

COLLECTION

FORMATION
À DISTANCE



DISTANCE
LEARNING

Sous la direction de
Florent MICHELOT et Simon COLLIN

Préface de
Daniel Peraya

La compétence numérique en contexte éducatif

Regards croisés
et perspectives internationales



Presses de
l'Université du Québec

Des robots humanoïdes en classe pour développer les compétences numériques des élèves

Quand les robots sont intégrés en classe au service du développement de la résolution de problèmes

Julien **BUGMANN**

Dimensions abordées

Résoudre une variété de problèmes avec le numérique ; développer sa pensée critique avec le numérique

Mots-clés

Robotique ; résolution de problèmes, culture numérique ;

Niveau de formation abordé

Primaire

Résumé

Le numérique prend une place de plus en plus forte dans notre quotidien. Dans ce contexte, et afin d’agir en tant que citoyens avertis, il est important pour les élèves d’acquérir des compétences en résolution de problèmes et de stimuler leur pensée critique avec le numérique. Pour ce faire, certains outils, et en particulier les robots, permettent de travailler ces deux dimensions via l’initiation à la science informatique. À titre d’exemple, plusieurs projets novateurs concernent aujourd’hui des robots d’un type original, à savoir des robots humanoïdes. Ce chapitre présente justement les possibles recours à ces objets complexes à des fins d’apprentissages auprès d’élèves de primaire, mais aussi d’élèves à besoins particuliers et ce, en lien avec les dimensions du *Cadre de référence de la compétence numérique* en lien avec la résolution de problèmes et le développement d’une pensée critique.

Summary

Digital technology is playing an increasingly important role in our daily lives. In this context, and to act as informed citizens, it is important for students to acquire

problem-solving skills and stimulate their critical thinking with digital technology. To this end, certain tools, and robots in particular, can be used to work on these two dimensions through an introduction to computer science. By way of example, several innovative projects today involve robots of an original type, namely humanoid robots. This chapter looks at how these complex objects can be used for learning purposes with primary school students, as well as students with special needs, in relation to the problem-solving and critical thinking dimensions of the Framework of Reference for Digital Competence.

Les robots sont aujourd'hui intégrés dans toutes les sphères de la société. De la santé, à l'armée, en passant par la communication et surtout, en ce qui nous concerne, par l'éducation. Qui eut cru, il y plus de 100 ans, lorsque Karel Čapek (Čapek, 1920) utilisa le terme de « robot » pour la première fois, que cet outil se généraliserait à ce point auprès du grand public et qu'il deviendrait même un moyen d'enseignement de la culture numérique, de l'informatique, ou encore un élément de stimulation et d'émancipation pour des élèves à besoins particuliers. Lorsque ce terme sortit pour la première fois dans sa pièce de théâtre de science-fiction, il s'agissait d'évoquer pour l'écrivain, le « travail », et non pas les robots comme on l'entend aujourd'hui. Et pourtant, on s'en rapproche aujourd'hui avec des robots tondeuses, des robots aspirateurs, ou encore des robots humanoïdes d'accueil dans les aéroports ou autres gares de grandes villes dans le monde, qui « font », pour certaines, le travail des humains. Ces machines ont pris une telle place depuis quelques années qu'elles sont devenues incontournables et investissent tous les domaines, du service à la personne, à la santé, en passant par le monde du travail, avec tout ce que cela implique au niveau éthique et juridique (Kash, 2019). Dans le cadre de ce chapitre, nous aborderons ainsi la place des robots dans la société et donc leur nécessaire introduction en éducation, à des fins d'éducation numérique, et en particulier en lien avec les dimensions « *Résoudre une variété de problèmes avec le numérique* » et « *Développer sa pensée critique avec le numérique* » présentes dans le *Cadre de référence de la compétence numérique* (Ministère de l'Éducation et de l'Enseignement supérieur, 2019).

Pour ce faire, nous nous intéresserons à des robots d'un type particulier, des robots jusqu'ici peu exploités en éducation, à savoir, des robots dits « humanoïdes ». Nous présenterons donc les possibles applications de ces outils en contexte éducatif et le potentiel que cela peut représenter pour mieux comprendre le monde qui nous entoure et développer la culture et la citoyenneté numérique, via la résolution de problèmes et le développement d'une pensée critique, de chacun et plus spécifiquement des élèves. Plusieurs interrogations guident notre travail et notamment celles sur la place de ces machines dans notre quotidien et les conceptions des élèves envers la robotique aujourd'hui. Quel regard portent-ils sur ces machines ? En comprennent-ils le fonctionnement ? Comment les voient-ils ? Que pouvons-nous leur apporter, en lien avec l'éducation numérique, et notamment la résolution de problèmes, en introduisant ces objets en classe ?

Nous tenterons d'apporter des réponses à ces différentes questions à travers la présentation et l'étude des principaux résultats de deux projets originaux menés auprès d'élèves de primaire et qui concernent tous deux le recours à des robots humanoïdes en classe. Dans la première situation, le robot humanoïde vient en support pour stimuler les apprentissages en informatique des élèves et dans le second, il s'agit de

s'appuyer sur cette machine humanoïde pour aider les élèves ayant un ou des troubles du spectre de l'autisme à mieux comprendre le monde dans lequel nous vivons.

La compétence numérique en question

1. Le recours à des robots en éducation permet-il d'améliorer la résolution de problèmes chez les élèves ?
2. Peut-on développer la pensée critique des élèves via des activités de robotique et de citoyenneté numérique ?

1 Les robots pour améliorer la résolution de problèmes et développer la pensée critique des élèves

Les robots sont aujourd'hui omniprésents dans notre quotidien. Qu'il s'agisse de robots pouvant assister les chirurgiens, de robots en soutien pour les activités domestiques telles que le ménage ou la tondeuse, de robots de sol à des fins d'initiation à la programmation ou encore de robots à visée sociale, capables d'avoir une conversation, les robots ont véritablement pris un rôle fort dans notre société. L'émergence de l'intelligence artificielle depuis quelques années va d'ailleurs très probablement accroître ce phénomène et les usages sociétaux des robots vont très certainement s'amplifier encore avec des adaptations auxquelles on ne s'attendait pas il y a quelques années, que cela soit dans la gestion des relations hommes-machines ou autre.

L'école n'échappe pas à cet élan et intègre de plus en plus les machines dans ses activités, aidée en cela par l'introduction de l'éducation numérique dans les programmes scolaires, comme c'est le cas dans de plus en plus de pays (France, Grande-Bretagne, Canada, Suisse, etc.). Ainsi, il est possible aujourd'hui de rencontrer dans des salles de classe des robots de tous types, comme nous allons le voir dans cette partie, avec pour objectif(s) de développer les compétences en résolution de problèmes des élèves, de stimuler leur regard critique et d'en faire des citoyens avertis et éclairés. Mais pourquoi est-ce si important d'avoir recours à ces machines afin de développer la résolution de problèmes et la pensée critique des élèves ?

1.1 En quoi est-ce important d'aborder la question des robots à l'école ?

Les robots sont des éléments à part entière de notre culture et ont une longue tradition dans notre environnement et dans notre société. Leur origine et la fascination des robots remonte à très longtemps (Devillers, 2017) et leur place aujourd'hui dans notre quotidien s'est construite progressivement, entre progrès technique et imaginaire collectif. Aidés en cela par les différentes productions cinématographiques de type Robocop, Wall-E ou autres I-Robots, ils incarnent le progrès, l'évolution et la robotisation de notre société avec bien souvent, et nous le constaterons dans le cadre de chapitre, avec une teinte romancée ou imaginaire. Avec les robots éducatifs, il est désormais possible de s'approcher assez facilement d'activités pratiques d'apprentissages en lien avec l'éducation numérique et notamment l'informatique. Ceci est particulièrement intéressant alors que ces apprentissages deviennent de plus en plus

recommandés aujourd'hui à l'école, voire « prescrits » comme le disent Vandeveldt et Fluckiger (2020). La place de ces outils dans les salles de classe, et notamment au primaire, remonte à des dizaines d'années (Baron et Drot-Delange, 2016) et leur diversité permet différents apprentissages, y compris pour des robots qui se ressemblent parfois, tels BeeBot et ProBot mais qui ont des caractéristiques éducatives pouvant être très différentes (Grugier, 2021).

Il n'est donc pas étonnant de voir se multiplier ces outils à des fins éducatives. Par ailleurs, l'entrée dans l'ère numérique actuelle, qui serait à placer au même niveau que celle de l'imprimerie (Cardon, 2019), devrait s'accompagner de modifications et d'adaptations de la sphère scolaire et des contenus d'apprentissages et cela notamment en apportant davantage de liens avec l'informatique dans les salles de classe. En effet, le numérique est une culture, car il englobe un ensemble d'éléments qui concernent tant les enjeux politiques, sociaux, économiques, etc., et l'on parle donc de culture numérique depuis de nombreuses années lorsque l'on aborde la question des technologies de l'information et de la communication (Proulx, 2002). Cette culture numérique est cependant très fortement dépendante de l'environnement familial (Fluckiger, 2008) et il est important pour l'école de trouver aujourd'hui la place pour accompagner celles et ceux qui en éprouveraient le besoin. Comprendre le monde d'aujourd'hui, c'est aussi comprendre le numérique, son fonctionnement et son impact sur la société. Pour ce faire, il est capital de viser une compréhension des machines via l'initiation à la science informatique et de chercher à développer une citoyenneté numérique pour les élèves.

Le Conseil de l'Europe définit d'ailleurs cette dernière de la manière suivante :

L'éducation à la citoyenneté numérique est l'autonomisation des enfants par l'éducation ou l'acquisition de compétences pour l'apprentissage et la participation active à la société numérique.

Il s'agit des connaissances, des aptitudes et de la compréhension nécessaires aux utilisateurs pour exercer et défendre leurs droits et responsabilités démocratiques en ligne, et pour promouvoir et protéger les droits de l'homme, la démocratie et l'État de droit dans le cyberspace.

La citoyenneté numérique représente une nouvelle dimension de l'éducation à la citoyenneté qui vise à apprendre aux élèves à travailler, vivre et partager dans des environnements numériques de manière positive. (Conseil de l'Europe, 2023)

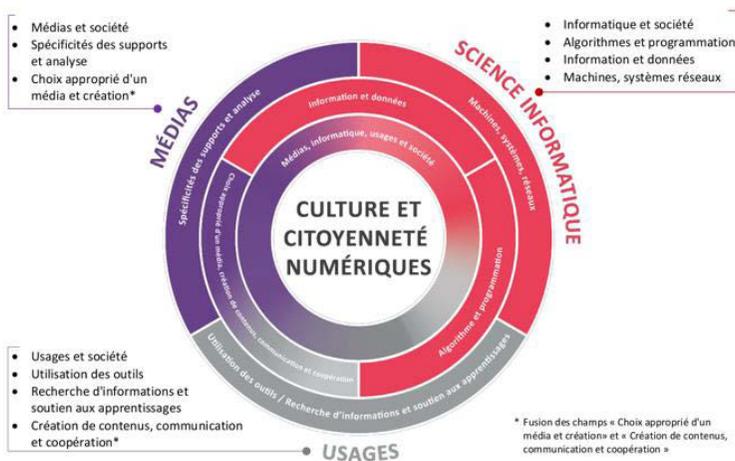
Il s'agit donc pour tout un chacun de bénéficier de l'ensemble des capacités pour comprendre le monde qui l'entoure, alors que celui dans lequel on évolue est aujourd'hui presque autant numérique que réel, le défi est grand.

Ainsi, le fait d'interroger la place d'outils numériques aussi évolués que les robots permet donc de questionner également l'évolution des technologies sous une double dimension : algorithmique et physique. En effet, à l'inverse des ordinateurs, les machines telles que les robots possèdent une représentation physique qui sous-tend certains usages. En effet, un robot avec des bras devrait pouvoir attraper des objets, un robot avec une lame devrait pouvoir couper ou tondre quelque chose, un robot avec des ailes devrait pouvoir voler, etc. Les robots pourraient ainsi être de véritables outils à découvrir, à manipuler, à tester, pour comprendre l'environnement numérique actuel et c'est d'ailleurs ce qui est proposé dans différents champs scolaires. C'est le postulat que de nombreux pays ont fait depuis de nombreuses années pour aider les élèves à s'initier à l'éducation numérique.

1.2 S'initier à l'éducation numérique et à la résolution de problèmes avec des robots

L'essor du numérique apporte de plus en plus de besoins en termes de formation professionnelle, y compris dans le domaine de l'éducation. Si les élèves doivent être formés, il faut que les enseignants puissent suivre le rythme et se mettre à jour. Au Québec, depuis 2018, le *Cadre* de référence de la Compétence numérique a permis de poser les bases d'une éducation numérique pour toutes et tous et qui peut être appliquée par les enseignants des différents degrés. Dans d'autres pays, comme en Suisse par exemple, fut mis en place depuis 2019 le plan d'études « *Éducation numérique* » (voir Figure 1), avec, tout d'abord, un projet pilote mené dans quelques classes afin de tester le dispositif, puis un déploiement à grande échelle de l'éducation numérique. Tout cela se fait ainsi au niveau primaire et secondaire. En définitive, tous les enseignants, et futurs enseignants de Suisse romande sont progressivement formés à l'éducation numérique qui comporte trois champs principaux, à savoir la « science informatique », les « médias » et les « usages ». Ces deux dernières étaient présentes dans les plans d'études précédents, mais pas la « science informatique », qui a fait son apparition depuis cette nouvelle édition. Cette dernière aborde différents aspects proches de la dimension 11 du *Cadre de référence de la compétence numérique* via les thématiques suivantes : « *Informatique et société* », « *Algorithmes et programmation* », « *Information et données* » et enfin « *Machines, systèmes et réseaux* ». Tous ces éléments visent à mieux comprendre le monde numérique qui nous entoure et en particulier ceux qui ont une proximité avec l'informatique. Le champ « *Médias* » concerne quant à lui les liens avec les médias et la société, tout comme les spécificités des supports et leur analyse, mais aussi le choix d'un média, justement pour communiquer. Enfin, les « *Usages* » concernent toute utilisation des outils en lien avec l'éducation, mais aussi l'aspect sociétal des usages et la recherche et création de contenus.

Figure 1
Représentation visuelle de la Structure globale de l'Éducation numérique dans le plan d'études romand



Source : Portail de la CIIP(2023).

Ce dispositif se rapproche fortement du *Cadre de référence de la compétence numérique*, lui aussi ancré dans un plan d'action numérique et qui a pour objectif d'améliorer l'éducation pour les élèves au Québec. Le but dans les deux situations étant de les amener à devenir des citoyens « actifs, branchés et responsables » et ayant un rôle majeur dans le monde d'aujourd'hui et de demain.

Dans l'éducation numérique, la robotique a une place forte, comme nous l'avons évoqué précédemment, et se retrouve donc fortement présente dans ces dispositifs. Mais ce type d'activités n'a pas été inventé ou créé pour les projets d'éducation numérique et cela fait plusieurs dizaines d'années que la robotique s'est fait une place auprès des élèves de primaire et de secondaire pour s'initier à la science informatique, en témoignent les travaux de Papert (1981) proposés il y a plus de 40 ans. Cependant, depuis quelques années, la robotique éducative a pris de plus en plus de place, avec des projets intégrant des robots de tous types, certains qui roulent, d'autres qui dansent, d'autres enfin qui volent, etc., pour des finalités diverses (Bugmann et Karsenti, 2018).

2 Des robots humanoïdes en classe : représentations et résolution de problèmes

Différents projets proposent d'introduire les machines en classe et en particulier les robots humanoïdes, mais très souvent, auprès d'élèves du secondaire (Nijimbere, 2014). Dans cette partie, nous allons présenter un projet de ce type et nous verrons notamment que les élèves sont fortement influencés par la représentation médiatique, voire l'imaginaire collectif, et voient principalement les robots comme ayant une forme humaine. Aussi, nous montrerons de quelle manière ces outils peuvent aider à stimuler la résolution de problèmes de ces élèves. En effet, ces activités de programmation ont un grand potentiel pour la structuration de la pensée et le développement de l'esprit critique (Parent, 2022), pour le développement de la résolution de problèmes (Komis *et al.*, 2017) et la construction d'une culture technique (Grugier, 2021). Nous avons en effet pu relever cela dans nos différents projets.

Le dispositif que nous allons présenter fait partie d'un projet d'intégration de robots humanoïdes développé en Suisse, dans le canton de Vaud, après avoir été initié au Québec il y a quelques années, et qui avait pour vocation d'interroger la place et la confiance attribuées aux machines dans notre société et en particulier à l'école.

Le premier volet consistait en une initiation à la science informatique auprès d'élèves de primaire de 4 à 6 ans, en Suisse, dans lequel 50 élèves ont participé et lors duquel nous souhaitions observer l'impact d'un tel outil sur les apprentissages des élèves et par la même occasion, développer leur éducation numérique et leurs compétences en résolution de problèmes via la programmation.

2.1 « Robot, est-ce que tu m'aimes ? »

Cette phrase, « *Robot, est-ce que tu m'aimes* », maintes fois entendue lors des séquences robotiques en classe, est tout à fait symptomatique des enjeux actuels en termes d'introduction des robots dans des environnements éducatifs, mais aussi de la nécessité d'avoir recours à ces outils pour l'éducation numérique. En effet, les robots sont très souvent vus par les élèves comme étant des êtres à part entière, et non pas de

« simples » assemblages de plastique, de fer, de moteurs, avec un ordinateur programmé pour fonctionner.

Dans le cadre de ce projet, c'est tout d'abord la compétence « Développer sa pensée critique envers le numérique » qui est visée. En effet, l'objectif est ici de développer un regard critique sur la place du numérique en éducation, via la robotique, et plus spécifiquement de l'aborder avec les élèves.

Nous avons ainsi fait le choix de proposer une première rencontre avec le robot NAO dans laquelle nous décomposons les conceptions des élèves pour les amener à recomposer leurs connaissances, à l'image du modèle allostérique de Giordan (1998). Pour ce faire, nous avons tout d'abord procédé à une mise en évidence de leurs conceptions et représentations de ce que sont les robots. Avant toute intervention du robot, nous avons procédé à une séance de découverte du robot NAO en leur demandant de dessiner un robot. Il est utile de préciser que nous leur avons uniquement parlé de « robot » et non de « robot humanoïde ». Ils n'avaient donc aucune indication sur le type de robot qui allait leur être présenté. Et cela rend leurs productions encore plus intéressantes car ils ont, dans une très large majorité, dessiné un robot humanoïde, soit un robot avec des bras, des jambes et une tête. Ces robots étaient parfois carrés, parfois ronds, mais toujours avec en lien avec l'humain.

Cette première phase correspondait donc à un premier cliché de leurs représentations. Lors de la seconde phase de cette initiation à la robotique, nous travaillions sur ses composants, du micro au hautparleur, en passant par les capteurs et autres actionneurs. Pour cela, nous invitons par exemple les élèves à venir parler au robot pour les aider à comprendre pourquoi il répondait à certaines phrases et pas à d'autres en raison du programme installé ou d'une mauvaise formulation de la demande. Ensuite, lors de la phase 3, nous présentons un ensemble d'actions, de mouvements et de possibilités offertes par le robot, en expliquant comment il était capable de faire tout cela. Nous le faisons danser, jouer au football ou s'allonger, s'assoier, se lever, chanter.

Il était aussi très intéressant de relever les multiples demandes des élèves au robot : « tu sais sauter ? », « tu sais faire la roue ? », « tu sais marcher sur les mains ? », mais aussi et surtout leur grand souhait d'affection envers la machine « je peux lui faire un câlin ? », « je peux lui faire un bisou ? » qui dénotait tout de même d'un fort anthropomorphisme.

Plusieurs élèves ont fait état de véritables compétences et connaissances en informatique et notamment concernant les composants des robots. Certains élèves étaient en effet capables de nous expliquer le fonctionnement du robot et de ses différents capteurs : « il a des piles ou de la batterie et après il bouge avec ce qu'il entend ».

Figure 2

Dessins des élèves lorsqu'il leur était demandé, avant la première rencontre, de dessiner un robot



Il était intéressant de constater que lorsqu'il était demandé aux élèves à quoi servait le robot qu'ils avaient dessiné, les réponses concernaient des activités qu'ils ne font très certainement pas à la maison et comportaient, dans bien des cas, une utilité originale : « Il apporte à manger », « Il fait à manger », « Il répare le soleil », « Il s'occupe de la nature », « Il fait de la glace et de la neige », « Il coupe du bois », « Il aide le zoo », « Il fait le petit déjeuner », « Il fait les déchets », ou encore « Il joue avec moi ». Nous demandions également s'ils avaient déjà vu des robots, mais à part ceux de l'école et certains robots à la télévision, ils n'en avaient jamais rencontré. Nous explorions ensuite les usages possibles des robots au quotidien et où se situaient les réels besoins d'avoir un ou des robots dans la société. Le but étant ici de réaliser que ces machines avaient certaines fonctionnalités qui pouvaient nous être utiles, et que pour d'autres, il était tout à fait possible de s'en passer. Ce projet visait à « prendre conscience des enjeux liés aux médias, aux avancées scientifiques, à l'évolution de la technologie et à l'usage que l'on en fait pour « poser un jugement critique, notamment en ce qui concerne les bénéfices et les limites du numérique ».

De ce premier contact, nous pouvions alors construire la suite de l'activité et amener les élèves à programmer le robot, ce que nous avons proposé dans un deuxième temps.

2.2 Apprentissages en science informatique

L'autre versant du projet consistait donc à la stimulation des apprentissages des élèves en programmation et le développement de la résolution de problèmes. Les activités robotiques ayant montré des effets positifs sur la motivation des élèves (Kaloti-Hallak *et al.*, 2015), il nous apparaissait important de tenter de développer ce type d'approche avec l'outil inédit qu'est le robot humanoïde NAO. Par ailleurs, il est fréquemment relevé un manque en termes de faculté de décentration chez les élèves et nous pensions

que ce type de robot pouvait être un atout intéressant pour stimuler l'engagement des élèves. Mais nous avons un défi à résoudre : comment amener des élèves de primaire à programmer un robot humanoïde, alors que celui-ci nécessite l'utilisation d'une application particulièrement complexe à utiliser ? En effet, pour proposer des défis de programmation aux plus jeunes élèves de primaire, il nous fallait mettre en place une démarche de recherche originale et sans écrans. Ce que nous avons alors tenté et que nous détaillons ci-dessous.

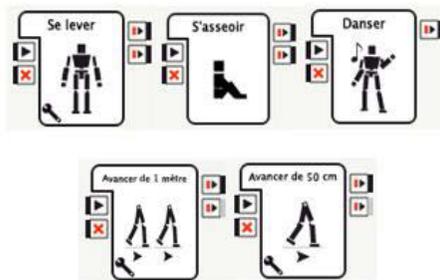
Nous avons conçu tout un matériel qui était jusqu'ici inexistant pour faire de la programmation de robot humanoïde de type NAO auprès d'élèves de 4 à 6 ans. En effet, à cet âge, la programmation débranchée (Romero *et al.*, 2019) ou sans moyen électronique actif (SMEA) (Bugmann *et al.*, 2022) est privilégiée pour traiter des algorithmes, comprendre ce qu'est un programme, et simuler le comportement d'une machine. Ce projet correspond parfaitement aux différents éléments de la dimension « Résoudre une variété de problèmes avec le numérique » : (1) « analyser une situation pour se faire une représentation complète et adéquate d'un problème, puis élaborer une solution satisfaisante et la mettre en œuvre ».

Pour cet élément, nous avons conçu des défis de programmation à réaliser par les élèves. Ces défis comportaient différents apprentissages à réaliser en lien avec la science informatique et notamment le codage, le décodage, le débogage, et ce en travaillant la décentration, liée à l'orientation dans l'espace et qui demeure indispensable à maîtriser pour les élèves dans toute activité robotique pour laquelle il faut faire se déplacer un objet tangible.

Aussi, ce projet couvre l'élément (2) « Mobiliser différentes ressources et agir avec créativité pour résoudre un problème » car les élèves ont eu à s'appuyer sur la consigne donnée, le tableau de programmation et devaient produire leur parcours. Il n'y avait pas nécessairement une seule et bonne réponse aux défis proposés.

Par ailleurs, ce projet a permis à chaque élève (3) « d'évaluer et ajuster sa démarche tout au long du processus » avec l'accompagnement proposé par les formateurs/enseignants dans la résolution des problèmes et la possible modification des problèmes proposés. Enfin, dans certains cas, les élèves pouvaient s'entraider avec des activités à réaliser en équipe, ce qui fait écho à (4) « solliciter ou proposer du soutien pour développer une solution collaborative ».

Figure 3
Cartes de programmation créées pour le projet



Nous avons ensuite conçu un tapis de sol, identique à ceux utilisés avec le robot BlueBot, mais aux dimensions du robot NAO (voir figure 4). Sur ce tapis de sol, les élèves retrouvaient différentes images d'objets à atteindre, à éviter ou sur lesquels le robot devait s'asseoir pour réussir le défi.

Figure 4

Tapis de sol créé pour le projet avec le robot humanoïde NAO



Nous cherchions ici à permettre aux élèves de s'initier à la programmation en résolvant des problèmes liés à de la programmation d'un système complexe, en l'occurrence un robot humanoïde. Dans le cadre de ces défis, les élèves devaient faire faire un parcours au robot en proposant le bon programme à l'aide des cartes imprimées au programmeur du robot. Le robot exécutait alors le programme et les élèves pouvaient vérifier la réussite ou non de leur proposition. Enfin, les élèves pouvaient corriger le programme s'ils échouaient et recommencer jusqu'à réaliser l'ensemble des défis.

À l'étude des comportements et stratégies développées dans ces activités de programmation, nous avons pu relever différentes stratégies. Certains utilisaient leurs corps pour anticiper le programme et le simuler quand d'autres se mettaient à la place du robot et « jouaient » le déplacement de NAO. Cette stratégie était donc à mi-chemin entre le jeu du robot et la programmation. D'autres enfin posaient les cartes sur le tapis et réunissaient ensuite le programme dans son ensemble pour le proposer au programmeur.

Tous les élèves sont parvenus à créer les programmes en débranché et une nouvelle étape de la recherche sera désormais d'étudier plus précisément les stratégies appliquées par chacun pour en identifier les différences entre les élèves. Dans tous les cas, ce projet a montré à quel point il était possible d'utiliser un tel outil, y compris auprès des plus jeunes élèves à des fins d'initiation à la science informatique et donc pour toucher deux dimensions principales qui sont la résolution d'une variété de problèmes, mais aussi le développement d'une pensée critique envers le numérique.

3 Des robots humanoïdes pour développer la culture numérique et stimuler la pensée critique des élèves à besoins particuliers

Les deux projets présentés ci-dessus ont mis en évidence l'intérêt d'une telle démarche auprès d'élèves issus de l'enseignement traditionnel pour découvrir et comprendre le fonctionnement des robots et s'initier tant à la résolution de problèmes qu'au développement d'une pensée critique sur ces outils. Cependant, il nous apparaît extrêmement important de ne pas omettre un certain nombre d'élèves qui sont bien souvent sortis du système scolaire traditionnel et ne bénéficient pas du même parcours, à savoir les élèves à besoins particuliers.

Nous pensons ici plus particulièrement aux élèves ayant un ou des trouble(s) du spectre de l'autisme et qui évoluent dans une institution éducative adaptée. Ces élèves rencontrent des difficultés à interagir avec les autres, souffrent de troubles de la communication (Centelles *et al.*, 2012 ; Caudrelier et Foerster, 2015) et différents projets de recherche ont montré l'intérêt de ces robots pour ces élèves ayant des troubles du spectre de l'autisme (Puglisi *et al.*, 2022 ; Szymona, 2021).

3.1 Des activités robotiques pour développer la pensée critique des élèves

Notre objectif est d'offrir le même cadre éducatif en ce qui concerne l'éducation numérique à ces élèves. En effet, ces jeunes, eux aussi, seront confrontés à ces machines dans leur vie quotidienne et devront apprendre à les comprendre et à les connaître pour savoir les utiliser en toute connaissance, ce qui nous renvoie à la dimension 11. *Développer sa pensée critique envers le numérique du cadre de référence de la compétence numérique*). C'est en ce sens que nous avons développé le projet ROB'ASD, qui prévoit le recours à des robots humanoïdes dans ce contexte.

En effet, il s'agit dans ce projet de questionner et d'interroger le « contenu numérique en faisant preuve de pensée critique » pour pouvoir « l'évaluer et l'utiliser ». L'objectif sera par exemple d'amener les élèves vers une désacralisation de ce qu'est l'objet « robot » et une mise à l'écart de tout aspect magique qu'il pourrait recouvrir pour des enfants. Par exemple, le robot ne répond à des sollicitations que grâce à un programme et au recours à la détection éventuelle d'un évènement par ses capteurs. Aussi, nous leur demandions les potentialités de tels outils en termes d'usages et nous questionnions leur(s) potentiel(s) bénéfice(s) et leur(s) limite(s), ce qui rejoignait l'élément suivant de la dimension : « *prendre conscience des enjeux liés aux médias, aux avancées scientifiques, à l'évolution de la technologie et à l'usage que l'on en fait pour poser un jugement critique, notamment en ce qui concerne les bénéfices et les limites du numérique* ».

Dans le cadre de ce projet, nous avons donc mis en place des séances d'interactions entre des élèves à besoins particuliers et un robot humanoïde de type NAO. Ces séances, qui avaient lieu tous les mois, étaient préparées en amont avec l'équipe éducative (enseignants, éducateurs, direction et chercheurs responsables du projet) et duraient entre 20 et 30 minutes par élèves. 22 enfants ayant des troubles du spectre de l'autisme, issus de 6 classes dans 4 établissements scolaires, ont participé au projet sur l'année 2022-2023. Ils ont rencontré le robot humanoïde NAO et ont interagi avec lui à différentes reprises.

Figure 5

Le robot humanoïde NAO en train de simuler une danse pour amener les élèves à interagir avec lui physiquement et à effectuer une activité motrice



3.2 Un impact positif notable des séances avec le robot

Chacune de nos venues était attendue par les élèves, qui demandaient très souvent à leurs enseignants ou éducateurs quand nous allions revenir dans leur classe. Pour préparer ces séances, nous choisissons donc au préalable un axe de travail et de discussion avec les élèves. Ces différents axes pouvaient parfois avoir un lien avec les activités traditionnelles liées à l'actualité (Halloween, Noël, etc.), à l'activité actuelle de la classe concernée (groupe de lecture, groupe de compétences sociales, groupe d'imitation motrice, etc.) ou être guidée par nos propres intérêts de recherche (interaction verbale, motrice, etc.).

Dans chacun des contextes, nous avons cherché à mettre en place une séquence cohérente destinée à développer les apprentissages des élèves. Par exemple, pour le groupe de compétences sociales, le robot humanoïde NAO jouait le rôle d'une tierce personne et avait pour but de stimuler les échanges. Un temps il était vendeur en boulangerie, un autre, il était chauffeur de bus, etc. L'objectif étant de permettre aux élèves d'avoir une possible interaction extérieure avec un outil qui les fascinait. Nous utilisons ce temps pour échanger avec les élèves et NAO devenait ainsi ce que l'on peut appeler un «robot social médiateur» (Baddoura, 2017). Il nous permettait d'entrer, nous en tant qu'adultes, en interaction avec les élèves, ce qui était assez surprenant car ceux-ci ne nous connaissaient pas avant notre venue. C'est clairement par l'intermédiaire de NAO que ces élèves ont pu évoluer sur ce point et développer leur relation avec les adultes présents dans l'équipe, mais aussi leurs enseignants et éducateurs présents lors des séances. Et lorsque nous débrefions avec l'enseignant à ce sujet, il nous apparaissait d'autres effets que nous ne soupçonnions pas. Par exemple, dans le groupe de lecture avec deux élèves ayant un TSA, lors de notre première venue, un des deux élèves a pris un des livres à lire et l'a lu dans son intégralité, pendant plus de la moitié de la séance (35 minutes). Le robot humanoïde n'a fait qu'encourager à quelques moments la lecture en parlant, mais est resté assis face à l'élève sans bouger et sans autre interaction de notre part. À la fin de la séance, nous avons fait part à l'enseignante de notre impression positive laissée par le calme des élèves dans l'activité et l'application de l'élève pour la lecture du livre. Elle nous a alors affirmé que cela n'est «jamais arrivé» et que ces élèves «ont habituellement 5 secondes de concentration et que ce qui vient de se produire n'est jamais arrivé». La

simple présence du robot face aux élèves les a mis dans une situation de grande concentration et d'application, que même leur enseignante ne leur connaissait pas.

Par ailleurs, dans ce projet, nous avons également cherché à développer la culture numérique de ces élèves et leur regard critique en demandant au groupe de dessiner ce qu'était pour eux un robot avant même notre venue. Les 6 élèves participants au projet ont dessiné un robot à forme humanoïde avec une tête, des bras et des jambes ou parfois des roues.

Figure 6

Dessins des élèves lorsqu'on leur demande de dessiner un robot



Ces productions, là aussi très orientées par les médias, le cinéma ou l'imaginaire collectif montrent à quel point les représentations erronées sont là aussi très présentes sur ce que peut être un « robot ». Dans le cadre de notre projet, nous avons justement essayé de contrer cela et de développer la culture numérique des élèves sur ces différents points en leur décrivant les différents composants du robot et son fonctionnement. Il ne leur a par exemple jamais été caché que le robot était programmé par le chercheur présent dans la pièce et les élèves venaient même parfois observer ce qui était fait sur l'ordinateur pour faire fonctionner NAO. Et c'est là aussi que quelque chose est à poursuivre au niveau de la recherche car ces élèves qui savaient que le chercheur programmat NAO nous demandaient aussi de « continuer à le programmer et à le faire parler » pendant qu'eux allaient s'installer face au robot et « discutaient avec lui » comme si de rien n'était.

3.3 Un effet notable et surprenant du dispositif sur le comportement des élèves

Un autre exemple d'effet surprenant de ce type de dispositif a également pu être relevé sur l'évolution du comportement de certains élèves qui avaient, notamment, des difficultés dans l'expression verbale et physique (dans le mouvement ou la coordination). En effet, les enseignants nous ont fait part d'un véritable gain sur plusieurs d'entre eux à la suite du passage du robot humanoïde NAO dans leur classe. Par ailleurs, les élèves ont rapidement progressé dans la relation avec le robot et ont par exemple pris très rapidement part à une discussion active avec lui, ce qui n'était

pas si évident lors de la première rencontre. Aussi, on a pu relever une forte persévérance chez plusieurs élèves dans les tâches, notamment lorsqu'ils répétaient leur question alors que le robot prenait trop de temps à leur répondre, ce qui peut arriver dans certaines situations. Enfin, toujours au niveau de l'évolution positive dans la relation entre les élèves et le robot, nous avons pu relever une augmentation de leur confiance au bout de 3 séances seulement. Certains venaient immédiatement en disant au robot : « On commence par quoi aujourd'hui »?. Ces mêmes élèves sont généralement dans une situation de retrait et d'effacement que nous avons pu remarquer en classe, et qui s'estompait rapidement en présence du robot.

Comme pour le développement de la pensée critique, vu dans la dimension 11 du *Cadre* de référence de la Compétence numérique, nous avons cherché à stimuler leur réflexion sur le monde d'aujourd'hui avec une démarche de recherche interrogeant la manière dont les élèves se représentaient NAO et quelle pouvait être son incidence sur le monde d'aujourd'hui et sur le fonctionnement de la société. Par un questionnement sur l'origine et le but de ces machines dans la société, nous cherchions à atteindre ce but. Pour certains élèves, ce fut plus qu'une réussite, au point d'en faire une thématique de projet. En effet, pour un des élèves qui était en classe d'adaptation, c'est-à-dire qu'il se rendait dans une autre classe une heure par semaine pour se rapprocher du système traditionnel, les robots sont devenus son sujet d'exposé. À sa demande, il a ainsi préparé toute une présentation sur les robots, et particulièrement les robots humanoïdes, en décrivant leurs origines, leurs composants, leurs fonctions et leur utilité dans la société. Les autres élèves, d'une classe dite « traditionnelle » lui ont posé de multiples questions sur ces outils et cet élève, ayant un TSA, et qui avait, selon l'équipe éducative des difficultés dans la prise de parole et dans la concentration dans les tâches a parfaitement joué son rôle d'expert. Ce fut une grande réussite pour lui, pour ses enseignants et éducateurs et ses camarades qui ont été captivés par la présentation. Cet élève, en manque de confiance, est parvenu, grâce au robot humanoïde NAO, à surmonter cela, et c'est peut-être une des plus grandes réussites de ce projet.

Toutefois, il faut noter que ce parcours ne se fait pas sans accros et les défis sont nombreux, tant au niveau matériel qu'en termes de formation pour les adultes participant au projet. En effet, un tel robot a un cout financier certain et équiper tous les établissements ne serait pas réalisable en l'état. Aussi, une option viable reste celle de la mutualisation et du partage de ces outils. En partageant le robot entre différentes classes ou écoles, il serait possible d'aller vers une amélioration des dimensions concernées par le dispositif pour de nombreux élèves. Par ailleurs, la complexité de l'outil est aussi à prendre en compte et un autre frein pourrait concerner l'accompagnement et la formation des enseignants à ces machines si complexes. Il est effectivement indispensable de se former à l'utilisation de ces outils et les dispositifs seraient à améliorer en ce sens. Toutefois, même en restant en marge des activités, les enseignants ont été intégrés au dispositif que nous venons de présenter et ont accompagné les élèves. Ils ont conçu les séquences avec les chercheurs et ont préparé les activités avec les élèves via des dessins, des bricolages, des lectures et des créations d'histoires en lien avec la robotique.

Désormais, et en guise de confiance, il est à noter que tous les établissements ayant participé à la recherche souhaitent prolonger le dispositif et sont d'ores et déjà revenus vers nous pour que nous remettions en place les activités pour l'année suivante. Ce que nous avons fait.

Conclusion

Finalement, ces différents projets d'initiation à la science informatique via la résolution de problèmes, mais aussi de robotique humanoïde vue comme nouvelle médiation thérapeutique (Tordo, 2017) pour des élèves à besoins particuliers, ont montré qu'ils pouvaient être efficaces et soutenir les élèves dans leurs apprentissages, mais aussi stimuler leur regard critique face au monde dans lequel ils vivent, en particulier par rapport à la place à attribuer aux machines et à leur fonctionnement.

La dimension « *Résoudre une variété de problèmes avec le numérique* » implique une analyse des situations vécues, des essais de solutions potentielles, la recherche de solutions collaboratives, à l'image de ce qui se fait avec la résolution de problèmes collaborative et la pensée critique (Romero, 2017). Ces différents éléments entrent parfaitement en accord avec les propositions offertes par la robotique, et en particulier la robotique humanoïde à visée éducative, qui se veut être une activité éducative tangible, innovante et complexe. Tout ce qui paraît nécessaire à la bonne construction d'une culture numérique et d'une citoyenneté numérique pour TOUS les élèves dans un monde dans lequel le numérique, et les robots sont extrêmement présents.

Julien Bugmann : Comment la compétence numérique et la résolution d'une variété de problèmes avec le numérique, mais aussi le développement d'une pensée critique envers le numérique, ont-ils joué un rôle dans mon enseignement, ma recherche et ma vie professionnelle ?

La place du numérique dans notre société s'étant extrêmement développée dans les dernières années, il est devenu aujourd'hui indispensable de questionner son potentiel en termes d'apprentissages, mais aussi de socialisation pour tous les utilisateurs. De multiples outils ont vu le jour pour cela, mais certains retiennent particulièrement notre attention grâce à leur caractère exclusif, mais aussi complexe, à savoir, les robots dits humanoïdes. Ainsi, la question qui guide nos projets actuels est la suivante : comment tirer parti des outils numériques, particulièrement riches lorsqu'on connaît leur fonctionnement, pour accompagner TOUS les élèves sous une forme innovante et efficace tout en donnant à toutes et tous les opportunités de grandir et d'évoluer sereinement dans la société ?

Références

- Baddoura, R. (2017). Le robot social médiateur : un outil thérapeutique prometteur encore à explorer. *Le Journal des psychologues*, 350, 33-37. <https://doi.org/10.3917/jdp.350.0033>
- Baron, G.-L., et Drot-Delange, B. (2016). L'éducation à l'informatique à l'école primaire. 1024- *Bulletin de la Société informatique de France*, 9, 73-79. <http://www.societe-informatique-de-france.fr/wp-content/uploads/2016/11/1024-no9-Baron-Drot-Delange.pdf>
- Bugmann, J., Chevalier, M., Pellet, J. P. et Parriaux, G. (2022). Difficultés d'enseignement et d'apprentissage de la science informatique au primaire. In *L'informatique, objets d'enseignement et d'apprentissage. Quelles nouvelles perspectives pour la recherche ?* (pp. 61-76).
- Čapek, K. (1997). *R.U.R. Reson's Universal Robots*. Éditions de l'Aube.
- Bugmann, J., Karsenti, T. (2018). Quand les robots entrent en classe. *Formation et profession : revue scientifique internationale en éducation*, 26(1), 142-145.
- Cardon, D. (2019). Introduction : Coder, décoder. Dans : D. Cardon, *Culture numérique* (pp. 5-13). Paris : Presses de Sciences Po.

- Centelles, L., Assaiante, C., Etchegoyhen, K., Bouvard, M. et Schmitz, C. (2012). Understanding social interaction in children with autism spectrum disorders: does whole-body motion mean anything to them?. *L'Encéphale*, 38(3), 232–240. <http://dx.doi.org/10.1016/j>
- Caudrelier, T. et Foerster, F. (2015). Contribution des robots sociaux aux thérapies des troubles du spectre autistique : une revue critique. Dans G. Bailly et S. Pesty (dir.), *IC2A* (25-33). Récupéré de <https://hal.archives-ouvertes.fr/cel-01110281/file/TER2015.pdf>
- Conseil de l'Europe. (2023). Portail du Conseil de l'Europe. <https://www.coe.int/fr/web/digital-citizenship-education/target-groups>. Consulté en ligne le 17 juillet 2023.
- Devillers, L. (2017). *Des robots et des hommes*. Éditions Plon.
- Fluckiger, C. (2008). L'école à l'épreuve de la culture numérique des élèves. *Revue française de pédagogie*, 163, 51-61. <https://doi.org/10.4000/rfp.978>
- Giordan, A. (1998). Apprendre I Paris, Belin.
- Grugier, O. (2021). Manipulations de robots programmables en classe par des élèves de 9-10 ans. Éducation au numérique et culture technique. *Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication pour l'Éducation et la Formation*, 28(3), 71-94.
- Kaloti-Hallak, F., Armoni, M. et Ben-Ari, M. (2015). Students' attitudes and motivation during robotics activities. In *Proceedings of the workshop in primary and secondary computing education* (pp. 102-110).
- Kash, S. (2019). *La société robotisée. Enjeux éthiques et politiques*. Presses de l'Université Laval.
- Komis, V., Romero, M. et Misirli, A. (2017). A scenario-based approach for designing educational robotics activities for co-creative problem solving. In *Educational Robotics in the Makers Era 1* (pp. 158-169). Springer International Publishing.
- Ministère de l'Éducation et de l'Enseignement supérieur. (2019). *Cadre de référence de la compétence numérique*. Gouvernement du Québec. <https://www.quebec.ca/education/numerique/cadre-reference>
- Nijimbere, C. (2014). Apprendre l'informatique par la programmation des robots : cas de Nao. *Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication pour l'Éducation et la Formation*, 21(1), 63-109.
- Papert, S. (1981). *Jaillissement de l'esprit scientifique : ordinateurs et apprentissage*. Flammarion.
- Parent, S. (2022). Proposition d'une typologie des pratiques effectives de programmation visuelle. *Canadian Journal of Learning and Technology*, 48(1).
- Proulx, S. (2002) *Trajectoires d'usages des technologies de communication : les formes d'appropriation d'une culture numérique comme enjeu d'une société du savoir* Annales des télécommunications, tome 57, no. 3-4, Paris, p. 180-189.
- Puglisi, A., Capri, T., Pignolo, L., Gismondo, S., Chilà, P., Minutoli, R., Marino, F., Failla, C., Arnao, A. A., Tartarisco, G., Cerasa, A. et Pioggia, G. (2022). Social Humanoid Robots for Children with Autism Spectrum Disorders: A Review of Modalities, Indications, and Pitfalls. *Children (Basel, Switzerland)*, 9(7), 953. <https://doi.org/10.3390/children9070953>
- Romero, M. (2017). Les compétences pour le XXIe siècle. *Usages créatifs du numérique pour l'apprentissage au XXIe siècle*, 15-28
- Romero, M., Dufлот, M. et Viéville, T. (2019). Le jeu du robot : analyse d'une activité d'informatique débranchée sous la perspective de la cognition incarnée. *Review of science, mathematics and ICT education*, 13(1).
- Szymona, B., Maciejewski, M., Karpinski, R., Jonah, K., Radzikowska-Büchner, E., Niderla, K. et Prokopiak, A. (2021). A Robot-Assisted Autism Therapy (RAAT). Criteria and Types of Experiments Using Anthropomorphic and Zoomorphic Robots. *Sensors*, 21, 3720. <https://doi.org/10.3390/s21113720>
- Tordo, F. (2017). Médiations robotiques et autisme infantile en psychothérapie analytique. *L'enfant, les robots et les écrans : Nouvelles médiations thérapeutiques*, 139.
- Vandeveld, I. et Fluckiger, C. (2020). L'informatique prescrite à l'école primaire. Analyse de programmes, ouvrages d'enseignement et discours institutionnels. <https://hal.univ-lille.fr/hal-02462385>

Plongez au cœur des évolutions contemporaines du numérique en éducation avec *La compétence numérique en contexte éducatif: regards croisés et perspectives internationales*.

Articulé autour des 12 dimensions du *Cadre de référence de la compétence numérique* publié en 2019 par le ministère de l'Éducation et de l'Enseignement supérieur du Québec, ce livre rassemble les réflexions de 43 expertes et experts nationaux et internationaux en 24 chapitres. De la citoyenneté numérique à l'innovation pédagogique, en passant par la culture informationnelle et l'autonomisation des enseignants, chaque page aborde des aspects constitutifs de l'intégration du numérique en éducation et les enjeux qu'il suscite.

Ce qui distingue cet ouvrage? Son habileté à marier théorie et pratique, regard critique et pistes d'intervention concrètes. Les autrices et les auteurs n'hésitent pas à aborder de front les défis contemporains: intelligence artificielle, programmation éducative, réalité virtuelle en évaluation, etc. Autant de sujets brûlants traités avec rigueur.

Que vous vous consacriez à la recherche ou à l'enseignement ou que vous souhaitiez assouvir votre curiosité par rapport aux enjeux numériques actuels, ce livre vous interpellera. Il vous offrira les clés pour comprendre et agir dans un monde éducatif en pleine mutation technologique.

Florent MICHELOT est professeur à l'Université Concordia. Ses travaux portent sur le développement des compétences numériques et informationnelles, ainsi que sur les répercussions des technologies éducatives émergentes telles que l'intelligence artificielle (IA), notamment sur le plan social et environnemental.

Simon COLLIN est professeur à l'Université du Québec à Montréal (UQAM). Il est titulaire de la Chaire de recherche du Canada sur l'équité numérique en éducation. Il s'intéresse aux enjeux d'équité, de démocratisation et de *datafication* que suscitent les technologies en éducation.

Avec la collaboration de Eleonora Acerra, Lionel Alvarez, Sylvie Barma, Mathieu Bégin, Sabine Bosler, Jean-François Boutin, Nancy Brouillette, Julien Bugmann, Wanderlucy Czeszak, Paula Daigle, Ann-Louise Davidson, Pier-Alexandre Doré, Gabriel Dumouchel, Edith Gruslin, Géraldine Heilporn, Trudi E. Jacobson, Dirk Jahn, Alina Kaiser, Raoul Kamga, Nathalie Lacelle, Thérèse Laferrière, France Lafleur, Normand Landry, Sonia Lefebvre, Alexandre Lepage, Natacha Louis, Florian Meyer, Nadia Naffi, Cathia Papi, Gilbert Paquette, Simon Parent, Daniel Peraya, Bruno Poellhuber, Sonia Proust-Androwkha, Audrey Raynault, Maggie Roy, Normand Roy, Alain Stockless, Justin Taschereau, Chantal Tremblay et Stéphanie Villeneuve