

Une analyse des affordances technologiques des robots éducatifs pour l'école primaire

Vassilis Komis¹ Anastasia Misirli¹ et Stavroula Karagiannopoulou¹

¹ University of Patras, Rio, Patras, 26504, GREECE
komis@upatras.gr amisirli@upatras.gr

Abstract. Les dernières années, on constate une prolifération des robots avec des affordances et des fonctionnalités hétérogènes, permettant de diversifier les activités pédagogiques et d'envisager le développement de compétences variées. Cet article propose une analyse des affordances technologiques des robots destinés à l'école primaire à partir d'une taxonomie inspirée de la taxonomie de Catlin et al., en 2019. Cette taxonomie est validée par une revue systématique de l'offre des robots éducatifs et ludiques effectuée sur le site « amazon.com ». Nos résultats, portés sur cent (100) robots recensés, montrent une forte variabilité des affordances technologiques de ces robots par rapport aux trois types (kits de robotique, robots préconstruits et robots sociaux) et aux dix classes (robot kits, maker kits, robots modulaires, robots de sol, bras robotiques, walking robots, drones, jouets robots, humanoïdes, robots animaux) de notre taxonomie.

Keywords: Robotique éducative, Taxonomie des robots, Affordances.

1 Introduction

La robotique éducative, c'est-à-dire le domaine qui permet, entre autres, de construire un robot et le programmer à des fins pédagogiques, occupe depuis des années une place importante au sein de la recherche en éducation ainsi que dans la pratique éducative (Misirli & Komis, 2023). Pour certains, la robotique éducative est une approche pédagogique permettant de développer des compétences technologiques et numériques, la pensée informatique et de pratiquer la programmation informatique. En ce sens, étudier les différents aspects de la robotique éducative s'inscrirait dans la problématique développée au sein de la didactique de l'informatique. Pour d'autres, la robotique éducative est principalement une approche transversale pour favoriser le développement des connaissances dans plusieurs disciplines et des compétences de haut niveau. Apprendre la robotique ou apprendre par la robotique constitue donc deux volets complémentaires qui favorisent les usages des interfaces techniques, tels les robots, pour permettre aux apprenants de les manipuler et d'expérimenter, dans une approche d'apprentissage par investigation (Komis & Misirli, 2011 ; Theodoropoulou et al., 2023).

Dernièrement, les recherches en robotique éducative ont connu un nouvel essor, mais plusieurs questionnements subsistent. Un de plus intéressant consiste à identifier les conditions essentielles à une intégration efficace de la robotique éducative aux

curricula. Il s'agit d'une question globale qui comporte plusieurs sous-questions : à partir de quel niveau scolaire peut-on commencer ? Sous quelles formes institutionnelles et sous quelles modes disciplinaires (intégration aux disciplines existantes ou nouvelle spécialisation disciplinaire) ? Quels types d'instrumentation (logicielles, matérielle, dispositifs techniques, etc.). Quelles évaluations ?

La question de l'instrumentation matérielle s'avère très importante et doit être élucidée en amont, car les activités robotiques sont, dans leur majorité, des activités hautement instrumentées. La diversité des outils existants et la pluralité de leurs fonctionnalités doivent préoccuper les chercheurs du domaine. Sans une analyse approfondie des affordances technologiques des robots, il est difficile d'intégrer ces objets dans la prescription curriculaire et de proposer des activités pédagogiques adéquates (Komis et al. 2017). Dans ce contexte, cet article analyse les affordances technologiques des robots éducatifs à partir d'une taxonomie des robots adaptée pour l'école primaire.

2 Une taxonomie des robots éducatifs pour l'école primaire

Une taxonomie, en tant que pratique scientifique, est un système de classification, souvent en forme hiérarchique, dans laquelle les choses ou les concepts sont organisées en groupes. Elle se réfère également aux principes qui sous-tendent une telle classification. Catlin et al. (2019a) ont proposé une taxonomie des robots éducatifs dont les deux premiers niveaux comportent trois *types* et treize *classes* de robots (Figure 1).

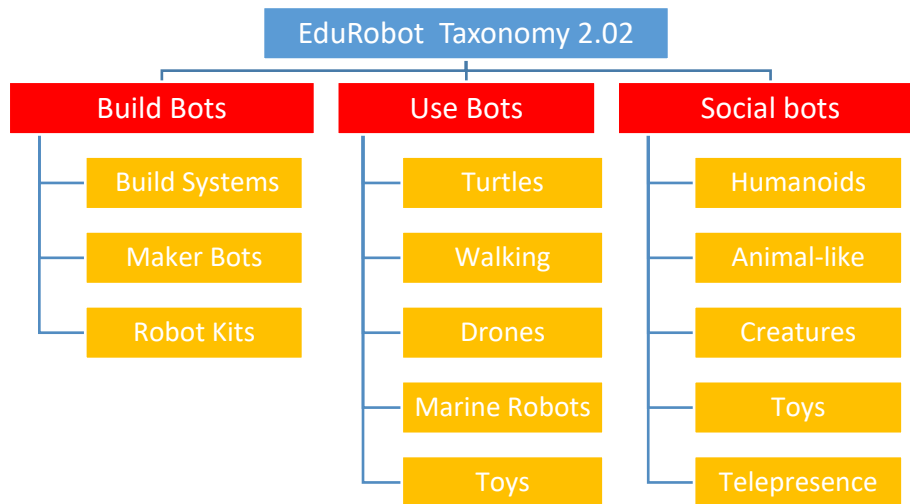


Fig. 1. La taxonomie Edurobot 2.02 (Catlin et al., 2019b).

Le *Type* (premier niveau de la taxonomie) concerne un groupe de robots éducatifs défini par rapport à son principal usage dans une situation pédagogique : construire un robot, programmer et utiliser un robot et interagir avec un robot autonome. La *Classe* (deuxième niveau de la taxonomie) concerne un ensemble clairement identifiable de robots

appartenant au même type (Catlin et al., 2019b) et partageant plusieurs principaux caractéristiques. Deux classes du même type se différencient sur un ou plusieurs caractéristiques. Par exemple, turtles et walking robots sont des robots prêts à utiliser mais la locomotion se fait dans le premier cas avec des roues et dans le second cas avec des pieds. Les différents *types* et les différentes *classes* des robots sont définis par la suite.

Nous avons adapté (Komis & Misirli, 2023) cette taxonomie à l'école primaire (Figure 2) en ajoutant un quatrième *type*, appelé « Robots virtuels », dans lequel nous avons intégré tous les outils de programmation informatique de type Logo, les micro-langages et les simulateurs de robots. La robotique virtuelle est basée sur l'utilisation d'environnements virtuels pour la programmation des robots. Dans ce cas, il n'est pas nécessaire d'avoir le robot physique ou le kit de développement pour expérimenter. La programmation de robots virtuels est particulièrement utile pour le travail éducatif et pour l'apprentissage de la robotique à l'école primaire. Ce *type*, ajouté pour des raisons d'exhaustivité, n'est pas utilisé dans le travail en cours. Notre taxonomie comporte une *classe* supplémentaire dans les kits de construction (la classe « Impression 3D »). En revanche, nous n'avons pas gardé la classe « Marine Robots ». De plus, les classes « Robots humanoïdes » et « Human-like » ont été fusionnées. Cette taxonomie, comme nous le verrons par la suite, a été validée à partir des données recensées dans la base des données « amazon.com » de la société Amazon.

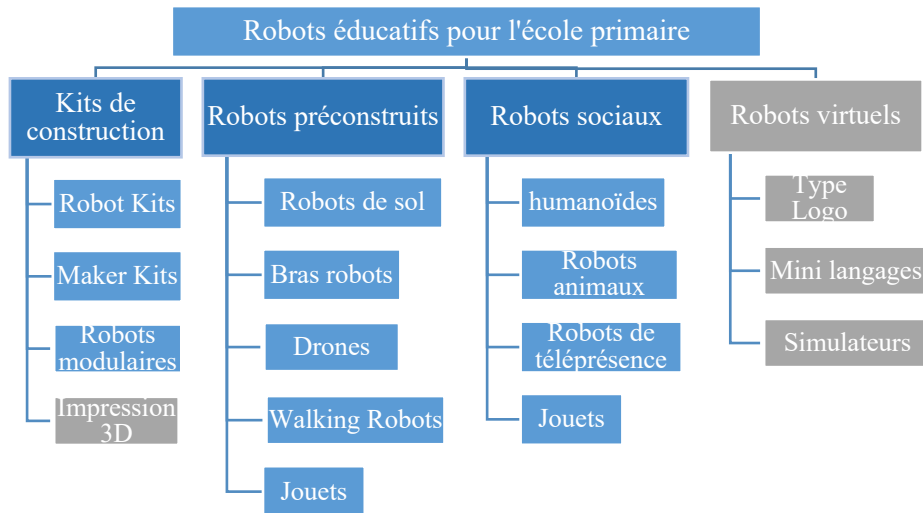


Fig. 2. La taxonomie « Robots éducatifs pour l'école primaire ». Les types et classes non considérés dans cette étude sont grisés.

2.1 Kits de construction

Les « kits de construction » sont des dispositifs flexibles permettant aux élèves de construire des robots en utilisant des composants de base. Ils comprennent une série de pièces mécaniques, de capteurs, d'actionneurs et de microcontrôleurs, ce qui permet aux élèves d'assembler des robots selon leurs préférences en matière de conception et

de fonctionnement. Le processus de construction de robots à partir de composants de base favorise l'apprentissage pratique, la résolution de problèmes et la créativité (Sullivan et al., 2013). En construisant des robots, les élèves acquièrent des connaissances en mécanique, en électronique et en codage. Les « kits de construction » de robots peuvent inclure des composants de base qui peuvent être assemblés pour créer diverses structures, divers mécanismes et systèmes, tels que *Lego mindstorms*, *Lego Wedo*, *GIGO - Kids First Coding & Robotics*, (Lee et al., 2013) et des composants modulaires qui créent des systèmes avec de multiples articulations et degrés de liberté, tels que *Cubelets*. Les kits de construction de robots incluent également la création des systèmes de contrôle, tels que *Micro:bit*, ou *Arduino* qui comprennent souvent des capteurs, des actionneurs et des microcontrôleurs qui permettent aux utilisateurs de construire des systèmes automatisés (Balogh, 2010). Enfin, dans les kits de construction, nous avons inclus l'« *Impression 3D* ».

2.2 Robots préconstruits

Les « robots préconstruits » ou robots prêts à utiliser (Catlin et al., 2019b) sont des systèmes robotiques entièrement assemblés et prêts à l'emploi avec lesquels les élèves peuvent interagir sans avoir à les construire. Ces robots sont dotés de capteurs et de systèmes de contrôle intégrés, ce qui constitue un point de départ facile pour les élèves qui ne sont pas forcément familiarisés avec les processus de fabrication techniques (Sullivan & Bers, 2016). Leur affordance de base et le déplacement dans l'espace à deux ou à trois dimensions qui est principalement géré par la programmation.

Les robots préconstruits, tels que *Roamer*, *Bee-bot*, *Blue-Bot*, *Probot*, *Thymio*, *Dash and Dot*, *EaRL Coding Robot*, *Ozobot*, *Botley*, *Edison*, trouvent des applications dans les contextes éducatifs d'initiation et d'approfondissement. Dans les cours d'introduction, ils servent d'outils attrayants pour initier les élèves aux concepts de programmation sans les submerger de complexités techniques. Dans des contextes plus avancés, les robots préconstruits peuvent être dotés de capteurs supplémentaires ou de comportements modifiés, ce qui permet aux étudiants d'explorer des concepts de programmation et de contrôle de plus haut niveau. Les robots préconstruits sont des systèmes robotiques mobiles (ou à composants mobiles, tels les bras robotiques) conçus pour naviguer et interagir avec l'environnement. Ils sont de conception très variée, allant des robots à roues et à chenilles aux modèles humanoïdes ou quadrupèdes et aux drones. Ces robots offrent aux élèves la possibilité de s'engager dans des applications robotiques du monde réel. En interagissant avec ces robots, les élèves explorent des concepts tels que la locomotion, la navigation, l'évitement d'obstacles et l'intégration de capteurs (Sullivan & Bers, 2016). Ces interactions renforcent leur compréhension de la mécanique, de l'électronique et de la programmation, tout en leur permettant d'expérimenter des opérations autonomes et télécommandées.

2.3 Robots sociaux

Les robots sociaux sont conçus pour interagir avec les humains sur le plan social et émotionnel. Ils sont également préconstruits mais leurs affordances sont très différentes par rapport aux robots du type précédent. Ces robots sont dotés de capacités telles que

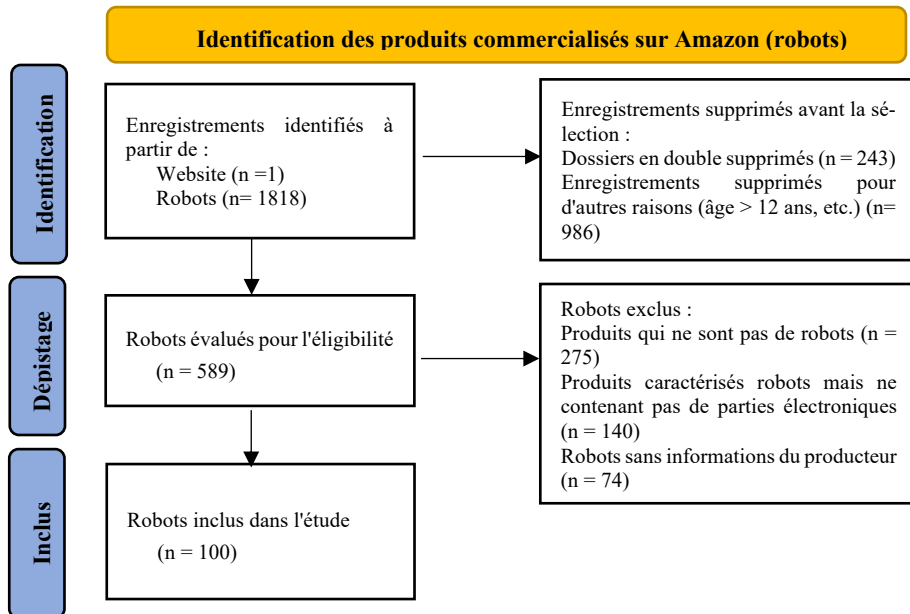
la reconnaissance vocale, le traitement du langage naturel et la reconnaissance faciale, ce qui leur permet de comprendre les émotions, les gestes et les modèles de discours humains et d’y répondre (Catlin et al, 2012).

Dans les contextes éducatifs, les robots sociaux contribuent au développement de la communication et des compétences interpersonnelles. Ils peuvent servir de compagnons interactifs d’apprentissage des langues, facilitant la pratique de la langue et la conversation. En outre, ils sont utilisés dans l’enseignement spécialisé pour aider les élèves à faire face aux défis sociaux et émotionnels en leur fournissant une plateforme sans jugement pour pratiquer les interactions sociales. Les robots sociaux humanoïdes sont des systèmes robotiques conçus pour reproduire les comportements, les interactions et l'apparence des humains. Ces robots présentent souvent des caractéristiques anthropomorphiques, telles que des visages et des gestes humains, comme *Pepper* et *Nao*. Dans les environnements éducatifs et sociaux, les robots sociaux humanoïdes servent de compagnons interactifs, engageant des conversations avec les utilisateurs, fournissant des informations et réagissant aux émotions.

3 Méthodologie

L’objectif de ce travail est l’analyse des affordances technologiques (Gaver, 1991; Norman, 1999) des robots « commerciaux » pour l’école primaire à partir d’une taxonomie comportant trois types et douze classes de robots (figure 2). Pour l’analyse, nous avons effectué une revue systématique, selon la méthode PRISMA (Page et al., 2021).

Table 1. Identification des robots commercialisés sur Amazon (méthode PRISMA).



Cette revue ne porte pas sur des articles, mais elle se réfère directement sur des produits commerciaux recensés sur le site principal de la société Amazon. Il s'agit donc d'une cartographie industrielle (industrial mapping) qui comporte les produits distribués à large échelle, sans tenir compte des producteurs indépendants des robots éducatifs qui ne commercialisent pas leurs produits à partir du site www.amazon.com. La requête a été effectuée du 03 au 19 septembre 2023 et la méthode est présentée dans la table 1.

Nous avons gardé pour l'analyse cent (100) robots « commerciaux ». Les mots-clés utilisés sont : « *educational coding robot*, *educational walking robot*, *educational robot arm*, *educational drone*, *educational robot kit*, *mechanic robotic kit*, *controller board kit*, *building block system*, *educational social robot*, *interactive robot*, *educational humanoid robot*, *interactive animal toy*, *interactive electronic robot* ».

4 Résultats

4.1 Description générale des robots

La figure 3, indique que la plupart des robots ne sont dans le marché que depuis peu années. Une partie significative (22 robots) n'a pas de date de commercialisation, mais il est quasi certain qu'il s'agit des produits commercialisés les dernières années.

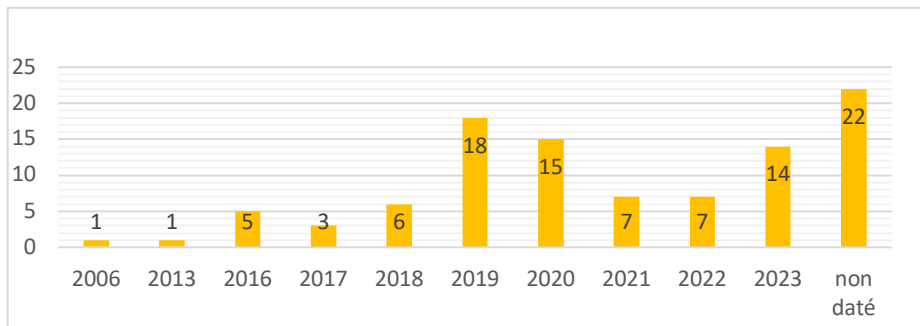


Fig. 3. Date de commercialisation des robots.

Le type le plus courant est celui du robot préconstruit (54 occurrences). En revanche, peu de robots (13 occurrences) sont des robots sociaux (Figure 4). Néanmoins, le tiers de robots (33 occurrences) concerne des kits de construction. Il s'agit d'un résultat intéressant : une partie significative des robots offre des affordances variées permettant d'envisager des activités multiples, tant au niveau de la construction (ce qui n'est pas possible avec les autres classes) qu'au niveau de la programmation.

L'analyse des données concernant les classes de robots montre une variabilité intéressante (Figure 4). Les « robots kits » est la modalité la plus courante (20 occurrences) suivie par la modalité « jouets » dans le type « robots préconstruits » (17 occurrences). Il est à noter que les classes « robots humanoïdes » et « robots de télé présence » n'ont pas été représentées dans les données recensées. Par la littérature, nous savons que ces deux classes de robots existent dans le primaire (par exemple le robot *Nao* est utilisé

dans des situations d'enseignement à distance pour des élèves ne pouvant être scolarisés totalement ou partiellement dans un établissement). Celles-ci sont commercialisées par des sociétés indépendantes, c'est pourquoi nous ne les avons pas détectées dans notre corpus d'analyse.

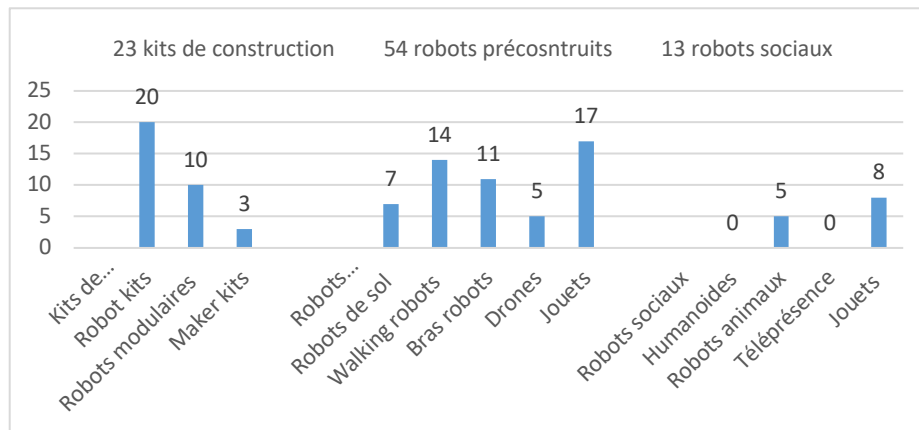


Fig. 4. Types et classes de robots.

4.2 Affordances technologiques

Le terme d'*affordance* est fréquemment utilisé dans le domaine du numérique pour concevoir des interfaces homme – machine ou pour savoir si ces technologies peuvent être utilisées pour faciliter des approches particulières de la pratique éducative (Conole et Dyke, 2004). Le terme est devenu courant dans la littérature à partir des travaux de Gibson qui lui associe « toutes les possibilités d'actions sur un objet » (Gibson, 1977). Selon Gibson, les affordances reflètent les relations possibles entre les acteurs et les objets : ce sont des propriétés du monde physique ou technique. Cette définition a ensuite été restreinte par Norman aux seules possibilités dont l'acteur est conscient. En effet, les affordances spécifient l'éventail des activités possibles, mais elles sont peu utiles si elles ne sont pas perceptibles pour les utilisateurs (Norman, 1999).

De son côté, Gaver définit les affordances en tant que propriétés du monde qui sont compatibles et pertinentes pour l'interaction des personnes. Lorsque les affordances sont perceptibles, elles offrent un lien entre la perception et l'action (Gaver, 1991). Notre approche s'inspire de la définition de Norman (2013), car nous considérons que les affordances des dispositifs robotiques en éducation ne sont pas toujours appréhendées par leurs utilisateurs (enseignants et élèves).

L'affordance qui concerne la *locomotion robotique* est étudiée à l'aide de sept (7) modalités proposées par Catlin et al. (2019b) pour la décrire. « Roues » est la modalité la plus courante, suivie par « Statique » et « Marcher ». Un résultat intéressant est que le tiers des robots étudiés est statique, c'est-à-dire n'effectue aucun mouvement.

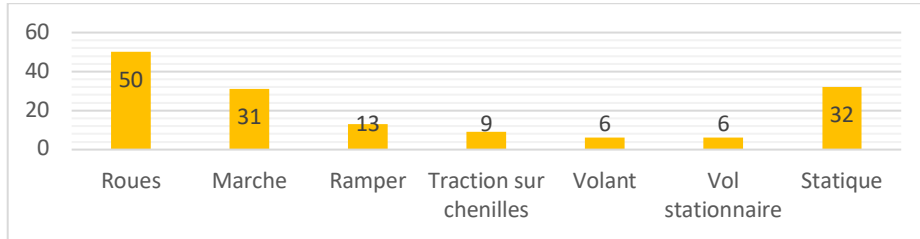


Fig. 5. Locomotion robotique.

La *communication* entre le robot et son environnement physique, technologique et humain se fait avec une multitude de dispositifs. Onze (11) modalités nous aident à étudier cette affordance (Figure 6). Les cinq premières concernent la communication entre le robot et l'élève : « haut-parleurs » (50 occurrences) et « clavier » (30 occurrences) sont les modalités les plus courantes de cette sous-catégorie, suivies par « Microphones », « caméras » et « écrans ». La communication entre le robot et son environnement physique se fait par des « capteurs » (41 occurrences) et la communication avec d'autres dispositifs technologiques est effectuée avec des « câbles », du « wi-fi », du « bluetooth » et de l'« infrarouge ». Certains robots disposent des fonctionnalités variées de communication.

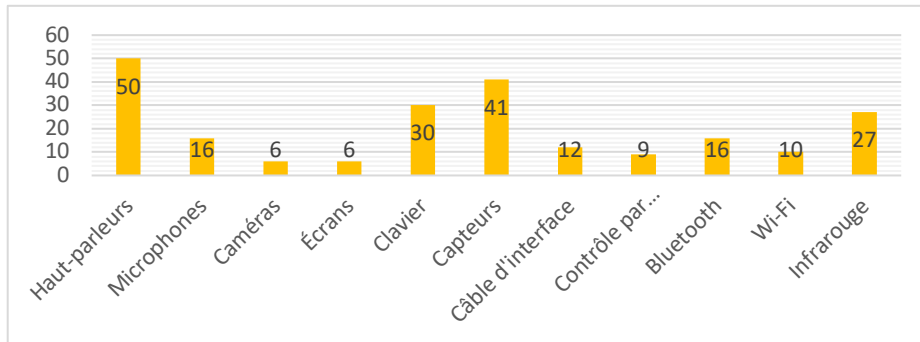


Fig. 6. Communication.

L'affordance *Commande et contrôle* (Figure 7) concerne les moyens avec lesquels l'élève interagit avec le robot. Neuf (9) modalités, proposées par Catlin et al. (2019b) sont utilisées pour étudier cette affordance. La « Télécommande » (33 occurrences) et la « Technologie mobile » (30 occurrences), à savoir des téléphones et des tablettes pour contrôler le robot, sont les modalités les plus courantes.

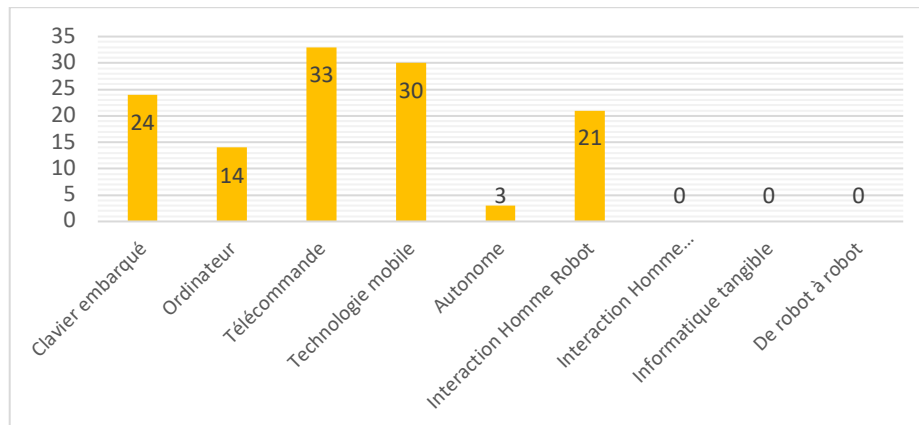


Fig. 7. Commande et contrôle.

Ensuite, on trouve le « Clavier embarqué » (24 occurrences) et l'«Interaction Homme - Robot » (interaction directe entre l'élève et le robot, comme avec des gants interactifs, console radio et joysticks) (21 occurrences). Une partie de robots (10 occurrences) permettent le contrôle à partir d'un « Ordinateur ». Trois robots sont « Autonomes », c'est-à-dire qu'ils réagissent à leur environnement que les élèves peuvent manipuler. Nous n'avons pas trouvé de robots permettant une « Interaction homme-ordinateur » (l'ordinateur sert de médiateur à l'interaction entre l'élève et le robot, par exemple, contrôle de l'écran tactile), une « Informatique tangible » (c'est-à-dire une utilisation d'objets tangibles pour contrôler le robot) et une interaction « Robot à robot » (l'utilisation de robots pour contrôler d'autres robots).

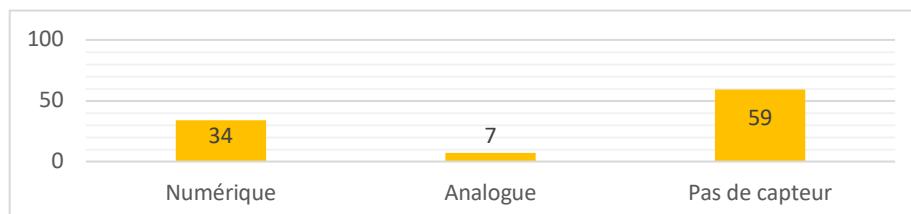


Fig. 8. Capteurs.

Les *capteurs* d'un robot sont les dispositifs qui le renseignent sur son environnement. Nous avons utilisé trois modalités caractérisant cette affordance (Figure 8) : capteurs numériques, analogiques et inexistence de capteurs. Les capteurs numériques se déclenchent à des valeurs spécifiques et signalent l'événement au robot, par exemple les capteurs tactiles et capteurs de proximité numériques (Catlin et al., 2019b). Plus d'un tiers de robots analysés dispose des capteurs numériques. Les capteurs analogiques transmettent au robot des informations complexes, comme des caméras et des boussoles électroniques (Catlin et al., 2019b). Peu de robots (sept sur cent analysés) disposent de ce type de capteur. Il est à noter qu'une majorité de robots (57 occurrences) ne dispose

pas de capteur. Ces robots ne perçoivent pas leur environnement. Des robots très utilisés aux écoles, comme *BeeBot* ou *Valiant Turtle*, ne disposent pas de capteur. Pour Catlin et collaborateurs (Catlin et al., 2019a) le manque de cette affordance n'est pas très important : « *Certaines personnes ne croient pas qu'une machine puisse être qualifiée de robot si elle n'est pas équipée de capteurs. Cela ne s'applique pas aux robots éducatifs. Si vous considérez l'ensemble du système de commande, il inclut l'élève qui observe ce que fait le robot et modifie son programme si nécessaire.* »

5 Discussion – Conclusion

Une affordance est une relation entre les propriétés d'un objet et les capacités de l'agent qui détermine comment l'objet peut être utilisé (Norman, 2013). Dans ce cadre, les affordances définissent les actions possibles d'un agent sur son environnement naturel et technologique. Comme le souligne Gaver, explorer les affordances permet de se concentrer sur les forces et les faiblesses des technologies en ce qui concerne les possibilités qu'elles offrent aux personnes susceptibles de les utiliser (Gaver, 1991). L'étude des affordances, par conséquent, est très importante dans le champ des technologies numériques en éducation et en didactique de l'informatique (Komis et al., 2021). Plus précisément, la connaissance des affordances des robots éducatifs par les enseignants s'avère nécessaire pour mieux intégrer ces dispositifs dans des situations éducatives (Kalmpourtzis et Romero, 2022). Ce travail s'inscrit dans cette perspective.

L'objectif de cet article est l'étude des affordances technologiques des robots éducatifs et ludiques pour l'école primaire à partir d'une taxonomie de ces robots (Komis et Misirli, 2023). Un prolongement de cette étude nous permettrait, dans un deuxième temps, d'étudier les affordances pédagogiques et sociales des robots éducatifs dans le but de proposer des interventions éducatives adéquates (Komis et al., 2017). Les affordances étudiées dans le présent travail, au sens des affordances réelles et non des affordances perçues (Norman, 1999), sont assez proches des fonctionnalités des robots examinés. Il est à noter que ces deux concepts (affordances réelles et fonctionnalités) sont étroitement liés, mais ont des significations distinctes. Par exemple, au niveau des fonctionnalités, la locomotion serait plutôt décrite à partir des moteurs et d'autres caractéristiques (actionneurs) qui sont internes au système robotique.

Pour l'analyse des affordances des robots éducatifs nous avons effectué une revue systématique, selon la méthode PRISMA (Page et al., 2021). Nos résultats, portant sur cent (100) robots éducatifs et ludiques recensés sur le site www.amazon.com, d'une part, fournissent des éléments significatifs pour valider la taxonomie proposée (Komis et Misirli, 2023) et d'autre part, montrent une forte variabilité des affordances technologiques de ces robots. Cette variabilité concerne tant les trois types (kits de robotique, robots préconstruits et robots sociaux) que les dix classes (robot kits, maker kits, robots modulaires, robots de sol, bras robotiques, walking robots, drones, robots jouets, humanoïdes, robots animaux) de taxonomie de Komis et Misirli (Komis et Misirli, 2023). En ce qui concerne les types de robots, la plupart sont des robots préconstruits, un tiers sont de kits de construction et peu de robots sont des robots sociaux. Les classes les plus courantes de robots sont les jouets et les kits de construction. Nous n'avons pas

trouvé de robots humanoïdes et de robots de téléprésence. Ce manque est probablement lié à l'âge des élèves (un de critères de sélection était l'âge inférieur à douze ans).

La locomotion robotique se fait par des roues et en marche tandis qu'une partie significative de robots ne sont pas capables de mouvement (robots statiques). Le contrôle et la commande sont principalement effectués via des claviers intégrés, par télécommande ou par technologies mobiles. Une partie essentielle de robots ne dispose pas de capteurs. L'absence de cette affordance signifie que les élèves qui programment le robot doivent simuler les capteurs pour que le robot interagisse à son environnement. Enfin, la communication entre le robot et son environnement physique, technologique et humain est variée et multiple.

Notre étude est effectuée sur la base de données du site amazon.com et par conséquent nous n'avons pas pu recenser de robots produits par plusieurs constructeurs indépendants. Cette démarche limite la portée de nos résultats, c'est pourquoi il est nécessaire d'élargir la cartographie industrielle en utilisant des sources variées.

References

- Balogh, R. Educational Robotic Platform based on Arduino (2010)
- Catlin, D., Kandlhofer, M., Cabibihan, J.J., Angel-Fernandez, J., Holmquist, S., Csizmadia, A.P. EduRobot Taxonomy. In: Daniela, L. (eds) Smart Learning with Educational Robotics. Springer, Cham (2019a)
- Catlin, D., Kandlhofer, M., Holmquist, S., Csizmadia, A. P., Angel-Fernandez, J., & Cabibihan, J. J. Robots for Education: Online EduRobot Taxonomy (2019b), last accessed 2023/10/15
- Conole, G. & Dyke, M. What are the affordances of information and communication technologies?, *ALT-J*, **12**(2), 113-124 (2004)
- Gaver, W.W. Technology affordances. In Proceedings of CHI 91, pp. 79-84. New York: ACM (1991)
- Kalmpourtzis, G. & Romero, M. An affordance-based framework for the design and analysis of learning activities in playful educational robotics contexts. *Interactive Learning Environments* (2022)
- Komis, V. & Misirli, A. Une classification des outils robotiques pour l'école primaire, In *ÉTIC 5 Colloque international : « École et TIC » on Proceedings*. Caen, France (2023)
- Komis, V. & Misirli, A. Robotique pédagogique et concepts préliminaires de la programmation à l'école maternelle : Une étude de cas basée sur le jouet programmable Bee-Bot. In: Proceedings DIDAPRO 4, pp. 271–284. New Technologies Editions, Greece (2011)
- Komis, V., Karachristos, C., Mourta, D., Sgoura, K., Misirli, A., Jaillet, A. Smart Toys in Early Childhood and Primary Education: A Systematic Review of Technological and Educational Affordances. *Applied Sciences*, **11**(18), 8653 (2021)
- Komis, V., Romero, M., Misirli, A. A Scenario-Based Approach for Designing Educational Robotics Activities for Co-creative Problem Solving. In: Alimisis, D., Moro, M., Menegatti, E. (eds) Educational Robotics in the Makers Era. *Edurobotics 2016* 2016. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, vol 560. Springer, Cham. (2017)
- Lee, J.J., Knox, B., Breazeal, C. Modeling the dynamics of nonverbal behavior on interpersonal trust for human-robot interactions. In Proceedings Spring Symposium Association Advances in Artificial Intelligence, pp. 46–47. Palo Alto, CA: AAAI 2013
- Misirli, A., & Komis, V. Robotics and programming concepts in early childhood education: A conceptual framework for designing educational scenarios. In C. Karagiannidis, P. Politis, & I. Karasavvidis (Eds.), *Research on e-learning and ICT in education technological, pedagogical and instructional perspectives*. New York: Springer Science+Business Media. (2015)

Misirli, A. & Komis, V. Computational Thinking in early childhood education: The impact of programming a tangible robot on developing debugging knowledge. Special Issue: 'Computational Thinking in Early Childhood', *Early Childhood Research Quarterly*, **65**, 4th Quarter 2023, 139-158 (2023)

Norman, D.A. Affordances, conventions and design. *Interactions* **6**(3), 38 – 43 (1999)

Norman, D.A. *The Design of Everyday Things*. Basic Books, (2013)

Page, M.J., Moher, D., Bossuyt P.M., Boutron I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., et al. PRISMA 2020 explanation and elaboration: updated guidance and exemplars for reporting systematic reviews. *The British Medical Journal*, **372** (160) (2021)

Sullivan, A. & Bers, M. U. Girls, boys, and bots: Gender differences in young children's performance on robotics and programming tasks. *Journal of Information Technology Education: Innovations in Practice*, **15**, 145-165 (2016)

Sullivan, A., Kazakoff, E.R., & Bers, M.U. The Wheels on the Bot Go Round and Round: Robotics Curriculum in Pre-Kindergarten. *Journal of Information Technology Education: Innovations in Practice*, **12**, 203-219 (2013)

Theodoropoulou, I., Lavidas, K. & Komis, V. Results and prospects from the utilization of Educational Robotics in Greek Schools. *Technology, Knowledge and Learning* **28**, 225–240 (2023)