



HAL
open science

Robotique éducative et apprentissage du code informatique. Etude exploratoire auprès d'organismes de formation

Nayra Vacaflor, Feirouz Boudokhane-Lima, Mahdi Amri

► **To cite this version:**

Nayra Vacaflor, Feirouz Boudokhane-Lima, Mahdi Amri. Robotique éducative et apprentissage du code informatique. Etude exploratoire auprès d'organismes de formation. DONNÉES GÉOSPATIALES, INTELLIGENCE ARTIFICIELLE ET DÉVELOPPEMENT., 2019, Pessac, France. hal-02480565

HAL Id: hal-02480565

<https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02480565>

Submitted on 16 Feb 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Robotique éducative et apprentissage du code informatique :

Etude exploratoire auprès d'organismes de formation

Educational robotics and computer code learning:

Exploratory study with training organizations

Robótica educativa y aprendizaje del código informático:

Estudio exploratorio con organizaciones de formación

Nayra Vacaflor

Université Bordeaux Montaigne

nayra.vacaflor@u-bordeaux-montaigne.fr

Feirouz Boudokhane-Lima

Université Franche-Comté

fairouz.lima@univ-fcomte.fr

Mahdi Amri

Institut Supérieur de l'Information & de la Communication (ISIC), Rabat

mahdiamri.isic@gmail.com

Résumé

Le point de départ de notre recherche est une étude qualitative et exploratoire conduite en Aquitaine, auprès de structures de formation au codage informatique pour des enfants ayant entre 8 et 12 ans. L'objectif est de réfléchir autour des nouvelles modalités de l'apprentissage centré sur la programmation, la robotique et l'intelligence artificielle. L'initiation au code permet aux enfants une meilleure intégration des objets numériques dans leur quotidien. Elle constitue pour eux une opportunité pour développer davantage les capacités de compréhension, d'analyse, de réflexion critique et de résolution de problèmes. Dans ce sens, les méthodes et technologies utilisées permettent un apprentissage progressif qui permet aux enfants de libérer leur imagination et d'inventer des objets tout en s'amusant.

Mots clés

Robotique éducative, code informatique, numérique, étude exploratoire, organismes de formation

Abstract

Our research is a qualitative and exploratory study conducted in Aquitaine (France). We focused on computer coding training structures for children between 8 and 12 years old. This article aims to reflect the new modalities of learning centered on programming, robotics and artificial intelligence. The code learning gives children a better integration of digital objects in their daily lives. It is an opportunity for them to develop further their abilities of understanding, analysis, critical thinking and problem solving. The methods and technologies

used allow a progressive learning that permits children to open their imagination and invent funny objects while having fun.

Key words

Educational robotics, computer code, digital, exploratory study, training organizations

Resumen

El punto de partida de nuestra investigación es un estudio cualitativo y exploratorio realizado en Aquitania (Francia), centrándonos en estructuras de capacitación para la programación informática para niños entre 8 y 12 años. El objetivo de este artículo es el de reflexionar sobre las nuevas modalidades de aprendizaje centradas en la programación, la robótica y la inteligencia artificial. La introducción al “código” permite a los niños una mejor integración de los objetos conectados en sus vidas diarias. Es una oportunidad para que desarrollen sus habilidades de comprensión, análisis, pensamiento crítico y resolución de problemas. En este sentido, los métodos y tecnologías utilizados permiten un aprendizaje progresivo que permite a los niños liberar su imaginación e inventar objetos mientras se divierten.

Palabras claves

Robótica educativa, código informático, digital, estudio exploratorio, estructuras de aprendizaje.

Différents professionnels de l'éducation se sont intéressés ces dernières années à l'apprentissage de la programmation auprès des enfants et adolescents. Récemment, le retour en force de la robotique à l'école témoigne d'un renouveau de l'intérêt social et scolaire pour un objet qui incarne la place et la puissance de la donnée comme élément de base de l'information et de la communication.

Un robot renvoie à une combinaison de quatre capacités : la polyvalence (machines multitâches), la capacité d'interaction (homme-machine), l'autonomie décisionnelle (adaptation face à une situation donnée) et l'aptitude à l'apprentissage (deep learning) (Gelin et Guilhem, 2016). Cet outil, tel qu'il est introduit dans les activités scolaires, appelle une réflexion qui dépasse les opérations de programmation et concerne les valeurs socio-scolaires d'émancipation à travers un objet (rapport homme-machine), un langage (informatique) et un projet (activité de penser et d'apprendre via un robot).

Dans la même lignée, Google a conçu un Doodle interactif avec des ingénieurs du MIT pour célébrer les 50 ans du langage informatique pour enfants en marge du mouvement « Une heure de code » visant à sensibiliser les plus jeunes à cette discipline. En France, certains grands patrons veulent aussi être en avance d'une révolution ; Xavier Niel le patron de Free a ouvert son école « 42 » dans l'objectif de former des bataillons de développeurs.

Le mathématicien Cédric Villani, médaille Fields en 2010, donne également une vision éclairante de l'enseignement de l'informatique. Il souligne l'insuffisance d'un plan numérique à l'école concentré sur les aspects matériels, à savoir la distribution, à la rentrée, de tablettes aux élèves de la cinquième. Il insiste sur la nécessité de l'apprentissage du code, pour tous les enfants en fin d'école primaire, dès 10 ans. En effet, l'éducation au numérique ne doit pas se limiter aux usages basiques des tablettes et ordinateurs. Elle nécessite de revisiter les conditions à créer pour permettre à chaque enfant de construire et gérer son identité au moyen de ces outils techniques. Ce besoin est très souvent sous-estimé par le contenu et les formes actuelles de l'action éducative.

Par ailleurs, l'éducation numérique devrait comporter des savoirs déclaratifs, méthodologiques et procéduraux autour de la pensée informatique. Coder peut s'apprendre avec une approche ludique à travers laquelle les apprenants peuvent robotiser des legos ou bien créer leurs premiers jeux vidéo avec Scratch. Concrètement, au moyen du *coding* ce sont

les enfants qui créent leur propre jeu, en choisissant les mouvements et les déplacements de leur robot. Les possibilités infinies placent les petits au cœur de l'action : ils ne sont alors plus les spectateurs, mais bien les maîtres du jeu pour donner vie à leur personnage.

Ces questions sont au cœur de plusieurs manifestations mondiales, citons à titre d'exemple : le « code week », semaine européenne dédiée au code et à la programmation numérique dont la 5ème édition a eu lieu du 6 au 21 octobre 2018 ou encore la dernière journée mondiale de la société de l'information dont le thème a porté sur « l'utilisation positive de l'intelligence artificielle pour tous ». L'apprentissage du code dans les établissements scolaires est aussi au cœur des réflexions et des débats au sein de la communauté éducative française. Cet enseignement a fait d'ailleurs son entrée en 2016 dans les programmes scolaires.

Désormais, tous les champs de développement (éducation, santé, agriculture...) sont touchés par la révolution numérique. L'initiation à la logique informatique devient ainsi un nouvel enjeu éducatif. Le présent travail vise à explorer ce champ d'étude. Notre recherche s'intéresse aux nouvelles modalités d'apprentissage que certaines organisations proposent en matière de programmation et de robotique éducative auprès des enfants.

Là, plusieurs registres de questions peuvent nous aider à y voir clair :

Quels sont les aspects numériques saillants de la contribution des organismes de formation à la robotique éducative ? Pourquoi est-il important d'instaurer une éducation à la logique informatique ? Quels sont les objectifs visés par cet apprentissage ? Comment ces structures procèdent-elles ?

Notre étude de terrain propose de fournir des éléments de réponses à ces questionnements et de réfléchir aux enjeux de l'apprentissage du codage informatique.

Méthodologie & terrain d'étude

Le point de départ de notre terrain exploratoire est une étude qualitative menée auprès de structures de formation à la programmation (codage) et d'initiation à la robotique pour des enfants ayant entre 8 et 12 ans. Celles-ci sont implantées sur le territoire Aquitain, même si certaines d'entre elles ont également une assise au niveau national.

Notre étude vise à saisir au mieux la façon d’enseigner de ces structures au sein des ateliers spécifiques. Elle se base sur des entretiens semi-directifs conduits auprès de formateurs en robotique éducative.

Trois structures composent notre échantillon et ont une expérience de plus de trois ans en matière d’enseignement du codage et de la robotique auprès des enfants. Nous allons dans ce qui suit présenter ces organismes et les ateliers spécifiques liés à la programmation et à la robotique. Ces exemples portent sur une sélection précise soulignant notamment : la répartition temporelle des ateliers et la compartimentation des dimensions d’apprentissage et d’enseignement quotidiens ainsi que la compréhension et la maîtrise des « animateurs » et ou formateurs selon les différentes configurations que les structures proposent à leurs apprenants.

La première structure est Cap sciences¹. C’est un centre d’animation et d’exposition ouvert à tous les publics pour la découverte et la compréhension des phénomènes scientifiques, des principes technologiques, des applications et savoir-faire industriels. Cap sciences a plusieurs missions : répondre aux besoins éducatifs en liaison avec les écoles, bibliothèques, musées, centres culturels ; développer le professionnalisme de la diffusion de la culture scientifique et technique ; mettre en valeur les capacités scientifiques techniques et industrielles de la région aquitaine². Au sein de Cap Sciences nous nous intéresserons à l’atelier « **Robot** » (8-12 ans).

La deuxième structure est Magic makers³, il s’agit d’une société spécialisée dans le secteur de l’enseignement du code informatique auprès des enfants. Nous nous intéresserons ici à l’atelier « **Je découvre la programmation et les objets connectés** » (8-10 ans). Cet atelier est un espace où les enfants créent leurs premiers jeux vidéo avec Scratch, apprennent à programmer des legos ou encore à fabriquer des joysticks avec des fruits et repoussent les limites de la créativité en s’appropriant les concepts de la programmation.

La troisième structure est Abracodabra⁴. C’est une structure pédagogique qui a pour mission principale d’apprendre aux enfants, à un âge très précoce, le code informatique. Les ateliers d’Abracodabra sont ouverts aux enfants âgés entre 4 et 15 ans. Au sein d’Abracodabra nous nous intéresserons notamment à l’atelier « **Lego Wedo** » (8-10 ans). Dans cet atelier, les

¹ <http://www.cap-sciences.net/au-programme/ateliers-jeunesse/robot>

² https://www.reseau-idee.be/adresses-utiles/fiche.php?&org_id=2642

³ <https://www.magicmakers.fr>

⁴ <http://abracodabra.fr/>

enfants « brisent » les secrets de la robotique en construisant et en programmant leurs propres robots.

Les objectifs visés par l'apprentissage du code

« Coder, c'est communiquer à un objet, une application ou un ordinateur ce qu'il doit faire, de quelle manière il doit le faire et à quel moment le faire » (Roy et al., 2017 : 46). Le code informatique est le langage qui sert à programmer et faire fonctionner les technologies numériques. Il permet de développer des logiciels, des jeux vidéo, des sites web et des applications de tout type. Il est au cœur de tous les secteurs d'activité, désormais numérisés. Nous sommes en contact permanent avec des outils qui sont engendrés par le codage et la programmation ; le code a des effets sur les formes de sociétés que nous construisons. Mais, que connaissons-nous de ce langage et de son processus de fonctionnement ?

Si le citoyen lambda se sent dépassé par cette discipline, plusieurs enfants apprennent aujourd'hui à coder et ce depuis leur plus jeune âge. Nombreux pays ont compris l'importance de cet apprentissage dans la formation du cyber-citoyen de demain. Au Canada, de plus en plus d'élèves pratiquent le codage à l'école ; au Royaume-Uni, c'est depuis 2014 que les enfants sont appelés à le faire ; aux États-Unis et en Suède, depuis 2013, plusieurs écoles ont intégré à leurs curricula le jeu Minecraft, où les élèves sont appelés à développer des compétences en programmation (Bugmann, Karsenti, 2017).

En France, l'enseignement du code (comprenant l'écriture d'application, l'initiation au chiffrement et à la programmation de robots) a fait son entrée dans les programmes en 2016, il est destiné aux élèves à partir de la maternelle. Néanmoins, à l'instar de l'éducation au numérique qui repose sur le « militantisme » de certains acteurs de terrain au sein du système éducatif français, l'initiation au code peine à s'imposer et à se généraliser. Conscientes de l'importance de cette nouvelle discipline dans le développement des compétences de demain et de son manque de déploiement dans les écoles françaises, certaines structures proposent des formations dans ce domaine. C'est le cas des organismes au sein desquels nous avons mené notre étude exploratoire.

Enseigner le code consiste à apprendre la programmation informatique. Les bases de cet apprentissage ont été lancées dès les années 1960 grâce aux travaux de Seymour Papert (Papert, 1980) l'un des pionniers de l'intelligence artificielle et l'un des créateurs du langage

de programmation Logo. Aujourd'hui cet enseignement s'est développé grâce à l'introduction de nouvelles méthodes et applications. Créer un objet numérique, le connecter, hacker un drone, imprimer en 3D ... cela devient un jeu d'enfant. Les institutions interviewées dans le cadre de notre recherche mettent à la disposition des enfants de nombreux outils permettant de rendre cet enseignement plus intuitif, plus interactif et plus ludique. Parmi ces outils on peut citer l'application de programmation éducative *Swift Playgrounds*. Son usage permet aux enfants une initiation à l'intelligence artificielle et à la robotique éducative. Ces derniers apprennent à programmer et contrôler des robots tels que le Lego Mindstorms EV3.

Nous citons également la plateforme Scratch. Elle permet d'initier les enfants au code par le jeu. Son langage de programmation *Smalltalk* sert de base à de nombreuses solutions pour apprendre à programmer. Il permet aux élèves de créer et modifier le code informatique et de programmer ainsi des jeux vidéo, des personnages ou des histoires interactives.

Certains ateliers comme « **Robot** » de Cap Sciences utilisent aussi les cartes électroniques Arduinos. Cette méthode permet aux enfants de comprendre les composants électroniques et les circuits logiques, d'identifier les capteurs, actionneurs et effecteurs. Le but est de leur apprendre à programmer et à créer des objets intelligents.

Les objectifs visés par l'enseignement de la programmation sont divers. Nos interlocuteurs soulignent l'importance de faire évoluer de manière ludique la littératie numérique d'une simple utilisation des outils à la compréhension de leur fonctionnement. Apprendre ce langage permettrait aux enfants de mieux comprendre le monde numérique dans lequel ils évoluent pour qu'ils en deviennent non seulement des acteurs mais aussi des auteurs. L'initiation à la logique informatique permet au futur cyber-citoyen de dépasser le stade de simples consommateurs et d'acquérir une réelle maîtrise du numérique. Autrement dit, de passer d'un « état de minorité » dans lequel le savoir technique est non réfléchi et coutumier à un « état de majorité » qui renvoie à une meilleure compréhension et donc une meilleure intégration des objets techniques (Simondon, 1989).

Repenser les rapports homme-machine dans une approche simondonnienne nous amène à souligner le risque d'abandonner l'outil numérique à sa fonctionnalité, plus que jamais il devient nécessaire que « *l'objet technique soit connu en lui-même pour que la relation de l'Homme à la*

⁵Arduino est une petite carte électronique programmable et un logiciel multiplateforme qui permet de créer facilement des systèmes électroniques et de les programmer.

*machine devienne stable et valide : d'où la nécessité d'une culture technique » (Ibid : 32). L'apprentissage du code devient l'une des pierres angulaires de la culture technique de l'*Homo numericus*. Dans le contexte plus large du développement humain, les compétences numériques doivent être développées dès le plus jeune âge (Unesco, 2011), afin de préparer chaque enfant à vivre dans le monde qui l'entoure.*

L'initiation au code permettant aux enfants une meilleure intégration des objets numériques dans leur quotidien semble également être l'une des finalités visées par les parents qui inscrivent leurs enfants à ce genre de formation. Ils viennent en effet rechercher auprès des ateliers de programmation une autre approche du numérique à inculquer à leurs enfants :

« Nous avons généralement deux genres de parents, ceux qui affirment que leurs enfants sont addicts aux écrans, jeux vidéo [...] et qui se sentent complètement dépassés, et d'autres qui interdisent l'usage de ces outils par crainte des risques. Dans les deux cas les parents me disent : j'inscris mon enfant au code afin qu'il puisse découvrir une autre façon d'explorer le monde numérique » (Magic Makers).

Au-delà des compétences en programmation, les formateurs interrogés évoquent également la question de la capacité d'analyse et de résolution de problèmes que l'apprentissage du code permet de développer chez les enfants. La question de l'initiation à la logique est au cœur des ateliers proposés : *« Notre objectif est de rendre le code accessible aux plus petits [...] on veut d'abord leur apprendre à résoudre des problèmes selon une logique » (Abracodabra) ; « Pourvoir programmer c'est comprendre pourquoi ta machine fait ça et pas ça, cela permet d'abord aux enfants de comprendre la logique, c'est comme les mathématiques, si tu comprends la logique tu peux faire tes exercices » (Magic Makers).*

Les résultats de nos analyses corroborent plusieurs travaux (Janiszek *et al.*, 2011 ; Bugmann, Karsenti, 2017) qui suggèrent que l'apprentissage de la programmation aurait un impact sur la dynamique motivationnelle des apprenants et leur permettrait une participation plus active. Les études montrent également que cet enseignement a un impact positif sur : le développement de l'habileté en mathématiques chez l'enfant, le travail en équipe, la structuration des idées et le sens de l'organisation (Roy *et al.*, *op.cit.*). Nos interlocuteurs ajoutent que les ateliers de programmation et de robotisation permettent d'autonomiser les enfants dans leur rapport quotidien avec les outils numériques.

Création de prototype d'un robot : enjeux collaboratifs et réflexifs

Nous devons retenir l'idée que quand il s'agit de construire un prototype de robot et de le programmer par la suite, il faut passer par la manipulation des objets (carton, lego, feuilles) et le code informatique. Chez Cap Sciences, au sein du FabLab 27, les enfants arrivent à optimiser la programmation sur Scratch et le robot GoPiGo par exemple ; chez Abracadabra et Magic Makers ils réalisent cette tâche avec d'autres robots, mais toujours en passant par la programmation. L'idée pour ce type d'éveil demande des éléments clairement définis par les structures observées.

Le premier élément renvoie à la capacité à résoudre des problèmes. Les participants sont devant des blocs, des cartes électroniques, des moteurs et ils doivent résoudre un problème par eux-mêmes, penser par eux-mêmes pour arriver à un résultat, qui ne doit en aucun cas être une finalité en soi : « *Nous ne voulons pas formater nos participants à réussir. Nous ne sommes pas partisans de cette méthode. Nous voulons qu'ils se trompent, c'est en commettant des erreurs qu'ils vont développer la capacité à résoudre des problèmes...* » (Cap Sciences). Les participants ont en effet développé des qualités méthodologiques, comme la persévérance, la rigueur et le calme, incontournables dans la pratique du code informatique. Ils ont également réussi à mieux situer certains aspects de la création d'un prototype et à l'animer par la suite. Ces processus aident à comprendre les grands enjeux du développement informatique et évidemment le travail de création de robots, autant d'éléments concrétisés par l'éveil et la création d'un prototype robot.

Le deuxième élément renvoie à la pensée critique. Paradoxalement, la meilleure façon d'aborder l'apprentissage de la robotique consiste à préciser d'abord ce qu'elle n'est pas. La robotique éducative n'est ni une *formation à la programmation* visant prioritairement le développement de compétences à l'usage d'outils de développement ni une *éducation par l'outil* qui positionnerait ceux-ci comme des dispositifs favorisant l'enseignement de domaines de connaissances autres que son objet initial, à savoir la robotique elle-même. La robotique éducative ne se limite pas non plus à un *enseignement sur les robots*, donc à l'étude des caractéristiques technologiques pointues. Les structures étudiées se concentrent sur l'analyse, la compréhension et la réflexion critique de la programmation de base : « *Un programme ne marche jamais du premier coup, et c'est frustrant pour eux, mais enrichissant pour leur*

développement » (Cap Sciences). Les jeunes participants se retrouvent face à un objet qui devrait marcher, mais qui ne fonctionne pas comme il le faut. Ils doivent donc réfléchir sur les raisons de ce dysfonctionnement, ce qui les amène à critiquer leur propre raisonnement.

Le troisième élément renvoie à la pensée créative. Selon les propos recueillis, nous remarquons que plusieurs solutions peuvent se présenter face à un problème considéré comme initialement simple. « *Chaque atelier est unique* » soulignent les interviewés, et cela les renvoie à la vitesse à laquelle les enfants développent leurs propres façons de résoudre le problème.

Dans cette logique, les situations-problèmes qui posent des difficultés de conception, vont favoriser la créativité. Même si ces éléments que nous venons de citer peuvent nuire à la motivation de certains jeunes participants, l'intérêt de structurer les actes de résolution des problèmes de conception consistera donc à déployer des mécanismes faisant appel à la créativité.

Parallèlement, les ateliers menés par les structures de notre terrain de recherche présentent différentes forces pédagogiques dans les processus de mise en œuvre :

- Intégration des différents sujets de connaissances ;
- Opération des objets manipulables, qui favorisent le passage du concret à l'abstrait ;
- Appropriation des langages (graphiques, iconiques, mathématiques, informatiques et naturels...);
- Développement de la pensée systémique et systématique ;
- Création des environnements d'apprentissages collaboratifs.

Cet ensemble de processus pédagogiques que nous avons pu peaufiner à la suite de l'analyse du discours de notre corpus d'entretiens, propose de nouvelles manières d'acquérir des connaissances significatives. Nous nous concentrerons sur l'aspect collaboratif des participants car il démontre que l'apprenant acquière des ressources avec une équipe sporadique.

Il existe des composants basiques et des principes de collaboration que Spencer Kagan (1992) avait déjà développés et que nous retrouvons lors de ces ateliers :

- L'interdépendance positive : connexion et communication assertive entre les membres de l'équipe ;

- Responsabilité individuelle : développements particuliers disciplinés qui s'additionnent aux travaux finals du groupe ;
- Interaction qui met en action la communication de la discussion de la recherche de consensus, le respect pour les décisions des autres et l'opportunité pour partager ses propres opinions.

L'apprentissage collaboratif, dans cette perspective de construction robotique, est avant tout un moment « social » par excellence qui permet aux apprenants de construire non seulement des connaissances mais aussi et fondamentalement une coexistence harmonieuse dans laquelle ils ont tous les mêmes chances de se développer. Les principales caractéristiques d'une équipe de travail pour la création d'un prototype de robot peuvent être différenciées. L'analyse des données recueillies nous a permis de déceler quelques éléments qui nous permettent de mesurer les groupes et la fréquence des apprenants.

D'abord, en ce qui concerne la composition des équipes, les ateliers restent souvent homogènes concernant l'âge mais hétérogènes concernant le genre. Tous les ateliers sont homogènes lorsque leurs membres ont des besoins, motivations, connaissances et personnalités très similaires. Mais nous remarquons une différence sur le genre. Peu de filles s'inscrivent à ce genre d'atelier (nous reviendrons ultérieurement sur ce point).

Nous avons noté aussi que les personnes qui créent ces ateliers doivent mettre en place un certain nombre de règles. Ces ateliers sont gérés par une organisation à vocation éducative et une série de règles de comportement sont établies même si celles-ci peuvent subir des modifications de la part des participants. L'apprentissage du code devient un moment où ces règles évoluent et transforment l'unité du groupe : « *Nous observons quand le travail en groupe démarre, l'ambiance change, l'écoute s'élargit et les réflexions aussi* » (Cap Sciences). « *Je pense qu'il y a cette idée-là, cette logique-là de création, de l'animation d'un jeu, c'est une entrée pour apprendre le code et une bonne manière de collaborer ensemble* » (Magic Makers). Les fonctions des membres avec l'appui du numérique deviennent donc plus importantes et jouent un rôle primordial au sein du groupe.

Au sein de ce genre d'atelier on retrouve également le caractère de la contribution aux tâches et aux actions qui sont effectuées par les membres de l'équipe. Chaque position dans la

structure d'équipe implique un comportement attendu de la part du jeune participant. Les apprenants changent leur statut, car ils développent une cohésion, qui s'intègre dans l'équipe de création. Ils se rendent compte que ce genre de travail pourrait être réalisé individuellement mais qu'il nécessite solidarité, échange et analyse.

Ce type d'atelier place ainsi le jeune participant devant un nouveau défi et lui permet de changer de posture. Autrement dit, il passe d'un élève qui suit des cours traditionnels dans une école avec des méthodes d'éducation classiques à un apprenant qui interagit et participe activement à son apprentissage. Ces structures développent donc une nouvelle forme d'apprentissage valorisée par l'équipe. Le fait d'expliquer ou de découvrir de nouvelles tâches et responsabilités, d'établir de nouveaux rôles, c'est-à-dire de les préparer à l'interaction entre les membres de l'atelier, les prépare à une insertion plus pédagogique.

Même si l'objectif final n'est pas l'acquisition d'une connaissance précise en « robotique », le fait de demander aux participants d'atteindre des objectifs tout en leur laissant une autonomie suffisante pour choisir le chemin qu'ils jugent le plus approprié parmi les possibles, constitue une forme d'éducation innovante : *« Si les enfants ont un jeu électronique cassé je ne veux pas qu'ils le jettent, je veux qu'ils l'ouvrent pour le découvrir de l'intérieur et apprendre des choses... ils peuvent essayer de le réparer, si ça marche pas c'est pas grave, le plus important c'est qu'ils vont avoir plus confiance en eux et être au courant de ce qui nous entoure »*(Abracodabra).

Cette posture place les ateliers de robotique et de programmation au fondement d'une vision renouvelée du lien social où les enfants, gagnant en autonomie, se mettent à « bidouiller » collectivement ce qu'ils avaient pour habitude de consommer passivement. C'est une réactualisation d'une culture « de l'atelier et de la coopération » (Sennett, 2014) intrinsèquement liée à la valorisation de l'apprentissage par le « faire ».

Apprendre la programmation : une approche par le jeu

Nos interlocuteurs soulignent que les méthodes et technologies utilisées permettent un apprentissage progressif qui amène les enfants à libérer leur imagination, à devenir plus créatifs en créant et inventant des objets tout en s'amusant : *« Les outils numériques sont ludiques par nature. Ils permettent aux enfants d'apprendre là où parfois ils n'ont pas envie d'apprendre »* (Abracodabra).

Le « jeu » englobe ici plusieurs aspects que nous retrouvons en partie dans les modes de transmission de savoir au sein des structures de notre terrain d'enquête. Le jeu rentre en effet

dans une sphère « imaginée » du robot. La robotisation et la programmation sont perçues comme une activité qui « amuse » (ici l'artefact technique devient un jouet), ce qui nous amène à analyser cela comme une sorte de « *serious game* » déguisé.

Nous soulignons par ailleurs le fait que la plupart des ateliers analysés nous positionne dans l'approche du constructionnisme qui « prétend que les constructions mentales sont facilitées lorsque l'enfant construit véritablement quelque chose » (Lebrun, 2007). Nous voyons bien que toutes les idées portées par les enfants viennent lorsqu'ils construisent leurs propres « œuvres » : des robots avec des Lego, des prototypes robots avec des cartons, des jeux vidéo. De toute évidence ces objets permettant l'observation, les essais et les erreurs, favorisent l'expression, la réflexion et le partage avec les autres.

Dans cet ordre d'idée, Stéphane Gorla (2016) explique les catégories de dispositifs éducatifs inspirés par et pour les jeux rendant compte que celles-ci correspondent à tout outil assimilable à un jeu et conçu en tant que tel dans l'objectif de permettre la réalisation d'une tâche non ludique et la qualifier de sérieuse.

Les structures de notre terrain mettent l'accent sur l'universalité de la programmation et de la robotique, mais elles ne se rendent pas pleinement compte de ce que recouvre la notion d'informatisation, à savoir l'émergence d'un nouveau type d'interaction dynamique entre le cerveau humain et la machine. Il existe très peu de méthodes de mesure sur les effets à long terme de ces ateliers sur ce public : « *Nous n'avons pas d'outils de mesure suite aux ateliers...* » (Abracodabra) ; « *On ne sait pas ce qui se passe ensuite, j'aimerais savoir s'ils deviennent un jour ingénieurs* » (Cap Sciences).

Seuls les jeux dédiés à l'apprentissage pourraient s'interpréter comme des artefacts de transfert de connaissances et non comme des outils de production de connaissances. Dans ce cas, ils peuvent être nommés jeux. Par ailleurs, en ce qui concerne l'effet de ces ateliers sur les connaissances informatiques acquises, même si cette étude exploratoire souligne que les ateliers favorisent davantage l'acquisition de connaissances chez les garçons que chez les filles, la quasi-totalité des participants, a néanmoins progressé : « *Parfois on peut avoir un frère et une sœur qui ont presque le même âge. Le frère va venir mais pas la sœur et les parents vont te dire dans ce cas "ma fille ce n'est pas vraiment son truc. Les robots c'est pour les garçons..."* » (Abracodabra) ;

« Malgré une présence masculine forte, je n'ai fait aucune différence entre l'intérêt et la curiosité que les filles démontrent, nous essayons toujours que les ateliers soient équilibrés » (Cap Sciences).

En ce qui concerne l'impact de l'apprentissage de la programmation sur la motivation intrinsèque, qui « engendre plaisir et persévérance » (Bandura, 1997 : 356) nous pouvons déduire que c'est la création des jeux qui mettent aisément en lumière le plaisir éprouvé par les participants. Cette motivation intrinsèque est stimulée par le sentiment de compétence et de capacité que les participants et formateurs exercent. La liberté de choix, le fait de chercher des solutions ainsi que la réalisation des objets connectés, les conduisent au succès final et participent ainsi à l'élaboration d'un sentiment développé d'auto efficacité, de nature à réduire l'anxiété de réussite scolaire traditionnelle.

Apprendre la programmation par le jeu, ou par un imaginaire du jeu, ne s'effectue pas seulement selon une perspective ludique – qui pourtant détermine l'imaginaire de ce genre d'atelier – mais aussi critique, éducatif, voire éthique. Autant l'effet du jeu sur l'apprentissage du code et l'initiation à la robotique est positif et conséquent, autant il est mitigé et modeste sur l'équilibre genre. Ce que nous pouvons affirmer par ailleurs c'est l'augmentation des connaissances acquises qui reste l'élément fédérateur pour toutes les structures de notre échantillon.

L'apprentissage du code permet aux enfants de mieux comprendre le monde numérique dans lequel ils évoluent pour qu'ils en deviennent non seulement des spectateurs mais des leaders. Au terme de cette étude on pourrait souligner qu'au moyen de la robotique éducative, les enfants libèrent leur imagination, inventent de nouveaux objets et dessinent de nouveaux scénarios en forme d'apprentissage numérique.

Notre travail de terrain nous a permis de soulever les enjeux de l'apprentissage du code et de la robotique. Il semble par ailleurs que cet enseignement peine à trouver sa place au sein de l'éducation nationale. Les écoles manquent de ressources et sollicitent les structures privées à l'instar des organismes de notre terrain afin de combler ce besoin. Dès lors, on peut se demander comment réconcilier l'apprentissage du code aux littératies de base (lire, écrire, compter) ? Quelle place peut avoir cet enseignement au sein du socle commun de connaissances, de compétences et de culture indispensable à l'éducation de chaque élève ?

Bibliographie

- Bandura A. (2003). *Auto-efficacité, le sentiment d'efficacité personnelle*. Bruxelles : De Boeck.
- Gelin R., Guilhem O. (2016). *Le robot est-il l'avenir de l'homme ?* Paris : La Documentation Française.
- Goria S. (2016). Les visualisations de données inspirées par le jeu et la conception par désengagement. *Les Cahiers du Numérique*, 12(4), 39-64.
- Greff, É. (2013). Robotique pédagogique : et si on changeait de paradigme ? *La nouvelle revue de l'adaptation et de la scolarisation*, 63, 301-310.
- Hugonnier, B. (2015). Un robot à l'école : l'éducation face aux défis du numérique. *Administration & Éducation*, 146, 2, 27-36.
- Janiszek, D. *et al.* (2011). Utilisation de la robotique pédagogique pour enseigner l'intelligence artificielle : une expérience d'approche par projet auprès d'étudiants en informatique. *Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication pour l'Éducation et la Formation, ATIEF*, 18. <https://halshs.archives-ouvertes.fr/hal-00975933/>
- Kagan, S. (1992). *Cooperative Learning*. California : Kagan.
- Karsenti, T, Bugmann, J. (2017). Les écoles canadiennes à l'heure du code ? *Revue Education Canada. Association canadienne d'éducation*, 51(1).
https://www.researchgate.net/publication/317971029_Les_ecoles_canadiennes_a_l'heure_du_code
- Lebrun, M. (2007). *Théories et méthodes pédagogiques pour enseigner et apprendre : Quelle place pour les TIC dans l'éducation ?* Louvain-la-Neuve, Belgique : De Boeck Supérieur.
- Lehmans, A. (2017). De l'informatique éducative au robot émancipateur. *Hermès*, 2(78), 132-138. <https://www.cairn.info/revue-hermes-la-revue-2017-2-page-132.htm>
- Ly, O., Gimbert, H. (2012). L'insertion des robots dans la vie quotidienne (avec un focus sur les robots humanoïdes). *Annales des Mines - Réalités industrielles*, 1, 94-102. <https://www.cairn.info/revue-realites-industrielles1-2012-1-page-94.htm>
- Papert, S. (1980). *Jaillissement de l'esprit : Ordinateurs et apprentissage*. Paris : Flammarion.
- Roy N., Bugmann, J., Karsenti, T. (2017). Le numérique et la réussite scolaire. in : Karsenti T et Bugman J. (dir.), *Enseigner et apprendre avec le numérique* (p. 42-50). Montréal : PUM.
- Sennett, R. (2014). *Ensemble : Pour une éthique de la coopération*. Paris : Albin Michel.
- Simondon, G. (1989). *Du Mode d'existence des objets techniques*. Paris : Aubier.
- Tisseron, S. (2017). Le robot : ceci n'est pas un humain ! *Nectart*, 2(5), 117-125.

Unesco. (2011). *Education aux médias et à l'information. Programme de formation pour les enseignants*. Paris : Unesco.