

par Elisabetta ZIBETTI * et Ilaria GAUDIELLO *

La robotique pour l'éducation

L'intérêt pour la robotique s'est fortement accru ces dernières années. En particulier, ce qui suscite l'intérêt à l'égard des kits robotiques constructibles et programmables pour des contextes éducatifs, c'est leur dimension d'« outil avec lequel penser » (Resnick, *et al.*, 1996). Cet outil peut s'adapter à différents objectifs pédagogiques et encourager plusieurs types d'apprentissage. De fait, dès sa naissance, la robotique en milieu éducatif a été pensée ainsi, et non pas uniquement comme une technologie à maîtriser. En France, le « plan pour le numérique à l'école », visant entre autres à initier les élèves au codage informatique dès la rentrée 2015, mise beaucoup dans les potentialités offertes par cette technologie pour aborder des notions d'informatique, faciliter le développement de compétences (par exemple de résolution de problème), moderniser l'enseignement et contribuer à la lutte contre l'échec scolaire. L'intégration et l'acceptation de toute technologie éducative innovante dans l'enseignement sont des questions cruciales, d'autant plus que les pratiques éducatives soutenues par la technologie sont mises en œuvre par les enseignants. La recherche se doit donc d'apporter des réponses à leurs interrogations telles que : Outre l'informatique et la robotique, quels sont les sujets que je pourrais enseigner grâce à la robotique ? Quel type de connaissances et de compétences les élèves abordent lorsqu'on travaille sur des projets robotiques ? Quel est le rôle de l'enseignant dans la mise en œuvre de ces projets ? Et enfin, a-t-elle un impact réel sur les résultats scolaires des élèves ?

Technologie robotique et finalités éducatives

Les études expérimentales qui se sont intéressées à l'utilisation des robots en contexte éducatif montrent fondamentalement trois applications pédagogiques concrètes (Gaudiello & Zibetti, 2014).

D'abord, *L'apprentissage de la robotique* implique l'utilisation du robot en tant que support pour apprendre la robotique (c'est-à-dire la mécanique, l'électronique et l'informatique) à travers des activités pratiques collaboratives. La finalité éducative visée est donc l'acquisition de connaissances et compétences inhérentes à la construction et à la programmation des robots.

Ensuite, *L'apprentissage avec la robotique* repose sur l'interaction entre les jeunes apprenants et un robot humanoïde ou animoïde qui recouvre le rôle de compagnon pour les apprenants ou d'assistant pour l'enseignant. La finalité éducative vise à provoquer des réactions empathiques et à créer des interactions cognitives et sociales.

Enfin, *L'apprentissage par la robotique* implique l'usage de kits robotiques de construction et de programmation. La finalité éducative est l'acquisition de connaissances et compétences liées à une matière scolaire précise – mathématiques, sciences, technologie. Mais sa finalité éducative réside aussi dans l'acquisition de compétences transversales (résoudre des problèmes, communiquer, prendre des initiatives, etc.) et dans le développement des facultés cognitives, métacognitives et sociales des élèves à travers l'autocorrection, la planification, l'esprit critique, le travail collaboratif, la confiance en soi, etc.

Quels sont les apprentissages favorisés par la robotique ?

Comme pour tout dispositif technologique, il est difficile de soutenir que l'utilisation de la robotique constitue *en soi* un véritable gain pour l'apprentissage. Toutefois, un certain nombre d'études a démontré des progrès significatifs dans la compréhension de la technologie

(programmation, systèmes), des mathématiques (les distances, les fractions, les proportions) et des sciences exactes (temps, température, etc.) (e.g., Robinson, 2005). Quelques plus rares études démontrent également un apport de cette technologie dans l'apprentissage des SVT (e.g., Gaudiello, 2015), de la musique et de l'art (e.g., Rusk, Resnick, Berg *et al.* 2008). D'autres études montrent que l'usage de la robotique à l'école apporte également une réelle amélioration au niveau du développement des compétences transversales telles que le raisonnement scientifique - l'observation, la formulation d'hypothèses, la manipulation de variables, etc. (e.g., Sullivan, 2008) ; l'attitude envers l'apprentissage des sciences et la capacité de faire face à l'échec scolaire et à progresser (e.g., McDonald et Howell, 2012). L'usage de la robotique stimule aussi le développement des habilités cognitives, (consultation de documents, écoute, rédaction de rapports) métacognitives (structuration et formalisation de la pensée), affectives (les élèves s'engagent dans des activités porteuses de sens) et sociales (ils apprennent à gérer des conflits sociocognitifs) qui peuvent être transférées à d'autres domaines.

Les résultats de nombreuses études montrent que la robotique peut avoir un impact sur l'acquisition de connaissances spécifiques et sur le développement de compétences transversales. Toutefois, une récente méta-analyse relativise ces conclusions (Benitti, 2012). Deux points peuvent être soulevés :

- 1) Une grande partie de la littérature sur l'utilisation de la robotique dans l'éducation est descriptive ou anecdotique, basée sur les rapports des enseignants. Les études expérimentales rigoureuses ou longitudinales, et notamment avec des groupes de contrôle, sont rares.
- 2) Le potentiel de la robotique pour les apprentissages est directement lié à la mise en œuvre d'une approche et d'une scénarisation pédagogiques adaptées.

Comment mettre en œuvre des activités de robotique à l'école ?

Les recherches sur les approches pédagogiques compatibles avec le paradigme « apprendre par la robotique » constituent actuellement un secteur d'étude actif au sein la Robotique Éducative (Alimisis, 2013 ; Gaudiello, 2015) : ce fût l'objet du projet européen Pri-Sci-Net entre 2011 et 2014, alliant chercheurs en Sciences de l'Éducation et en Psychologie. Dans ce contexte, ont été conçues et testées des activités pédagogiques utilisant les technologies robotiques pour l'apprentissage des sciences. Les ateliers se sont déroulés au sein d'une école primaire auprès de 25 élèves de CM1-CM2 et ont porté sur des activités élaborées suivant une approche pédagogique appelée IBL (*Inquiry Based Learning*), qui, appliquée aux Sciences, devient IBSE (*Inquiry Based Science Education*). L'objectif de ces ateliers était de tester les éventuels bénéfices de la conjugaison robotique et IBSE.

L'IBSE préconise un apprentissage basé sur la recherche et l'expérimentation qui puise sa philosophie dans les principes fondateurs de la théorie constructiviste. Cette dernière prône un apprentissage progressif et actif, où les élèves construisent leur savoir en alternant des phases d'activités pratiques et de pensée abstraite qui leur permettent d'organiser les nouvelles connaissances dans des schémas mentaux indispensables pour une prise de conscience de ses propres apprentissages. Grâce à cette approche, les élèves sont confrontés à des interrogations ou à des défis ouverts, dont les réponses et les solutions impliquent l'acquisition de savoirs empiriques, collaboratifs et transférables (Bell, 2010). L'approche IBSE permet de structurer en étapes les activités pédagogiques, en partant de la formulation des questions de la part des élèves sur le sujet proposé par l'enseignant, jusqu'à la résolution du problème posé, tout en favorisant une participation active de la classe.

L'un des ateliers testés, baptisé RObeeZ, a consisté à créer une ruche robotique, incluant 5 types d'abeilles-robots (reine, nourrice, maçonne, gardienne, butineuse). Tout au long de l'année scolaire, les 25 élèves d'une classe de CM1 ont construit, programmé et perfectionné

ces abeilles-robots en travaillant en équipe. À la fin du projet, des expositions et des séminaires à destination des collégiens ont été organisés pour partager cette expérience pédagogique.

L'objectif de l'étude était d'évaluer les effets combinés de l'approche IBSE et de la robotique sur les processus d'apprentissage et sur l'évolution des résultats scolaires. Notamment sur l'acquisition des connaissances en mathématiques et en SVT, l'acquisition de compétences transversales et le développement des facultés cognitives, métacognitives et sociales. Pour évaluer ces effets, quatre types de données ont été récoltés : des évaluations quantitatives (comparaison des relevés de notes du premier et dernier trimestre de l'année 2014), qualitatives (comparaison des bulletins de compétences personnels du premier et dernier trimestre 2014 faite par les enseignants), l'auto-évaluation des élèves (questionnaire incluant 19 questions sur les dimensions cognitive, affective, sociale et métacognitive de l'apprentissage, auxquelles les élèves devaient répondre en attribuant un score de 0 à 5) et une interview avec les enseignants, visant à une appréciation générale des bénéfices du projet sur les dynamiques d'enseignement-apprentissage dans la classe (Gaudiello, 2015).

Les résultats montrent un impact statistiquement significatif sur les résultats scolaires en mathématiques : les notes des élèves en résolution de problèmes, géométrie, et mesures sont plus élevées à la fin du projet RObeeZ. En revanche, aucun effet probant n'a été constaté sur les résultats en SVT.

À la fin du projet, les enseignants ont été invités par les chercheurs à fournir une évaluation qualitative de l'impact du projet RObeeZ sur la progression des compétences des élèves telles que : consulter des documents, s'exprimer à l'oral et à l'écrit dans un vocabulaire approprié, organiser les données d'un problème en vue de sa résolution, communiquer, pratiquer une démarche d'investigation (observer, questionner, expérimenter, etc.), s'impliquer dans un projet, montrer de la persévérance, et s'auto-évaluer. Deux groupes d'élèves ont ainsi émergé, sur la base des résultats notés dans les bulletins de compétences : groupe à faible progression, et groupe à forte progression. Les résultats de cette évaluation qualitative montrent une forte progression dans le dernier trimestre pour les élèves qui étaient en grande difficulté au premier.

Les auto-évaluations des élèves impliqués révèlent que le projet a eu un impact positif notamment sur la dimension affective (appréciation du projet et désir de s'engager dans la réalisation d'un nouveau projet) et sociale (échanger, organiser un travail de groupe), mais aussi sur la dimension cognitive (correction de connaissances naïves sur les abeilles et sur les robots, acquisition de nouvelles connaissances) et métacognitive (prendre conscience de l'utilité de la technologie pour apprendre le contenu d'une leçon, être capable de transférer à d'autres projets les savoir-faire acquis).

Enfin, les interviews avec les enseignants révèlent que les activités pédagogiques de robotique supportées par l'approche IBSE ont aussi un impact sur les attitudes des élèves. Ces derniers sont décrits par les enseignants comme curieux, désireux d'exprimer leur point de vue, attentifs à leurs pairs, et constants dans leur engagement vis-à-vis du projet. De leur côté, les enseignants témoignent que la façon de concevoir l'enseignement change dans ce type d'environnement pédagogique : la participation active de la classe et la réussite du projet ont à leur avis donné une impulsion importante pour la mise en œuvre de nouveaux projets.

Globalement, ces résultats apparaissent cohérents avec ceux de la littérature théorique et expérimentale sur les bénéfices de la robotique éducative à l'école, notamment lorsque cette dernière est supportée par l'approche IBSE (e.g., Eguchi & Uribe, 2012).

Conclusion

Au vu des études disponibles sur le sujet, l'intégration de la robotique à l'école est envisageable lorsqu'elle est « orchestrée » au sein d'une approche pédagogique adaptée. Elle peut alors stimuler une réelle transformation dans la façon d'enseigner et d'apprendre, basée sur la co-construction des connaissances, des compétences, et des attitudes des élèves. La combinaison des activités robotiques et de l'approche IBSE semble ainsi permettre une compréhension approfondie des concepts en mathématiques et favoriser le changement de posture des élèves et des enseignants. Dans ce contexte la complémentarité entre les deux dimensions de l'apprentissage « orienté humain » et « orienté technologie » pourrait véritablement déployer son potentiel éducatif et inciter les élèves à vivre la technologie comme des apprenants intentionnels et coauteurs de leurs propres savoirs et outils d'apprentissage.

* Elisabetta ZIBETTI - Doctorat en Psychologie Cognitive obtenu en Déc 2001 Maître de conférences à l'Université Paris 8 depuis Sept 2003* Ilaria GAUDIELLO - Docteur en Psychologie Cognitive. Université Paris 8.* - Laboratoire CHArt - Cognitions Humaine & ARTificielle EA 4004 (Paris8/EPHE/Paris 10/UPEC/IUFM Créteil/)
LUTIN - Living Lab - FED 4246 - Cité des Sciences et de l'Industrie, Paris