

Apprentissage de la programmation à l'école par l'intermédiaire de robots éducatifs. Des environnements technologiques à intégrer.

Olivier Grugier¹, François Villemonteix²

¹ Université Paris Descartes, ESPE de l'académie de Paris, Université Paris-Sorbonne –
Laboratoire EDA EA4071, France

olivier.grugier@espe-paris.fr

² Université de Cergy-Pontoise, ESPE de l'académie de Créteil –
Laboratoire Ecole, Mutations et Apprentissages EMA-EA4507, France

fvillemonteix@gmail.com

Résumé. Dans le cadre d'une recherche financée par l'agence nationale de la recherche, DALIE (didactique et apprentissage de l'informatique à l'école), nous présentons des analyses de traces d'activités en classe d'école primaire. Dans différentes classes, des séquences d'enseignement ont été développées par des enseignants, novices ou non, avec des robots programmables. Par les rencontres vécues, les jeunes élèves semblent avoir acquis une démarche scientifique et technologique tout en développant des compétences et des connaissances techniques ainsi qu'informatiques. Les résultats montrent qu'un enseignement de l'informatique est possible et trouve une légitimité avec les nouveaux programmes (MEN, 2015) pour l'école.

Mots-clés. Informatique, programmation, robot, technologie, apprentissage

Abstract. Within the framework of a research financed by the national agency of the research, DALIE (didactics and learning of the computing at the school), we present analyses of tracks of activities in class of primary school. In various classes, sequences of teaching were developed by teachers with programmable robots. The results are that the young pupils seem to have acquired a scientific and technological initiative while developing skills and technical knowledge as well as computing. The teaching of the computing is possible and finds a legitimacy with the new programs (MEN, on 2015) for the school

Keywords. Computer science, programming, robot, technology, learning

1 Introduction

Avec la publication des programmes Français pour l'école maternelle puis élémentaire en 2015, les enseignants sont incités à mettre en place des expériences et

des pratiques autour de l'introduction de la pensée informatique et de la programmation. Les premières années de l'école se caractérisent par les parcours éducatifs proposés aux élèves. Les apprentissages sont organisés non pas en disciplines comme c'est le cas un peu plus tard dans la scolarité obligatoire mais en domaines d'activités thématiques. Ainsi, il n'y a pas d'enseignement à l'informatique mais une découverte et une compréhension du monde des objets actuels par la pensée informatique. Dans les programmes, il est précisé que « *l'enfant découvre le monde proche* ». Dans ce monde proche, « *les enfants découvrent les objets techniques usuels... et comprennent leur usage et leur fonctionnement : à quoi ils servent, comment on les utilise* » (MEN, 2015). La mise à disposition régulière de nouveaux objets entraîne des modifications du monde dans lequel vivent les enfants.

Cet enseignement à l'école renvoie au développement de ce que plusieurs auteurs nomment la *pensée informatique*, à des notions et façons de faire qui relèvent explicitement de discipline informatique. Elle induirait le développement d'attitudes, de connaissances et de compétences universellement applicables relatives à la résolution des problèmes que J. Wing estime devoir être transmises aux enfants (Wing, 2006). Elle impliquerait également de se soucier « *du caractère algorithmique de la description des objets, du langage dans lequel ces descriptions sont exprimées, des flux d'information et des instruments* » (Dowek et al, 2011).

Le développement de la pensée informatique par des élèves nécessiterait de mettre en œuvre deux types de capacités :

- la capacité à comprendre et faire usage des différents concepts en lien avec la programmation ;
- la capacité à comprendre et faire usage des différentes pratiques en lien avec la programmation.

Dans le cadre d'une recherche, en cours, DALIE (didactique et apprentissage de l'informatique à l'école), nous présenterons des analyses de vidéos qui sont des traces d'activités en classe permettant de répondre à la question suivante : quels apprentissages de la programmation sont-ils possibles à l'école primaire et en quoi contribuent-ils au développement d'une pensée informatique à ce niveau de l'école ?

Un des axes de ce projet financé par l'agence nationale de la recherche (ANR) est de savoir comment les acteurs (enseignants et élèves) vont prendre en compte ces nouveautés pour ensuite répondre aux enjeux de formation.

La recherche souhaite montrer en quoi et comment un enseignement et des apprentissages de concepts informatiques sont possibles à l'école primaire. Elle prend également en compte les éventuelles contraintes posées par l'utilisation d'objets techniques particuliers, jusque-là inédits à ce niveau de l'école. Ainsi, le texte rappelle dans un premier temps le contexte d'introduction de la recherche DALIE avec l'observation de séquences d'enseignement-apprentissage expérimentales à l'école autour de robots programmables puis, après avoir présenté la méthodologie mise en œuvre, une discussion des résultats à partir d'analyse de situations vécues par les élèves sera menée.

2 Objets robotisés pour le développement de la pensée informatique

2.1 Rencontres entre des robots et des élèves : processus de familiarisation

La recherche DALIE a réuni des chercheurs francophones, français et grecs dans une approche collaborative en associant également des praticiens volontaires, avec leurs classes. Des séances d'informatique, accompagnées par les chercheurs des unités locales, ont permis de viser des connaissances, des compétences informatiques et techniques par l'intermédiaire de rencontres avec des robots programmables. Ainsi, l'ensemble des rencontres qu'un élève peut faire mais aussi par les actions effectives, les façons de faire et les gestes réalisés ou observés avec ces objets permettent de développer une familiarisation pratique qui conduit à une amorce de processus d'instrumentalisation (Rabardel, 1995) générant une émergence ou une évolution des schémas d'utilisation et d'action instrumentée. Cette familiarisation qui initie la compréhension des choses devient par la suite de plus en plus rationnelle. Elle relève de la description structurale et de l'analyse fonctionnelle des objets utilisés par les élèves et leurs enseignants.

L'enseignement de la programmation dans les écoles n'est pas nouveau. Il s'appuie sur des expérimentations multiples déjà initiées dans les années 1980 avec des robots programmables à partir du langage LOGO. Initialement, le mobile piloté était nommé : une tortue. Mais, il est vite envisagé, comme le soulignent Baron et Drot-Delange (2016) en reprenant Vivet (1983), de développer d'autres types de véhicules toujours avec comme objectif, l'initiation d'une démarche scientifique et technologique tout en développant des compétences et connaissances techniques et informatiques.

Aujourd'hui, ce vœu semble exaucé avec un enseignement de l'informatique en partie fondé sur des robots programmables de type mobile roulant.

L'enseignement de l'informatique, par et avec des robots programmables, trouve une légitimité renouvelée actuellement avec les nouveaux programmes (MEN, 2015) pour l'école. En effet dans les derniers programmes de l'école en cycle 2, il est prescrit que :

« Dès le CE1, les élèves peuvent coder des déplacements à l'aide d'un logiciel de programmation adapté, ce qui les amènera au CE2 à la compréhension, et la production d'algorithmes simples ».

L'analyse des connaissances de très jeunes élèves sur le fonctionnement d'un objet comme les robots programmables, pourrait permettre de comprendre les obstacles conceptuels et pragmatiques que rencontrent ces derniers dans l'appropriation de savoirs informatiques.

2.2 Robots programmables : caractéristiques techniques

Plusieurs objets robotisés sont commercialisés dans un but d'apprentissage de la programmation auprès d'un jeune public. La recherche DALIE a mis à disposition des robots programmables ayant des modes de programmation reposant soit sur un pupitre de commande soit à partir de modes pré-programmés. Ces robots se caractérisent par un mode de déplacement identique qui s'apparente à celui d'un gyropode dans le sens où deux roues sont motrices et placées sur un même essieu. Les robots programmables de types Beebot®, Bluebot®, Probot®¹ sont des mobiles roulants programmables nécessitant pour fonctionner une action extérieure par un utilisateur, d'un élève ou de l'enseignant. Un pupitre, composé de touches proposant des actions simples (avancer, reculer, tourner à droite, tourner à gauche, effacer, pause et GO), permet de programmer une succession d'actions qui vont être traitées par un calculateur intégré dans le mobile. Ainsi programmé, et après une action manuelle sur la touche GO, le calculateur va soit mettre en fonctionnement synchronisé les deux moteurs électriques commandant ainsi les roues pour un déplacement en translation soit commandé les moteurs séparément pour assurer des rotations. Sur d'autres modèles de robots tel que le robot Thymio®², des capteurs vont permettre de modifier le comportement du robot en fonction de l'environnement par exemple en identifiant des obstacles. Cette analyse fonctionnelle (fig 1) des objets programmables permet d'en clarifier le fonctionnement (Grugier, 2017) et nécessaire à une mise en œuvre.

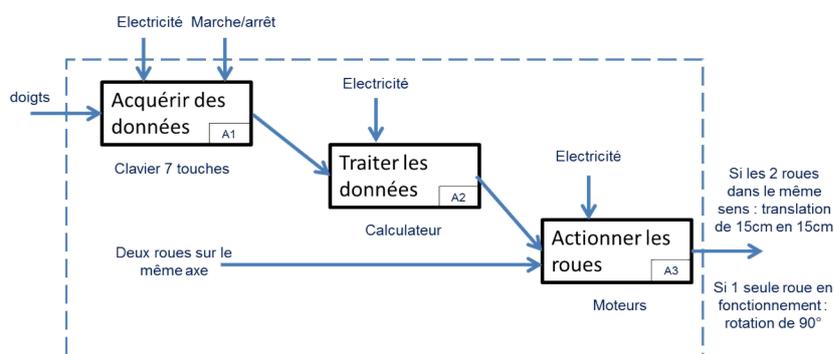


Fig. 1. Analyse fonctionnelle d'un robot programmable de type BeeBot®

¹ Site du fabricant TTS : <http://www.tts-group.co.uk/primary/ict-computing/bee-bot-blue-bot-pro-bot/>

² Site de l'association Mobsya conceptrice de Thymio® : <http://www.mobsya.org/>

2.3 Éléments méthodologiques

Pour apporter quelques éléments de réponses aux questions posées concernant la mise en place de pratiques de ces objets non branchés dans des classes de primaire pour acquérir une pensée informatique, des robots ont été fournis à plusieurs enseignants français et grecs de classe maternelle et primaire. Les séances ont été filmées. Le corpus comprend pratiquement 1300 vidéos pour une vingtaine de classe. Dans ce corpus, des temps d'enseignement-apprentissage ont été sélectionnés. Il s'agit de scènes où les élèves sont acteurs et en contact direct avec un robot.

Dans le cas des grecs, des scénarios préconçus par l'équipe de chercheurs ont été mis en œuvre dans les classes par des enseignants préalablement formés par cette même équipe. Dans le cas français les séances sont mises en œuvre par des enseignants volontaires, ayant la charge de créer leurs propres scénarios pédagogiques sans aucune contrainte, en bénéficiant toutefois d'un accompagnement ponctuel des chercheurs en classe et d'un module de formation en ligne présentant quelques cas d'usages et résultats de recherche. Dans leurs cas, des robots de leur choix leur avaient été confiés, en nombre suffisant pour permettre l'organisation de séances par petits groupes.

Les robots utilisés ont permis aux élèves, sous le contrôle de leurs enseignants, d'exécuter des suites d'actions et de rendre ainsi visible l'effet de programmes préalablement conçus.

3 Acquisition d'une pensée logique de programmation et rencontre de difficultés techniques

Les résultats auprès des classes Grecs, avec la mise en place de scénarii prédéfinis par une équipe de chercheurs (Komis & Misirli, 2011), montraient que des robots programmables auprès de très jeunes élèves en classe de maternelle permettaient de développer des compétences en lien avec la numération mais aussi des formes de pensée algorithmique, perceptible à travers leurs aptitudes à concevoir des suites d'actions programmées sur un robot pour que celui-ci puisse accomplir les mouvements attendus. L'analyse des séquences vidéos réalisées auprès de classes françaises, où les enseignants disposaient d'une liberté pédagogique plus grande, semble confirmer ces premiers résultats tout en mettant en évidence un ensemble de contraintes de mise en œuvre et de compréhension techniques sur le fonctionnement des robots mobiles utilisés. Si, chez les élèves, les dimensions manipulation et entrée des données puis observation des résultats sur un déplacement cinétique semblent acquises, en revanche, les dimensions fonctionnement et traitement des données par le robot ne semble pas reliées (Béziat, 2017).

En maternelle (photo1), en partant d'un scénario établi par l'enseignant qui consiste à programmer le déplacement du robot afin qu'il roule entre le point de départ (la croix) et le château tout en passant par le dragon, les élèves ont acquis une technicité consistant à comprendre la fonction des différents boutons du pupitre sur le robot. La programmation se fait en déplaçant le robot case par case. A chaque

déplacement, l'élève appuie sur un bouton du pupitre de programmation. L'enchaînement des actions nécessaires pour assurer le déplacement du mobile est également acquis. Cependant, pendant son déplacement, le robot a rencontré une difficulté qui n'avait pas été anticipée ni par l'élève ni par l'enseignant. Le robot, au contact du dragon, rencontre des problèmes d'adhérence. Il ne va pas avoir suffisamment d'adhérence sur le revêtement du quadrillage pour pousser le dragon.



Photo. 1. Programmation d'un robot de type Beebot® « bulldozer » par un élève de 3-4 ans

En CE1-CE2, les élèves (photo 2) ont développé la capacité d'anticiper un mouvement en associant une action sur un bouton avec un déplacement du robot. A partir de ces conditions, il leur est maintenant possible d'établir un algorithme simple permettant par la suite de programmer le robot.



Photo. 2. Programmation d'un robot de type Bluebot® : penser avant d'agir

L'usage d'un robot plus complexe de type ProBot (photo. 3), en termes de programmation, ne semble pas être un obstacle. D'après les observations dans d'autres classes de CE1, le type de robot programmable ne constituerait pas un facteur conditionnant les apprentissages et surtout tel ou tel robot ne serait pas spécifique à une tranche d'âge. En revanche, au cours de la séquence avec le Probot®, les élèves ont rencontré des difficultés d'ordre technique. En effet, par équipe de plusieurs élèves, ils avaient pour consigne de programmer un déplacement du robot de manière

à assurer une translation sur une longueur définie. Dans ce cas, la compréhension du fonctionnement technique du robot lié à son dispositif de déplacement limite l'interprétation des résultats. En effet, même avec un programme permettant de résoudre la situation au problème posé, le système mécanique du robot a une tolérance de déplacement qui ajoute ou enlève quelques millimètres au déplacement programmé. Les élèves ont donc rencontré des difficultés pour comparer le réel au programmé. Dans ce cas, il s'agirait plus d'un problème pédagogique où la situation proposée nécessite des adaptations.

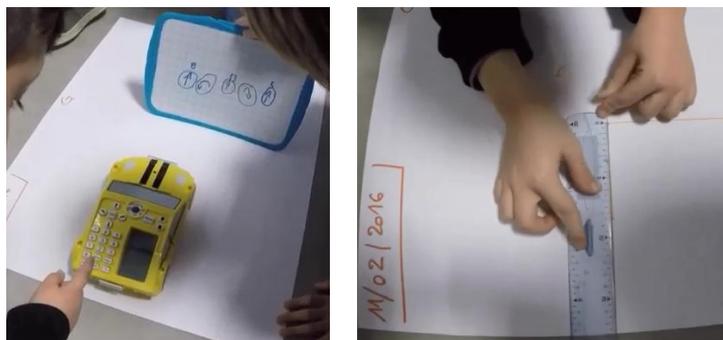


Photo. 3. Programmation d'un robot de type Probot® et contrôle du déplacement

L'usage de robot de type Thymio® (photo. 4) nécessite de prendre en considération l'objet dans son ensemble. Outre des comportements préprogrammés, ce mobile dispose de capteurs de présence qui vont permettre soit d'avoir une stratégie de fuite soit une stratégie de rapprochement par rapport à un obstacle. Dans une classe de CE1, les élèves répartis en binômes devaient mettre en place un parcours contenant un tunnel sous lequel le robot devait passer. Malheureusement les capteurs ont détecté les rebords du tunnel empêchant le robot de passer dessous. Il s'agit là d'une mauvaise prise en compte des caractéristiques techniques du robot.



Photo. 4. Utiliser un robot préprogrammé pour répondre à un défi

Ces exemples montrent que des robots programmables peuvent être pris en charge aussi bien par des élèves d'écoles primaire que par des plus jeunes, de classes maternelles. Une initiation à la pensée informatique a été développée mais des contraintes techniques, liées à l'usage des robots dans les scénarii construits par les enseignants non formés à l'usage des robots, nécessiterait qu'une technicité soit développée en parallèle pour les surmonter.

4 Perspectives et discussions

A l'école maternelle et primaire, il est possible de mettre en place des moments d'enseignement-apprentissage permettant aux élèves d'agir sur des robots programmables, d'apprendre à contrôler leurs actions à travers l'utilisation d'un langage propre permettant de programmer des comportements. Des éléments de pensée informatique, ou plutôt de pensée algorithmique ont été acquis indépendamment du type de robot et du scénario proposé. L'usage et la manipulation, pour les élèves, conduisent à l'acquisition d'un niveau de technicité dépendant des appareils utilisés, des rôles occupés pendant les tâches et de la rationalité technique mise en jeu (Combarrous, 1984). Une analyse des situations proposées permet d'identifier des contraintes techniques qui empêchent les élèves de progresser dans les apprentissages. Une approche uniquement par l'usage de ces objets techniques ne suffit donc pas. Une approche par une analyse fonctionnelle pourrait vraisemblablement favoriser la compréhension du fonctionnement d'un objet de type robot programmable et donc contribuer à une acquisition plus aisée des compétences et connaissances informatiques ciblées. Cette capacité d'analyse des objets techniques au sens large, nécessite la mise en place de moments de formation centrés non pas sur un type de robot mais sur une approche plus globale permettant ensuite de mieux prendre en charge des objets robotiques futurs. Les différents moments d'enseignement-apprentissages offrent aussi une familiarisation pratique (Martinand, 1986) avec ces objets robotiques.

Références

1. Baron, G.-L., Drot-Delange, B. L'éducation à l'informatique à l'école primaire. In Bulletin de la société informatique de France, vol. 9, (2016) 73–79
2. Béziat, J. Compétences pédagogiques et compétences informatiques. Un difficile alliage. (2017) Consulté : <http://www.ritpu.org/pages/entrevues/>
3. Combarrous, M. Comprendre les techniques et la technicité. Paris : Editions sociales (1984).
4. Dowek, G., Archambault, J.-P., Baccelli, E., Cimelli, C., Cohen, A., Eisenbeis, C., ... Blanc, G. L. (2013). *Informatique et sciences du numérique : Édition spéciale Python ! Manuel de spécialité ISN en terminale, Avec des exercices corrigés et des idées de projets*. Paris: EYROLLES.

5. Grugier, O. Apprentissage du « numérique » par la manipulation d'objets robotisés. Journée d'étude : Numérique et nouveaux enjeux de la formation à l'ESPE de Paris (2017) 6 février
6. 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 : Sciences et technologies de l'information et de la communication en milieu éducatif : analyse de pratiques et enjeux didactiques. Actes du 4ème colloque international DIDAPRO 4-Dida&Stic. Université de Patras (2011) 271-281. Consulté : <https://edutice.archives-ouvertes.fr/edutice-00676143>
7. Martinand, J.-L. Connaître et transformer la matière : des objectifs pour l'initiation aux sciences et techniques. Berne : Peter Lang (1986)
8. Vivet, M. LOGO : un environnement informatique pour la formation d'adultes. In Textes des contributions au 1er colloque LOGO. Clermont-Ferrand (1983)19–27
9. Rabardel, P. Les hommes et les technologies. Approche cognitive des instruments contemporains. Paris (1995)
10. Ministère de l'éducation nationale. Programme de l'école maternelle. Bulletin officiel spécial n°2 du 26 mars 2015. (2015).
11. Ministère de l'éducation nationale. Programmes d'enseignement du cycle des apprentissages fondamentaux (cycle 2), du cycle de consolidation (cycle 3) et du cycle des approfondissements (cycle 4). Bulletin officiel spécial n°11 du 26 novembre 2015 (2015).
12. Wing, J. M. (2006). *Computational thinking*. Communications of the ACM, 49(3), 33–35.