modifier ou réécrire le contenu de la bande algorithmique après un effacement partiel ou complet (tableau 1). L'ajustement consiste à insérer un pas de *pause* entre deux autres pas, à déplacer la *pause* de la gauche vers la droite d'un autre pas (ou inversement) en cas de partage de case. La modification consiste à effacer partiellement la bande, de la fin de l'algorithme jusqu'à l'emplacement supposé de la *pause* ; la *pause* est alors codée sur la case attendue et l'algorithme est réécrit. La réécriture consiste à effacer totalement la bande et à écrire à nouveau l'algorithme bien que son effacement complet ne soit pas toujours nécessaire : « faut pas tout effacer ! ».

Des schèmes qui apparaissent ou évoluent

L'introduction de la touche *pause* dans le scénario modifie aussi l'activité des élèves. De nouveaux schèmes apparaissent ou évoluent. En particulier, un schème de manipulation de la touche *pause* se développe, selon deux représentations : celle de la manipulation de programme et celle de pas de programme. Trois différents buts (utiliser la touche *pause*, imaginer une situation problème, optimiser son programme), constituant selon Vergnaud la composante intentionnelle du schème, sont présentés ci-après.

Le premier de ces buts est de parvenir à utiliser la touche *pause* dans le trajet du robot. L'activité de découverte de cette touche, va conduire les élèves à découvrir la catégorie de langage (commande de manipulation de programme ou pas de programme) à laquelle elle appartient.

La composante procédurale met en jeu des règles d'action comme l'appui sur la touche *pause*, la lecture et l'écriture de l'instruction *pause* sur la bande algorithmique. La composante conceptuelle intègre l'invariant opératoire du langage. La composante adaptative permet l'ajustement de ce schème, dû à la présence ou l'absence de réaction du robot à l'appui sur la touche *pause*.

Les élèves sont invités à tester librement la touche *pause* en choisissant le contexte d'utilisation de cette touche puis en relevant ce que provoque son utilisation. Il s'agit d'observer le robot et de se questionner sur le mode opératoire de la touche *pause* : « vous allez essayer de voir comment cela se passe avec la touche [...] *pause*. Qu'est-ce qui se passe ? Comment on peut rajouter ça ? ».

L'exploration de cette touche amène les élèves à poursuivre leur instrumentation du robot sous la conduite de l'enseignante : « est-ce que vous avez remarqué quelque chose quand elle est en pause ? ».

Elle amène aussi les élèves à se questionner sur son contexte d'utilisation. Cette touche permet-elle d'agir sur le déplacement lors de l'exécution du programme ou lors de la saisie du programme de déplacement ? Autrement dit, cette touche fait-elle partie, comme les touches d'effacement et d'exécution du programme, du langage de manipulation du programme ou fait-elle partie, comme les touches de déplacement, du langage de programmation ?

Dans le contexte « manipulation de programme », les élèves explorent l'utilisation de cette touche au cours de l'exécution du programme. Ils constatent que l'appui sur cette touche est sans effet sur le robot qui ne réagit pas et qui poursuit son déplacement : « je fais pause, mais ça fait rien ». Le robot ne comprend pas cette commande : « elle comprend pas et elle avance pas », témoignant d'une représentation incomplète du robot. D'autres explications apparaissent : « peut-être qu'on l'a fait au mauvais moment ».

Les échanges entre les élèves, soutenus par les manipulations, permettent de passer d'un contexte de type manipulation de programme (« c'est quand Bee-Bot sera là, qu'on appuiera sur pause ») à celui de type pas de programme (« c'était peut-être pendant la programmation »). Le fait que la touche *pause* ait une représentation graphique sur la bande algorithmique justifierait aussi que cette touche soit à catégoriser comme un pas de programme : « quand on met sur la bande, normalement on met dans l'abeille ».

Pour que l'effet de la touche *pause* puisse être visible, les élèves sont aussi incités à placer ce temps d'arrêt dans le coeur de leur programme et non pas en tout début ou toute fin de programme : « pendant le chemin [...] il a mis l'action de pause entre deux autres actions où il y a du mouvement », « si c'est au début, on voit pas vraiment ».

Le second but est de faire se croiser deux Bee-Bot et de rendre nécessaire l'utilisation de la touche *pause* pour éviter

la collision.

L'activité est présentée en référence à un travail mené précédemment en salle de motricité, au cours duquel les élèves devaient se déplacer sans heurter leurs camarades. De nombreux élèves avaient choisi, pour y parvenir, de s'arrêter. Dans l'activité transposée avec le robot, c'est la commande *pause* qui permet au robot d'interrompre son déplacement : « Il y a une abeille qui va dans un sens, l'autre abeille qui va dans l'autre sens. Et puis il va falloir se débrouiller pour qu'elles ne se cognent pas [...] Ce qui est important c'est que vous utilisiez la touche pause ». Les trajets sont courts et rectilignes, sinon : « ça va être impossible d'anticiper ».

La difficulté à synchroniser le départ des deux robots est relevée par l'enseignante : « vos abeilles, elles ne partaient pas en même temps. Il va falloir trouver un système, et faire bien attention pour qu'elles partent en même temps. Sinon, il va se passer autre chose. La rencontre ne va pas se faire au bon endroit ».

Diverses solutions sont expérimentées par les élèves pour assurer la simultanéité de déclenchement du déplacement : déclenchement du départ des deux abeilles par un même élève, lancement d'un compte à rebours par un élève pour permettre à deux autres élèves de déclencher le départ de leur robot. Le départ volontairement retardé d'un robot est aussi envisagé pour permettre d'éviter la collision avec un autre robot dont le programme est déjà lancé.

Figure 2 - Synchronisation de l'exécution de deux déplacements

[<https://adjectif.net.shs.parisdescartes.fr/IMG/jpg/10000000000002800000016a304eb3fa.jpg>]

L'activité collaborative des élèves favorise l'appropriation du scénario et leur permet de mener une discussion au sujet de la double consigne : envisager le déplacement croisé de deux robots et éviter la collision par l'utilisation de la pause.

Quatre cas de déplacement (tableau 2) sont successivement envisagés et testés par un même groupe d'élèves. Pour chaque cas, le trajet du robot n°1, représenté par des cases de couleur jaune, débute par une case de départ (D1) et se termine par une case d'arrivée (A1). Le trajet du robot n°2, représenté par des cases de couleur verte, débute par une case de départ (D2) et se termine par une case d'arrivée (A2). Le symbole " || " représente la case sur laquelle la pause est exécutée.

[https://adjectif.net.shs.parisdescartes.fr/local/cache-vignettes/L400xH97/capture_d_e_cran_2018-06-20_a_17.55.02-3d87a.png]

Après avoir constaté la collision des robots dans le cas n°1, un élève va proposer le cas n°2 qui présente un déplacement double sans collision. Ce cas n°2 va provoquer une vive discussion faisant apparaître des différences d'appréciation de la consigne. Pour le premier élève, il s'agit de parvenir à faire se croiser les robots et à utiliser la touche *pause* afin d'éviter une collision ; pour le second élève, il s'agit simplement de parvenir à faire se déplacer les robots en évitant la collision. Des opérations cognitives langagières permettent aux élèves d'étayer et d'étendre la consigne (Baker, 2008).



- Mais ça peut pas rentrer. Regardez, ça peut jamais se cogner.
- Oui c'est ça le problème, parce que la maitresse elle a dit « il faut pas les cogner ».

- Oui, mais, tu sais ce qui va pas là ? Mais il est pas bien ton trajet, là. Ben oui, il faut utiliser la touche *pause* !

Le cas n°3 est ensuite envisagé par ce groupe. Pour le premier élève, le croisement va provoquer une collision ; pour le second, l'instruction *pause* placée sur le tracé vert permet justement d'éviter la collision. Le premier élève comprend que l'objectif est d'éviter une collision en réduisant les risques, donc en évitant un croisement des trajets, alors que pour le second, il faut au contraire introduire ce risque par un croisement de trajet dont il faut maîtriser les contraintes temporelles.



- [...] après, là, ils vont se cogner, hein.
- Non j'ai mis *pause*. Donc, ils vont pas se cogner.
- Moi, je pense qu'il y a un problème
- Et tu vas voir après.

Cette même activité fait apparaître une discussion inférentielle permettant l'argumentation (« non j'ai mis *pause*. Donc, ils vont pas se cogner ») une interaction conflictuelle sans recherche de compromis (« mais, tu sais ce qui va pas là ? Mais il est pas bien ton trajet, là. Ben oui, il faut utiliser la touche *pause* ») et procédurale en lien avec la production finale : « et tu vas voir après. Bon, tu programmes, elle. D'accord. Ah ouais. Ça marche ! Ah, oui ça marche ».

Un nouveau cas, le cas n°4, est ensuite étudié par les élèves. Il comporte une *pause* placée juste après l'intersection. Les élèves perçoivent intuitivement que la *pause* doit être placée avant une intersection et que, placée après une intersection, « ça sert à aucune utilisation ». Les élèves constatent finalement que l'instruction *pause* n'est pas nécessaire pour les trajets prévus pour le cas n°4. Ils expliquent cela par le fait que le segment de trajet jaune est plus long que le segment du trajet vert avant le croisement.

L'activité des élèves au cours de ces quatre cas fait émerger un schème d'action collective pour lequel trois fonctions peuvent être discernées (Rabardel, 1995) : la fonction heuristique « orientant et contrôlant l'activité », organisant leur activité collective par l'échange, la fonction épistémologique « tournées vers la compréhension de la situation » cherchant à anticiper le placement de l'instruction *pause*, la fonction pragmatique « tournées vers l'obtention de résultats » permettant la résolution du conflit par la manipulation.

La démarche épistémique consiste à élaborer, par la pensée, le programme en y insérant le nombre de *pause* nécessaire. Cela conduit les élèves à verbaliser le trajet des robots « elle avance, elle fait *pause*, elle avance, elle avance », à pointer du doigt la case où la *pause* sera exécutée.

L'échange entre les deux élèves ci-après s'inscrit dans le cadre d'une discussion à la fois conflictuelle (l'un expliquant à l'autre sans recherche de compromis) et procédurale (étape par étape).



- Elle, elle avance. Bip Bip Bip. Je fais *pause* et après je continue.
- Si, là, j'avance, on avance tous les deux. Je fais *pause* et après je fais deux cases.
- Je suis pas très sûre.

- Regarde. Là, on avance une fois. Toi, t'avances une case. Moi, j'ai fait *pause*. Après elle avance. Elle a terminé le chemin. Après elle avance encore de deux.

es des activités des élèves, des notions ou concepts en lien avec l'informatique apparaissent ou se développent, en particulier notion d'instruction. Le parallélisme de programmation introduit par le déplacement simultané de deux robots, conduit les élèves à manipuler la notion de temps d'exécution et à ajuster le déplacement de ces deux robots en adaptant le nombre d'instructions à l'opération : « ah, je dois mettre deux pauses ». Ils prennent conscience qu'une instruction, même si elle correspond à une action du déplacement, s'exécute en un certain temps (Dowek, 2011). L'exécution simultanée de deux programmes amène aussi les élèves à aborder la notion d'événement : « on n'a pas démarré totalement en même temps ».

Conclusion et perspectives

Cette recherche apporte des éléments permettant de comprendre comment une enseignante, qui n'est spécialiste ni de l'informatique ni de son enseignement, parvient, de manière intuitive, à développer et faire évoluer un scénario pour enseigner quelques concepts informatiques. La mise en oeuvre du scénario s'opère en prenant appui sur des gestes professionnels éprouvés (solicitation de consignes, soutien aux activités de recherche, institutionnalisation des savoirs, etc.), confortant le rôle déterminant de l'enseignante dans l'organisation des séances, le choix des modalités ainsi que dans la régulation des échanges. Elle s'inscrit dans le cadre de pratiques pédagogiques favorisant les activités collaboratives : aménagement de l'activité des élèves en petit groupe, travail des élèves structuré par l'apport d'outils pédagogiques, tâches d'apprentissage garantissant et développant un travail coopératif, autonomie des élèves favorisée.

Cette recherche témoigne de la capacité de l'enseignante à intégrer des objets tangibles ou symboliques dans son scénario en procédant à une analyse préalable *a minima* du fonctionnement de l'objet robotique. Cette intégration s'accompagne de celle d'autres instruments didactiques participant au développement de connaissances informatiques ainsi que de compétences situées en dehors de ce champ. Compensant l'absence d'outil d'analyse associé au robot Bee-Bot, ces instruments didactiques, devenant supports, aident les élèves à mettre en mots leur pensée et à soutenir leur argumentation. Ils permettent au temps long de la réflexion, de trouver sa place dans les activités proposées, contrebalançant l'immédiateté de traitement de l'information attachée aux technologies informatisées du robot. Ces instruments didactiques évoluent eux-mêmes au fur et à mesure de l'appropriation de l'objet robotique par l'enseignante, comme en témoigne l'intégration de la touche *pause* dans le scénario.

La résolution de problème occupe une place importante dans les activités des élèves, en mêlant des contraintes spatio-temporelles, en particulier lors de la programmation du déplacement synchronisé de deux Bee-Bot. L'obstacle didactique que constitue l'utilisation de cette touche incite les élèves à adopter une démarche expérimentale en anticipant un résultat, en émettant et validant des hypothèses, en tâtonnant, etc. L'atteinte des buts conduit parfois les élèves à favoriser un objectif de production au détriment d'un objectif de compréhension. L'activité de débogage de programme dans le cas de déplacement synchronisé de deux robots est facilitée par la visibilité de l'erreur qui prend la forme d'une collision.

Le défaut de maîtrise conceptuelle de l'enseignante est sans doute à l'origine du manque de référencement des notions ou des concepts abordés dans son scénario. Ceci souligne le besoin qu'il y aurait à former les enseignants aux concepts informatiques et à s'appuyer largement au développement de littératies informatiques ne se limitant pas à l'utilisation d'objets tangibles programmables ou d'interfaces de programmations visuelles, mais permettant l'émergence d'une « culture informatique » en rendant perceptibles les processus en jeu des machines informatisées.

En prolongement à cette recherche, il serait aussi intéressant d'étudier d'autres activités pédagogiques informatiques porteuses de concepts spécifiques à enseigner. Le sens commun voudrait que l'utilisation d'internet, la production de documents, le traitement de données échappent à des conceptualisations propres. Mais qu'en est-il réellement ? Quels sont les concepts, notions enseignables et de quelles manières la formation initiale et continue pourrait-elle aider les enseignants à repérer les enjeux conceptuels attachés à ces différentes utilisations ?

Références

- er, M. (2008). Formes et processus de la résolution coopérative de problèmes/ : des savoirs aux pratiques éducatives. In *Vers apprentissages en coopération/ : rencontres et perspectives* (Y. Rouiller et K. Lehraus, p. 107 130). Berne : Peter Lang. Consulté à l'adresse <http://ses-perso.telecom-paristech.fr/baker/publications/ArticlesBakerPDF/2008/2008.pdf>
- on, G.-L. (2016). Réflexions sur la didactique de l'informatique. Consulté 5 octobre 2016, à l'adresse <http://www.adjectif.net/spip/spip.php?article381>
- on, G.-L. et Bruillard, E. (2001). Une didactique de l'informatique/ ? *Revue Française de Pédagogie*, 135, 163 172.
- on, G.-L. et Bruillard, E. (2008). Technologies de l'information et de la communication et indigènes numériques/ : quelle éducation/ ? *Rubrique de la revue STICEF, Volume 15*. Consulté à l'adresse http://sticef.univ-lemans.fr/num/vol2008/09r-baron/sticef_2008_baron_09.htm
- ry, G. (2014). *La pensée informatique, coeur du monde numérique*. Dailymotion. Consulté à l'adresse http://www.dailymotion.com/video/x1zvso5_la-pensee-informatique-coeur-du-monde-numerique-gerard-berry_school
- illard, E. (2017). Enseignement de l'informatique entre science et usages créatifs/ : Quelle scolarisation/ ? In *L'informatique et le numérique dans la classe, Qui, quoi, comment ?* (Presses universitaires de Namur). Namur. Consulté à l'adresse <http://pun.be/fr/livre/?GCOI=99993100805880>
- ckiger, C. (2008). L'école à l'épreuve de la culture numérique des élèves. *Revue française de pédagogie*, (163), 51 61.
- nnoula, E. et Baron, G.-L. (2002). Pratiques familiales de l'informatique versus pratiques scolaires/ : représentations de l'informatique chez les élèves d'une classe de CM2. *Sciences et techniques éducatives*, 9(3 4), 437 456.
- grugier, O. et Villemonteix, F. (2017). Apprentissage de la programmation à l'école par l'intermédiaire de robots éducatifs. Des environnements technologiques à intégrer. Consulté à l'adresse https://wikis.univ-lille1.fr/computational-teaching/_media/wiki/actions/2017/aia-eiah/5-olivier-grugier-apimu_eiah17.pdf
- nis, V. et 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 *Actes DIDAPRO 4* (p. 271 284). Patras-Grèce. Consulté à l'adresse <https://edutice.archives-ouvertes.fr/edutice-00676143/document>
- nis, V. et Misirli, A. (2012). Jeux programmables de type Logo à l'école maternelle. Consulté 16 mars 2017, à l'adresse <http://www.adjectif.net/spip/spip.php?article140>
- ert, S. (1993). *Mindstorms : children, computers, and powerful ideas* (2nd ed). New York : Basic Books.
- ardel, P. (1995). Les hommes et les technologies. Une approche cognitive des instruments contemporains. Consulté à l'adresse <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01017462/document>
- uche, L. (2005). Des artefacts aux instruments, une approche pour guider et intégrer les usages des outils de calcul dans l'enseignement des mathématiques. In *Actes de l'Université d'été de Saint-Flour*. Saint-Flour. Consulté à l'adresse

http://www.ac-clermont.fr/disciplines/fileadmin/user_upload/Mathematiques/pages/site_math_universite/CD-UE/Texte_16.doc

deput, É. (2011). Méthodologie d'identification des invariants du traitement de l'information numérique (p. 93 107). Présenté à sciences et technologies de l'information et de la communication en milieu éducatif / : Analyse de pratiques et enjeux didactiques., ènes/ : New Technologies Editions. Consulté à l'adresse <https://edutice.archives-ouvertes.fr/edutice-00676133/document>

gnaud, G. (1990). La théorie des champs conceptuels. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 10/2-3, 133 170.

g, J. M. (2006). Computational thinking. *Commun. ACM*, 49(3), 33-35. <https://doi.org/10.1145/1118178.1118215>

rapport de l'Académie des sciences consultable à l'adresse www.academie-sciences.fr/pdf/rapport/rads_0513.pdf et proposition d'orientations générales pour un programme d'informatique à l'école primaire consultable à l'adresse http://www.epi.asso.fr/revue/editic/itic-ecole-prog_2013-12.htm

rapport de l'enquête PROFETIC 2015 1er degré consulté à l'adresse : <http://eduscol.education.fr/cid92589/profetic-2015-1er-d.html>