

RESEARCH OUTPUTS / RÉSULTATS DE RECHERCHE

Les métaphores conceptuelles

Boraita, Fanny; Collard, Anne-Sophie; Henry, Julie

Published in:

Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication pour l'Éducation et la Formation

Publication date:

2021

[Link to publication](#)

Citation for pulished version (HARVARD):

Boraita, F, Collard, A-S & Henry, J 2021, 'Les métaphores conceptuelles: un premier pas vers une éducation critique à la robotique', *Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication pour l'Éducation et la Formation*, vol. 28.

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal ?

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.



Les métaphores conceptuelles : un premier pas vers une éducation critique à la robotique

► **Fanny BORAITA** (IRDENA, Université de Namur), **Anne-Sophie COLLARD** (NADI, Université de Namur), **Julie HENRY** (NADI, Université de Namur)¹

■ **RÉSUMÉ** • Deux activités d'éducation à la robotique font l'objet d'une étude exploratoire : la première confronte des robots pédagogiques à 140 enfants (3-10 ans) et la deuxième permet à 13 adolescents (8-15 ans) de construire leur robot. Le focus est mis sur les métaphores utilisées spontanément par les formateurs et apprenants. Leur exploration vise à approfondir la compréhension des interactions entre formateurs, apprenants et robots afin de réfléchir à des problématiques à aborder dans une éducation critique à la technologie.

■ **MOTS-CLÉS** • Éducation critique à la technologie, éducation à la robotique, représentations, analyse du discours, étude exploratoire.

■ **ABSTRACT** • *Two robotics education activities are the subject of an exploratory study: the first one confronts 140 children (3-10 years old) with educational robots and the second one allows 13 teenagers (8-15 years old) to build their robot. The focus is on the metaphors used spontaneously by the trainers and learners. Their exploration aims at deepening the understanding of the interactions between trainers, learners and robots in order to reflect on issues to be addressed in a critical education to technology*

■ **KEYWORDS** • *Critical technology education, robot literacy, robot education, representations, speech analysis, exploratory study.*

¹ Les trois autrices ont contribué à parts égales à cette étude et sont donc mentionnées par ordre alphabétique.

1. Introduction

L'enseignement du code et l'éducation à la robotique dès le plus jeune âge sont intégrés, ou en cours d'intégration, dans les systèmes éducatifs partout dans le monde (Bers *et al.*, 2014), (Malvezzi, 2021). Cependant, en Belgique francophone, l'informatique, y compris la pensée informatique, est jusqu'ici presque absente de l'enseignement obligatoire, notamment pour les élèves de 5 à 18 ans (Henry et Joris, 2016), (Joris et Henry, 2014). Le manque de formation des enseignants (Henry et Joris, 2013) est souvent cité comme raison à cette absence. Pourtant, dans un avenir proche, ils seront amenés non seulement à intégrer des outils numériques dans leurs classes, mais aussi à enseigner des compétences numériques (Henry et Smal, 2018).

La promotion de cet enseignement est largement véhiculée par les médias et soutenue au niveau politique, à travers différents plans de développement des secteurs Technologies de l'information et de la communication (TIC) et des plans de financement d'outils numériques dans les écoles. En outre, les ressources se multiplient sur Internet : témoignages, vidéos, activités clés-sur-porte (testées ou non en classe), conseils en tous genres, comparaisons techniques de robots, etc. Des activités éducatives intégrant la robotique sont mises en place dans certains établissements scolaires, ainsi que dans des lieux d'éducation non formelle. Cependant, les aspects didactiques, l'évaluation des compétences acquises grâce à ce type d'activités et les articulations interdisciplinaires (Malinverni *et al.*, 2021) ont été peu questionnés et problématisés. L'introduction à la robotique dans l'enseignement est souvent limitée à ses aspects purement techniques (Alimisis et Kynigos, 2009), (Ferrada-Ferrada *et al.*, 2020), (Kubilinskienė *et al.*, 2017), (Rusk *et al.*, 2008), (Stone et Farkhatdinov, 2017) sans que soit pris en compte ses liens étroits avec la société (Riek et Howard, 2014), (Sullins, 2015), (Zawieska, 2020).

L'étude exploratoire décrite dans cet article vise à participer à la construction d'un modèle d'éducation critique à la robotique, incluant les dimensions techniques, sémiotiques et sociales de l'objet technologique/informatique (Henry *et al.*, 2018). La dimension sociale réfère notamment aux moyens de nouer une relation appropriée avec les robots intelligents (Suto, 2013). Ces relations peuvent être profondes, les enfants considérant les robots comme des entités sociales (Fior *et al.*,

2010), (Fridin et Belokopytov, 2014), (Kahn *et al.*, 2012), (Scopelliti *et al.*, 2004).

La compréhension des concepts numériques et de leurs enjeux sociétaux est particulièrement dépendante des discours tenus dans les activités d'éducation au numérique. Des métaphores y sont utilisées de manière spontanée, révélatrices du mode de pensée et des conceptions (Levin et Wagner, 2006), (Moser, 2000). Ces métaphores forgent les représentations des environnements numériques (Manches *et al.*, 2021). En explorant les métaphores spontanées présentes dans les discours tenus lors d'activités de formation à la robotique, l'étude cherche à approfondir la compréhension des interactions entre les apprenants, les formateurs et le robot et à en appréhender les enjeux en termes éducatifs. Deux activités de robotique respectivement destinées à des enfants et à des adolescents ont constitué les cas d'étude. Les discours des élèves ont été analysés pour identifier les métaphores spontanément mobilisées à la fois par les formateurs et par les apprenants, mais également pour déterminer le rôle qu'elles jouent au sein des activités.

La principale contribution de cette étude est, à travers l'exploration des métaphores utilisées spontanément et la définition de leurs rôles, l'identification et la formulation de problématiques à aborder dans le cadre d'une éducation critique à la technologie, et plus spécifiquement à la robotique.

2. Travaux antérieurs

2.1. Les robots

Selon Lambert, un robot est « *un système formé par un réseau complexe et interactif de capteurs, de processeurs et d'actionneurs, agissant dans un environnement de manière partiellement ou totalement indépendante de l'humain* » qui en fait l'usage (Lambert, 2019, p. 10). Il distingue deux types de robots :

- les **robots mécatroniques** sont des constructions complexes d'éléments mécaniques et électroniques,
- les **robots électroniques**, appelés bots, agissent sur les réseaux sociaux, les e-mails ou les bases de données.

De plus, le degré d'autonomie des robots est variable :

- les robots peuvent être des **systèmes automatiques**. Par exemple, des robots dont les instructions sont ordonnées a priori par le programmeur.

- les robots peuvent être des **robots autonomes**. Par exemple, des robots dont l'ensemble des comportements possibles n'est pas entièrement ordonné par le programmeur.

L'étude présentée ici se concentre sur des activités impliquant des robots qui sont à la fois des robots mécatroniques, tangibles, dont les actions peuvent être directement observées à travers leurs mouvements, et des robots automatiques « *opérant dans des environnements parfaitement déterminés et connus, dont les actions, totalement prévisibles, sont régies par les instructions strictes de leur logiciel, mettant en œuvre les intentions des programmeurs* » (Lambert, 2019, p. 12).

Introduits dans l'enseignement, les robots sont souvent associés à des technologies qui favorisent l'apprentissage (Gaudiello et Zibetti, 2013), (Gaudiello et Zibetti, 2016). On parle de robotique éducative (Alimisis, 2013), (Romero et Sanabria, 2017). Les robots sont utilisés comme outils numériques à des fins pédagogiques dans diverses matières, notamment en mathématiques, en sciences et en sciences de l'ingénieur, mais aussi dans des matières plus éloignées (Benitti, 2012), (Felicia et Sharif, 2014). Ils favorisent également le développement de certaines compétences métacognitives (*soft skills*) (Eguchi, 2014), (Gaudiello et Zibetti, 2013), (Romero et Sanabria, 2017). De plus, différentes études montrent qu'ils encouragent la motivation des enfants à apprendre, notamment par le biais de la narration d'histoires (Benitti, 2012), (Kory et Breazeal, 2014) ou l'utilisation de la compétition (Bazyley *et al.*, 2014), (Ma et Williams, 2013), (Sklar *et al.*, 2002).

Mais le robot n'est pas seulement un moyen d'apprentissage, il peut aussi être l'objet d'un apprentissage. On parle alors d'éducation à la robotique. Trois orientations peuvent être données à cette éducation (Henry *et al.*, 2018): les robots peuvent être utilisés (1) pour initier les apprenants aux concepts de l'informatique et de la pensée informatique dans l'optique d'une formation fondamentale, (2) pour développer les secteurs des TIC/STEM² par une formation spécifique qui vise à développer une expertise ou (3) pour former tous citoyens à la « culture numérique ». L'approche proposée dans cet article s'inscrit dans cette troisième orientation qui considère l'éducation à la robotique comme

² STEM : sciences, technologies, mathématiques et ingénierie

faisant partie d'une éducation critique à la technologique, discutant le « rôle de la technologie dans les sociétés et la vie quotidienne des gens » (Saariketo, 2014).

Gaudiello et Zibetti (Gaudiello et Zibetti, 2013) distinguent deux types de robots utilisés dans l'éducation :

- Les « **robots à utiliser** », qui sont souvent de type humanoïde (ou animal). Ce sont des « boîtes noires ». Leurs composants ne sont ni manipulables ni observables. Leur fonctionnement technique interne n'est pas directement compréhensible. Ces robots favorisent des perceptions et des interactions avec la machine qui semblent proches de celles qu'on peut avoir avec des êtres vivants. Toutefois, ils peuvent conduire à certaines frustrations dues aux capacités d'interaction en réalité limitées des robots avec les êtres vivants (Kerepesi *et al.*, 2006), (Melson *et al.*, 2009), (Robinson *et al.*, 2013).

- Les « **robots en kit à construire** » sont des « robots avec lesquels penser ». Leurs composants sont observables et manipulables. Leur fonctionnement technique interne est plus facilement appréhendable. Ces robots sont plus favorables à l'éducation des enfants, leur donnant « la possibilité de devenir un auteur plutôt qu'un consommateur de technologie » (Gaudiello et Zibetti, 2013).

L'étude décrite ici se concentre sur des activités impliquant les deux types de robots.

2.2. Les métaphores conceptuelles

Selon la théorie de la métaphore conceptuelle (Lakoff et Johnson, 1980), les métaphores utilisées naturellement dans le langage ne sont pas des artifices linguistiques. Elles sont des indicateurs de nos représentations mentales. Elles révèlent des processus cognitifs qui permettent de se représenter le monde. « *Notre système conceptuel ordinaire, qui nous sert à penser et à agir, est de nature fondamentalement métaphorique* » (Lakoff et Johnson, 1980). Les projections métaphoriques permettent de comprendre et de vivre quelque chose, souvent plus abstrait, en termes de quelque chose d'autre, plus concret ou physique. La projection métaphorique n'est pas complète, en ce sens que le concept visé ne devient pas tout à fait le concept métaphorique. Elle conduit cependant à se concentrer sur certains aspects du concept visé, mis en évidence par le concept métaphorique mobilisé, tout en masquant les autres aspects. Par exemple, dans la phrase « vos arguments sont indéfendables », la discussion est considérée en partie comme une guerre. La métaphore utilisée met en

évidence des aspects de la discussion qui sont similaires à la guerre, comme le fait de devoir se défendre, tout en masquant d'autres aspects présents dans la discussion comme la coopération, entre autres.

Les métaphores spatiales sont des processus cognitifs fondamentaux qui permettent de développer une compréhension fondée sur l'expérience physique et directe de l'environnement ou des objets. Par exemple, le bonheur est évoqué en termes de verticalité : plus de bonheur est un sommet. Les métaphores spatiales sont utilisées sans s'en rendre compte et c'est pourquoi, en tant qu'observateur, il est difficile de les identifier au premier coup d'œil. À côté de ces métaphores qui sont fondamentales mais peu riches, Lakoff et Johnson (Lakoff et Johnson, 1980) identifient les métaphores structurelles. Elles mobilisent un concept métaphorique structurellement plus complexe et conduisent à des compréhensions particulières des domaines conceptuels visés, comme la guerre dans la métaphore « la discussion est la guerre ».

Plusieurs travaux ont mis en évidence l'utilisation spontanée de métaphores pour représenter les environnements numériques, en particulier les métaphores spatiales (Collard et Fastrez, 2010), (Collard *et al.*, 2012), mais aussi des métaphores structurelles qui rendent ces environnements concrets ou physiques (Barr *et al.*, 2003), (Madsen, 2000). Ces métaphores ne sont pas neutres au niveau des représentations et des interactions avec les environnements numériques qu'elles impliquent. Collard (Collard, 2012) a notamment montré leur influence sur la compréhension et les comportements de navigation des utilisateurs.

3. Méthodologie, contextes et objectif de recherche

Les études de cas multiples permettent de comprendre un phénomène contemporain en profondeur et dans son contexte réel (Alexandre, 2013), (Yin, 2009). Dans le cas de cette étude, deux cas constituent des lieux d'observation différents : un premier cas mobilisant trois « robots à utiliser » dans un contexte scolaire (étude de cas 1) ; le second se basant sur un « robot en kit » à construire lors d'une activité extra-scolaire (étude de cas 2). Tous les robots sont mécatroniques et automatiques.

3.1. Contexte 1 : étude de cas 1

Dans la première étude de cas, une séquence de quatre animations de 40 minutes et une évaluation formative ont été mises en place auprès d'enfants âgés de 3 à 10 ans, issus de la même école. Au total, 140 enfants de sept classes différentes (une par niveau) ont participé à l'étude. Les

formateurs étaient deux chercheuses, une informaticienne et une pédagogue. Les enseignants habituellement en charge des enfants participaient en tant qu'observateurs.

La première animation consistait à familiariser les enfants avec le matériel informatique et à déshumaniser le robot. Les enfants ont d'abord dessiné leurs représentations d'un robot et d'un ordinateur. Ensuite, ils ont découvert le matériel informatique en construisant leur propre ordinateur, en papier (matériel disponible sur Hello Ruby : <http://www.helloruby.com/play/2>) (Figure 1). Enfin, ils ont manipulé de vrais composants électroniques.



Figure 1 • Construire son propre ordinateur

Dans les trois animations suivantes, les robots Bee-bot, Blue-bot, et/ou Ozobot ont été utilisés, selon l'âge des enfants. Ces robots ont été sélectionnés pour leurs différents modes d'interaction (boutons, barre de programmation ou application mobile sur une tablette) et leur popularité dans l'enseignement.

La deuxième animation visait à apprendre le langage de programmation des trois robots, sachant que Bee-bot et Blue-Bot réagissent au même langage. Il s'agit d'une activité débranchée. Les enfants disposaient d'un jeu de cartes (Figure 2) qui reproduisait les instructions associées aux différents robots. Un enfant jouait le rôle d'un robot dans un labyrinthe géant. Les autres ont écrit, avec les cartes, un programme permettant de faire sortir le robot du labyrinthe. Dans un premier temps, la solution a été codée avec le langage du robot Bee-Bot. Une fois vérifiée, elle a été traduite dans la langue du robot Ozobot.



Figure 2 · Un jeu de cartes pour programmer

L'objectif des troisièmes et quatrièmes animations était d'amener les enfants à écrire un programme, à le tester en programmant le robot et à le corriger et/ou l'optimiser (en utilisant les concepts de programmation de variable et de boucle). Cet exercice a été reproduit deux fois (2 x 40 minutes) afin que les enfants puissent manipuler deux robots possédant des langages de programmation différents.

Plusieurs labyrinthes ont été proposés (Figure 3). Les enfants ont écrit des programmes pour faire bouger les robots dans ces labyrinthes.

La séquence des animations s'est terminée par une évaluation formative. Individuellement, les enfants ont fait des dessins d'un robot et d'un ordinateur pour les comparer avec leurs représentations initiales. Ils ont également dû corriger sur papier un programme permettant au robot de sortir d'un labyrinthe donné. Ensuite, par groupe de trois, les enfants ont discuté de leurs productions, mais aussi de leur compréhension des concepts de base de la programmation (variable et boucle) avec un formateur. Enfin, un débriefing avec les enseignants a également été organisé pour réfléchir sur le matériel utilisé, les activités mises en place et pour qu'ils expriment leur ressenti par rapport aux enfants.



Figure 3 • Programmer les robots

3.2. Contexte 2 : étude de cas 2

La deuxième étude de cas consiste en une activité d'initiation à la robotique réalisée dans le cadre d'un stage de vacances pour enfants et adolescents. Cinq enfants âgés de 8 à 12 ans et six adolescents de 12 à 15 ans ont participé à cette activité sur cinq demi-journées (complétées par un apprentissage des langues). Le formateur était un ingénieur en robotique.

Les objectifs de l'activité étaient de concevoir, construire et programmer un « robot en kit » (conçu par le formateur). Deux niveaux ont été proposés en fonction de l'âge des participants :

- les enfants devaient programmer le robot pour qu'il se déplace dans un circuit, en interaction avec son environnement,
- les adolescents devaient programmer le robot pour qu'il forme un dessin de leur choix sur une feuille de papier à l'aide d'un feutre.

D'abord, les participants ont dessiné les éléments du robot (Figure 4) sur le logiciel de conception 3D Tinkercad (<https://www.tinkercad.com/>). Ils ont ensuite imprimé ces éléments via une imprimante 3D.

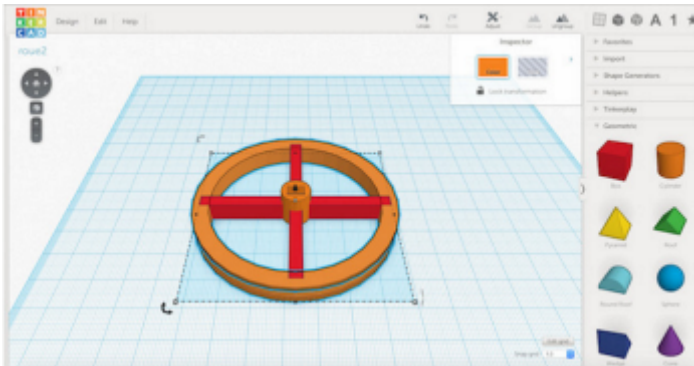


Figure 4 • Concevoir le robot

Ensuite, les participants ont assemblé les différentes pièces imprimées, une carte Arduino et divers capteurs pour construire le robot (Figure 5). Enfin, ils ont programmé le robot conçu via l'application Blockly@duino (<http://www.techmania.fr/BlocklyDuino/>).

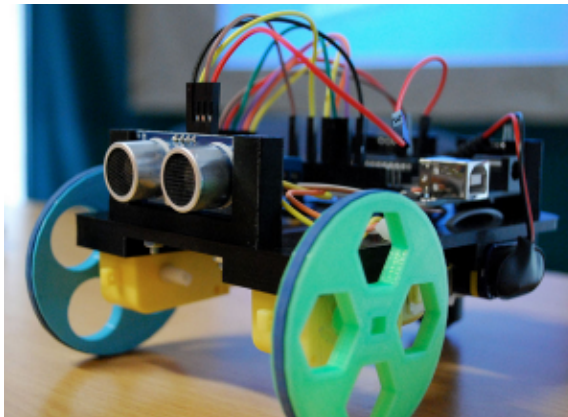


Figure 5 • Concevoir le robot

3.3. Objectif de recherche

Cette étude vise à identifier, suivant une démarche qualitative, les différentes représentations du robot, et plus largement de la machine et de ses composants, que les apprenants et les formateurs mobilisent dans ces deux activités d'éducation à la robotique. Plus précisément, elle vise à identifier les métaphores conceptuelles, spatiales et structurelles, qui sont observables dans le langage des apprenants et des formateurs et à analyser

le rôle de ces métaphores au cours de l'activité. En explorant ces métaphores, l'étude cherche à approfondir la compréhension des interactions entre les apprenants, les formateurs et le robot et à en appréhender les enjeux en termes éducatifs.

3.4. Collection des données

Dans l'étude de cas 1, toutes les activités, ainsi que les discussions menées lors de l'évaluation formative, ont été filmées pour capturer les interactions des enfants (entre eux, avec le formateur, avec le matériel mis à leur disposition et/ou le robot) et permettre aux chercheurs d'écouter leurs verbalisations.

Pour l'étude de cas 2, des données ont été recueillies auprès des deux groupes de participants (enfants et adolescents) pendant deux jours par observation ethnographique. L'ensemble des interactions ont été consignées dans un carnet de notes par le chercheur dans sa position d'observateur externe.

3.5. Analyse des données

Les métaphores utilisées dans les discours des formateurs et des apprenants, ainsi que dans leurs interactions entre eux et avec la machine, ont été identifiées en s'inspirant de la méthode « metaphor identification procedure » (MIP) (Pragglejaz Group, 2007). Il s'agit, pour commencer, de cerner le sens général du discours soumis à l'analyse, à savoir ici, le contexte des activités éducatives dans lesquelles les discours prennent place. Ensuite, la méthode vise à identifier les unités lexicales qui feront l'objet de l'analyse. Nous nous sommes centrées sur les unités lexicales portant sur les technologies manipulées, c'est-à-dire l'ordinateur, ses composants, le robot et l'imprimante 3D (pour le second cas d'étude). La dernière étape consiste à appliquer une grille en trois points à chaque unité lexicale pour identifier la présence d'un sens métaphorique. Premièrement, le sens de l'unité lexicale est identifié dans le contexte du discours, c'est-à-dire, pour le cas qui nous concerne, relativement aux technologies utilisées dans les deux activités éducatives. Deuxièmement, il s'agit de déterminer si l'unité lexicale peut prendre un sens plus fondamental dans d'autres contextes que celui du discours analysé. Les sens plus fondamentaux sont plus concrets, relèvent d'une action physique, sont plus précis, ou plus anciens. Par exemple, les capteurs à l'avant du robot sont considérés comme « des yeux ». Pour les enfants, les « yeux » sont plus concrets et possèdent un sens plus ancien et bien plus

connu que celui de capteur. Troisièmement, pour identifier la présence d'une métaphore, il faut que le sens en contexte analysé contraste avec ce sens plus fondamental mais peut être compris en le comparant à celui-ci. Si c'est le cas, il s'agit d'une métaphore. Dans l'exemple précédent, les capteurs ne sont pas des yeux à proprement parler, mais leur fonctionnement peut être comparé à celui des yeux sous certains aspects. Pour terminer et afin de consolider les analyses, les métaphores identifiées ont fait l'objet de discussions au sein de l'équipe de recherche.

4. Résultats

4.1. Les rôles

L'analyse du discours des formateurs et des apprenants a permis, dans un premier temps, de classer les métaphores utilisées selon le rôle qu'elles jouent dans le discours. Trois rôles ont été identifiés :

- « La métaphore qui aide à comprendre » : ce premier rôle consiste à vulgariser certains concepts informatiques ou électroniques et à comprendre le fonctionnement de l'ordinateur, du robot ou de ses composants.

- « La métaphore qui rend tangible » : ce deuxième rôle consiste à rendre concrets certains concepts abstraits et à mettre en relation certaines fonctions ou certaines interactions de la machine avec l'expérience que nous avons de notre environnement physique ou social.

- « La métaphore qui sert d'accroche » : ce troisième rôle participe à la construction d'une atmosphère ludique, affective et imaginaire, et intervient au niveau des relations « sociales » entre les apprenants, les formateurs et le robot.

Ces rôles ne sont pas exclusifs les uns des autres : une même métaphore peut assumer plusieurs rôles à la fois. Cependant, dans un souci de clarté et de lisibilité des résultats, les métaphores utilisées dans le langage des formateurs et des apprenants sont classées en fonction des trois rôles identifiés.

Dans les extraits des discours, le style gras met l'accent sur les unités lexicales relatives à la métaphore, celles qui justifient sa catégorisation dans un rôle.

4.1.1. La métaphore qui aide à comprendre

4.1.1.1. Dans le discours du formateur

Dans l'étude de cas 1, les formateurs ont utilisé la métaphore pour aider les enfants à comprendre les composants d'un ordinateur. Par exemple, pour expliquer ce qu'est la mémoire vive, ils utilisent la métaphore du « **livreur qui relève l'information du disque dur et l'apporte au processeur** ». La métaphore de l'armoire est utilisée pour expliquer ce qu'est le disque dur : « **c'est comme une armoire avec beaucoup de tiroirs** ».

Dans les activités de programmation, les métaphores sont également utilisées par les formateurs pour vulgariser les instructions. Par exemple, ils expliquent qu'il faut « **utiliser un langage précis, avec des flèches, pour expliquer au robot ce qu'il doit faire pour se déplacer dans les labyrinthes** ».

Dans l'étude de cas 2, avec des enfants plus âgés et des adolescents, le formateur utilise également des métaphores pour expliquer le matériel utilisé. Par exemple, il explique que le sonar fonctionne « **comme une chauve-souris qui envoie des ultrasons – ceux-ci détectent les obstacles et reviennent** ». Quant au fonctionnement de l'impression 3D des composants, il explique que « **le plastique avec lequel vous imprimez, c'est l'encre de l'imprimante** ». Comme dans l'étude de cas précédente, les métaphores utilisées font également référence à des comportements, des actions qui sont connus pour aider à comprendre comment la machine fonctionne : « **Nous avons programmé l'ordinateur et tout ce qu'il a à faire, c'est lire sur la carte où il doit aller** », « **Nous allons programmer cette lampe, nous allons lui dire quoi faire** ».

4.1.1.2. Dans le discours des apprenants

Les résultats montrent que les apprenants utilisent également des métaphores qui aident leur compréhension. Dans l'étude de cas 1, les enfants s'interrogent sur les différents composants, utilisant parfois des métaphores autres que celles utilisées par les formateurs. Par exemple, ils s'interrogent sur la mémoire RAM en utilisant la métaphore d'un **bus** : « **mais si la RAM n'a pas de roue, comment va-t-elle se déplacer ?** » Les apprenants utilisent également des métaphores liées à des comportements et des actions connus : « **est-ce qu'elle (la mémoire RAM) court comme nous ? À la même vitesse ?** », « **Il (le robot) ne comprend pas ce que tu dis, il comprend juste 'avance d'un pas** ».

Dans l'étude de cas 2, les résultats sont similaires. D'une part, les apprenants utilisent d'autres métaphores que celles des formateurs : « *c'est comme un **puzzle*** ». D'autre part, ils utilisent également des verbes pour exprimer des actions et des comportements qui leur sont spécifiques : « *mon robot, quand je lui **demande** de bouger, il ne bouge pas* », « *tu dois lui **dire** quoi faire quand il rencontre des obstacles* », « *tourne, tourne !* », « *je dois le programmer pour qu'il **écoute*** ».

4.1.2. La métaphore qui rend tangible

4.1.2.1. Dans le discours du formateur

Les résultats montrent que les formateurs utilisent des métaphores dans leur discours pour concrétiser des concepts et opérations liés au robot. Dans le cas d'étude 1 où les robots Bee-bot et Blue-bot ont été utilisés, les formateurs utilisent directement la métaphore de l'abeille dans leurs instructions pour rendre les robots concrets et manipulables : « *les robots devant vous sont des **petites abeilles**, une jaune et une transparente. Elles vont devoir **se frayer un chemin** dans le labyrinthe* ».

Dans l'étude de cas 2, le formateur utilise des métaphores pour guider les enfants et les adolescents dans leur assemblage et leur découverte du robot en leur permettant d'avoir une image concrète du fonctionnement ou du matériel. Par exemple, le formateur explique : « *un des deux **yeux** envoie des vibrations* », « *c'est la **table à dessin**, la table où vous venez **déposer tous vos objets*** », « *voici plusieurs familles de blocs, plusieurs **bibliothèques de blocs*** ». Le formateur **mime** avec son corps la façon dont le robot agit pour montrer aux enfants et aux adolescents comment le robot va tourner : « *vous voyez, voici comment il **se comporte*** ».

4.1.2.2. Dans le discours des apprenants

Les résultats montrent que les apprenants utilisent des métaphores qui font référence à des mots et des objets qu'ils connaissent et rencontrent dans leur vie quotidienne. Par exemple, dans l'étude de cas 1, si les formateurs ont utilisé la métaphore du livreur pour désigner la mémoire RAM, les enfants ont dit : « *elle ressemble plus à un **facteur**, c'est comme si elle avait des **petites jambes** pour aller vite porter des **cartes**, des **enveloppes*** ».

Dans l'étude de cas 2, les résultats vont dans le même sens. Les enfants et les adolescents parlent d'un **puzzle** lorsqu'ils assemblent leur robot.

4.1.3. La métaphore qui sert d'accroche

4.1.3.1. Dans le discours du formateur

Dans les deux études de cas, les résultats montrent la construction d'un cadre ludique, affectif et imaginaire à travers l'utilisation de métaphores dans les discours des formateurs.

Dans l'étude de cas 1, ils expliquent aux enfants l'activité de résolution de labyrinthe en les faisant participer à des histoires. Par exemple, pour un labyrinthe, les formateurs expliquent : « *La petite abeille doit faire la **chasse aux couleurs** dans le labyrinthe, en cherchant la couleur verte, puis bleue (...) et finir par la couleur violette pour sortir* », « *c'est un labyrinthe avec **une forêt, un loup et le petit chaperon rouge** (...) tu dois aider le loup à courir jusqu'au Petit Chaperon Rouge (...) et aider le Petit Chaperon Rouge à arriver chez sa **grand-mère** plus vite que le loup* ».

Dans l'étude de cas 2, le formateur utilise également des métaphores dans leur rôle d'accroche pour guider les enfants et les adolescents dans le montage et la programmation de leur robot en kit. « *Quand vous aurez fini de le programmer, c'est là que ça sera **magique**...* », « *il fait ce qu'il doit faire. On l'a programmé pour qu'il s'arrête à l'obstacle. Il **aimerait** continuer, mais il s'arrête. Si vous ne voulez pas qu'il le fasse, vous devez le programmer. Vous pouvez lui dire de faire demi-tour* ».

Ce type de métaphore se retrouve également dans le discours du formateur lorsqu'il fait référence au fonctionnement des robots. Par exemple, il dit : « *je suis **attaqué*** » (en référence à un robot qui tourne autour de lui), « *il est **nerveux*** » (à propos d'un robot qui va vite et tourne sur lui-même), ou « *nous allons faire un **chœur de robots** si tous les robots **chantent** en même temps* ».

4.1.3.2. Dans le discours des apprenants

Dans le discours des apprenants de l'étude de cas 1, les résultats montrent que les métaphores qui suscitent un cadre relationnel et une émotion sont fortement présentes. Les enfants s'accrochent à la famille qui entoure le « *petit robot **Chaperon Rouge*** » en expliquant, par exemple : « *elle va chez **sa mère** et elle **se promène** dans la forêt* ». Ils utilisent également les sentiments pour exprimer les actions des robots : « *il est **fou*** », « *c'est un **petit coquin*** » (en parlant du « *robot-loup* » qui se déplace vers le mur).

Chez les enfants plus âgés et les adolescents de l'étude de cas 2, on trouve également dans les discours de nombreuses métaphores faisant référence aux émotions et aux sentiments ainsi qu'au cadre ludique : « *j'ai tout mis là, il est **content*** », « *il n'est pas **sage**... Pourquoi s'arrête-t-il ?* », « *il **apprend vite*** » (admiration), « *il n'arrête pas d'avancer, c'est bien. Il va **faire le tour du monde***. (...) *Je te jure qu'il fait **vroum vroum vroum vroum*** ».

Nous assistons également à la création d'une relation émotionnelle, en particulier lorsque les apprenants parlent à leur robot ou de leur robot : « *le mien **aime** danser* », « *attention, tu marches sur mon robot... le **pauvre petit*** », « *je **ne suis pas content** (en parlant au robot)... tu dois m'écouter, **je suis ton papa** et tu n'as pas de maman* », « *je suis **content de toi, petit robot**, tu as assez travaillé pour aujourd'hui* », « *regarde **mon beau petit robot**, il tourne sur lui-même dans sa petite cage* », « *ah, il dessine maintenant... **c'est mon petit*** ».

4.2. Les types

En plus d'être classés selon les rôles endossés dans le discours, les concepts métaphoriques ont été classés, dans un deuxième temps, selon leur type. Trois types de concepts métaphoriques mobilisés à travers les différents rôles ont été identifiés : les métaphores spatiales fondamentales, les métaphores « non vivantes » et les métaphores « vivantes ».

Les métaphores spatiales sont couramment utilisées pour représenter les environnements numériques et révèlent la place particulière des concepts spatiaux dans notre fonctionnement cognitif fondamental, comme le montrent Lakoff et Johnson (Lakoff et Johnson, 1980). Elles rendent la technologie numérique concrète et compréhensible, comme le fait de parler de lieux, de trous ou de boîtes dans les applications. Par exemple, le formateur de l'étude de cas 2 fait référence à un environnement spatial lorsque les apprenants ouvrent l'application de modélisation 3D : « *On **arrive sur l'environnement**, l'**endroit** où on va faire des dessins en 3D* ». Ou encore : « *Maintenant vous effacez tout et **revenez vers une table complètement vide*** ».

Les métaphores « non vivantes » sont des analogies avec des objets similaires. Par exemple, l'assemblage est « *comme un **puzzle*** », les éléments sont « *stockés dans une **bibliothèque*** », un composant est « *un **bus*** », etc. Ces métaphores ou comparaisons permettent souvent de comprendre un fonctionnement, un environnement ou un élément. En général, dans les données analysées, elles ne sont pas globales, ne désignent pas le robot

dans son ensemble, mais sont plutôt axées sur des éléments spécifiques de celui-ci.

Les métaphores « vivantes » sont utilisées pour rendre certains concepts à la fois compréhensibles, tangibles et accrocheurs. Dans les données analysées, elles peuvent être limitées à certains aspects du robot (par exemple, le sonar fonctionne comme une chauve-souris, la carte mère est un cerveau) ou être globales (par exemple, le robot est perçu comme un petit compagnon/animal domestique, ou comme une abeille).

5. Discussion

Dans la lignée des travaux de Lakoff et Johnson (Lakoff et Johnson, 1980), les résultats de cette étude exploratoire montrent sans surprise que les métaphores sont utilisées par les formateurs pour aider les apprenants à comprendre les composants d'un ordinateur ou d'un robot et leur fonctionnement. Du côté des apprenants, les métaphores qu'ils utilisent sont un indicateur de la manière dont ils les comprennent. Les métaphores permettent aussi aux formateurs de rendre plus concrets les concepts informatiques et aux apprenants de mieux les appréhender en les rendant tangibles.

Les résultats les plus intéressants proviennent du rôle d'accroche et des types de métaphores identifiés. Les résultats montrent que la machine est perçue comme vivante *a priori*, qu'il s'agisse de l'ordinateur ou des différents composants du robot. Les formateurs et les participants lui ont attribué un fonctionnement autonome (par ex. : « *il peut faire quelque chose par lui-même* ») ou certains sentiments (par ex. : « *il est heureux* »). Ces résultats vont dans le sens de l'animisme décrit par Piaget (Piaget, 1929), à savoir la propension à attribuer la vie et la conscience aux objets inanimés. L'intuition animiste des enfants les conduit à considérer tout objet rencontré comme ayant une intelligence, une fonction biologique, une intention et une personnalité (Carey, 1987), (Okita *et al.*, 2005), sans pour autant se demander si cet objet est vivant (Turkle, 1995). Le moment où le robot commence à bouger exacerbe les métaphores « vivantes », il « prend vraiment vie » (par ex. : il « *court, danse, répond, refuse de faire quelque chose, agit mal,* » etc.). Il devient un personnage avec lequel les individus interagissent. Une empathie se développe envers la machine en mouvement. On peut observer le rôle que joue la narration (dans les métaphores utilisées comme accroche) pour renforcer la perception du robot comme un personnage qui « vit » une histoire. Ce phénomène peut être observé aussi bien pour les robots « boîte noire »/humanoïdes que

pour les « robots en kit ». C'est donc plus le mouvement, et, derrière lui, l'idée d'une autonomie propre, que l'apparence du robot qui semble favoriser la représentation « vivante » de la machine.

Le risque des métaphores « vivantes » est une méconnaissance de la nature des interactions avec le robot et des enjeux qui y sont liés. Comme le souligne Tisseron (Tisseron, 2015), au-delà d'un attachement aux objets qui se développe naturellement, les objets en mouvement tels que les robots génèrent une empathie émotionnelle et cognitive. Elle conduit à un transfert entre l'homme et la machine : « *le robot est comme moi et je suis comme le robot* ». Cette représentation « vivante » du robot masque le fait que la machine n'a pas d'intention propre. Un double déplacement de l'emplacement de l'intention s'opère alors. Le premier déplacement fait oublier que le robot et le cadre de l'activité ont été conçus et mis en place par les formateurs. L'intention initiale est du côté des formateurs, mais occultée. Les apprenants sont mis dans un processus créatif et apparaissent en effet comme les initiateurs (par ex. : « *vous allez créer un robot vous-même* », « *vous allez aider l'abeille* »). Le deuxième transfert déplace l'intention des apprenants vers la machine. Le robot acquiert une autonomie propre et passe du statut d'exécutant des instructions des apprenants à celui d'agent qui exécute une tâche selon sa propre volonté. Ce qui est en jeu ici, c'est le fait que ce double déplacement occulte entièrement les intentions humaines qui se traduisent dans le robot et son fonctionnement, pour mettre en avant une machine « vivante » qui opère selon ses propres intentions. Le risque est dès lors de considérer les intentions du robot comme « objectives » (allant de soi) et de ne pas pouvoir questionner la « subjectivité » (les normes et les valeurs humaines) embarquée dans la machine.

6. Conclusion et travaux futurs

Cet article présente une analyse des discours tenus par les formateurs et les apprenants lors d'activités d'initiation à la robotique pour les enfants et les adolescents. À travers l'exploration des métaphores mobilisées spontanément, il vise à observer les représentations des apprenants et leurs interactions avec les robots impliqués dans des activités éducatives afin de contribuer au développement de problématiques à aborder dans le cadre d'une éducation critique à la technologie. Les analyses sont effectuées à partir de la théorie de la métaphore conceptuelle (Lakoff et Johnson, 1980). Si les métaphores reflètent la compréhension du fonctionnement de la machine par les

utilisateurs, elles peuvent en cacher certains aspects (Tisseron, 2015). Elles créent alors des attentes, des frustrations et des risques. C'est à ces aspects que cette étude accorde une attention particulière.

Elle prend forme à travers deux activités d'éducation à la robotique. La première activité a impliqué les robots BeeBot, BlueBot et Ozobot dans sept classes d'enfants de 3 à 10 ans. La seconde activité consistait en une formation de cinq demi-journées pour 13 participants de 8 à 15 ans. Ils ont conçu, construit et programmé un robot.

Outre l'identification des types de métaphores utilisées spontanément et la définition de leurs rôles au sein des discours, trois points sont plus particulièrement à souligner parmi les résultats de cette étude. Le premier concerne l'importance du mouvement et du déplacement considérés comme « autonomes », soutenus par le récit qui place le robot dans le rôle d'un personnage (métaphores utilisées comme accroche). Le mouvement renforce une relation empathique avec le robot. Deuxièmement, la métaphore vivante masque les aspects spécifiques de la machine. Elle conduit à des représentations erronées de son fonctionnement et à des attentes du « vivant » qui ne sont pas réalisées. Troisièmement, la métaphore « vivante » déplace l'intention de l'apprenant, où le robot est exécutant, vers la machine, où le robot est un agent, en occultant, d'une part, l'intention du formateur en tant que concepteur de l'activité ou du modèle de robot et, d'autre part, l'intention de l'apprenant en tant que producteur et/ou programmeur du robot.

Ces trois points constituent des problématiques à aborder dans le cadre d'une éducation critique à la technologie. Ainsi, il est nécessaire de prendre conscience de la métaphore « vivante » dans les activités d'éducation à la robotique. Si la compréhension du fonctionnement du robot est essentielle, elle ne peut se faire sans déconstruire les représentations de la machine. L'idée n'est pas d'éliminer l'utilisation des métaphores, qui ont leur rôle dans l'éducation et les processus cognitifs de compréhension, mais d'être précis sur la localisation de l'intention et la nature de l'autonomie de la machine. Une piste serait de présenter les robots comme des constructions sociales qui reflètent des intentions humaines. Des recommandations pourraient être faites aux formateurs pour les aider à formuler des discours éclairés sur l'informatique et les concepts liés à la robotique auprès des enfants.

Pour se faire, cette étude exploratoire devrait être approfondie non seulement par une analyse plus précise des données collectées

(confrontation des deux cas, prise en compte de l'âge des apprenants, etc.), mais également par une augmentation des cas d'étude.

RÉFÉRENCES

Alexandre, M. (2013). La rigueur scientifique du dispositif méthodologique d'une étude de cas multiple. *Recherches qualitatives*, 32(1), 26-56.

Alimisis, D. (2013). Educational robotics: Open questions and new challenges. *Themes in Science and Technology Education*, 6(1), 63-71.

Alimisis, A. D. et Kynigos, C. (2009). Constructionism and robotics in education. Dans Dimitris Alimisis (dir.), *Teacher education on robotic-enhanced constructivist pedagogical method*, (p. 11-26). ASPETE.

Barr, P., Biddle, R. et Noble, J. (2003). Interface Ontology: Creating a Physical World for Computer Interfaces. Dans *Proceedings of the 8th European Conference on Pattern Languages of Programs (EuroPLoP '2003)*, (p. 1-18.).

Bazylev, D., Margun, A., Zimenko, K., Kremlev, A. et Rukujzha, E. (2014). Participation in robotics competition as motivation for learning. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 152, 835-840.

Benitti, F. B. V. (2012). Exploring the educational potential of robotics in schools: A systematic review. *Computers & Education*, 58(3), 978-988.

Bers, M. U., Flannery, L., Kazakoff, E. R. et Sullivan, A. (2014). Computational thinking and tinkering: Exploration of an early childhood robotics curriculum. *Computers & Education*, 72, 145-157.

Carey, S. (1987). *Conceptual change in childhood*. Cambridge, MA: MIT Press.

Collard, A. S. (2012) Apprendre dans un monde virtuel. *Document numérique*, 71-93.

Collard, A. S. et Fastrez, P. (2010). *A model of the role of conceptual metaphors in hypermedia comprehension* [communication]. Cognition and Media (CICOM'09), Santo Domingo.

Collard, A. S., Fastrez, P. et Brouwers, A. (2012). Convivialité et métaphores dans les interfaces de systèmes interactifs. *Interfaces numériques*, 1(3), 471.

Eguchi, A. (2014). Educational robotics for promoting 21st century skills. *Journal of Automation Mobile Robotics and Intelligent Systems*, 8(1), 5-11.

Felicia, A. et Sharif, S. (2014). A review on educational robotics as assistive tools for learning mathematics and science. *Int. J. Comput. Sci. Trends Technol.*, 2(2), 62-84.

Ferrada-Ferrada, C., Carrillo-Rosúa, J., Díaz-Levicoy, D. et Silva Díaz, F. (2020). Robotics from STEM areas in primary school: A systematic review. *Education in the Knowledge Society*, 22, 1-18

Fior, M., Nugent, S., Beran, T. N., Ramirez-Serrano, A. et Kuzyk, R. (2010). Children's relationships with robots: Robot is child's new friend. *Journal of Physical Agents*, 4(3), 9-17.

Fridin, M. et Belokopytov, M. (2014). Embodied robot versus virtual agent: Involvement of preschool children in motor task performance. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 30(6), 459-469.

Sticef – Vol. 28, n°3 - 2021

**Technologies pour l'apprentissage de l'Informatique
de la maternelle à l'université**

Gaudiello, I. et Zibetti, E. (2013). La robotique éducationnelle : état des lieux et perspectives. *Psychologie française*, 58(1), 17-40.

Gaudiello, I. et Zibetti, E. (2016). Learning robotics, with robotics, by robotics: *Educational robotics*. John Wiley & Sons.

Henry, J., Hernalesteen, A., Dumas, A. et Collard, A.-S. (2018). Que signifie éduquer au numérique ? Pour une approche interdisciplinaire Dans *Actes du colloque Didapro 7 – DidaSTIC. De 0 à 1 ou l'heure de l'informatique à l'école*.

Henry, J. et Joris, N. (2013). Maîtrise et usage des TIC : la situation des enseignants en Belgique francophone. Dans B. Drot-Delange, E. Bruillard et G.-L. Baron (dir.) *Sciences et technologies de l'information et de la communication (STIC) en milieu éducatif*. <https://edutice.archives-ouvertes.fr/edutice-00875643>

Henry, J. et Joris, N. (2016). Informatics at secondary schools in the French-speaking region of Belgium: myth or reality? Dans *Actes du colloque The International Conference on Informatics in Schools: Situation, Evolution and Perspectives* (p. 13-24).

Henry, J. et Smal, A. (2018). « Et si demain je devais enseigner l'informatique ? » Le cas des enseignants de Belgique francophone. Dans *Actes du colloque Didapro 7 – DidaSTIC. De 0 à 1 ou l'heure de l'informatique à l'école*.

Joris, N. et Henry, J. (2014). L'enseignement de l'informatique en Belgique francophone : état des lieux. *Bulletin de la société informatique de France*, 2, 107-116.

Kerepesi, A., Kubinyi, E., Jonsson, G. K., Magnússon, M. S. et Miklósi, Á. (2006). Behavioural comparison of human-animal (dog) and human-robot (AIBO) interactions. *Behavioural processes*, 73(1), 92-99.

Kory, J. et Breazeal, C. (2014, August). Storytelling with robots: Learning companions for preschool children's language development. Dans *Proceeding of the 23rd IEEE international symposium on robot and human interactive communication* (p. 643-648).

Kubilinskienė, S., Žilinskienė, I., Dagienė, V. et Sinkevičius, V. (2017). Applying robotics in school education: A systematic review. *Baltic journal of modern computing*, 5(1), 50-69.

Lambert, D. (2019). *La robotique et l'intelligence artificielle*. Fidélité Eds.

Lakoff, G. et Johnson, M. (1980). *Metaphors we live by*. University of Chicago press.

Levin, T. et Wagner, T. (2006). In their own words: Understanding student conceptions of writing through their spontaneous metaphors in the science classroom. *Instructional Science*, 34(3), 227.

Ma, Y. et Williams, D. C. (2013). The potential of a First LEGO League robotics program in teaching 21st century skills: An exploratory study. *Journal of Educational Technology Development and Exchange (JETDE)*, 6(2), 2.

Madsen, K. H. (2000). Magic by metaphors. Dans *Proceedings of DARE 2000 on Designing augmented reality environments* (p. 167-169).

Malinverni, L., Valero, C., Schaper, M. M. et de la Cruz, I. G. (2021). Educational Robotics as a boundary object: Towards a research agenda. *International Journal of Child-Computer Interaction*, 29, 100305.

Malvezzi, M. (2021). Education in & with Robotics to Foster 21st-Century Skills. Dans *Proceedings of EDUROBOTICS 2020*. Springer Nature.

Manches, A., McKenna, P. E., Rajendran, G. et Robertson, J. (2020). Identifying embodied metaphors for computing education. *Computers in Human Behavior*, 105, 105859.

Melson, G. F., Kahn Jr, P. H., Beck, A., Friedman, B., Roberts, T., Garrett, E. et Gill, B. T. (2009). Children's behavior toward and understanding of robotic and living dogs. *Journal of Applied Developmental Psychology*, 30(2), 92-102.

Moser, K. S. (2000). Metaphor analysis in psychology—Method, theory, and fields of application. *Forum Qualitative Sozialforschung/Forum: Qualitative Social Research*, 1(2).

Okita, S., Schwartz, D., Shibata, T., Nakamura, O. et Tokuda, H. (2005). Exploring young children's attributions through entertainment robots. Dans *Proceedings of the 14th IEEE International Workshop on Robot and Human Interactive Communication* (p. 390-395). IEEE.

Piaget, J. (1929). *The child's conception of the world*. Savage, MD: Littlefield Adams.

Pragglejaz Group (2007). MIP: A Method for Identifying Metaphorically Used Words in *Discourse, Metaphor and Symbol*, 22(1), 1-39.

Riek, L. D. et Howard, D. (2014). A code of ethics for the human-robot interaction profession. Dans *Proceedings of We Robot, 2014*. https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2757805

Robinson, H., MacDonald, B., Kerse, N. et Broadbent, E. (2013). The psychosocial effects of a companion robot: a randomized controlled trial. *Journal of the American Medical Directors Association*, 14(9), 661-667.

Romero, M. et Sanabria, J. (2017). Des projets de robotique pédagogique pour le développement des compétences du XXI^e siècle. Dans M. Romero, B. Lille et A. Patiño (dir.), *Usages créatifs du numérique pour l'apprentissage au XXI^e siècle*. Presses de l'Université du Québec.

Rusk N., Resnick M., Berg R. et Pezalla-Granlund M. (2008) New pathways into robotics: Strategies for broadening participation. *Journal of Science Education and Technology*, 17(1), 59-69.

Saariketo, M. (2014). Imagining alternative agency in techno-society: outlining the basis of critical technology education (EN). *Media practice and everyday agency in Europe*, 129-138.

Scopelliti, M., Giuliani, M. V., D'Amico, A. M. et Fornara, F. (2004). If I had a robot at home: Peoples' representation of domestic robots. Dans S. Keates, J. Clarkson, P. Langdon et P. Robinson (dir.), *Designing a More Inclusive World* (p. 257-266). Springer.

Sklar, E., Eguchi, A. et Johnson, J. (2002). RoboCup Junior: learning with educational robotics. Dans *Robot Soccer World Cup* (p. 238-253). Springer.

Stone, A. et Farkhatdinov, I. (2017). Robotics education for children at secondary school level and above. Dans *Proceeding of Annual Conference Towards Autonomous Robotic Systems* (p. 576-585). Springer, Cham.

Sullins, J. P. (2015). Applied professional ethics for the reluctant roboticist. Dans *Proceedings of the 10th ACM/IEEE Conference on Human-Robot Interaction (HRI2015): The Emerging Policy and Ethics of Human-Robot Interaction Workshop*.

Suto, H. (2013). Robot Literacy: An Approach For Sharing Society With Intelligent Robots. *International Journal of Cyber Society and Education*, 6(2), 139-144.

Sticef – Vol. 28, n°3 - 2021

**Technologies pour l'apprentissage de l'Informatique
de la maternelle à l'université**

Tisseron, S. (2015). *Le jour où mon robot m'aimera : Vers l'empathie artificielle*. Albin Michel.

Turkle, S. (1995). *Life on the screen: Identity in the age of the Internet*. Simon and Schuster.

Yin, R. K. (2009). *Case study research: Design and methods*, 5. Sage.

Zawieska, K. (2020). Roboethics as a research puzzle. Dans *Proceeding of the 14th ACM/IEEE international conference on human-robot interaction, 2019* (p. 612-613).