

Proposition et évaluation d'un programme d'enseignement de l'informatique basé sur le modèle STEAM pour les élèves du primaire

Proposal and evaluation of a computer education program based on the STEAM model for primary school students

Lahoussine Elmahni^{1}, Soufiane Baribi², Hassan Kitane², Badr Ambri², Farid Douslimane² and Hicham Elkhalfi³*

¹Systèmes à Energie Renouvelable et Applications (SERA), Laboratoire Matériaux et Énergies Renouvelables (LMER), Faculté des sciences, Université Ibn Zohr, Agadir, Maroc.

²Ministère de l'éducation nationale, Maroc.

³Laboratoire LARSLAM, École Supérieure de l'Éducation et de la Formation (ESEFA), Université Ibn Zohr d'Agadir, Maroc.

Résumé. Le développement de l'intelligence numérique va profondément modifier aussi bien notre marché du travail que notre enseignement. Pour s'adapter à une telle situation, la généralisation d'un modèle d'enseignement basé sur la théorie STEAM (Sciences, Technologies, Engineering, Arts et Mathématiques), s'avère une solution attrayante. Cette approche interdisciplinaire qui combine la créativité (art et design) et les sciences (technologie, ingénierie et mathématiques), permet aux élèves de développer des solutions innovantes à des problèmes réels, en développant l'hémisphère gauche et l'hémisphère droit du cerveau. L'objectif de cette approche est de développer chez les apprenants un certain nombre de compétences comportementales et techniques essentielles dans un futur proche, par le biais de la robotique et du codage. Ceux-ci permettent d'introduire de nouveaux modes d'apprentissage à travers des expériences, en mode projet, par essai-erreur et résolution de problèmes. Le but de cet article est de développer un programme de robotique et de programmation destiné aux écoles primaires Marocaines et de favoriser le processus de transfert didactique des apprentissages. L'étude a montré que l'introduction des robots dans l'apprentissage au primaire est une approche concrète pour construire les nouveaux concepts informatiques.

Abstract. The development of digital intelligence will deeply change our labour market as well as our teaching. To adapt to such a situation, the

* Corresponding author: l.elmahni@uiz.ac.ma

generalization of a teaching model based on the STEAM theory (Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematics), is an attractive solution. This interdisciplinary approach that combines creativity (art and design) and science (technology, engineering and mathematics), allows students to develop innovative solutions to real problems, developing the left hemisphere and the right hemisphere of the brain. The objective of this approach is to develop among learners a number of essential behavioural and technical skills in the near future, through robotics and coding. These make it possible to introduce new learning modes through experiments, in project mode, by trial-error and problem solving. The purpose of this article is to develop a program of robotics and programming for Moroccan primary schools and to promote the process of learning didactic transfer. The study showed that the introduction of robots in primary learning is a concrete approach to building new computer concepts.

1 Introduction

Le 21ème siècle peut être considéré comme une époque unique en termes de progrès technologiques et de propagation de la mondialisation, dépassant largement les décennies précédentes. En effet, d'une part, selon une étude de Dell et « l'Institut pour le Futur (ITF) », 85% des emplois en 2030, n'existent pas encore aujourd'hui [1]. D'autre part, et selon le rapport du forum économique mondial publié en 2018 [2], d'ici 2022, 85% des entreprises concernées par l'étude affirment avoir l'attention d'adopter ou d'élargir l'utilisation de l'analyse des méga données (Big data), L'Internet des objets et les marchés basés sur les applications Web, et le recours à l'informatique en cloud. L'apprentissage automatique et la réalité augmentée et virtuelle sont également sur le point de recevoir un investissement commercial considérable. Ces changements exigeront en conséquence de nouvelles compétences en milieu de travail et dans le domaine éducatif qui est resté particulièrement statique. Plusieurs organismes et bureaux d'études ont récemment analysé des centaines de milliers d'offres d'emploi afin de déterminer les compétences dont les entreprises ont le plus besoin en 2019. Ils ont constaté que les employeurs recherchent des travailleurs possédant des compétences comportementales (soft skills) et des compétences techniques (hard skills) suivant la figure 1.

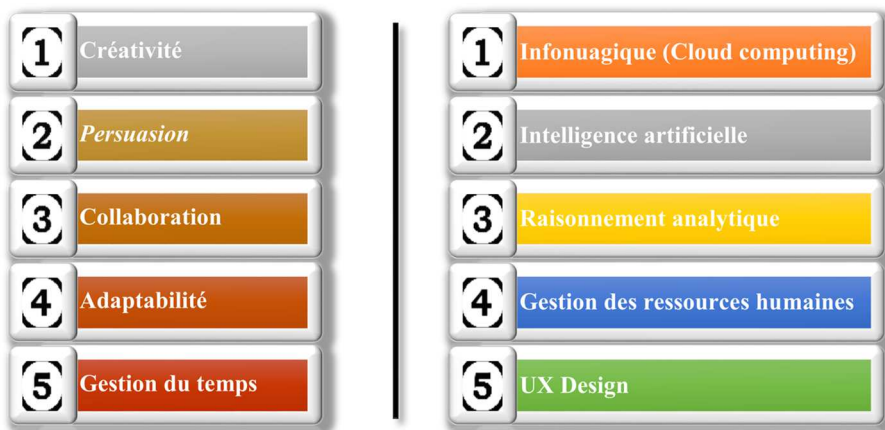


Fig. 1. Les 5 compétences comportementales (à gauche) et techniques (à droite) les plus recherchées en 2019 [2].

Dans ce contexte, Les planificateurs de l'éducation du monde entier s'efforcent de s'intéresser à des matières telles que le design, la science, la technologie, l'ingénierie et les mathématiques. Cependant, ces matières ne doivent pas être enseignées séparément mais intégrées dans une approche interdisciplinaire cohérente. Cette approche relie des disciplines discrètes et converge vers une entité, appelée STEAM [3]. Selon les auteurs [4], STEAM est une approche interdisciplinaire de l'apprentissage dans laquelle des concepts académiques rigoureux sont associés à des leçons du monde réel. Les étudiants appliquent cette méthode pédagogique dans des contextes qui établissent des liens entre l'école, la société, le travail et l'entreprise, favorisant ainsi le développement des compétences souhaitées. L'objectif de cette étude est de développer un programme d'enseignement STEAM, basé sur la robotique et la programmation, pour les écoles primaires afin de :

- Rendre simples des informations complexes et difficiles à saisir ;
- Offrir une expérience robotique complète ;
- Booster les élèves avec un esprit compétiteur à participer à des tournois nationaux et internationaux ;
- Opter pour les robots comme méthode d'enseignement du codage et de la programmation ;
- Généraliser les méthodes dites dynamiques, pour remplacer une consommation passive de la technologie ;
- Engager les élèves dans des activités de résolution co-créative de situations-problèmes.
- Nourrir les esprits curieux ;
- Introduire un certain niveau de complexité par le biais d'un défi robotique ;
- Encourager une indépendance de pensée et une approche critique des preuves des théories et des concepts dans un environnement thématique.

2 Revue de la littérature

Plusieurs études antérieures ont déjà révélé que la formation par robot améliore les résultats scolaires dans des matières connexes. L'éducation basée sur les robots est une méthode d'enseignement qui peut améliorer les capacités de réflexion, telles que la capacité de raisonnement scientifique, la créativité et la capacité de résolution de problèmes [5, 6, 7]. En outre, il a été rapporté que les étudiants peuvent expérimenter une communication sociale vivante via l'apprentissage par robots et que cette approche améliore aussi l'esprit collaboratif [8].

La préoccupation principale de nombreux concepteurs de programmes et d'universitaires, dans le cadre de l'approche (STEAM), est de trouver des méthodes et des techniques qui permettent aux étudiants d'acquérir une connaissance approfondie et intégrée des STEAMs afin qu'ils possèdent les connaissances pratiques et les compétences nécessaires pour la résolution de problèmes de la vie réelle [9]. L'article [10] par exemple, propose une étude de recherche qui a examiné la manière dont les enseignants du primaire ont intégré la robotique et le codage dans leurs enseignements. Les résultats démontrent que l'exploration et l'utilisation des kits robotiques et des activités ont aidé les enseignants à initier les jeunes étudiants à la pensée informatique. Les travaux présentés par [11], ont révélé que l'apprentissage de la pensée informatique à l'aide de la robotique éducative rapporte des gains d'apprentissage statistiquement significatifs entre l'évaluation initiale et finale des capacités de réflexion informatique des enfants.

3 Méthode

3.1 Brève présentation des manuels scolaires

Ce travail collaboratif nous a permis d'élaborer des manuels scolaires pour le primaire en appliquant l'approche STEAM pour l'enseignement de la programmation et la robotique (figure 2). Notre contribution vise essentiellement à initier les enfants à la programmation informatique afin de les aider à devenir des acteurs et non de simples consommateurs passifs.



Fig. 2. Les six manuels élaborés : informatique et robotique au primaire (niveau 1 → niveau 6).

La procédure d'élaboration du programme de l'informatique au primaire est basée sur le processus de design pédagogique ADDIE [12], comme le montre la figure 3. Ce modèle se compose de cinq étapes à savoir : L'analyse, le design, le développement, l'implémentation et l'évaluation.

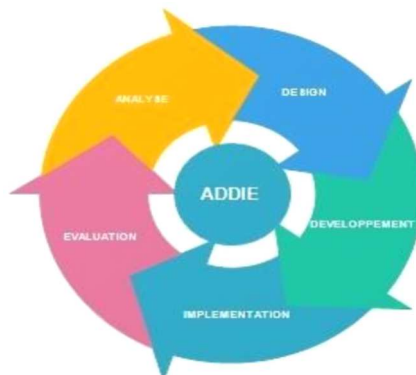


Fig. 3. Processus pédagogique adopté pour l'élaboration du programme.

Les manuels ainsi élaborés sont organisés en cinq séquences d'apprentissage : je révise, j'observe, j'apprends, je pratique et je m'évalue (Figure 4).



Fig. 4. Organisation du manuel.

Le tableau 1 résume le contenu du manuel pour chaque niveau d'apprentissage :

Tableau. 1 Contenu des manuels

Niveau	Unité 1	Unité 2	Unité 3	Unité 4	Unité 5
1	Le matériel informatique	Environnement Windows	Production des dessins	Production des documents	
2	Le matériel informatique 2	Environnement Windows 2	Production des dessins 2	Production des documents 2	
3	Le matériel informatique 3	Environnement Windows 3	Production des documents 3	Initiation à la programmation Scratch	Initiation à la robotique
4	Environnement Windows 4	Production des documents 4	Production des présentations	Initiation à la programmation Scratch 2	Initiation à la robotique 2
5	Production des documents 5	Production des présentations 2	Recherche sur internet	Initiation à la programmation Scratch 3	Initiation à la robotique 3
6	Production des classeurs	Initiation à la programmation Scratch 4	Initiation à la robotique 4	Projet	

Pour amplifier le plaisir des élèves à faire leurs devoirs, des applications Play Store ont été développées (figure 5). Dans le même souci de faciliter la tâche du professeur, un guide complet contenant toutes les ressources pédagogiques nécessaires est élaboré (figure 6).



Fig. 5. Applications Play Store



Fig. 6. Exemple d'une capture d'écran du guide du professeur.

3.2 Brève présentation du robot utilisé

L'introduction du robot dans les apprentissages de l'informatique, nous efforce à faire un choix judicieux de celui-ci en fonction de certains critères qui nous semble intéressants :

Le critère de choix le plus important est la catégorie d'âge. Il faut choisir un robot éducatif adapté à l'âge de l'enfant afin que ce matériel didactique lui soit bénéfique dans le cadre de la conceptualisation des concepts de base de l'informatique. Le deuxième critère est le respect strict des normes de sécurité. Le prix constitue un autre critère qui est modulable en fonction du nombre de projet qu'on peut réaliser avec le kit ainsi que la qualité de tous ces éléments. Le dernier critère est le langage et le moyen de programmation qui doivent prendre en compte l'âge de l'élève.

La comparaison des différents artefacts destinés à la robotique pédagogique, nous a conduit au choix du robot Thymio II (figure 7). C'est un robot développé dans le cadre d'une collaboration entre l'École Polytechnique Fédérale (EPFL) et l'École Cantonale d'Art de Lausanne (ECAL). C'est un objet robuste, en plastique blanc translucide. Il est programmé de deux façons, une première qui est dite modalité de comportement (Scratch, Blockly et VPL), une seconde qui est dite modalité de programmation (Aseba Studio). Thymio II est donc un robot mobile complet avec des comportements préprogrammés offrant de nombreuses possibilités de construction, une programmation graphique, une multitude de capteurs et d'actuateurs, c'est en conséquence un choix judicieux pour le niveau primaire.



Fig. 7. Robot Thymio II.

3.3 Collecte de données : une approche qualitative

La méthodologie consiste à faire des observations non participantes de séances de classes. Il s'agit d'une recherche de nature qualitative et exploratoire à laquelle plusieurs personnes ont participé (professeurs, responsables pédagogiques, associations...). L'objectif essentiel est d'avoir une prise de vue, d'une part, du collectif et de l'ensemble de la classe (consignes du maître, interactions avec et entre les élèves), et d'autre part, des prises de vues des travaux de binômes et de petits groupes dans le cadre de l'enseignement de l'informatique par la méthode traditionnelle et par la suite déterminer les pistes d'améliorations possibles par l'approche adoptée.

Afin de vérifier l'efficacité du programme éducatif développé, on a choisi deux écoles, l'une qui a adopté le manuel « informatique et robotique au primaire » et l'autre qui a adopté un autre livre de programmation scratch sans appel au moyen robotique. De plus, pour une meilleure éligibilité, des tests sont organisés pour les deux équipes avant et après l'application du programme éducatif.

L'objectif de notre enquête porte notamment sur la question des savoirs associés à l'informatique à l'école primaire. La question principale qui sous-tend notre recherche est liée à la manière dont les enfants s'approprient des concepts informatiques via l'utilisation du logiciel Scratch et du robot choisi. Dans quelles mesures la robotique pédagogique pourrait-elle constituer une base de connaissances informatiques pour les élèves ?

L'enquête vise à évaluer le degré d'acquisition des concepts de programmation liés aux STEAMs, et non pas à vérifier leurs scores ou leur classement, mais à attribuer des scores aux réponses correctes et non à évaluer des réponses incorrectes ou non réactives. De plus, comme la difficulté est différente pour chaque question, différents scores sont attribués en fonction de la difficulté ; difficile : 12 points, moyenne : 9 points, facile : 6 points. Au total, 24 questions ont été utilisées dans cette enquête, dont douze questions pour le pré-test et douze questions pour le posttest. Lors du pré test et du post test, quatre questions ont été placées dans chacun des niveaux supérieur, moyen et inférieur afin de maintenir le même niveau de difficulté. Cette grille d'évaluation porte essentiellement sur les notions informatiques telles que : les variables, les boucles, les conditions, les temporisations, etc. Une grille d'évaluation similaire est préparée aux professeurs afin de mesurer le degré d'assimilation de ces notions informatiques par les élèves.

4 Analyse des résultats

Les résultats essentiels auxquels a abouti ce travail sont liés notamment aux deux enseignants et à leurs élèves. En effet, pour l'enseignant de la programmation sans robotique, les élèves trouvent des difficultés plus au moins importantes, suivant les élèves, pour assimiler les concepts voulus. Tandis que pour l'autre professeur qui utilise le robot comme moyen d'apprentissage, le degré d'intérêt manifesté par les élèves est beaucoup plus important, ce qui lui a facilité la tâche d'accomplir les objectifs préprogrammés.

Quant aux élèves, Pour chaque groupe, les résultats du pré-test et du post-test ont été analysés afin d'examiner les effets du programme de formation. Cette étude a révélé que l'adoption du robot comme moyen d'apprentissage selon l'approche STEAM est bénéfique en termes de constructions conceptuelles liées à la pensée informatique. Les situations pédagogiques et les scénarios que les enseignants avaient conçus pour mettre en œuvre un apprentissage de la programmation informatique et atteindre leurs objectifs ont influencé la qualité des résultats atteints et les compétences requises. Outre les résultats portant sur les acquis des élèves en termes de conceptualisation informatique, la marge d'autonomie des enseignants a révélé également des résultats intéressants qui concernent particulièrement l'appropriation de nouveaux savoirs et la créativité pédagogique.

5 CONCLUSION

Cette étude est consacrée à l'élaboration des programmes de l'informatique au primaire basés sur l'approche STEAM. L'objectif étant d'évaluer l'intérêt des élèves du primaire pour les robots et leurs capacités de réflexion. Pour cette étude, les thèmes et les supports pédagogiques ont été développés. La conclusion obtenue à travers ceci est la suivante. Premièrement, pour accroître l'intérêt des élèves du primaire pour les apprentissages, l'approche STEAM et la robotique ont été plus efficaces que les méthodes traditionnelles d'enseignement. En particulier, elle s'est avérée efficace pour le développement de la pensée informatique, la créativité, la résolution de problèmes, la collaboration et beaucoup d'autres compétences comportementales et techniques.

Références

1. Dell, think tank Institute for the Future (ITF), emerging technologies' impact on society & work in 2030 (2017).
2. [https://fr.weforum.org/reports/the-future-of-jobs-report-\(2018\)](https://fr.weforum.org/reports/the-future-of-jobs-report-(2018))
3. M. SweKhine, S. Areepattamanni, STEAM Education: Theory and Practice, Springer, 5 (2019).
4. N. Tsupros, R. Kohler, J. Hallinen, STEM education: A project to identify the missing components. Pittsburgh, PA: Intermediate Unit 1 and Carnegie Mellon, (2009).
5. SW. Kim, Y. Lee, Development of Project-based Robot Education Program for Enhancing Interest toward Robots and Computational Thinking of Elementary School Students, *Journal de la Société coréenne d'informatique et d'information*, **24**, 1, 247-255 (2019).
6. J. Nemirow, C. Larriva, et j. mariappan, developing creative behavior in elementary school students with robotics. *The journal of creative behavior*, **51**, 1, 70-90, (2017).
7. Y.H. Ching, D. Yang, S. Wang, Y. Baek, S. Swanson, B. Chittoori, Elementary School Student Development of STEM Attitudes and Perceived Learning in a STEM Integrated Robotics Curriculum. *TechTrends*, 1-12 (2019).
8. A. Lehmann, V. Liqueste, M. Coulibaly. Robotique éducative et constitution de communs de la connaissance dans les FabLabs: un enjeu fondamental pour le développement. In : Colloque COMTECDEV: Données géospatiales, intelligence artificielle et développement. (2019).
9. J. Krajcik, I. Delen, Engaging learners in STEM education. *Eesti Haridusteaduste Ajakiri*, **5**, 1, 35-58 (2017).
10. C. Chalmers, Robotics and computational thinking in primary school, *International Journal of Child-Computer Interaction*, **17**, 93-100 (2018) <https://doi.org/10.1016/j.ijcci.2018.06.005>.
11. C. Angeli, N. Valanides, Developing young children's computational thinking with educational robotics: An interaction effect between gender and scaffolding strategy, *Computers in Human Behavior*, **105** (2020) <https://doi.org/10.1016/j.chb.2019.03.018>.
12. J. Basque, En quoi les TIC changent-elles les pratiques d'ingénierie pédagogique du professeur d'université ? "L'ingénierie pédagogique à l'heure des TIC : pratiques et recherches", *Revue internationale des technologies en pédagogie universitaire*, (Profetic), **1**, 3, 7-13 (2004).