



Disponible en ligne sur

ScienceDirect
www.sciencedirect.com

Elsevier Masson France

EM|consulte
www.em-consulte.com



Revue générale

Jeux sérieux et robotiques d'accompagnement dans les troubles neurodéveloppementaux sont-ils déjà des outils thérapeutiques ?[☆]

Are serious games and assistive robotics for neurodevelopmental disorders already therapeutic tools?

David Cohen^{a,*}, Mohamed Chetouani^b, Salvatore Anzalone^c

^a Institut IDEAL, groupe hospitalier Pitié-Salpêtrière, AP-HP, 47, boulevard de l'Hôpital, 75013 Paris, France

^b Institut des systèmes intelligents et de robotique, CNRS UMR 7222, Inserm ERL U1150, campus Pierre-et-Marie-Curie, Sorbonne université, Paris, France

^c Laboratoire de cognitions humaine et artificielle (CHArt), université Paris 8-Vincennes-Saint-Denis, Saint-Denis, France

INFO ARTICLE

Mots clés :

Jeux vidéo
Robotique
Enfant
Adolescent
Troubles du développement neurologique

RÉSUMÉ

Depuis une dizaine d'années, la psychiatrie, la psychologie et l'intelligence artificielle (IA) ont engagé un dialogue fécond, ouvrant la voie à de nouvelles applications thérapeutiques mobilisant des agents ou scénarios artificiels dans le champ des troubles du neurodéveloppement (TND). Grâce aux méthodes de *machine learning* et d'IA, nous sommes passés d'une époque où les agents artificiels se limitaient à percevoir et à agir pour accroître la productivité humaine, à un quotidien où l'on attend des robots qu'ils soient capables d'interagir et de communiquer avec les humains comme le font des pairs. À partir d'une méta-revue récemment conduite, nous proposons ici une synthèse des principales perspectives thérapeutiques impliquant l'IA dans les TND. Les recherches récentes se concentrent principalement sur deux domaines : les jeux sérieux et la robotique. Si la robotique fascine et interpelle le grand public, elle demeure encore limitée en termes d'applications thérapeutiques, la majorité des travaux consistant en des études pilotes, non randomisées et descriptives, souvent basées sur des robots téléopérés. Le domaine des jeux sérieux apparaît en revanche plus abouti et offre des perspectives prometteuses, bénéficiant des avancées de l'industrie vidéoludique. Ainsi, le jeu sérieux EndeavorRx a obtenu une autorisation de mise sur le marché dans le traitement du trouble déficitaire de l'attention avec ou sans hyperactivité (TDAH) par la Food and Drug Administration (FDA) américaine. D'autres jeux sérieux montrent également un potentiel intéressant pour la dyslexie et la dysgraphie.

ABSTRACT

Over the past decade or so, psychiatry, psychology, and artificial intelligence (AI) have initiated a fruitful dialogue, paving the way for potential therapeutic applications involving artificial agents or scenarios in the field of neurodevelopmental disorders (NDDs). Indeed, thanks to machine learning and AI methods, we have moved on from a time when artificial agents were systems only capable of perceiving and acting to enhance human productivity, to a day-to-day life where robots are expected to be capable of interacting and communicating like humans with humans. Based on a recent meta-review, we offer here a summary of the main therapeutic perspectives involving AI in NDDs. As far as treatments are concerned, recent research has focused on two main areas: serious games and robotics. While the latter fascinates and appeals to the general public, it remains relatively limited in terms of therapeutic applications. Most studies are non-randomized, descriptive pilot studies. The field

Keywords:

Video games
Robotics
Child
Adolescent
Neurodevelopmental disorders

[☆] Séance du 4/11/2025.

* Auteur correspondant.

Adresse e-mail : david.cohen@aphp.fr (D. Cohen).

<https://doi.org/10.1016/j.banm.2025.11.005>

Reçu le 10 septembre 2025 ; Accepté le 7 novembre 2025

Disponible en ligne le xxx

0001-4079/© 2025 l'Académie nationale de médecine. Publié par Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés, y compris ceux relatifs à la fouille de textes et de données, à l'entraînement de l'intelligence artificielle et aux technologies similaires.

Pour citer cet article : D. Cohen, M. Chetouani and S. Anzalone, Jeux sérieux et robotiques d'accompagnement dans les troubles neurodéveloppementaux sont-ils déjà des outils thérapeutiques ? Bull Acad Natl Med, <https://doi.org/10.1016/j.banm.2025.11.005>

of serious games, on the other hand, is more mature and offers promising applications, benefiting from advances in the gaming industry. One serious game, *EndeavorRx*, has been authorized for attention deficit hyperactivity disorder (ADHD) by the US Food and Drug Administration. Other serious games show promises for dyslexia and dysgraphia. French and international examples will illustrate the main research questions and future gaps to decipher.

1. Introduction

Depuis une dizaine d'années, psychiatrie, psychologie, et intelligence artificielle (IA) ont ouvert un dialogue fécond. C'est le cas aussi en psychiatrie de l'enfant et de l'adolescent, et plus particulièrement pour les troubles du neurodéveloppement (TND) [1]. L'expression psychiatrie computationnelle rend compte de ce nouveau domaine. Elle comprend la psychiatrie qui utilise des outils connectés et leurs données numériques ('digital psychiatry'), la psychiatrie fondée sur les grandes bases de données et leur analyse par apprentissage machine ('big psychiatry'), la modélisation en psychiatrie basée sur les neurosciences computationnelles ('psychiatry modelling')[2]. Certains concepts émergent au plan diagnostique comme le 'phénotype numérique' qui propose de collecter en temps réel des données comportementales afin de caractériser la 'signature numérique d'une pathologie'. L'idée sous-jacente est que la santé connectée couplée à l'IA peut redéfinir les pratiques via l'amélioration de la prise de décision, la détection des prodromes de rechute ou de transition [3]. Les principaux enjeux éthiques de ces recherches concernent les questions de transparence, de précision et d'intelligibilité des processus algorithmiques [4].

L'apport des nouvelles technologies est évident dans le champ des soins et de la thérapeutique ne serait-ce qu'au travers des téléconsultations ou des applications pratiques qui fleurissent. Mais qu'en est-il réellement de l'IA au plan des thérapeutiques dans les TND qui constituent un enjeu de santé publique contemporain. Autrement dit, quelles sont les possibles applications thérapeutiques utilisant des agents ou scénarii artificiels dans le domaine des TND ? En effet, grâce aux méthodes de *machine learning* et d'IA, on est passé d'une époque où les agents artificiels étaient des systèmes capables de percevoir et d'agir afin d'accroître la productivité humaine, à un quotidien où l'on attend des robots qu'ils soient capables d'interagir et communiquer comme des humains avec des humains. À partir d'une méta recension conduite récemment, nous proposons ici une brève synthèse des principales perspectives thérapeutiques impliquant l'IA dans les TND [5]. Après avoir rappelé ce que sont les TND, nous décrirons deux domaines thérapeutiques investis par des travaux de recherche récents : les jeux sérieux et la robotique [6]. En outre, dans la discussion, nous proposerons des exemples français et internationaux pour illustrer les principales questions de recherche et les enjeux au plan du développement commercial.

2. Méthodes

Nous avons utilisé une méta-revue récente dont le détail est disponible dans l'article de Bettencourt et al. [5]. En résumé, nous avons exploré 4 bases de données (PubMed, IEEExplore, Scopus, and ACM Digital Library) pour sélectionner les revues de la littérature récente sur les applications cliniques utilisant des nouvelles technologies avec des sujets présentant un TND. Nous avons extrait toutes les études ($n = 1879$) à partir de 301 revues systématiques et méta-analyses. Nous avons classé ces études en quatre catégories principales : robots, jeux sérieux ou *serious games* (SG), *video modeling* (VM), outils alternatifs augmentés ou *alternative augmentative devices* (AAC). Nous nous sommes intéressés à plusieurs questions. (1) Comment ces propositions prennent-elles en compte la nécessité de s'appuyer sur des données probantes et robustes pour les populations cliniques, notamment dans le cas des TND ? À cette fin, nous avons sélectionné de manière aléatoire 182 études (45 par catégories, stratifiés par l'année de publication) et évalué leurs qualités méthodologiques à l'aide de l'échelle de Connolly [7].

(2) Comment ces propositions prennent-elles en compte les apports du design pour optimiser l'expérience utilisateur dans l'interaction avec l'outil ? A cette fin, nous avons évalué leurs qualités en termes de design à l'aide de l'inventaire DICTI (pour *design ICT inventory*) [8]. (3) Quel est leur impact en termes de citations, de diffusion dans des revues à fort facteur d'impact, ainsi que d'enregistrement des outils auprès des agences réglementaires ? Dans la discussion, en prenant quelques exemples issus de travaux français et internationaux, nous discuterons des enjeux en termes de recherche mais également de développement produit pour arriver à un niveau de preuve suffisant.

3. Résultats

3.1. Rapide contour des TNDs

Dans les classifications internationales récentes (DSM-5), les troubles du neurodéveloppement ont été redéfinis. Les principaux troubles sont présentés dans le [Tableau 1](#). Parmi les évolutions notables, on peut retenir : (1) l'élargissement de la catégorie de l'autisme avec l'introduction du concept de trouble du spectre de l'autisme ; (2) l'inclusion du trouble déficitaire de l'attention avec ou sans hyperactivité (TDAH), auparavant classé parmi les troubles du comportement dits externalisés ; (3) une distinction plus développementale entre les troubles précoces (par exemple le trouble de la communication ou le trouble développemental de la coordination) et les troubles des apprentissages. Ce chapitre occupe ainsi une place majeure, puisqu'il concerne un grand nombre d'enfants.

3.2. Qualité méthodologique et design des études

Parmi les 1879 études, 836 études portent sur un SG (qui est un jeu informatique intégrant dans leur conception un agenda éducatif ou thérapeutique), 276 sur un VM (qui est une forme d'apprentissage par observation dans lequel les comportements désirés sont appris en observant une démonstration vidéo et en imitant ensuite le comportement du modèle), 170 sur un ACC (qui sont des outils cherchant à faciliter les moyens de communication [autres que la parole orale] utilisés pour exprimer des pensées, des besoins, des désirs et des idées [gestes, langage des signes, des symboles, images, tableaux de communication, voire technologies de communication assistée]). Au total, 319 sur les robots et 268 sur d'autres technologies qui se concentrent surtout sur les technologies d'assistance telles que les outils de lecture, les planificateurs, ou se réfèrent à des technologies spécifiques telles que les DVD ou les objets intelligents. Les compétences visées sont les compétences sociales, les compétences scolaires, l'autonomie et l'indépendance (y compris les compétences professionnelles), la communication, les fonctions exécutives, certains comportements (comme l'anxiété ou les stéréotypies) et les compétences motrices. L'intérêt scientifique pour les AAC et les SG est resté stable au fil du temps, l'intérêt pour le VM a diminué, tandis que l'intérêt pour les robots a légèrement augmenté [5].

Au plan méthodologique, la qualité des études pour les 4 catégories d'outils technologiques varie considérablement. Ces variations se produisent indépendamment de l'année de publication. Cependant, il apparaît que les scores de qualité méthodologique augmentent globalement au fil du temps, en particulier pour les études impliquant des robots (corrélation de Spearman 0,39, $p = 0,008$). Ce n'est pas le cas pour les jeux sérieux dont la qualité des études est nettement supérieure. En ce qui concerne le design des outils, il n'y a pas de différence significative

Tableau 1

Les troubles du neurodéveloppement dans le DSM-5.

Trouble du développement intellectuel (handicap intellectuel)	Déficience intellectuelle (spécifier la sévérité: léger/moyen/grave/profond) Retard global de développement Déficience intellectuelle non spécifiée
Trouble de la communication	Trouble du langage Trouble de la phonation (production de phonème) Trouble de la fluidité verbale (bégaiement) Trouble de la communication sociale (pragmatique) Trouble de la communication non spécifiée
Trouble du spectre de l'autisme	Trouble du spectre de l'autisme <i>Préciser la sévérité: nécessitant (1) une aide, (2) importante, (3) très importante</i> Spécifier si (1) déficience intellectuelle, (2) langage, (3) maladie somatique ou génétique, (4) autre trouble mental, (5) catatonie
Trouble de l'attention avec ou sans hyperactivité	Trouble de l'attention avec ou sans hyperactivité (TDAH): forme inattentive prédominante, forme hyperactive/impulsive prédominante, forme combinée Autre TDAH TDAH non spécifié
Trouble spécifique des apprentissages	Trouble spécifique des apprentissages avec déficit de la lecture, de l'expression écrite (orthographe, compréhension, organisation), et des mathématiques (sens du nombre, calcul, faits arithmétiques et raisonnement mathématique) <i>Spécifier la sévérité: léger/moyen/grave</i>
Trouble moteur	Trouble développemental de la coordination Mouvements stéréotypés Tics (syndromes de Gilles de la Tourette, tics moteurs ou vocaux persistants, tics provisoires) Autres tics spécifiés Tics non spécifiés
Autres troubles du neurodéveloppement	Autres troubles du neurodéveloppement spécifié Trouble du neurodéveloppement non spécifié

entre les types d'outils, et l'éventail des scores design varie considérablement en particulier pour les SG et les robots. Par contre, on note une très nette amélioration du design des outils pour les SG (corrélation de Spearman 0,44, $p = 0,003$) [5].

3.3. Impact de la robotique et des jeux sérieux

Les études dans le champ de la robotique ont pour la plupart une qualité méthodologique médiocre, avec en outre des échantillons de petite taille, à l'exception rares études expérimentales ou essais avec randomisation [9–11]. Le TND le plus souvent ciblé est l'autisme, et les principales compétences visées dans ces études sont les compétences sociales, en général, ou leur prérequis (par exemple l'attention conjointe). L'intensité et la durée des interventions peuvent varier, allant d'une interaction courte [9,10] à de rares études longitudinales [12,13]. La majorité des interventions reposent sur un contrôle du robot par les chercheurs via la technique du magicien d'Oz, largement utilisée dans la recherche en interaction homme-robot [14], alors qu'une proportion très limitée des robots étudiés est réellement autonome [11,15]. Les articles soulignent en particulier la possibilité de préprogrammer le robot et ses caractéristiques physiques attrayantes. Cependant, la plupart des études soulignent les faiblesses de conception des robots, notamment leur adaptabilité limitée aux besoins des enfants autistes, leurs mouvements et leur répertoire verbal restreints, ainsi que la nécessité d'une assistance technique. Au plan de la communication langagière, les aptitudes des robots devraient être fortement améliorée grâce à leur couplage au grand modèle de langage (Chat GPT et autres). C'est déjà le cas pour le robot Furhat dans le champ de l'éducation [16].

Par contre, la situation est bien différente pour les SG. En termes de design, ils sont de très bonne qualité car ils ont bénéficié des énormes investissements de l'industrie du jeu. La plupart du temps, les études donnent une description significative de la plateforme de jeux. Les points forts sont que les jeux sont liés au contexte social et qu'ils offrent de multiples retours d'information, tandis que les faiblesses de design sont souvent l'absence d'options multi-joueurs et une personnalisation limitée [5]. Par ailleurs, la qualité méthodologique des études sur les

SG est bonne, avec des études contrôlées [17–19] ou des essais contrôlés randomisés avec des échantillons de grande taille [20–23], bien que nous ayons observé un manque de description des caractéristiques des participants dans certaines études [21]. La population ciblée peut varier en termes de TND. Les SG peuvent s'adresser à des personnes atteintes de TDAH [17,20], de troubles de l'apprentissage comme la dyslexie [18,19,23] et de TSA [21,22,24]. La durée des interventions peut varier de 4 à 15 semaines. Les compétences ciblées sont les fonctions exécutives, les compétences en lecture et les compétences sociales. Les interventions sont généralement menées par des chercheurs ou des cliniciens et ne nécessitent parfois pas de supervision ou de facilitation de la part d'un adulte. À ce jour, *EndeavorRx*, un SG pour le TDAH basé sur des jeux de navigation avec distracteurs que le joueur doit inhiber pour marquer des points, est le seul traitement sur ordonnance approuvé par la Food and Drug Administration (FDA) et délivré par le biais d'un jeu vidéo [25]. L'approbation par la FDA fait suite à deux études de phase 3 montrant l'intérêt et l'innocuité du jeu chez l'enfant TDAH [26,27]. Une large étude récente chez l'adolescents et l'adulte TDHA est aussi conclusive [28].

4. Discussion

4.1. Remarques générales

Les nouvelles technologies sont maintenant une composante incontournable de la société. Il en est de même pour la médecine et pour la psychiatrie du développement [1]. Les promesses sont nombreuses mais les applications réelles dans la clinique restent pour l'instant limitées. Du point de vue thérapeutique, la recherche dans le champ des TND s'est principalement développée autour de deux approches : les jeux sérieux et la robotique. Si la robotique suscite un fort intérêt médiatique et sociétal, son utilisation clinique demeure pour l'instant limitée. La plupart des études sont des études pilotes non randomisées, descriptives, utilisant des robots téléopérés [5]. Le domaine des jeux sérieux est lui plus abouti et offre des perspectives intéressantes car il bénéficie des avancées de l'industrie du jeu. Mais en termes de validation clinique, on

note que seul un jeu sérieux *EndeavorRx* a obtenu une autorisation de mise sur le marché dans le trouble de l'attention avec ou sans hyperactivité (TDAH) par la FDA américaine. Dans la suite de cette discussion, nous prendrons quelques exemples paradigmatiques justement dans ces deux champs de la robotique et des jeux sérieux.

4.2. Trajectoire d'*EndeavorRX* jusqu'à l'autorisation de mise sur le marché par la FDA

L'histoire du développement clinique de ce jeu est intéressante. Développé au début des années 2010, il est d'abord proposé dans la prévention des troubles de la sénescence du sujet âgés. Un essai randomisé contrôlé impressionnant est publié dans la revue *Nature*, et montre l'efficacité du jeu sur les pertes cognitives [29]. Ce 'scoop' permet des investissements importants dans la Start-up. Mais, 8 ans plus tard, c'est dans le champ du TDAH de l'enfant que l'on retrouve le jeu sous un autre nom. Les activités sont les mêmes. Les cibles, à savoir les fonctions exécutives, aussi. On peut supposer que ce changement est lié à l'absence de marché du jeu chez les personnes de grand âge, alors que les enfants de la génération Y sont tous joueurs [26,27]. Néanmoins, en termes de marché, si la compagnie avait choisi un positionnement du jeu avec un prix élevé et un remboursement après prescription sur ordonnance, la faible augmentation des ventes après un marketing s'appuyant sur un réseau du type médicament/industrie pharmaceutique, ont contraint la compagnie à baisser son prix et le laisser en accès libre comme n'importe quels jeux et ceux hors du champ de la santé. Depuis, les ventes ont connu une progression significative, et le jeu semble avoir atteint un rythme de croissance équilibré.

4.3. L'exemple de *POPPINS* un SG français pour la dyslexie

POPPINS est développé par une start-up française en collaboration avec plusieurs experts du domaine de la dyslexie et des TND dont un des auteurs de cet article (DC). L'idée initiale est de travailler rythme et hauteur de son en musique car la phonologie, la segmentation de la parole sont des facteurs de risque de la dyslexie qui leur sont liées. Une première étude pendant le confinement du COVID permet de toucher des centaines de familles et d'accélérer la co-construction du jeu au plan de son design grâce aux nombreux retours des familles [30]. Un premier essai randomisé contre placebo avec recrutement en ligne est conduit et montre des résultats encourageants puisque les joueurs réguliers progressent plus en vitesse et précision de lecture de mots [23]. Le jeu est ensuite étoffé par l'ajout d'un deuxième module de jeux plus directement en lien avec la conversion graphème-phonème, soit l'acte de lire. Une étude pilote confirme l'intérêt de cet ajout proche des pratiques orthophoniques [31]. Des discussions sont ouvertes avec la Haute Autorité de santé en vue de l'obtention d'une AMM en France en complément de séances d'orthophonie. Une étude de non-infériorité est en cours afin de consolider le niveau de preuves.

Ces deux parcours montrent qu'au-delà de la conception et de la programmation des jeux, leur intégration dans l'arsenal thérapeutique nécessite un développement spécifique, comparable à celui requis dans l'industrie pharmaceutique. Cependant, pour les start-ups concernées, le défi est important : elles peuvent choisir de laisser leurs jeux en libre accès sur le marché vidéoludique, ou de les proposer dans le domaine de l'éducation, qui regorge déjà d'offres de jeux sérieux visant à améliorer la lecture, l'écriture ou le calcul. Les autorités de régulation françaises et européennes ont pris la question en main. Reste à savoir si cette régulation sera adaptée aux structures de petite taille, comme les start-ups, qui ne disposent que rarement des infrastructures d'un grand laboratoire pharmaceutique.

4.4. Exemples dans le champ de la robotique

Nous prendrons deux exemples dans la robotique sociale. Le premier issu d'un groupe pionnier (celui de Brian Scasselatti) et paru dans *Sci-*

ence Robotics la revue phare de la discipline. Le titre est prometteur : ' Améliorer les compétences sociales des enfants TSA en utilisant un robot social à domicile sur du long terme ' [15]. Dans le détail de cette étude longitudinale sur 4 semaines ayant inclus 12 enfants, on constate que enfants et parents jouent à la maison sur un écran tactile à un SG social avec un robot fixe qui donne des retours expressifs. Le robot s'adapte à l'enfant grâce à un algorithme d'apprentissage par renforcement et propose des activités adaptées à sa performance. Le SG travaille les tours de parole, la prise de perspective, et les contacts oculaires. Après l'entraînement, plusieurs enfants investissent le robot comme un ' copain ' et améliorent leur capacité d'attention conjointe, de communication, et d'engagement même sans le robot. Même si le tour de force réside dans l'autonomie relative du robot et le nombres de séances réalisées, on voit que le scénario implique un adulte présent (le parent) et des interactions en fait médiées par un SG.

Le choix d'utiliser un SG ou une médiation avec un adulte est également l'option que nous avons choisie dans le second scénario exemple que nous souhaitons rapporter. Il s'agit d'un scénario de ' Learning by teaching ' à propos des difficultés d'écritures. En effet, la robotique ne permet pas aujourd'hui dans les TND de scénarii totalement autonome. La Fig. 1 résume les composantes du scénario. Nous avons développé avec une start-up suisse un SG *Dynamilis* basée sur une IA permettant de suivre des composantes motrices fines utiles à l'écriture (vitesse d'écriture, pression du stylet, angle d'attaque, et harmonie du mouvement) [32]. Nous avons intégré ce jeu dans un scénario où le robot a un rôle de relance comme dans le scénario précédent mais aussi une fonction d'illusion. L'un des jeux consiste à demander à l'enfant d'apprendre à écrire au robot. L'enfant devient enseignant (et n'est plus l'élève en difficulté qui n'aime pas écrire). Ce dispositif redonne confiance à l'enfant et permet de lever certains refus complets d'écriture dans des cas de dysgraphie sévère [13]. L'adulte présent grâce à la tablette R2C3 qui contrôle le robot, dispose de plus d'une centaine de comportements activables en toute simplicité pour un non informaticien [33]. Le dispositif a pu être utilisé par 8 soignants ou enseignants avec 18 enfants dysgraphiques présentant des TND complexes. L'étude montre un meilleur engagement quand le dispositif est complet avec R2C3, et une progression intéressante des enfants en termes d'écriture avec 73,3 % des participants qui ont amélioré leurs scores d'au moins un écart-type au test d'écriture utilisé en seulement 9 séances d'entraînement [34].

Bien que les grands modèles de langage n'aient pas été intégrés dans des scénarii avec des enfants TND, nous devons souligner la rupture épistémique que IA générative représente. Leurs capacités de dialogue, de réponses à des questions et de résolution de problèmes sont impressionnantes. Le robot *Furhat* qui en intègre un dans sa dynamique interactive, est déjà utilisé dans des études en cours avec des TND et a montré des capacités conversationnelles de grande qualité chez l'enfant en science de l'éducation [16]. Mais la publication que nous souhaitons rapporter pour finir hors du champ des TND constitue une réelle potentialité. Il s'agit du premier essai contrôlé randomisé démontrant l'efficacité d'un chatbot thérapeutique ' *Therobot* ' entièrement basé sur l'IA générative pour traiter des symptômes anxiodépressifs [35]. L'utilisation de *Therobot* pendant 4 semaines a été comparée à une liste d'attente chez plus de 200 sujets avec symptomatologie anxiodépressive. Elle s'est avérée relativement fonctionnelle avec un bon têt d'attrition. Plus intéressant, le groupe exposé au *Chabot* s'est amélioré significativement plus que le liste d'attente. Si ces résultats attendent réplification dans le champ de la psychiatrie générale et des soins psychothérapeutiques, l'IA générative devrait ouvrir de nouveaux possibles dans les TND.

5. Conclusion

Les nouvelles technologies dans les TND sont très prometteuses d'autant qu'elles peuvent permettre à des populations éloignées d'accéder à certaines ressources. Les niveaux de preuves, à l'exception de quelques jeux sérieux, restent limités en particulier dans le champ de

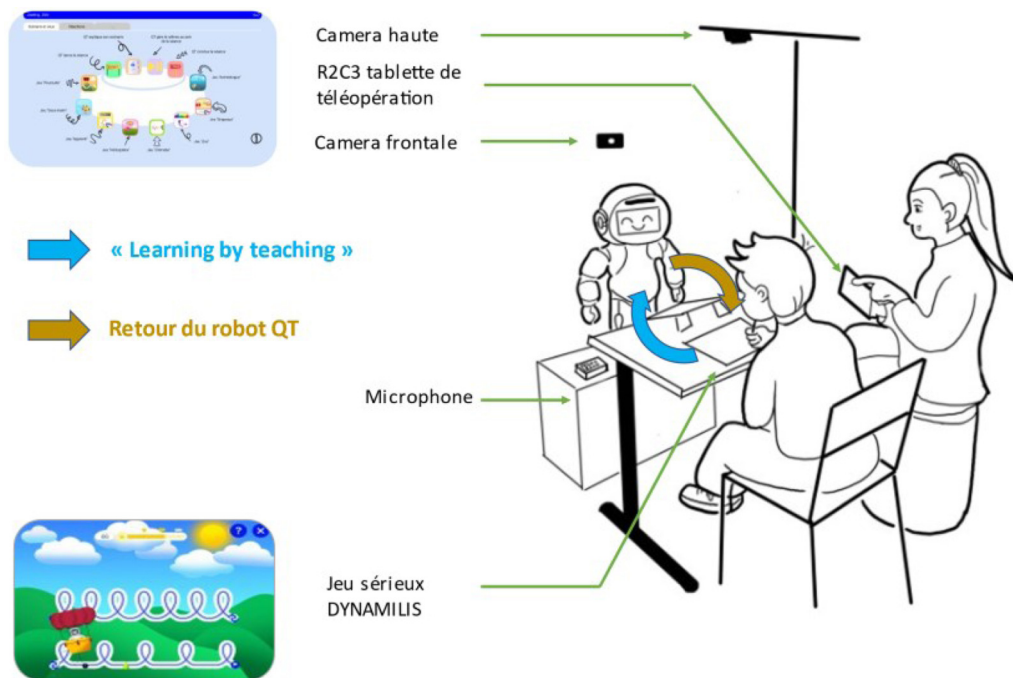


Fig. 1. Notre système se compose d'un robot social QT, d'un iPad avec stylus Apple, d'une tablette tactile, de deux caméras RGB et d'un microphone. Le système R2C3 prend en charge les interactions triadiques entre le robot, l'enfant et le soignant. Dans cette étude, des enfants dysgraphiques ont joué à des jeux sérieux d'écriture sur un iPad (l'écran est montré en bas à gauche) pendant que les soignants contrôlaient le robot avec la tablette via l'interface de télé-opération (l'écran est montré en haut à gauche) pour fournir un retour d'information et des instructions.

la robotique. Néanmoins, il est difficile de conclure sans évoquer la rupture épistémologique que sont les grands modèles de langage. S'ils n'ont pas été intégrés dans des scénarii avec des enfants TND, leurs capacités de dialogue, de réponses à des questions et de résolution de problèmes sont impressionnantes. Ils devraient révolutionner le champ dans les années à venir.

Déclaration de liens d'intérêts

DC déclare une relation avec les sociétés bMotion Technologies et School reboundrds qui inclut des bons de souscription d'actions. Les autres auteurs déclarent ne pas avoir de liens d'intérêts.

Références

- Anzalone SM, Chetouani M, Cohen D. Phénotype digital de l'autisme. In: *Psychiatrie et psychologie du futur*. Paris: Ellipses; 2025. p. 147–64.
- Gauld C, Dumas G, Fakra E, Mattout J, Micoulaud-Franchi JA. Les trois cultures de la psychiatrie computationnelle. *Ann Med Psychol* 2021;179:63–71.
- Mouchabac S, Leray P, Adrien V, Gollier-Briant F, Bonnot O. Prevention of suicidal relapses in adolescents with a smartphone application: Bayesian network analysis of a preclinical trial using in silico patient simulations. *J Med Internet Res* 2021;23(9):e24560.
- Gargot T, Archambault D, Chetouani M, Cohen D, Johal W, Anzalone SM. Automatic assessment of motor impairments in Autism Spectrum Disorders: a systematic review. *Cogn Comput* 2022;14:624–59. <http://dx.doi.org/10.1007/s12559-021-09940-8>.
- Grossard C, Bettencourt C, Anzalone S, Chetouani M, Cohen D. Have information and communicative technologies research for neurodevelopmental disorders improved overtime? A systematic meta-review. *Res Autism Spectr Disord* 2024;118:e102483.
- Grossard C, Palestra G, Xavier J, Chetouani M, Grynszpan O, Cohen D. ICT and autism care: state of the art. *Curr Opin Psychiatry* 2018;31(6):474–83.
- Connolly TM, Boyle EA, MacArthur E, Hainey T, Boyle JM. A systematic literature review of empirical evidence on computer games and serious games. *Comput Educ* 2012;59(2):661–86.
- Grossard C, Bettencourt C, Kellems R, Chetouani M, Cohen D. Building the design ICT inventory (DICTI): a Delphi study. *Comput Hum Behav Rep* 2023;9:100261.
- Kim ES, Berkovits LD, Bernier EP, Leyzberg D, Shic F, Paul R, et al. Social robots as embedded reinforcers of social behavior in children with autism. *J Autism Dev Disord* 2013;43:1038–49.
- Kumazaki H, Yoshikawa Y, Yoshimura Y, Ikeda T, Hasegawa C, Saito DN, et al. The impact of robotic intervention on joint attention in children with autism spectrum disorders. *Mol Autism* 2018;9(1):1–10.
- Huskens B, Palmén A, Van der Werff M, Lourens T, Barakova E. Improving collaborative play between children with autism spectrum disorders and their siblings: the effectiveness of a robot-mediated intervention based on Lego® therapy. *J Autism Dev Disord* 2015;45:3746–55.
- Robins B, Dautenhahn K, Boekhorst RT, Billard A. Robotic assistants in therapy and education of children with autism: can a small humanoid robot help encourage social interaction skills? *Universal Access Info Soc* 2005;4:105–20.
- Gargot T, Asselborn T, Zammouri I, Brunelle J, Johal W, Dillenburg P, et al. “It is not the robot who learns, it is me” Treating severe dysgraphia using Child-Robot Interaction. *Front Psychiatry* 2021;12:e5.
- Steinfeld A, Jenkins OC, Scassellati B. The oz of wizard: simulating the human for interaction research. In: *Proceedings of the 4th ACM/IEEE international conference on Human robot interaction*. 2009. p. 101–8.
- Scassellati B, Boccanfuso L, Huang CM, Mademtzi M, Qin M, Salomons N, et al. Improving social skills in children with ASD using a long-term, in-home social robot. *Sci Robot* 2018;3(21):eaat7544.
- Kostova S, Lekova A. Social humanoid robots as assistive technology for individuals with ASD – assessment of good practices. In: *Proceedings of the International Conference on Computer Systems and Technologies 2024 (CompSysTech '24)*. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery; 2024. p. 69–75.
- Klingberg T, Forssberg H, Westerberg H. Training of working memory in children with ADHD. *J Clin Exp Neuropsychol* 2002;24(6):781–91.
- Temple E, Deutsch GK, Poldrack RA, Miller SL, Tallal P, Merzenich MM, et al. Neural deficits in children with dyslexia ameliorated by behavioral remediation: evidence from functional MRI. *Proc Natl Acad Sci U S A* 2003;100(5):2860–5.
- Franceschini S, Gori S, Ruffino M, Viola S, Molteni M, Facchetti A. Action video games make dyslexic children read better. *Curr Biol* 2013;23(6):462–6.
- Klingberg T, Fernell E, Olesen PJ, Johnson M, Gustafsson P, Dahlström K, et al. Computerized training of working memory in children with ADHD – a randomized, controlled trial. *J Am Acad Child Adolesc Psychiatry* 2005;44(2):177–86.
- Golan O, Baron-Cohen S. Systemizing empathy: teaching adults with Asperger syndrome or high-functioning autism to recognize complex emotions using interactive multimedia. *Dev Psychopathol* 2006;18(2):591–617.
- de Vries M, Prins PJ, Schmand BA, Geurts HM. Working memory and cognitive flexibility-training for children with an autism spectrum disorder: a randomized controlled trial. *J Child Psychol Psychiatry* 2015;56(5):566–76.
- Descamps M, Grossard C, Pellerin H, et al. Rhythm training improves word-reading in children with dyslexia. *Sci Rep* 2025;15:17631.
- Serret S, Hun S, Iakimova G, Lozada J, Anastassova M, Santos A, et al. Facing the challenge of teaching emotions to individuals with low- and high-functioning autism using a new serious game: a pilot study. *Mol Autism* 2014;5(1):1–17.
- Canady VA. FDA approves first video game Rx treatment for children with ADHD. *Mental Health Weekly* 2020;30(26):1–7.
- Kollins SH, DeLoss DJ, Cañadas E, Lutz J, Findling RL, Keefe RSE, et al. A novel digital intervention for actively reducing severity of paediatric ADHD (STARS-ADHD): a randomised controlled trial. *Lancet Digit Health* 2020;2(4):e168–78.

- [27] Kollins SH, Childress A, Heusser AC, Lutz J. Effectiveness of a digital therapeutic as adjunct to treatment with medication in pediatric ADHD. *NPJ Digital Med* 2021;4(1):58.
- [28] Stamatis CA, Farlow DN, Mercaldi C, Suh M, Maple A, Savarese A, et al. Two single arm trials of AKL-T01, a digital therapeutic for adolescents and adults with ADHD. *NPJ Ment Health Res* 2024;3(1):30.
- [29] Anguera J, Boccanfuso J, Rintoul J, et al. Video game training enhances cognitive control in older adults. *Nature* 2013;501:97–101.
- [30] Vonthron F, Bégel V, Yuen A, Pellerin H, Cohen D, Grossard G. MILA-Learn, a serious game to train rhythmic abilities in children with dyslexia: feasibility and usability study. *JMIR Serious Game* 2024;12:e42733.
- [31] Grossard C, Descamps D, Pellerin H, Vonthron F, Cohen D. Children's improvement after language and rhythm training with the digital medical device Poppins for dyslexia. *JMIR Serious Games* 2025;13, <http://dx.doi.org/10.2196/76435>.
- [32] Asselborn T, Gargot T, Kidzinski L, Johal W, Cohen D, Jolly C, et al. Automated human-level diagnosis of dysgraphia using a consumer tablet. *Npg Digital Med* 2018;1:e42.
- [33] Zou J, Gautier S, Pellerin H, Gargot T, Archambault D, Chetouani M, et al. R2C3 Rehabilitation Robotic Companion for Children and Caregivers (R2C3), a social robot system for rehabilitation in neurodevelopmental disorders. *Int J Soc Robot* 2024;16:599–617, <http://dx.doi.org/10.1007/s12369-024-01104-6>.
- [34] Zou J, Gauthier S, Archambault D, Chetouani M, Cohen D, Anzalone SM. The Irecheck Team. Training handwriting in children with NDD: insight from a robot-assisted intervention via R2C3. *Comput Hum Behav Rep* 2025;20:e100799, <http://dx.doi.org/10.1016/j.chbr.2025.100799>.
- [35] Heinz MV, Mackin DM, Trudeau BM, Bhattacharya S, Wang Y, Banta HA, et al. Randomized trial of a generative AI Chatbot for mental health treatment. *N Engl J Med* 2025;2(4):1–12, <http://dx.doi.org/10.1056/AIoa2400802>.