

Scénario pédagogique et artéfacts numériques de réalité virtuelle pour étayer l'activité de jeunes autistes vers un habitat inclusif partagé

Educational Scenario and Virtual Reality Digital Artifacts to Support the Activity of Young People With Autism Towards a Shared Inclusive Habitat

Escenario educativo y artefactos digitales de realidad virtual para apoyar la actividad de jóvenes con autismo hacia un hábitat inclusivo compartido

<https://doi.org/10.52358/mm.vi15.348>

Cécile Lacote-Coquereau, doctorante
Nantes Université, France
cecile.lacote-coquereau@univ-nantes.fr

Patrice Bourdon, maître de conférences
Nantes Université, France
patrice.bourdon@univ-nantes.fr

Cendrine Mercier, maîtresse de conférences
Nantes Université, France
cendrine.mercier@univ-nantes.fr

Gaëlle Lefer-Sauvage, maîtresse de conférences
Université de Mayotte, France
gaelle.lefer-sauvage@univ-mayotte.fr



RÉSUMÉ

Le programme de recherche Participe 3.0 vise à accompagner huit jeunes adultes autistes dyscommunicants vers un habitat inclusif partagé, par l'introduction d'outils de réalité virtuelle consacrés à la préparation du repas (Fuchs, 2018; Cherix *et al.*, 2019). Il s'agit d'analyser comment, en contexte d'éducation/formation, un environnement immersif 3D peut favoriser l'attention et les interactions pour un public aux percepts langagiers et psychosensoriels caractéristiques (Bogdashina, 2020; Mottron, 2004). Les recherches attestent que les outils numériques peuvent encourager l'engagement dans l'activité, au sens de Leontiev (1975/2022), d'enfants avec autisme (Bourgueil *et al.*, 2015; Mercier *et al.*, 2022). Mais qu'en est-il, lors de l'immersion au sein de capsules de réalité virtuelle, de leur capacité visuoattentionnelle et praxique, inhérente au couplage perception-action? Dans quelle mesure ces technologies immersives pourraient-elles minorer les troubles attentionnels, déficit cognitif fréquemment rapporté, et favoriser l'engagement dans l'activité? Les résultats montrent l'importance d'un scénario pédagogique conçu en démarche collaborative, centré sur l'utilisateur (Guffroy *et al.*, 2017; Bourdon, 2021) pour majorer la participation et l'attention, et étayer les apprentissages d'apprenants dyscommunicants. Ils mettent en lumière la pertinence d'artefacts immersifs, au sein d'un environnement capacitant, pour acquérir une autonomie progressive (Rocque *et al.*, 2001).

Mots clés : éducation inclusive, instrumentation numérique, réalité virtuelle, autisme, dyscommunication, autodétermination

ABSTRACT

The research program "Participe 3.0" aims to accompany eight young adults with autism and dyscommunication towards a shared, inclusive habitat via the introduction of Virtual Reality tools dedicated to meal preparation (Fuchs, 2018 ; Cherix *et al.*, 2019). The aim is to analyze how, in an educational/training context, a 3D immersive environment can foster attention and interactions for an audience with characteristic language and psycho-sensory percepts (Bogdashina, 2020 ; Mottron, 2004). Research shows that digital tools can encourage engagement in the activity (Leontiev, 1975/2022) of children with autism (Bourgueil *et al.*, 2015 ; Mercier *et al.*, 2022) . But what about their visual-attentional and praxical capacity, inherent in the perception-action coupling, during immersion in virtual reality capsules, and their visual-attentional capacity, inherent to the perception-action cognitive coupling? To what extent could these immersive technologies reduce attentional disorders, a cognitive deficit frequently reported and promote new operations for activity? The results show the importance of a pedagogical scenario designed in a collaborative approach centred on the user (Guffroy *et al.*, 2017 ; Bourdon, 2021) (to increase participation, attention and support the activity of dys-communicative learners. They highlight the relevance of immersive artifacts within an enabling environment to acquire progressive autonomy (Rocque *et al.*, 2001).

Keywords: inclusive education, digital instrumentation, virtual reality, autism, dyscommunication, self-determination

RESUMEN

El programa de investigación "Participe 3.0" tiene como objetivo acompañar a ocho jóvenes adultos con autisme y discomunicación hacia un hábitat inclusivo compartido, mediante la



introducción de herramientas de Realidad Virtual dedicadas a la preparación de comidas (Fuchs, 2018; Cherix et al., 2019). El objetivo es analizar cómo, en un contexto de educación/formación, un entorno inmersivo 3D puede fomentar la atención y la interacción de un público con percepciones lingüísticas y psicosenoriales especiales (Bogdashina, 2020; Mottron, 2004). Las investigaciones demuestran que las herramientas digitales pueden fomentar el compromiso con la actividad (Leontiev, 1975/2022) de los niños con autismo (Bourgueil et al., 2015; Mercier et al., 2022). Pero, ¿qué pasa con su capacidad visual-atencional, inherente al acoplamiento cognitivo percepción-acción, cuando se sumergen en cápsulas de realidad virtual? ¿Hasta qué punto estas tecnologías inmersivas podrían reducir los trastornos de la atención, un déficit cognitivo del que se informa con frecuencia, y promover nuevas operaciones para la actividad? Los resultados muestran la importancia de un escenario pedagógico colaborativo y centrado en el usuario (Guffroy et al., 2017; Bourdon, 2021) para aumentar la participación, la atención y apoyar la actividad de los alumnos discomunicativos. También destacan la relevancia de los artefactos inmersivos, dentro de un entorno propicio, para adquirir una autonomía progresiva (Rocque et al., 2001).

Palabras clave: educación inclusiva, instrumentación digital, realidad virtual, autismo, discomunicación, autodeterminación

Introduction

« Tous les enfants partagent la capacité d'apprendre et de progresser [...] sans distinction » (code de l'éducation, 2021). Dans une perspective d'éducabilité (Alin, 2019) et de participation citoyenne (Ebersold, 2021), le programme pluridisciplinaire Participe 3.0 vise à accompagner huit jeunes adultes autistes dyscommunicants vers un habitat inclusif partagé.

Les droits des personnes handicapées ont trouvé leur résonance internationale avec la Déclaration d'Incheon (UNESCO, 2015) portant notamment l'objectif d'« assurer l'accès à tous à une éducation de qualité, sur un pied d'égalité et de promouvoir les possibilités d'apprentissage tout au long de la vie ». Notre recherche envisage « d'apporter des solutions innovantes d'accompagnement » aux personnes en situation de handicap (Haute Autorité de Santé, 2022, p. 1) au moyen des outils de réalité virtuelle¹ (VR) centrés sur l'expérience utilisateur (Guffroy *et al.*, 2017). Le dispositif s'inscrit dans un contexte de formation où l'activité du sujet participant (Bourdon, 2021) est médiatisée par un casque de VR et un scénario pédagogique dédié. La capsule immersive élaborée en expertises plurielles a pour but le développement d'habiletés sociales et domestiques (préparation du repas en autonomie), telles que décrites par l'échelle d'adaptation sociale Vineland-II². Si la finalité de la VR est de permettre à toute personne une activité sensorimotrice et cognitive dans un environnement symbolique, simulant certains aspects du monde réel (Fuchs, 2016), il s'agit ici de déployer des stratégies éducatives idoines pour rendre cette activité accessible à un public vulnérable, porteurs de trouble du spectre de l'autisme (TSA), du développement intellectuel (TDI) et du langage (OMS, 2022). Bénéficiant d'une mesure de protection juridique, du fait d'une altération des facultés cognitives,

¹ Nous utiliserons le sigle anglophone VR (*Virtual Reality*) pour « réalité virtuelle ».

² <https://www.pearsonclinical.fr/vineland-ii-echelle-devaluation-du-comportement-socio-adaptatif-de-vineland>



relationnelles, ou corporelles (Commission nationale consultative des droits de l'homme, 2015), les personnes dites « vulnérables » présentent un « état de sensibilité et de moindre résistance aux exigences du réel, qui appelle la prévention » (Alin, 2021, p. 233). Comme le définit l'OCDE (2008), toute personne avec besoins éducatifs particuliers³ (BEP) légitime des aménagements et des mesures éducatives spécifiques en situation d'apprentissage (Plaisance, 2009).

Dans ce contexte, notre article propose d'analyser comment un environnement tridimensionnel en VR peut favoriser la participation, l'attention conjointe et les interactions sensorimotrices d'un public dyscommunicant avec des percepts cognitifs et psychosensoriels spécifiques (Bogdashina, 2020; Alin, 2021). Dans un environnement virtuel⁴ rendu capacitant, quelles sont les potentialités pour l'utilisateur en situation de handicap de percevoir, de décider, d'agir lors d'interactions intersubjectives propices au développement de son autonomie (Fernagu Oudet, 2012; Fuchs, 2018)? Corrélées aux usages des technologies immersives dans le champ des TSA, nos entrées théoriques s'appliquent aux motifs d'engagement dans l'activité, au sein de la communauté (Leontiev, 1975/2022; Engeström, 1987). Plusieurs résultats emblématiques montrant la pertinence de ces usages et les artefacts efficaces seront consécutivement analysés et discutés.

Enjeux du dispositif de formation en réalité virtuelle

Potentialités réalité virtuelle/autisme

Les troubles neurodéveloppementaux, auxquels est rattaché le TSA, sont une cause majeure d'incapacités et de handicaps fonctionnels durables (American Psychiatric Association, 2013; OMS, 2022). Dès le début des années 1990, dans la perspective du traitement des dysfonctionnements cognitifs, chercheurs et thérapeutes se sont saisis des possibilités offertes par la VR : « dispositifs permettant de créer un environnement virtuel autour d'un individu par stimulation de ses sens » (Fallet *et al.*, 2022). Ces technologies offrent à l'être humain « de nouveaux espaces d'interaction et d'expression dans lesquels il peut être immergé » en toute sécurité (Klinger, 2014, p. 57). Elles permettent d'amorcer l'apprentissage d'habiletés domestiques (type « préparation du repas ») sans exposer les usagers aux risques (brûlures, coupures...) induits en situation réelle (Standen et Brown, 2005). In extenso, la VR est utilisée en médiation de nombreux domaines éducatifs et thérapeutiques, allant de la formation professionnelle à la prise en charge de patients (Lambrey *et al.*, 2010) : atténuation de la douleur et des troubles anxieux, modulation des réponses nociceptives, rééducation de déficits moteurs, soutien des fonctions exécutives... (Fallet *et al.*, 2022; Lecouvey *et al.*, 2017; Suh et Prophet, 2018).

Sur le plan sensoriel, l'apprenant autiste rencontre généralement des difficultés pour traiter les flux d'informations simultanés (Bogdashina, 2020) et est potentiellement « sensible à toutes les formes de perturbation de son environnement, quel que soit le système sensoriel sollicité » (Alin, 2021, p. 77). En ce sens, la VR offre un contexte d'apprentissage stable, reproductible, sans distracteurs exogènes (bruits, allées et venues, intrusions inattendues...), qui sont autant de facteurs délétères à l'attention. Un interfaçage 3D capacitant où « les ressources du milieu et celles de l'individu entrent en interaction » (Fernagu Oudet, 2012, p. 204) consiste notamment à réduire la charge cognitive pour permettre à l'utilisateur immergé de se concentrer sur les tâches à réaliser (Lacote-Coquereau, 2020). Subséquemment, la VR peut aider à filtrer le flux d'informations sensorielles (atténuation acoustique et/ou lumineuse), à développer la conscience spatiale

³ La terminologie « besoins éducatifs particuliers » ou « spéciaux » désigne les enfants présentant une déficience, des difficultés d'apprentissage ou des désavantages sociaux (OCDE, 2008).

⁴ Nous utiliserons également le sigle EV pour « environnement virtuel ».



et la concentration (Krokos *et al.*, 2019). Au sein du dispositif présenté, les inférences sonores et lumineuses ont été réduites. Pour un public dit à BEP, ces adaptations de l'interface en affordance (Gibson, 1977) visent à « éviter les situations d'échec et à favoriser les tâches d'apprentissage » (Cherni *et al.*, 2012). Dans des *scenarii* pédagogiques adaptés, la VR permet de proposer une simulation graduelle des activités de vie quotidienne (AVQ) en « contrôlant qualitativement et quantitativement les informations délivrées par le système et en les adaptant aux capacités » de l'utilisateur (Klinger, 2014, p. 58).

Sur le plan cognitif, le TSA impacte de façon variée les fonctions du traitement de l'information de haut niveau, comme les fonctions sensorimotrices et exécutives : planification, mémorisation, attention (Klinger, 2014, p. 58). Or, chez les personnes autistes, les outils numériques peuvent susciter un intérêt particulier, propice à l'engagement dans l'activité (Mercier *et al.*, 2022). Au sein de capsules immersives, un dispositif incluant des renforçateurs reliés à leurs centres d'intérêt et à leur projet de vie soutient leur motivation et leur capacité attentionnelle⁵. Des études en neuropsychologie auprès de patients atteints de troubles mnésiques ont ainsi montré qu'un entraînement itératif au sein d'une cuisine virtuelle améliore de façon importante les habiletés domestiques, assorties d'« un transfert au réel avec maintien dans le temps » (Allain *et al.*, 2014; Foloppe *et al.*, 2019). En EV, l'attention oculaire est essentielle. Or, une divergence ou un déficit de la poursuite oculaire, c'est-à-dire la capacité à suivre des yeux une cible visuelle en mouvement, est constaté chez les personnes autistes (Chokron *et al.*, 2014). Un déficit d'attention conjointe, affectant la qualité de la cognition sociale, est également souvent attesté (Baron-Cohen *et al.*, 1997). L'attention conjointe, « compétence essentielle pour la compréhension des situations sociales », doit alors faire l'objet d'un soutien particulier, en impulsant des stratégies d'imitation (Nadel, 2011; Bourdon *et al.*, 2018) ou en sollicitant « des gestes de communication, comme pointer du doigt pour désigner quelque chose » (Jordan et Magerotte, 2016, p. 17). La mise en place d'artefacts immersifs pour pallier cette attention déficitaire constitue l'un des enjeux majeurs du dispositif présenté. Nous définissons ici l'artefact immersif comme un « objet technique transformé par l'homme » (Rabardel, 1995) : un élément construit, implémenté au sein du scénario de réalité virtuelle.

Sur le plan moteur, la littérature relate une motricité autistique lacunaire, corrélée à des problèmes d'orchestration praxique intentionnelle. C'est 67 % des enfants ayant un diagnostic d'autisme typique qui présentent des troubles de la motricité, avec des compétences situées à -2,91 écarts-types de celles de la population typique (Miyahara, 2013). Des études mettent au jour la pertinence du couplage perception-action en vecteur de mémorisation kinesthésique (Alin, 2021; Clavaud, 2022). Dans le cas de stéréotypies motrices (*flapping* ou tremblements des mains), il est possible de « filtrer les données des capteurs de localisation pour stabiliser ces actions » par des aides logicielles comportementales motrices (ALC-M) (Fuchs, 2016, p. 28). Cette immersion et cette interaction « clefs de voûte de la réalité virtuelle » permettent à chacun d'engager une activité cognitive synchrone avec des objets modélisés selon ses besoins cognitifs ou sensorimoteurs. Avec un casque connecté à un ordinateur, à l'instar des capsules du dispositif, des usagers aux fonctions motrices altérées peuvent interagir simultanément avec l'EV (Sakkalis *et al.*, 2022).

Ray-casting : interface comportementale sensorimotrice

Parmi les artefacts efficaces, le *ray-casting* (faisceau lumineux indexé au pointage manuel) est la technique de pointage de cible manuelle la plus courante en EV (Baloup *et al.*, 2019). Le geste de pointage, motricité fine de haut niveau, induit des mouvements volontaires orientés vers un but. Cette praxie fortement cognitivorequérante sollicite les fonctions exécutives de planification, de programmation et de contrôle de l'exécution (Amestoy, 2015). Aide comportementale sensorimotrice (ALC-M), le *ray-casting* peut se décliner

⁵ https://www.has-sante.fr/jcms/c_2006477/fr/trouble-du-spectre-de-l-autisme-interventions-et-parcours-de-vie-de-l-adulte



en version mains libres pour répondre aux besoins spécifiques (Fuchs, 2016) et se substituer à l'utilisation de *controllers* 3D, manettes ou boutons d'usage complexe. Les sujets bénéficiant des technologies de VR sont notamment ceux qui présentent des troubles de l'attention ou de la coordination motrice (Klinger, 2014, p. 58), telles les personnes autistes entravées dans les composantes de la dextérité manuelle : latéralisation, coordination bimanuelle praxique, « comportements intentionnels, finalisés plus ou moins complexes » (Alin, 2021, p. 31). Les travaux autour de la cognition visuospatiale confortent l'hypothèse que des limitations motrices peuvent contribuer à perturber les fonctions perceptives et cognitives (Kershner, 1974). Il nous semble alors pertinent d'implémenter l'artefact du *ray-casting* en ALC-M pour favoriser un environnement virtuel capacitant.

Un environnement d'apprentissage capacitant, en affordance, est celui où « les ressources du milieu et celles de l'individu entrent en interaction » (Fernagu Oudet, 2012; Gibson, 1977). Dans le champ du handicap, un dispositif capacitant vise à « mettre en exergue les propriétés du milieu et l'outillage sensorimoteur dont dispose l'individu » (Chabert, 2021, p. 71). Défini par Wallon (1959), le milieu est le « complément indispensable de l'être vivant. Il doit répondre à ses besoins et à ses aptitudes sensorimotrices puis psychomotrices ». Grâce au *ray-casting*, l'utilisateur interagit tacitement avec l'EV, offrant ainsi une alternative à la dyscommunication. « Le monde visible et celui de mes projets moteurs sont des parties totales du même Être » (Merleau-Ponty, 1960, p. 17). De surcroît, du fait des capteurs connectés, l'activité exploratoire peut être mesurée sans verbalisation (Klinger, 2014). Proposer un outil permettant de rendre compte de ce qui est subjectivement signifiant pour l'utilisateur en favorisant son autonomie décisionnelle dans l'activité constitue un axe prégnant du dispositif.

Un cadre théorique pour penser l'activité de sujets autistes au sein d'une communauté éducative

Théorie de l'activité : de l'outil à l'appropriation des savoirs

Notre recherche s'appuie sur la théorie princeps de l'activité de Leontiev (1975/2022), reprise par un paradigme dit de troisième génération avec Engeström (1987). L'activité systémique est vue comme une organisation fonctionnelle du comportement dans laquelle s'inscrivent les échanges entre le sujet et son milieu, au sein d'une communauté, lors d'un « processus impulsé et orienté par un motif » (Leontiev, 1975/2022, p. 178⁶). La communauté est représentée par l'équipe socioéducative et les pairs-émulateurs (Engeström, 1987). Co-efférente, articulante réceptivité et extériorité agissante, « l'activité d'un individu humain représente un système de rapports sociaux » (Leontiev, 1975/2022, p. 82). Subséquemment, l'engagement du sujet dans l'activité engage un processus d'intériorisation/appropriation (figure 1) en tant que « transformation de processus extérieurs effectuée sur des objets matériels en processus se déroulant au niveau mental, au niveau de la conscience » (Leontiev, 1975/2022, p. 92). La fonction d'un matériel visuel (ici la capsule de préparation du repas) est de médiatiser, « de servir de support extérieur aux actions intérieures effectuées sous la direction du [guidant] au cours du processus d'assimilation des connaissances » (Leontiev, 1975/2022, p. 245). Dans ce contexte, « l'activité intellectuelle n'est jamais isolée de l'activité pratique », puisqu'elle « rentre obligatoirement en contacts pratiques avec des objets qui résistent à l'homme, qui la dévient, la modifient et l'enrichissent » (Leontiev, 1975, p. 90). Vecteur de conscientisation

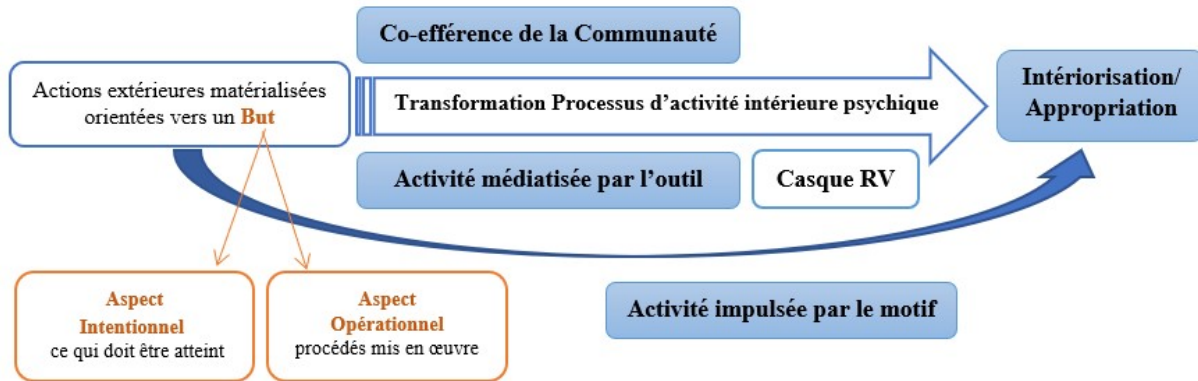
⁶ Les numéros de page pour Leontiev (1975/2022) correspondent à la réédition de l'ouvrage en 2022.



individuelle, l'activité permet d'affirmer « sa personnalité humaine, qualité particulière que l'individu naturel acquiert dans le système des rapports sociaux » (Leontiev, 1975/2022, p. 17-18).

Figure 1

Structure instrumentale de l'activité médiatisée par un casque VR



Note. Source : Auteurs d'après les travaux de Leontiev (1975/2022) et Engeström (1987).

La figure 1 présente la structure instrumentale et systémique de l'activité médiatisée par un outil (casque de VR). L'engagement dans l'activité du sujet est impulsé par un motif (intrinsèque, extrinsèque, pleinement conscientisé ou non) au sein de la communauté. Les phases d'intériorisation/appropriation de l'outil dans l'activité « impliquent leur régulation consciente, c'est-à-dire la présence de la conscience, et, à certaines étapes du développement, la conscience de soi du sujet » (Leontiev, 1975/2022, p. 169). *De facto*, « l'activité d'appropriation des savoirs relève du rapport à un processus d'apprentissage donné, articulé à la maîtrise d'une activité de réflexion en situation » (Barthes, 2022, p. 135). Il en est de même pour l'appropriation des savoirs autour d'un objet technique dans une activité instrumentée immersive.

ACTIVITÉ ET MILIEUX : CORELATION DES APPRENTISSAGES

Dans cette perspective théorique, penser les interactions et les effets du milieu sur l'activité des personnes apparaît nécessaire. Les travaux de Wallon sont précieux lorsqu'il précise que les « milieux » dans lesquels les activités se déroulent comportent une double fonction : « milieux moyens » permettant d'engager de nouveaux apprentissages, et « milieux champ d'application » favorisant l'expérimentation et la consolidation des compétences préexistantes dans la zone proximale de développement (Wallon, 1959 ; Vygotski, 1934). Simuler et construire de nouvelles compétences dans l'usage d'une cuisine virtuelle constitue un moyen bicéphale d'amorcer des apprentissages et de consolider les savoirs en émergence.

ACTIVITÉ ET IMAGE : PROCESSUS DE SUBJECTIVATION

L'image est au cœur de l'environnement virtuel. Les travaux sur la vie psychique ont montré que l'être humain utilise « tous les moyens à sa disposition pour transformer ce qu'il a projeté, et le réintérioriser ensuite en enrichissant sa personnalité » (Tisseron et Tordo, 2021, p. 38). Les images, réelles ou virtuelles, prennent un rôle central dans la construction de l'activité. Elles tissent une relation fondamentale, en processus réflexif propre à l'usager. Par son pouvoir d'immersion, chaque image se propose comme « un territoire dans lequel nous sommes invités à entrer », à la fois « refuges, leviers de transformation du monde et espaces de résonances et significations partagées » (Tisseron et Tordo, 2021, p. 31). Cette invitation, pour s'incarner en



appropriation psychique, doit devenir investigation personnelle. Par exemple, s'il est admis par les savoirs d'usage que la fonctionnalité du micro-ondes consiste à réchauffer un aliment, quel sens personnel cela revêt-il pour le sujet autiste qui n'a jamais eu l'occasion de l'utiliser ? Le sens est « partie intégrante du contenu vécu... interaction du sujet réel avec le monde qui l'entoure » (Leontiev, 1975/2022, p. 261-262). Il participe pleinement du processus d'apprentissage. Le concept de subjectivité est ancré dans la perspective de Leontiev, défini comme un élément de l'activité qui implique une action de la part du sujet. Ce processus de subjectivation soutient le développement des sujets-participants (Bourdon, 2021) inhérent des interactions des usagers avec les ressources de l'environnement.

Problématisation et question de recherche

Les études scientifiques mettent en valeur deux spécificités de notre recherche que nous tentons d'articuler : d'abord, les travaux sur la VR étant récents, les apports sur le domaine sont encore peu nombreux et vont relativement dans le même sens. Auprès des personnes autistes, la VR présente un intérêt sur le plan du développement sensorimoteur (mémorisation kinesthésique, Bogdashina, 2020), social (imitation et attention conjointe, Chokron *et al.*, 2014 ; Krokos *et al.*, 2019) et cognitif (planification, mémorisation, attention, Klinger, 2014 ; Krokos *et al.*, 2019). La seconde spécificité de notre recherche est d'interroger les conditions efficaces de médiation des étayants (Bruner, 1983) auprès d'une population particulière, celle de personnes autistes dyscommunicantes présentant des altérations cognitives et sensorimotrices. Or, dans le cadre, les recherches scientifiques sont, à notre connaissance, inexistantes.

Aussi, pour répondre aux besoins épistémologiques de notre recherche, les travaux sur l'analyse de l'activité instrumentée (Rabardel, 1995) ne doivent pas uniquement tenir compte du sujet/objet/outil, mais aussi de la mise en place de cette expérimentation transformative au sein de la communauté (Engeström *et al.*, 1999). Eu égard à notre public dit avec BEP, l'outil technologique, *per se*, ne peut suffire. Pour les apprenants avec troubles du langage et du développement intellectuel, une tierce personne interagente (Kerbrat-Orecchioni, 1990) est effectivement préconisée en médiation triangulée (Bedoin *et al.*, 2015). Plus encore, la manière dont les jeunes donnent du sens à l'activité transformative est absolument nécessaire à évaluer pour éviter (comme c'est parfois le cas dans l'autisme) d'amener le jeune à « appliquer » ce qu'il apprend, mais à « comprendre » ce qu'il est en train de faire. Dès lors, Leontiev s'avère incontournable à notre recherche, rendant intrinsèque le « motif » à l'activité. C'est dans ce contexte éducatif de médiation triangulée que nous interrogeons l'efficacité d'artefacts immersifs pour compenser les atteintes attentionnelles, langagières et praxiques de notre public :

Quels scénarii et artefacts immersifs capacitants pourraient étayer les compétences attentionnelles, sensorimotrices et interactionnelles d'usagers dyscommunicants avec autisme ?

Méthodologie

Public de l'étude

L'étude s'adresse à un public vulnérable, bénéficiant d'une mesure de protection juridique, du fait de l'altération des facultés cognitives et relationnelles, ou corporelles (Commission nationale consultative des droits de l'homme, 2015). La cohorte se compose de huit jeunes adultes avec un trouble du spectre de l'autisme, du langage et du développement intellectuel (TDI) (OMS, 2022) :



- 4 hommes – 4 femmes
- Âge moyen : 23 ans
- 2 sujets sur 8 sont en capacité graphique (écriture partielle) sans autonomie discursive
- 6 sujets sur 8 n'ont accès ni à l'écriture ni à la lecture
- 8 personnes sur 8 présentent des altérations du langage oral

Les évaluations cliniques sont basées sur l'échelle diagnostique AMSE (*Autism Mental Status Exam*) (Grodberg *et al.*, 2014).

Sept items significatifs du TSA sont cotés de 0 à 2, selon la sévérité des altérations (total/14) : contact visuel, intérêt pour autrui, capacité à pointer, langage/pragmatique du langage, stéréotypies, préoccupations envahissantes.

Parmi les sept domaines observés, trois se rattachent précisément aux compétences ciblées par notre étude : capacité à pointer, langage et pragmatique du langage.

CAPACITÉS LANGAGIÈRES : ALTÉRATION MAJEURE

Les résultats à la cotation AMSE indiquent une altération importante des items *langage* et *pragmatique du langage* (tableau 1).

Tableau 1

Cotations AMSE pour échantillon de l'étude à T1 (T1 = mars 2022)

| ALTÉRATION DES ITEMS OBSERVÉS | MOYENNE échantillon | R1 | R2 | R3 | R4 | R5 | R6 | R7 | R8 |
|------------------------------------|---------------------|----------|----------|----------|-----------|----------|-----------|----------|----------|
| Contact visuel | 0,6/2 | 0 | 0 | 1 | 2 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| Intérêt pour autrui | 0,3/2 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| Capacité à pointer | 0,3/2 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| Langage | ½ | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Pragmatique du langage | 1,6/2 | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 |
| Stéréotypies | 2/2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| Préoccupations envahissantes | 1,6/2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 |
| TOTAL/14 Suspicion TSA>5 | 7,6/14 | 5 | 6 | 8 | 10 | 5 | 10 | 8 | 9 |

Note. © R = Résident. Items cotés de 0 à 2 selon la sévérité de l'atteinte. Langage : ½ (moyenne du groupe). Pragmatique du langage : 1,6/2 (moyenne du groupe). Une cotation totale > 5/14 engage une suspicion d'autisme (moyenne du groupe : 7,6/14).



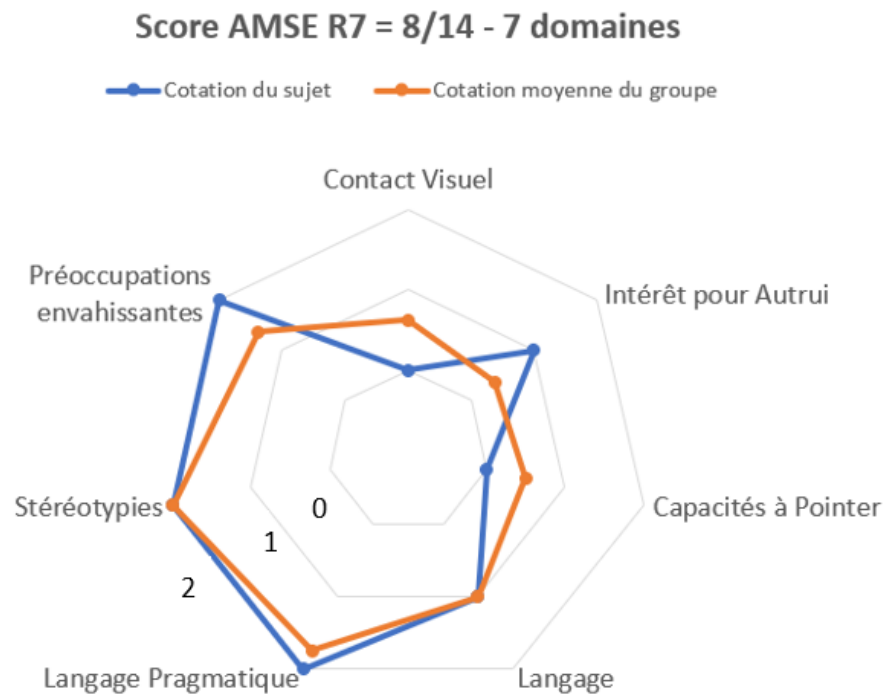
L'item *pragmatique du langage* induit des interactions sociales non pertinentes : non-respect du tour de parole de l'usager, intonation atypique ou monotone, écholalie, stéréotypies verbales, absence de lien pertinent entre un objet et son contexte (Beaupré *et al.*, 2014, p. 122). À l'extrême sévérité du trouble du spectre de l'autisme, la dyscommunication verbale devient *a-communication*, minorant, voire effaçant toute trace de langage verbalisé : « on n'arrive plus à trouver les mots qui peuvent faire des ponts » (Wolton, 2019, p. 202). La cotation moyenne du groupe (1,6/2) atteste d'une dyscommunication moyenne à sévère pour les participants. Les artefacts pouvant soutenir les capacités langagières, tel le *ray-casting*, constituent un enjeu majeur du dispositif.

CAPACITÉ SENSORIMOTRICE DE POINTAGE : ALTÉRATION MINEURE

Les évaluations diagnostiques AMSE montrent une capacité à pointer préservée ou modérément altérée (moyenne du groupe : 0,3/2). En guise d'illustration, le diagramme Kiviat représente la synthèse des scores pour le résident 7, en comparatif de la moyenne du groupe (figure 2).

Figure 2

Cotations AMSE R7 à T1



Note. Source : diagramme Kiviat (Mayr, 1877) d'après l'échelle AMSE (Grodberg *et al.*, 2014).

R7 présente une cotation totale de 8/14, supérieure au palier de suspicion du TSA (5/14) de l'AMSE. Les capacités scorées de *langage* (1/2) et *pragmatique du langage* (2/2) attestent d'une dyscommunication importante. La capacité de pointage scorée à 0/2 paraît en revanche préservée et fonctionnelle.

Dans le champ de l'autisme, la capacité à pointer se trouve souvent défailante. Geste de motricité fine, elle



nécessite la coordination visiomane évaluée pour les apprenants TSA à -1,20 écarts-types de personnes neurotypiques (Fournier *et al.*, 2010). En EV, la technologie du *ray-casting* pourrait se révéler efficace pour renforcer les interactions d'un public en difficulté de verbalisation. Nos analyses et résultats associés interrogeront la pertinence de cette hypothèse.

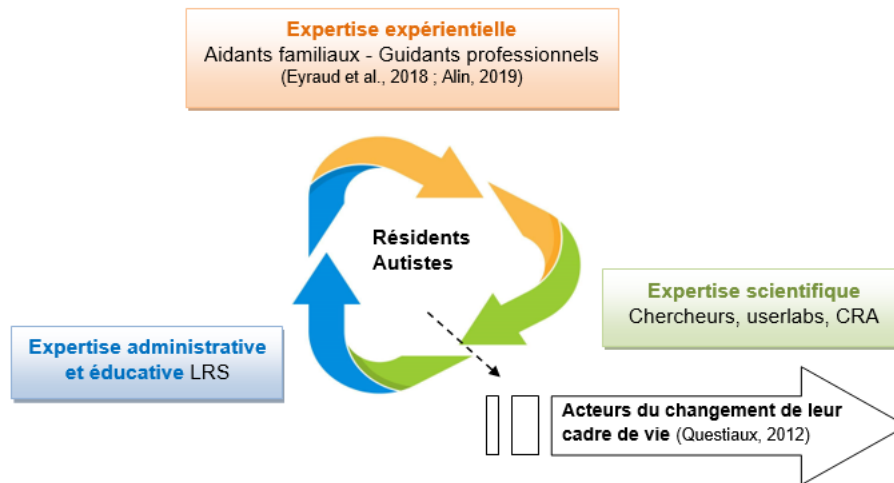
Approche épistémologique anthropocentrée

LA QUESTION DU SUJET-PARTICIPANT

Dans le sillage des travaux de Bourdon (2021), il s'agit de considérer la nécessité d'une immersion longue et régulière dans le terrain de recherche, de constituer un consortium pluridisciplinaire favorisant l'accès à la complexité des situations éducatives et à sa multidimensionnalité pour mettre au jour l'activité. Nous développons une approche centrée sur l'utilisateur et les interactions qui se développent pour, enfin, nourrir une pratique et une culture de l'observation (Bourdon, 2021, p. 228). Notre recherche participative associe les savoirs théoriques et scientifiques du consortium (dont l'appui du Centre Ressources Autisme⁷) aux savoirs expérientiels des usagers, reconnus « experts concernant la véracité de tel ou tel savoir expérientiel » (Gardien, 2017, p. 34). L'appropriation et la sémantisation des savoirs sont induites par l'expérience personnelle plutôt que par le raisonnement discursif. Ainsi, s'intéresser aux perspectives alternatives soutenues par les populations directement concernées multiplie les angles du travail analytique et soutient une validité supérieure des connaissances produites (Gardien, 2017, p. 42). En prenant appui sur ces expertises plurielles, un dispositif collaboratif est privilégié à dessein de mieux appréhender les BEP des usagers (figure 3).

Figure 3

Dispositif collaboratif en expertise plurielle



Note. Source : Auteurs.

⁷ Les Centres Ressource Autisme (CRA) sont, en France, une structure médicosociale publique destinée aux personnes avec un TSA (2002). <https://qncra.fr/les-cra/presentation-des-cra-et-leurs-missions/>



Il s'agit de « structurer une communauté de recherche forte, capable de travaux interdisciplinaires et étroitement connectée aux secteurs d'activité concernés, notamment éducation, technologies de compensation » (Ministère des Solidarités et de la Santé, 2018, p. 66). Pour que des individus, « notamment les plus démunis », puissent développer leurs savoirs et exercer leur pouvoir d'agir, les partenaires doivent accepter d'abandonner la verticalité de leurs politiques sociales et relationnelles au profit de pratiques de coconstruction (Avenel, 2017, p. 52). Le choix d'intégrer pair-aidance et pair-émulation pour concevoir et faire usage des outils numériques va permettre une co-élaboration au fil de l'activité et une prise en considération du sujet-participant.

DISPOSITIF PÉDAGOGIQUE CENTRÉ SUR L'UTILISATEUR

La méthodologie dite « agile » de conception centrée sur l'utilisateur (CCU), spécifiquement dans l'autisme (Guffroy *et al.*, 2017), est axée sur l'utilisateur pleinement considéré en tant que sujet interactif (Bourdon, 2021). Le scénario est construit de manière collaborative, itérative et incrémentale (figure 5). L'utilisateur est au centre du système : approche anthropocentrique et non technocentrique (Fuchs, 2016, p. 23). Cette posture de recherche « avec » et non « sur » la personne concernée favorise son pouvoir d'agir et sa *capabilité* en devenir : « possibilité et aptitude d'un individu... qui reflètent la liberté dont dispose la personne pour mener un type de vie ou un autre » (Sen, 2009).

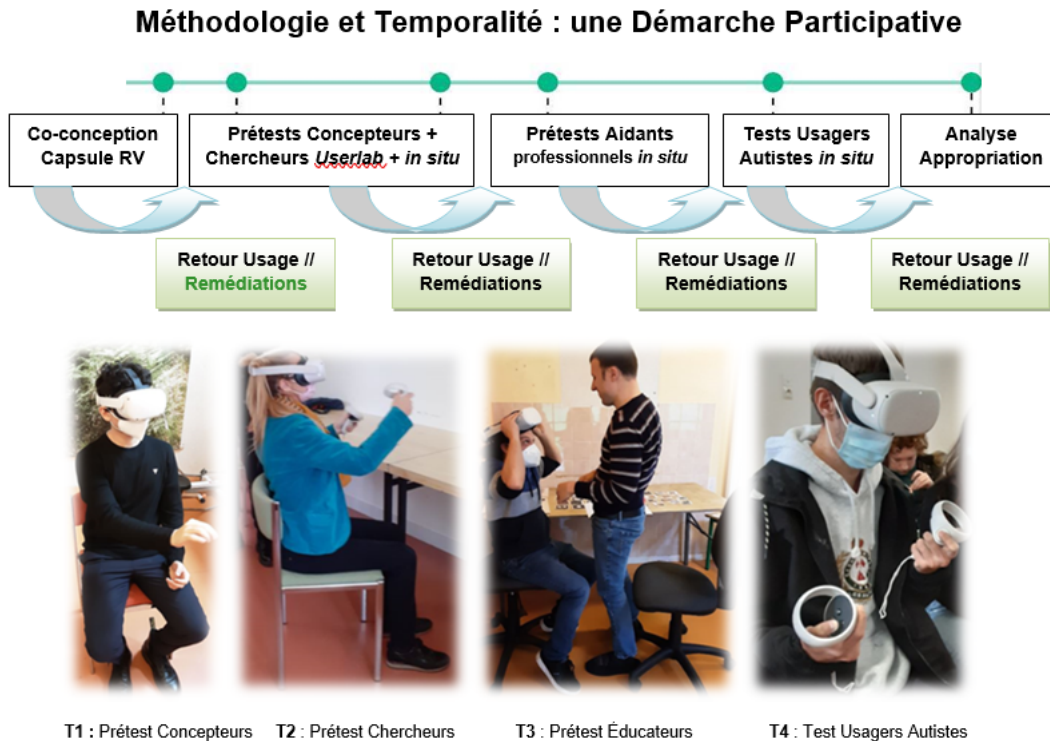
La figure 4 présente le protocole Agile CCU, présidant à la conception du scénario pédagogique des capsules de VR, en cinq étapes :

- T0 : Conception d'une capsule en *userlab*
- T1 : Prétest d'un concepteur en milieu écologique (retours usages/remédiations)
- T2 : Prétest d'une chercheuse en milieu écologique (retours usages/remédiations)
- T3 : Prétest d'un éducateur en milieu écologique (retours usages/remédiations)
- T4 : Test d'un résident autiste en milieu écologique (retours usages/remédiations)



Figure 4

Scénario pédagogique anthropocentré d'après la méthodologie Agile CCU



Note. Photographies des essais immersifs. Source : © Auteurs.

ENVIRONNEMENT CAPACITANT POUR LE SUJET AVEC TSA

Le scénario immersif se construit, se modifie et se réajuste sans cesse au plus proche des besoins cognitifs et psychosensoriels des participants autistes. Les remédiations apportées émanent des savoirs théoriques et expérientiels de l'équipe plurielle, ainsi que des verbatim des usagers recueillis durant l'expérimentation. Les étayages vers un environnement d'apprentissage le plus capacitant possible cherchent à « mettre en exergue les propriétés du milieu et l'outillage sensorimoteur dont dispose l'individu » (Chabert, 2021, p. 71). Le tableau 2 présente les étayages exogènes et endogènes mis en place pour favoriser un environnement capacitant.



Tableau 2

Tableau des étayages exogènes/endogènes progressivement mis en place lors des essais VR

| SPÉCIFICITÉS Public avec TSA | ÉTAYAGES EXOGÈNES RV | ÉTAYAGES ENDOGÈNES RV |
|---|--|--|
| Troubles du langage (Alin, 2019) | Guidance triangulée Communication alternative : pictogrammes, photogrammes, sémiotique Makaton ⁸ | Pictogrammes (Orsoni, 2018) (Wehmeyer et Little, 2013) Pointage sans verbalisation (<i>ray-casting</i>) |
| Troubles du développement intellectuel | Anticipation des activités Socle lexical commun | Scénario mains libres (<i>ray-casting</i>) |
| Perception temporelle altérée (Mottron, 2004) | Planification des activités | Scénario séquencé <i>Timer</i> micro-ondes |
| Percepts visuels atypiques (Chokron <i>et al.</i> , 2014; Barbu-Roth <i>et al.</i> , 2009) | Salle dédiée Luminosité atténuée | Atténuation de la luminosité Formes 3D cuisine Diminution des <i>stimuli</i> extérieurs |
| Hypo-hyper sensorialité auditive (Bogdashina, 2020) | Possibilité de retrait, endroit calme (Park-Cardoso et da Silva, 2021) | Adaptation sonore Espace de ressourcement (jardin sensoriel) |
| Hypo-hyper sensibilité tactile (Bogdashina, 2020; Degenne-Richard, 2014) | Texture des chaises Accommodation progressive au toucher du casque | Casque serre-tête |
| Hypo-hyper sensibilité vestibulaire | Chaise à hauteur réglable | Images fixes ou ralenties |
| Hypo-hyper sensibilité olfactive | Absence de parfum | - |
| Interactions sociales altérées | Pair-émulation, pair-imitation Lieu commun ouvert à tous | Avatar Sentiment de présence (Biocca <i>et al.</i> , 2003) |

⁸ Makaton : programme d'aide à la communication et au langage, constitué d'un vocabulaire fonctionnel utilisé avec la parole, les signes et/ou les pictogrammes, créé en 1972 par Margaret Walker (Montoya et Bodart, 2009).

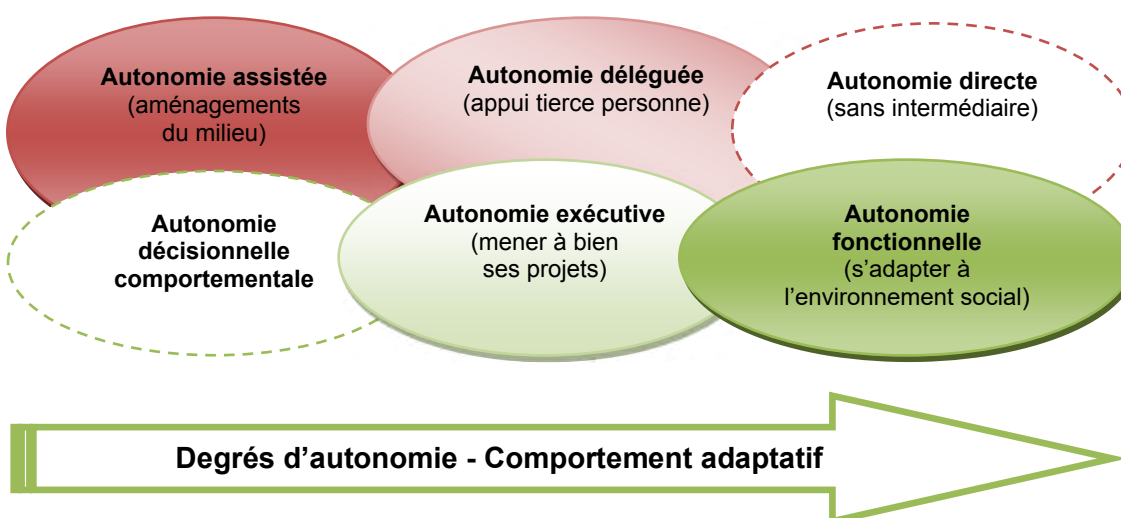


MÉDIATION TRIANGULÉE POUR PUBLIC DYSCOMMUNICANT

Le programme Participe 3.0 engage le développement et la consolidation d'habiletés sociales domestiques, vectrices d'autonomie. Les études montrent qu'une guidance triangulée favorise l'engagement dans l'activité de sujets avec troubles cognitifs : « le recours à une tierce personne sera parfois indispensable » (Bedoin *et al.*, 2015). Une autonomie progressive peut ainsi se construire selon trois degrés d'accessibilité : autonomie déléguée (médiation d'une tierce personne), assistée (milieu aménagé), directe (Rocque *et al.*, 2001) (figure 5).

Figure 5

Degrés d'autonomie progressive



Note. Source : Auteurs, d'après Rocque *et al.* (2001), Wehmeyer et Sands (1996), Bedoin *et al.* (2015).

Au sein de la cuisine virtuelle, l'un des enjeux consiste à développer l'autonomie décisionnelle : « habiletés d'une personne à indiquer ses préférences, à faire des choix et à amorcer une action en conséquence » (Wehmeyer et Sands, 1996). Dans des considérations éthiques, l'assentiment des participants a été sollicité en amont de la recherche auprès des usagers eux-mêmes, de leurs familles ou de leurs responsables de tutelle. Pour autant, « il convient de ne pas considérer pour définitivement acquis le consentement recueilli : ne pas enfermer l'individu dans un choix antérieur et s'assurer de l'actualité du consentement » (Commission nationale consultative des droits de l'homme, 2015, p. 6). En principe d'autodétermination, c'est le participant autiste qui choisit une tierce personne parmi les guidants éducatifs. Avant chaque essai immersif, le tiers guidant s'assure de l'accord du participant, par verbalisation et/ou pictogramme. Garant de gestes professionnels en savoirs expérientiels, il assiste le résident durant l'essai (figure 6).



Figure 6

Guidance triangulée pour public avec troubles cognitifs



Note. Photographie des essais VR. © Auteurs.

Sur ces photographies, le professionnel éducatif propose une guidance physique qui permet un engagement dans l'activité ou l'étayage de la coordination motrice lors d'un pointage manuel fragile. En guidance verbale, il propose les éléments à pointer (via *ray-casting*) pour mémoriser les étapes de la préparation du repas : sortir le plat du réfrigérateur, minuter le micro-ondes... Dans le public, les autres résidents observent et interagissent durant l'activité.

Outils et recueil de données

La recherche longitudinale est envisagée sur trois ans (2021/2024). Elle s'appuie sur une analyse inter et intrasujets fondée sur des données croisées, d'approche :

- Empirique : analyses filmiques, interactions verbales et non verbales entre pairs-usagers et guidants professionnels;
- Descriptive (données enregistrées par des capteurs du casque en VR) : oculométrie (*eye-tracking*), trajectoires posturales de la tête et bisannuelle, zones spatiotemporelles de collision en *ray-casting*;
- Clinique : échelles internationales en référence du TSA, AMSE (Grodberg *et al.*, 2014).

Au regard de nos questions de recherche, plusieurs indicateurs significatifs sont retenus dans leur évolution temporelle respective :

- Taux de participation/essais;
- Taux de présence/public;
- Taux de pointage par *ray-casting* (zones de collision d'objets);
- Taux de surbrillance (durée et degré de pointage);
- Couplage perception-action (suivi *eye-tracking*, trajectoires mains-tête).



TAUX DE PARTICIPATION

Le taux de participation est calculé, par séance, à partir du nombre de résidents présents ayant souhaité participer.

$$\text{Calcul \% P (participation)} = \frac{\text{n participants VR}}{\text{n présents}}$$

TAUX DE POINTAGE (RAY-CASTING)

Parmi les indicateurs d'activité pertinents pour comprendre les interactions du sujet avec TSA, nous nous intéressons au geste de pointage et à l'attention conjointe, cette « capacité intersubjective à établir une concentration partagée sur un même objet, à partager un même espace d'intérêt » (Scaife et Bruner, 1975). Précurseur du pointage et de l'intentionnalité, l'attention conjointe peut être définie comme une communication préverbale (Aubineau *et al.*, 2015, p. 144), compétence psychocognitive fondamentale pour un public autiste dyscommunicant. Ces indicateurs (attention conjointe, pointage) nous semblent donc particulièrement pertinents pour notre problématique. Le taux de pointage en attention conjointe est calculé selon la capacité à cibler un objet du scénario préalablement énoncé par le tiers guidant, par *ray-casting*. L'analyse filmique rétroactive permet de vérifier les données évaluées en synchronie durant l'expérimentation.

TAUX DE SURBRILLANCE (RAY-CASTING)

Dans la capsule développée, une mise en surbrillance valide un pointage prolongé sur un objet implémenté. Ce geste kinesthésique de précision sensorimoteur induit une attention conjointe, visuelle et auditive, avec le tiers guidant. Cet indicateur renseigne sur l'attention et la coordination oculomotrice du participant, capable d'un pointage suffisamment précis et prolongé (> 0,5 seconde) sur la zone de collision de l'objet ciblé pour déclencher la surbrillance.

$$\text{Calcul \% S (surbrillance)} = \frac{\text{n pointage > 0,5 seconde/objet ciblé}}{\text{n total objets du scénario}}$$

Planification de la recherche

Durant la première année du dispositif (juin 2021/juillet 2022), 15 essais en VR sont effectués. Le dispositif s'est articulé en deux phases :

P1) Juin à novembre 2021 : phase préparatoire *Découverte VR*, habitude et adaptation du matériel aux BEP des usagers (serre-tête, chaises à roulettes à hauteur variable, abandon des manettes au profit du *ray-casting*).

P2) Janvier à juillet 2022 : phase effective *Expérimentation VR* (moyenne proratisée = 2 essais/mois).

La durée maximale par essai est fixée à 20 minutes, en vigilance d'éventuels troubles psychosensoriels (Fallet *et al.*, 2022). Les personnes avec TSA éprouvent une difficulté avérée à s'extraire d'une tâche dans laquelle elles éprouvent du plaisir ou de la fascination visuelle. Il convient dès lors, pour les professionnels en guidance triangulée, d'anticiper et d'accompagner ce changement d'activité.



Pour permettre l'analyse rétroactive des données, les séances sont simultanément enregistrées par deux caméras :

- Intra-ordinateur / vision face-sujet en activité, aux côtés du tiers guidant;
- Intra-casque Oculus Quest2 VR / vision intrasujet en activité, en synchronie.

Du fait des capteurs connectés, nous mesurons l'activité exploratoire sans recours à la verbalisation : variables numériques (durée et degré de pointage, zones de collision du *ray-casting*, trajectoires posturales, *eye-tracking*...). Les films d'étude par analyses croisées (traces filmiques et statistiques) permettent de rendre compte des gestes, des guidances et des interactions du sujet (Alin, 2019; Lacote-Coquereau, 2020).

Résultats et discussion

Un objectif de la recherche est d'identifier dans quelle mesure un scénario pédagogique, avec artefacts immersifs dédiés, peut étayer l'activité d'autistes dyscommunicants. Les résultats mettent en exergue plusieurs variables relatives à l'engagement dans l'activité et aux interactions induites. Tout résultat sera inductivement suivi d'une discussion au fil du texte pour en favoriser la compréhension synoptique.

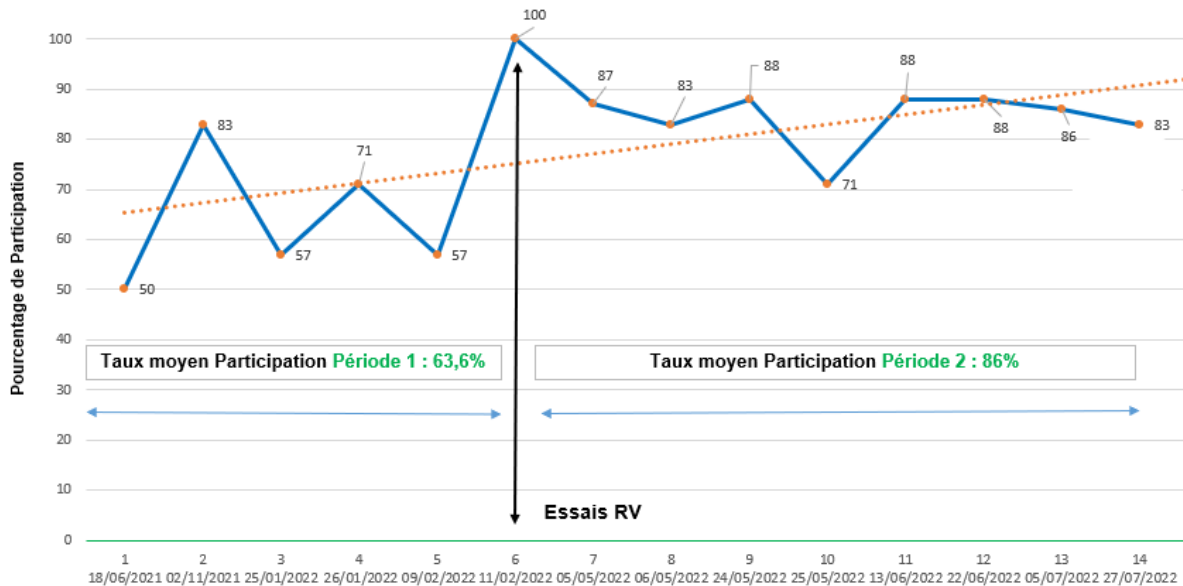
Engagement dans l'activité : le milieu commun, vecteur de participation

Nous relevons une majoration du taux de participation des résidents aux essais de VR à compter de la période 2, de février à juillet 2022 (figure 7).



Figure 7

Évolution du taux de participation des huit résidents aux essais VR



Note. Moyenne de la période 1 : 63,6 % versus moyenne de la période 2 : 86 %, soit un indice majoré de + 20 points (instant de césure au 6^e essai).

La figure 7 montre une augmentation importante du taux de participation (indice majoré de > 20 points) au seuil de la période 2. Cet engagement dans l'activité coïncide avec une modification du lieu dans lequel se sont déroulés les essais immersifs. En période 1, une petite salle réservée aux simulations, éloignée spatialement, peu utilisée par les résidents avec autisme, est investie. Le choix initial s'est porté sur un lieu calme, isolé, en vue de créer un nouvel habitus. En période 2, pour des raisons de connectique (réseau Internet instable et absence du double écran), l'équipe de recherche doit incidemment utiliser le salon, offrant une meilleure connexion et un écran de TV en remédiation. Situé au carrefour du lieu de vie, le salon favorise les allées et venues, et majore la présence dans le public grâce aux confortables canapés où chacun a déjà ses habitudes.

Nous pouvons alors mettre en évidence que mener une expérience éducative dans un lieu commun, connu et rassurant, soutient l'engagement dans la tâche et l'action chez des sujets autistes (Leontiev, 1975/2022). Dans cet environnement-interface devenu capacitant (Fernagu Oudet, 2012), les simulations virtuelles se sont révélées propices à l'interaction entre pairs. Les professionnels ont rendu compte de l'émergence de pair-émulation (soutien de pair-à-pair) dans ce nouveau milieu, à la fois « moyen » et « champ d'application » des apprentissages (Wallon, 1959).

Engagement dans l'activité : l'attention conjointe, vectrice d'interactions intersubjectives

Prenant place dans le public, chaque résident peut observer l'autre et adopter des stratégies d'imitation, renforçant les compétences sociocognitives. L'imitation consiste à relier ses *patterns* moteurs à ceux d'autrui. Elle favorise de ce fait deux grandes fonctions sociales, à savoir les interactions et les apprentissages (Nadel,



2015). En ce sens, l'imitation joue un rôle essentiel dans le développement : « elle permet d'apprendre ce que l'on voit, et elle permet de communiquer sans mot » (Nadel, 2011). Cette articulation se révèle doublement pertinente pour une population dyscommunicante.

Ces indicateurs prennent forme dans nos résultats par les verbatim des professionnels à l'issue des essais en VR. Ceux-ci constatent, parmi les résidents autistes présents dans le public, une posture hétérogène. Certains regardent continûment la passation de leurs pairs sur le grand écran face à eux. D'autres, sans verbalisation, reproduisent, imitent les gestes de façon synchrone ou différée. D'aucuns pourraient sembler passifs, peu absorbés par l'action en cours, mais les enregistrements vidéo attestent de regards périphériques itératifs vers l'essai immersif (figure 8).

Figure 8

Imprégnation visuelle du public



Note. Photographies des essais immersifs. © Auteurs.

L'imprégnation visuelle ici observée constitue un préliminaire à l'appropriation psychocognitive du pointage. Nous pouvons supposer qu'en observant leurs pairs utiliser le casque, les actions et opérations qu'ils développent, les résidents mémorisent les mouvements (pointage) et leurs composantes proprioceptives en tant que représentations motrices et somatosensorielles (Nadel, 2015). Les études confirment une activation similaire des cortex prémoteurs et somatosensoriels lors de l'action intrinsèque ou lors de l'observation d'une action chez autrui (Rizzolatti *et al.*, 1996). L'efficacité des neurones-miroirs, corrélée à la pertinence des stratégies d'imitation chez les personnes autistes, est désormais attestée par la communauté scientifique : « nos afférences visuelles (ou/et auditives et tactiles) et nos efférences proprioceptives coïncident » (Nadel, 2015, p. 63). Avec l'imitation, le suivi de regard et le pointage se crée un espace triadique. Ce processus psychique propre à l'activité du sujet favorise « l'émergence d'un mécanisme dialogique qui représente le soi-sujet en tant que partenaire d'un autre-sujet, de manière intersubjective » (Aitken et Trevarthen, 1997). Un milieu favorisant l'attention conjointe et l'imitation peut dès lors être considéré comme capacitant pour des sujets autistes.



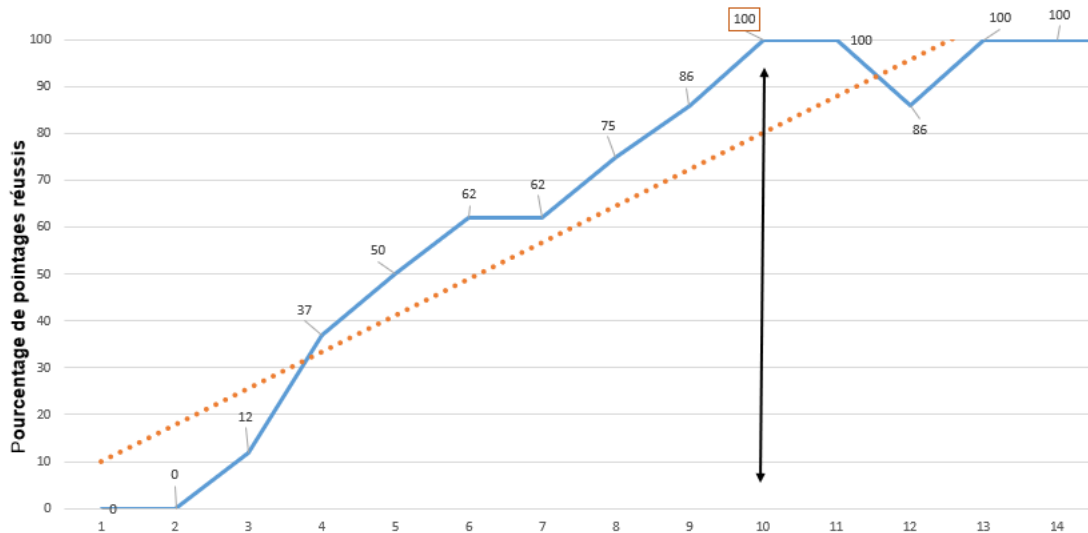
Ray-casting : un étayage attentionnel et sensorimoteur

RENFORCEMENT DES CAPACITÉS DE POINTAGE ET D'ATTENTION CONJOINTE

Sur 15 essais effectués, nous observons une croissance constante du taux de pointage des objets tridimensionnels, indiquant un renforcement des capacités attentionnelle et sensorimotrice (figure 9).

Figure 9

Taux de pointage des résidents aux essais VR (scénario cuisine)



Note. Les essais 1 et 2, consacrés à la découverte de la VR, n'ont pas engagé de geste de pointage.

La figure 11 révèle une hausse importante du geste de pointage maîtrisé :

- Essais 1-2 : pointage non sollicité
- Essai 3 : seuil initial avec 12 % de pointage
- Essai 10 : 100 % de pointage

Le taux de 100 % ne fait référence qu'aux sujets ayant accepté de participer à l'expérimentation immersive (essai 10 : $n = 5/8$; essai 11 : $n = 7/8$). C'est donc 7/8 résidents qui sont parvenus à développer une praxie efficiente de pointage, intériorisant le processus d'activité médiatisée par l'artefact (Leontiev, 1975/2022; Mercier *et al.*, 2022).

Sans verbalisation, le *ray-casting* engagé par le pointage manuel permet d'interagir avec l'environnement : sortir le plat, chauffer au micro-ondes, suivre les consignes de sécurité (cloche, minutage...) (figure 10).



Figure 10

Geste de pointage par ray-casting



Note. Source : captures d'écran du scénario pédagogique. © Auteurs.

On peut supposer que le participant autiste, dont la disponibilité cognitive n'est plus entravée par l'obstacle du langage, s'engage plus facilement et plus durablement dans l'activité. L'interaction offerte par le *ray-casting* permet de surcroît une mobilisation effective des objets (ouverture, déplacement) non dépendante des difficultés motrices des usagers.

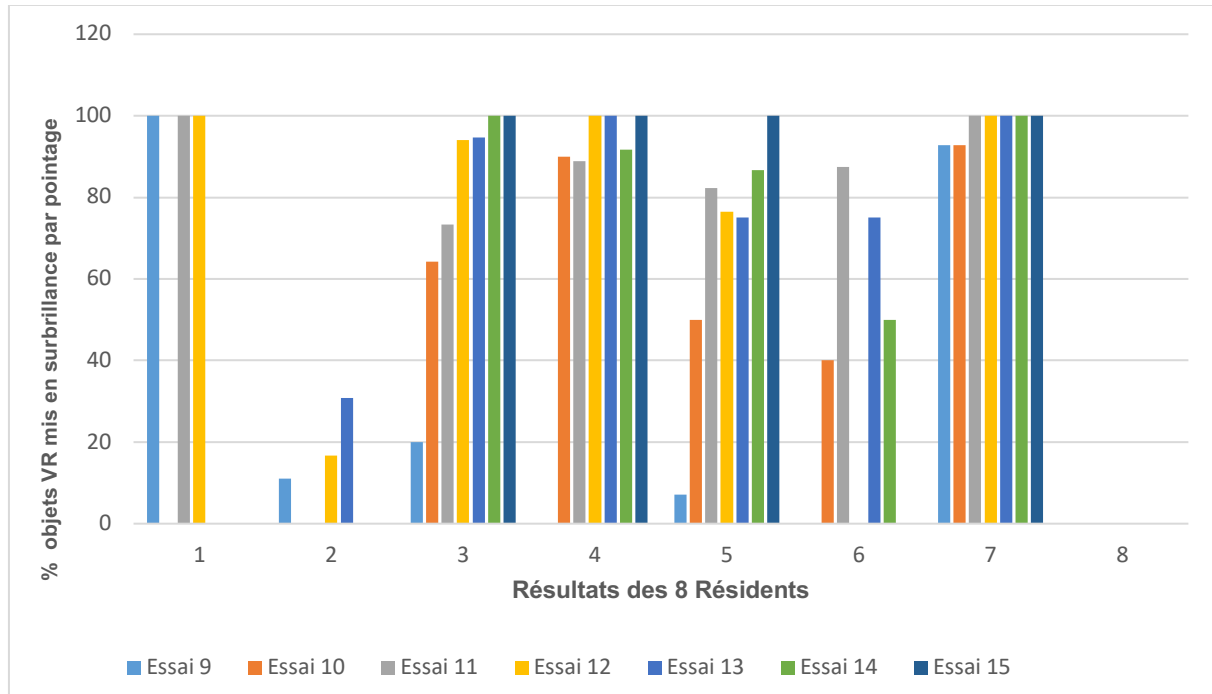
SOUTIEN À LA COORDINATION OCULOMOTRICE

L'engagement dans l'activité en attention partagée, par *ray-casting*, est confirmé par les données relatives à la surbrillance des objets ciblés (durée de collision du *ray-casting* > 0,5 seconde). Ces indicateurs renseignent sur la coordination oculomotrice du participant (figure 11).



Figure 11

Taux de surbrillance (cuisine VR)



Note. Sept essais évalués (séries 9 à 15) avec surbrillance. R8 n'a pas participé aux essais.

Pendant cette série d'essais, sept résidents ont expérimenté le scénario avec surbrillance (essais 9-15). Plus les essais avancent, plus le taux de surbrillance augmente, de façon importante, quoique variable selon les individus.

Au 14^e essai, on obtient :

- 100 % pour 5/7 résidents;
- 86 % pour R6;
- 30 % pour R2.

Les résultats de R6 apparaissent hétérogènes. La progression s'interrompt après l'essai 11. Les données affinées nous permettent de constater que ses participations sont rares (40 % des essais) et de courte durée (moyenne < 3 minutes). Sa présence dans le public, épisodique (40 %), n'a sans doute pas permis une imprégnation visuelle et pratique suffisante. La capacité de pointage n'est pas maîtrisée de façon pérenne ou l'intérêt lié à l'activité immersive n'est pas suffisant, malgré la présence du tiers guidant, pour engager suffisamment l'utilisateur dans la tâche.

Nous formulons à ce stade une analyse plurielle :

- La participation en tant que public visualisant les tâches sur un écran de diffusion simultanée stimule l'engagement dans l'activité, les stratégies d'imitation et l'appropriation des praxies sensorimotrices des pairs (motif intrinsèque de l'activité);



- La répétition des scénarii, étayés par la guidance triangulée et la technologie du *ray-casting*, favorise l'attention conjointe intersubjective et l'appropriation du pointage;
- L'artefact du *ray-casting*, en suppléant le langage déficitaire pour interagir dans l'environnement immersif, favorise la disponibilité cognitive nécessaire aux apprentissages et, subséquemment, la mémorisation des apprentissages.

Perspectives conclusives

Cette recherche a pour objectif d'étudier les effets de la VR sur le développement de compétences cognitives, sensorimotrices ou sociales du jeune autiste avec troubles cognitifs et du langage. Aussi, les conditions situationnelles de la recherche (VR et public à BEP) restent nécessairement contextualisées.

Les résultats mettent en valeur plusieurs éléments : d'abord, l'aspect longitudinal et expérimental de la recherche montre une participation des jeunes au dispositif, de plus en plus importante. Cette augmentation de la participation est corrélée à la croissance constante du taux de pointage des objets implémentés, praxie sensorimotrice particulièrement pertinente dans le développement de l'attention conjointe. Aussi, un premier résultat fort de nos recherches est que la VR sollicite et stimule des compétences en attention conjointe et, donc, des interactions intersubjectives et des capacités sensorimotrices majorées. Ce résultat particulièrement novateur devra être approfondi, pour ne pas rester dans l'effet « magique » de la recherche expérimentale avec de nouvelles technologies (Karsenti et Fiévez, 2013). Il conviendra en outre de préciser à quel moment d'incidence intervient l'attention conjointe dans le processus d'imitation (Nadel, 2011, 2015). Un élément de réponse pourrait être que la participation en tant que public visualisant les tâches sur un écran de diffusion simultanée a amorcé les stratégies d'émulation, d'imitation et d'imprégnation des gestes réalisés par les pairs (motif intrinsèque de l'activité).

Ensuite, un second résultat qui apparaît dans nos recherches est l'incrémentation du dispositif de recherche qui a permis de créer un environnement capacitant, stimulant les interactions intersubjectives. Les conditions nécessaires à cette affordance milieu/sujet/outil sont notamment l'adaptation psychosensorielle du contexte d'apprentissage et son déroulement dans un (mi)lieu connu et commun. Une interface propice soutenant l'engagement dans l'activité, avec pair-émulation, favorise les processus cognitifs d'imitation et d'attention conjointe. Une réflexion sur la nécessaire guidance triangulée des professionnels participe également de cet étayage constitutif d'un environnement capacitant. Ces premiers éléments de résultats font écho à la modélisation (Engeström *et al.*, 1999), en complément des apports de Leontiev (1975/2022) et de Wallon (1959), mais doivent encore être modélisés pour étudier non seulement l'importance accordée à chacune de ces dimensions dans le système, mais également l'aspect développemental du système en expansion dans une visée transformative. Autrement dit, la non-mise en évidence des dimensions des règles et de la communauté doit encore être investiguée, car ces aspects n'apparaissent pas au premier abord dans nos travaux.

Les résultats, en preuves anthropologiques (Passeron et Revel, 2005), s'appuient sur un corpus quantitativement réduit (huit adultes avec autisme) qui n'a pas la vocation d'être généralisable, puisque nous mettons plutôt en valeur la spécificité des contextes et des populations, telle une approche *émic* de la recherche (Dasen, 2019). La personne autiste présente des spécificités perceptives et comportementales et ne peut renvoyer à « une connaissance immédiate universelle » (Sensevy *et al.*, 2018). Pour prendre en compte chaque individualité, il serait profitable d'interroger les motifs de l'activité pour les résidents qui n'acceptent pas, ou peu, de participer aux essais immersifs. Plusieurs pistes propres au TSA mériteraient en



ce sens d'être investiguées : centres d'intérêt particuliers, affiliation symbolique au tiers guidant (Pittiglio, 2018).

In fine, les analyses demandent à être poursuivies dans la perspective de l'habitat inclusif partagé. Le degré de transfert des apprentissages vers la vie réelle, souvent faillible dans le cadre du TSA, est en cours d'analyse, avec répliation du scénario en cuisine réelle dans un appartement témoin intermédiaire : quelles habiletés domestiques, quel degré d'autonomie et quelles lacunes éventuelles? Dès lors, il s'agira de croiser les outils d'évaluation pour retenir des indicateurs d'activité susceptibles d'être éprouvés dans d'autres contextes éducatifs avec des publics élargis, pour l'accessibilité de toutes et tous aux savoirs.

Liste de références

- Aitken, K. J., et Trevarthen, C. (1997). Self/other organization in human psychological development. *Development and Psychopathology*, 9(4), 653-677. <https://doi.org/10.1017/s0954579497001387>
- Alin, C. (2019). *L'autisme à l'école, le pari de l'éducabilité*. Mardaga supérieur.
- Alin, C. (2021). *L'autisme et le sport : Enjeux et bénéfices le pari de la confiance*. Mardaga supérieur.
- Allain, P., Foloppe, D. A., Besnard, J., Yamaguchi, T., Etcharry-Bouyx, F., Le Gall, D., Nolin, P., et Richard, P. (2014). Detecting Everyday Action Deficits in Alzheimer's Disease Using a Nonimmersive Virtual Reality Kitchen. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 20(5), 468-477. <https://doi.org/10.1017/S1355617714000344>
- American Psychiatric Association. (2013). *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders (DSM-5-TR)*. <https://psychiatry.org/psychiatrists/practice/dsm>
- Amestoy, A. (2015). Motricité et autisme. *Bulletin scientifique de l'Arapi*, 35, 18-25.
- Aubineau, L.-H., Vandromme, L., et Le Driant, B. (2015). L'attention conjointe, quarante ans d'évaluations et de recherches de modélisations. *L'Année psychologique*, 115(1), 141-174. <https://doi.org/10.3917/anpsy.151.0141>
- Avenel, C. (2017). Construire les politiques sociales avec les personnes accompagnées : La participation en attente d'un modèle d'intervention collective. *Vie sociale*, 19(3), 51-71. <https://doi.org/10.3917/vsoc.173.0051>
- Baloup, M., Pietrzak, T., et Casiez, G. (2019). Amélioration du Raycasting par utilisation de la sélection par proximité et du filtrage. *Journal d'Interaction Personne-Système*, 8(1), 61-83. <https://doi.org/10.46298/jips.5933>
- Barbu-Roth, M., Anderson, D. I., Desprès, A., Provasi, J., Cabrol, D., et Campos, J. J. (2009). Neonatal Stepping in Relation to Terrestrial Optic Flow. *Child development*, 80(1), 8-14. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8624.2008.01241.x>
- Baron-Cohen, S., Baldwin, D. A., et Crowson, M. (1997). Do Children with Autism Use the Speaker's Direction of Gaze Strategy to Crack the Code of Language? *Child Development*, 68(1), 48-57. <https://doi.org/10.2307/1131924>
- Barthes, A. (2022). Qu'apporte le terrain du géographe aux sciences de l'éducation et de la formation? *Éducation Permanente*, 230(1), 133-143. <https://doi.org/10.3917/edpe.230.0133>
- Beaupré, P., Odier-Guedj, D., et Gombert, A. (2014). *Déficience intellectuelle et autisme : Pratiques d'inclusion scolaire*. Presses de l'Université du Québec.
- Bedoin, D., Lantz, E., et Marcellini, A. (2015). Troubles de l'expression : Le nécessaire recours à l'expertise de l'enquête. Dans R. Scelles, *S'exprimer et se faire comprendre* (p. 49-69). Érès. <https://doi.org/10.3917/eres.bedoi.2015.01.0049>
- Biocca, F., Harms, C., et Burgoon, J. K. (2003). Toward a More Robust Theory and Measure of Social Presence: Review and Suggested Criteria. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 12(5), 456-480. <https://doi.org/10.1162/105474603322761270>
- Bogdashina, O. (2020). *Questions de perception sensorielle dans l'autisme et le syndrome d'Asperger : Des expériences sensorielles différentes, des mondes perceptifs différents* (Seconde éd). Autisme diffusion, AFD.
- Bourdon, P. (2021). *Éducation inclusive et participation des acteurs. Activité et Subjectivation : Le sujet-participant [Habilitation à diriger des recherches]*. <https://hal.archives-ouvertes.fr/tel-03468338/>



- Bourdon, P., Lefer-Sauvage, G., Mercier, C., Teutsch, P., et Lopez-Cazaux, S. (2018). Le rôle de l'imitation dans l'appropriation des outils numériques chez les enfants avec autisme. *Enfance*, 1(1), 147-168. <https://doi.org/10.3917/enf2.181.0147>
- Bourgueil, O., Regnault, G., et Moutier, S. (2015). Création d'outils numériques pour personnes avec Trouble du spectre de l'autisme : De la recherche à la pratique, et vice versa. *Enfance*, 2015(1), 111-126. <https://doi.org/10.4074/S001375451500107X>
- Bruner, J. (1983). *Le développement de l'enfant : Savoir faire, savoir dire*. Presses universitaires de France.
- Chabert, A.-L. (2021). *Vivre son destin, vivre sa pensée*. Albin Michel.
- Cherix, R., Carrino, F., Piérart, G., Khaled, O. A., Mugellini, E., et Wunderle, D. (2019). Training road crossing skills for young people with intellectual disabilities using virtual reality: a feasibility study. *Proceedings of the 31st Conference on the Interaction Homme-Machine (IHM '19)*, 1-9. <https://doi.org/10.1145/3366550.3372252>
- Cherni, H., Joseph, P. A., et Klinger, E. (2012). Study of the impact of added contextual stimuli on the performance in a complex virtual task among patients with brain injury and controls. *Proceedings of the 9th Intl Conf. Disability, Virtual Reality & Assoc. Tech.*
- Chokron, S., Pieron, M., et Zalla, T. (2014). Troubles du spectre de l'autisme et troubles de la fonction visuelle : Revue critique, implications théoriques et cliniques. *L'information psychiatrique*, 90(10), Article 10.
- Clavaud, N. (2022, octobre 4). *L'eye-tracking pour étudier le couplage perception/action lors du développement typique et dans les troubles de l'autisme TSA*. 16^e université ARAPI. Autisme, actualités et perspectives : les réseaux du cerveau à la vie sociale. <https://site.arapi-autisme.fr/les-universite-dautomne/>
- Code de l'éducation. (2021). Partie législative (Articles L111-1 à L977-2). Légifrance. https://www.legifrance.gouv.fr/codes/article_lc/LEGIARTI000043982767
- Commission Nationale Consultative des Droits de l'Homme. (2015). *Avis sur le consentement des personnes vulnérables*. CNGCH République française. <https://www.cncdh.fr/publications/avis-sur-le-consentement-des-personnes-vulnerables>
- Dasen, P. (2019). *Le futur de la psychologie interculturelle comparée*. Dans T. Mekideche et F. Tanon (dir.). *L'interculturel d'hier à demain. De la lente construction d'un champ épistémologique* (p. 173-190). L'Harmattan.
- Degenne-Richard, C. D. (2014). *Evaluation of sensorial symptomatology of autistic adults and impact of sensorial characteristics on the rise of behavior disorders* [these de doctorat, Université René Descartes - Paris V]. <https://theses.hal.science/tel-01037912>
- Ebersold, S. (2021). L'accessibilité face à sa grammaire. Dans *L'accessibilité ou la réinvention de l'école* (p. 225-249). ISTE Group. <https://doi.org/10.51926/ISTE.9011.ch11>
- Engeström, Y. (1987). *Learning by expanding: An activity-theoretical approach to developmental research*. Orienta-Konsultit.
- Engeström, Y., Miettinen, R., & Punamäki, R.-L. (dir.). (1999). *Perspectives on Activity Theory* (1^{re} éd.). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511812774>
- Engeström, Y., Miettinen, R., et Punamäki, R.-L. (Éds.). (1999). *Perspectives on Activity Theory* (1^{re} éd.). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511812774>
- Fallet, V., Mehlman, C., Canellas, A., et Cadranel, J. (2022). Réalité virtuelle pour la relaxation avant les soins. *Revue des Maladies Respiratoires Actualités*, 14(2). [https://doi.org/10.1016/S1877-1203\(22\)00135-5](https://doi.org/10.1016/S1877-1203(22)00135-5)
- Fernagu Oudet, S. (2012). Favoriser un environnement « capacitant » dans les organisations. Dans *Apprendre au travail* (p. 201-213). Presses Universitaires de France.
- Foloppe, D. A., Richard, P., Allain, P., et Calenda, A. (2019). A new motion-based tool for occupation and monitoring of residents in nursing homes. *International Conference on Human-Computer Interaction*, 469-481. https://doi.org/10.1007/978-3-030-22649-7_37
- Fournier, K. A., Hass, C. J., Naik, S. K., Lodha, N., et Cauraugh, J. H. (2010). Motor coordination in autism spectrum disorders: A synthesis and meta-analysis. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 40(10), 1227-1240. <https://doi.org/10.1007/s10803-010-0981-3>
- Fuchs, P. (2016). *Les casques de réalité virtuelle et de jeux vidéo*. Presses des Mines-Transvalor.
- Fuchs, P. (2018). *Théorie de la réalité virtuelle : Les véritables usages*. Mines Paristech PSL.



- Gardien, E. (2017). Qu'apportent les savoirs expérientiels à la recherche en sciences humaines et sociales? *Vie sociale*, 20(4), 31-44. <https://doi.org/10.3917/vsoc.174.0031>
- Gibson, J. J. (1977). The theory of affordances. Dans J. B. Robert E Shaw (dir.), *Perceiving, acting, and knowing: Toward an ecological psychology* (p. 67-82). Lawrence Erlbaum Associates. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00692033>
- Grodberg, D., Cussot Charpentier, S., Maffre, T., et Raynaud, J.-P. (2014). Autism Mental Status Examination (AMSE) étude préliminaire en population ciblée pour la validation d'un outil de dépistage/diagnostic des Troubles du Spectre Autistique. *European Psychiatry*, 29(S3), 597-597. <https://doi.org/10.1016/j.eurpsy.2014.09.192>
- Guffroy, M., Nadine, V., Kolski, C., Vella, F., et Teutsch, P. (2017). From Human-Centered Design to Disabled User & Ecosystem Centered Design in Case of Assistive Interactive Systems: *International Journal of Sociotechnology and Knowledge Development*, 9(4), 28-42. <https://doi.org/10.4018/IJSKD.2017100103>
- Haute Autorité de Santé. (2022). *Accompagner vers et dans l'habitat*. HAS. https://www.has-sante.fr/jcms/p_3316224/fr/accompagner-vers-et-dans-l-habitat-note-de-cadrage
- Jordan, R., et Magerotte, G. (2016). Caractéristiques cliniques des adultes avec un TSA associé à une déficience intellectuelle. *Le Bulletin scientifique de l'Arapi. Association pour la Recherche sur l'Autisme et la Prévention des Inadaptations*, 38.
- Karsenti, T., et Fiévez, A. (2013). *L'iPad à l'école. Enquête auprès de 6057 élèves et 2012 enseignants du Québec*.
- Kerbrat-Orecchioni, C. (1990). *Les interactions verbales*. 1. Colin.
- Kershner, J. R. (1974). Relationship of motor development to visual-spatial cognitive growth. *The Journal of Special Education*, 8, 91-102. <https://doi.org/10.1177/002246697400800114>
- Klinger, E. (2014). Les apports de la réalité virtuelle à la prise en charge des déficiences cognitives. *Annales des Mines – Réalités industrielles*, 4, 57-62. <https://doi.org/10.3917/rindu.144.0057>
- Krokos, E., Plaisant, C., et Varshney, A. (2019). Virtual memory palaces: Immersion aids recall. *Virtual Reality*, 23(1), 1-15. <https://doi.org/10.1007/s10055-018-0346-3>
- Lacote-Coquereau, C. (2020). *Médiations et étayages dans les activités d'apprentissage instrumentées : En quoi la spécificité des gestes et micro-gestes des aidants familiaux influe-t-elle sur l'apprentissage des soins buccodentaires d'enfants avec un TSA?* [mémoire, Nantes université]. <https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-03622930>
- Lambrey, S., Jouvent, R., Allilaire, J.-F., et Péliissolo, A. (2010). Les thérapies utilisant la réalité virtuelle dans les troubles phobiques. *Annales Médico-psychologiques, revue psychiatrique*, 168(1), 44-46. <https://doi.org/10.1016/j.amp.2009.10.003>
- Lecouvey, G., Gonneaud, J., Piolino, P., Madeleine, S., Orriols, E., Fleury, P., Eustache, F., et Desgranges, B. (2017). Is binding decline the main source of the ageing effect on prospective memory? A ride in a virtual town. *Socioaffective Neuroscience & Psychology*, 7(1), 1304610. <https://doi.org/10.1080/20009011.2017.1304610>
- Leontiev, A. (2022). *Activité, conscience, personnalité* (G. Dupond, trad.). Éditions DELGA. (Ouvrage original publié en 1975).
- Mayr, G. (1877). *Die Gesetzmäßigkeit im Gesellschaftsleben : Statistische Studien*. De Gruyter. <https://doi.org/10.1515/9783486724653>
- Mercier, C., Lefer Sauvage, G., Cadiot, N., Vannier, M.-P., et Lopez-Cazaux, S. (2022). Chap. 9 – Étude exploratoire de l'étayage instrumenté dans le domaine de l'éducation à la santé pour des adolescents avec autisme. Dans P. Bourdon, *Autisme et usages du numérique en éducation*. Champ social-INSHEA. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-03583456>
- Merleau-Ponty, M. (1960). *L'œil et l'esprit*. Gallimard.
- Ministère des solidarités et de la Santé. (2018). *Stratégie nationale pour l'autisme et les troubles du neuro-développement*. <https://handicap.gouv.fr/autisme-et-troubles-du-neuro-developpement>
- Miyahara, M. (2013). Meta review of systematic and meta analytic reviews on movement differences, effect of movement based interventions, and the underlying neural mechanisms in autism spectrum disorder. *Frontiers in Integrative Neuroscience*, 7. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fnint.2013.00016>
- Montoya, D., et Bodart, S. (2009). Le programme Makaton auprès d'un enfant porteur d'autisme : Le cas de Julien. *Développements*, 3(3), Article 3. <https://doi.org/10.3917/devel.003.0015>



- Mottron, L. (2004). *L'autisme, une autre intelligence : diagnostic, cognition et support des personnes autistes sans déficience intellectuelle*. Mardaga.
- Nadel, J. (2011). *Imitation et autisme. Développement du bébé et de l'enfant avec autisme*. Dunod.
- Nadel, J. (2015). L'imitation : Un partage moteur au service du développement. *Bulletin scientifique de l'Arapi*, 35. <https://site.arapi-autisme.fr/le-bulletin-scientifique/>
- OCDE. (2008). *Élèves présentant des déficiences, des difficultés et des désavantages sociaux : Statistiques, Indicateurs et Tendances*. Organisation de coopération et de développement économiques. <https://tinyurl.com/dwuyry55>
- OMS. (2022). *CIM-11 Classification internationale des maladies*. Organisation mondiale de la Santé. <https://www.who.int/standards/classifications/classification-of-diseases>
- Orsoni, F. (2018). *Principe de conception et d'utilisation des pictogrammes (norme NFP 96-105)*. AFNOR éditions.
- Park-Cardoso, J., et da Silva, A. P. S. (2021). Preference to Eat Alone: Autistic Adults' Desire for Freedom of Choice for a Peaceful Space. *Autism in Adulthood*, 3(3), 257-265. <https://doi.org/10.1089/aut.2020.0066>
- Passeron, J.-C., et Revel, J. (dir.). (2005). *Penser par cas*. Éditions de l'École des hautes études en sciences sociales. <https://doi.org/10.4000/books.editionsehess.19901>
- Pittiglio, S. (2018). L'aide relationnelle, une composante à part entière de l'école inclusive. *La nouvelle revue – Éducation et société inclusives*, 83-84(3-4), 151-163. <https://doi.org/10.3917/nresi.083.0151>
- Plaisance, É. (2009). Conférence de consensus 2008. *Recherche et formation*, 61, Article 61. <https://doi.org/10.4000/rechercheformation.499>
- Rabardel, P. (1995). *Les hommes et les technologies, une approche cognitive des instruments contemporains*. Armand Colin.
- Rizzolatti, G., Fadiga, L., Gallese, V., et Fogassi, L. (1996). Premotor cortex and the recognition of motor actions. *Cognitive Brain Research*, 3(2), 131-141. [https://doi.org/10.1016/0926-6410\(95\)00038-0](https://doi.org/10.1016/0926-6410(95)00038-0)
- Rocque, S., Langevin, J., et Drouin, C. (2001). Autonomie et personnes présentant des incapacités intellectuelles : Clarifications conceptuelles et mise en œuvre de son développement. *Revue européenne du handicap mental*, 23, 28-47.
- Sakkalis, V., Krana, M., Farmaki, C., Bourazanis, C., Gaitatzis, D., et Pediaditis, M. (2022). Augmented Reality Driven Steady-State Visual Evoked Potentials for Wheelchair Navigation. *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, 30, 2960-2969. <https://doi.org/10.1109/TNSRE.2022.3215695>
- Scaife, M., et Bruner, J. S. (1975). The capacity for joint visual attention in the infant. *Nature*, 253(5489), 265-266. <https://doi.org/10.1038/253265a0>
- Sen, A. (2009). *L'idée de justice* (P. Chemla, trad.). Flammarion.
- Sensevy, G., Santini, J., Cariou, D., et Quilio, S. (2018). Preuves fondées sur la pratique, pratiques fondées sur la preuve : distinction et mise en synergie. *Éducation et didactique*, 2(12).
- Standen, P. J., et Brown, D. J. (2005). Virtual Reality in the Rehabilitation of People with Intellectual Disabilities: Review. *CyberPsychology & Behavior*, 8(3), 272-282. <https://doi.org/10.1089/cpb.2005.8.272>
- Suh, A., et Prophet, J. (2018). The state of immersive technology research: A literature analysis. *Computers in Human Behavior*, 86, 77-90. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2018.04.019>
- Tisseron, S., et Tordo, F. (2021). *Comprendre et soigner l'homme connecté : manuel de cyberpsychologie*. Dunod.
- UNESCO (2015). *Déclaration d'Incheon: Éducation 2030 : vers une éducation inclusive et équitable de qualité et un apprentissage tout au long de la vie pour tous*. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000233137_fre
- Vygotski, L. S. (1934). *Pensée et langage* (F. Sève, trad.; 4^e éd.). La dispute.
- Wallon, H. (1959). Les milieux, les groupes et la psychogenèse de l'enfant. *Enfance*, 12(3), 287-296. <https://doi.org/10.3406/enfan.1959.1444>
- Wehmeyer, M. L., et Little, T. D. (2013, août 22). *Self-Determination*. The Oxford Handbook of Positive Psychology and Disability. <https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780195398786.013.013.0010>
- Wehmeyer, M. L., et Sands, D. J. (1996). *Self-determination across the life span: Independence and choice for people with disabilities*. P.H. Brookes.
- Wolton, D. (2019). Communication, incommunication et acommunication. *Hermes, La Revue*, 84(2), 200-205. <https://doi.org/10.3917/herm.084.0200>