

Réalité virtuelle et rééducation cognitive chez l'adulte cérébro-lésé

RÉSUMÉ | SUMMARY

La réalité virtuelle est un outil récent dans l'évaluation et la prise en charge des troubles cognitifs chez le patient cérébro-lésé. Elle permet une approche globale du patient, et offre une possibilité de travail pendant des durées importantes dans des conditions écologiques et donnant un sens à l'activité, avec un transfert dans le réel qui semble satisfaisant. Elle permet une adhésion du patient dans un environnement ludique, parfois simplifié et adaptés à ses contraintes physiques et cognitives.

Son efficacité dans la prise en charge rééducative semble en faire un outil qui deviendra, dans un avenir proche, indispensable aux professionnels de la rééducation.

Virtual reality is a recent tool that can be used in the assessment and management of cognitive deficits in patients with acquired brain injury. It is possible to assess the patient globally and work with the patient for long periods of time in real-life, meaningful activities. It allows patients to comply with treatment in an environment which can be simplified and adapted to physical and cognitive limitations.

Virtual reality is likely to become an essential part of patient management due to its effectiveness.

Bertrand GLIZE *

Pierre-Alain JOSEPH *

Jean-Michel MAZAUX *

* Service de MPR
Pôle de neurosciences clinique du CHU de Bordeaux (33) et EA 4136
Université Bordeaux-Segalen

MOTS CLÉS | KEYWORDS

▶ Cérébro-lésé ▶ Évaluation ▶ Réalité virtuelle ▶ Rééducation
▶ Troubles cognitifs

▶ Brain lesion ▶ Evaluation ▶ Virtual reality ▶ Rehabilitation
▶ Cognitive impairments

La réalité virtuelle (RV) est utilisée dans divers domaines, allant du jeu à l'art numérique en passant par la recherche fondamentale et la médecine. Bien que ses utilisations premières fussent essentiellement militaires ou industrielles, l'interaction et l'immersion dans des mondes virtuels offrent une possibilité majeure en rééducation. Elle permet la reconstruction d'un environnement plus ou moins proche de la réalité, avec un niveau d'immersion qui diffère selon le matériel utilisé. Ce niveau d'immersion va de la simple interaction par le biais d'un clavier et d'une souris à des immersions complètes auditives visuelles et haptiques, ou des interactions plus naturelles par capture du mouvement. Le système de visualisation est un choix important pouvant aller d'un simple écran 2D à des systèmes immersifs asservis aux déplacements produisant une sensation de relief sur plusieurs parois entourant le patient.

Les déficits cognitifs font partie des fréquentes séquelles des nombreuses maladies ou lésions qui touchent le système nerveux central (SNC). Ces déficits acquis chez les sujets adultes peuvent entraver leur capacité à mener une vie productive en dépit d'une bonne adaptation pré-morbide. Des changements majeurs sur le style de vie et l'entourage proche et familial font suite à ces troubles.

Ainsi, en pratique clinique de rééducation, ces patients passent souvent par des procédures itératives d'évaluation et réévaluation sur la base de tests standardisés visant à déterminer les capacités résiduelles. Le processus de rééducation est de plus en plus basé sur une approche pragmatique et écologique visant à obtenir une amélioration et son transfert dans la vie réelle du patient.

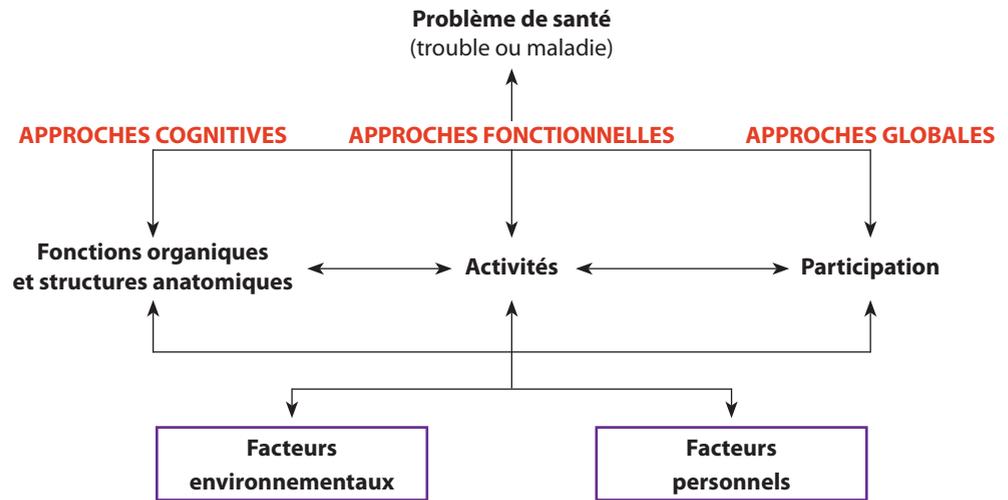
Il est ainsi essentiel de rapidement définir les bases de la rééducation cognitive avant d'y intégrer l'outil virtuel. Ces bases s'appuient sur 2 définitions :

- une première, donnée par Diller et Gordon [1] qui définit cette rééducation comme un ensemble de procédures qui visent à fournir au patient le répertoire comportemental nécessaire à la résolution de problèmes ou à l'exécution de tâches qui paraissent difficiles ou impossibles depuis la lésion cérébrale ;
- une deuxième, donnée par Sohlberg et Mateer [2] qui précise que la rééducation cognitive est un processus thérapeutique qui vise à accroître la capacité d'un individu à traiter les informations entrantes pour permettre un fonctionnement meilleur dans la vie quotidienne.

Devant toute séquelle neuropsychologique, il est nécessaire d'en faire le diagnostic et d'évaluer son importance. Ceci est la fonction première des tests neuropsychologiques standardisés créés et

Texte issu de la 14^e Journée nationale de rééducation d'Hauteville

Les auteurs déclarent ne pas avoir un intérêt avec un organisme privé industriel ou commercial en relation avec le sujet présenté



► Figure 1

Place de la réalité virtuelle dans les concepts de la classification internationale du fonctionnement (CIF)

constamment améliorés. Mais ces tests analytiques utilisant des stimuli et des paradigmes très inhabituels ont souvent été critiqués comme étant non écologiques et non représentatifs des difficultés rencontrées dans la vie quotidienne. Cela implique que leurs résultats sont souvent insuffisants pour prédire la performance dans des situations plus habituelles, comme la scolarité ou l'activité professionnelle.

Deuxièmement, il a été démontré qu'une exécution normale des tests peut être compatible avec des difficultés dans des situations de la vie quotidienne. C'est devant ce constat que s'intègre l'utilisation de la RV qui appréhende de façon plus globale l'efficacité cognitive et sensori-motrice dans une tâche complexe, incluant des aspects de motivation et émotionnels. Durant la tâche, de nombreux paramètres de l'activité du sujet pourront être enregistrés, par le système, offrant de multiples possibilités de quantification et d'analyse a posteriori, mais aussi d'adaptation potentielle en temps réel de la tâche.

Une fois le diagnostic posé, la prise en charge rééducative se base sur l'intervention auprès du patient, selon un principe cognitif et/ou pragmatique et écologique. Cette intervention utilise divers exercices et c'est dans ce cadre que l'outil virtuel peut apporter un nouvel atout.

Si l'on se place du point de vue de la classification internationale du fonctionnement (CIF), du handicap et de la santé, cette dimension virtuelle s'intègre selon à plusieurs niveaux selon que l'on considère les déficiences, les limitations d'activités

et les restrictions de participation, traduites par une approche soit cognitive, soit fonctionnelle, ou globale (fig. 1). C'est dans ce dernier domaine qu'elle s'avère la plus porteuse d'espoir.

PLACE DE LA RÉALITÉ VIRTUELLE DANS LA RÉÉDUCATION COGNITIVE

La place de la réalité virtuelle et légitimité de l'outil

Ceux qui sont impliqués dans la rééducation cognitive soulignent constamment la nécessité d'une meilleure instrumentation de mesure de la généralisation des résultats des tests aux fonctions de la vie quotidienne.

La RV immersive (RVI) est une sorte de RV spécialement conçue pour donner à l'utilisateur la sensation de présence ou d'immersion dans le monde artificiel. Cette immersion ne nécessite pas une reproduction exacte de l'environnement, ni même une vraisemblance, et de nombreux résultats positifs sont obtenus avec un simple ordinateur, un clavier et une souris, supportant un logiciel offrant une visualisation schématique.

Tout le but de l'approche virtuelle en rééducation n'a de sens que si un transfert dans le réel est envisageable. De nombreux travaux ont eu pour but de valider ce transfert virtuel/réel. Ainsi, les travaux de Wallet *et al.* [3] ont démontré que l'exploration

d'un environnement virtuel et sa mémorisation permettaient un transfert dans le réel avec des performances équivalentes jusqu'à 48 h.

Mellet *et al.* [4] ont établi que la manipulation et la création d'images mentales (représentations allocentriques) à partir de l'exploration virtuelle ou réelle d'un environnement entraînait l'activation des mêmes zones cérébrales (avec divers patterns d'activation malgré tout), avec des capacités similaires, venant étayer par des bases neurobiologiques ce postulat. Ces différentes études suggèrent un lien fort entre travail réalisé dans le virtuel et son transfert dans l'environnement réel.

Un argument fort pour nous permettre de légitimer ce transfert virtuel/réel chez les patients est aussi amené par les travaux de Sorita *et al.* [5] qui constatent que chez les patients traumatisés crâniens, les capacités d'apprentissages sont identiques dans un environnement virtuel et réel, et les erreurs réalisées dans l'exploration de ces deux environnements sont similaires (fig. 2). Ces exemples d'études suggèrent donc un transfert possible entre ces deux environnements réel et virtuel, et étayent la légitimité de son utilisation dans la prise en charge des troubles cognitifs chez le cérébro-lésé.

■ L'évaluation cognitive en RV

Historiquement, chez le cérébro-lésé, les premiers travaux ont été menés par l'équipe de Albert A. Rizzo, puis par celle de Luigi Pugnetti. Leurs travaux initiaux visaient à élaborer des outils d'évaluation des troubles neuropsychologiques.

Tout d'abord utilisée pour permettre la réalisation informatique de tests neuropsychologiques traditionnels [6, 7] comme le *Wisconsin card scoring test*, ces outils informatiques ont été progressivement perfectionnés dans un souci constant de se rapprocher de conditions écologiques d'évaluation.

Si l'on se place dans le concept de la CIF, on peut définir les outils utilisés pour évaluer certaines déficiences telles la négligence spatiale unilatérale. Certains tests ont démontré une sensibilité et une spécificité proches des tests habituels papier crayon [8-10].

Ainsi, Fordell *et al.* [9] ont élaboré un logiciel permettant le diagnostic de négligence spatiale unilatérale avec une spécificité et une sensibilité



► Figure 2

Réalité virtuelle et cognition spatiale : quartier du CHU de Bordeaux en réel, en virtuel et déplacement à l'intérieur du quartier (Sorita *et al.* [5])

équivalentes aux tests habituels (*Star cancellation test*, *Bisection test*, etc.).

Buxbaum *et al.* [8] ont élaboré, dans un souci d'être toujours plus proches de la réalité, un test virtuel dans lequel le patient doit, entre autres, suivre et explorer un chemin dans un parc public, et répondre et mémoriser certains stimuli.

Dans ce même concept, Kim *et al.* [10] vont élaborer un test diagnostique de la NSU à l'aide d'un test de mise en danger, en faisant traverser en RV, une rue sur un passage piéton, pour évaluer la négligence extra-personnelle, avec divers stimuli mobilisant les ressources attentionnelles du patient.

Cette évaluation cognitive est possible dans la dimension des activités et des participations. Zhang *et al.* [11] ont ainsi réalisé une cuisine virtuelle immersive pour évaluer les troubles cognitifs dans des tâches de préparation de repas, qui s'avère un outil fiable et valide.

Ces exemples d'évaluation allant des déficiences jusqu'aux restrictions de participation témoignent de l'intérêt de l'utilisation de la RV dans la prise en charge active des troubles cognitifs.

■ La rééducation cognitive en RV

La réalité virtuelle (RV) permet la conception de tâches de haut niveau cognitif. Cette nouvelle possibilité d'interface homme/machine permet à

un sujet d'interagir en temps réel avec un environnement virtuel tridimensionnel grâce à une interface comportementale permettant une immersion naturelle [12]. Ses avantages offrant la possibilité d'outrepasser les contraintes physiques, d'indication ou de simplification sont décrits ultérieurement.

La RV présente de nombreuses preuves d'efficacité dans la prise en charge rééducative des troubles cognitifs chez le cérébro-lésé. Tout comme l'évaluation, cette rééducation montre des améliorations allant des déficiences aux participations en passant par les activités [13-17].

Ainsi, Lee *et al.* [16] ont montré qu'une rééducation dans un supermarché virtuel a permis une amélioration des AVQ chez des patients cérébro-lésés (traumatisés crâniens et post-AVC). L'idée de l'utilisation d'un supermarché virtuel a aussi montré une efficacité dans la rééducation des patients parkinsoniens [14]. Elle permet une approche globale, faisant intervenir plusieurs fonctions cognitives, de façon écologique, et permet la répétition des épreuves, la visualisation des erreurs, l'aide à l'élaboration de stratégies nouvelles et l'entraînement, le tout dans des conditions proches de situations de la vie réelle.

Des études en cours ont pour objectif de quantifier le transfert de ces améliorations dans des situations réelles, et de contrôler cette technique par rapport à une rééducation classique. Ainsi, cet outil virtuel, qui permet une rééducation intéressante, pourrait être d'efficacité égale, voire supérieure à une prise en charge habituelle des troubles neuropsychologiques.

Dans une étude contrôlée, Kim *et al.* [13] ont comparé une prise en charge classique et leur outil de rééducation virtuelle, avec une efficacité équivalente, voire supérieure selon quelques critères de jugement. Ceci demande une validation plus importante et des études de plus grande ampleur, d'autant plus qu'ici, les critères de jugement n'étaient pas des situations écologiques. Malgré tout, ceci laisse entrevoir le potentiel de cette technique.

INTÉRÊT, LIMITES ET AVENIR DE L'OUTIL VIRTUEL DANS LA RÉÉDUCATION COGNITIVE

Nous pouvons, après ces quelques exemples, imaginer l'intérêt et les avantages que représente la RV

dans la rééducation des troubles cognitifs. L'adhésion des patients est évidente pour tous les professionnels qui utilisent cet outil et le côté ludique de cette approche permet un gain motivationnel et attentionnel par rapport aux approches plus classiques.

Son utilisation permet aussi la modification de l'environnement, afin de réduire les stimuli et offrir un environnement simplifié au patient, et ainsi de travailler dans un univers écologique accessible quand le même environnement réel serait trop complexe pour un patient atteint de troubles cognitifs importants, ou de troubles moteurs associés.

L'avènement des thérapies cognitivo-comportementales en psychiatrie a engendré le développement de nombreux outils pour la rééducation des phobies, avec pour principe l'exposition en réalité virtuelle des stimuli sources. Avec un fort niveau de preuve, ces techniques permettent un auto-entraînement et une répétition des tâches sans limite. Cet aspect est bien sûr intéressant dans la rééducation cognitive.

Malgré tout, il a parfois ses limites. Ainsi, dans le langage par exemple, les travaux de Cherney *et al.* [18] visant à créer un orthophoniste virtuel permettant d'outrepasser les contraintes humaines et offrant au patient un outil d'autorééducation, sont encore trop peu avancés, et leur niveau de preuve scientifique est encore trop faible. Et plus qu'un remplaçant des thérapeutes habituels, la RV serait un outil supplémentaire dans l'arsenal thérapeutique des professionnels de rééducation.

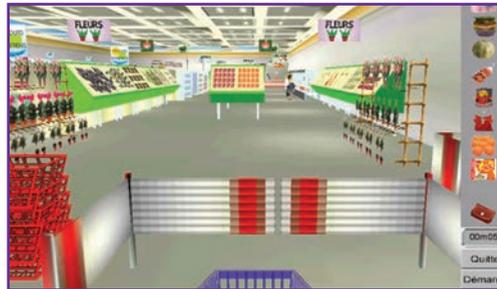
Parallèlement à des approches visant à la simplification ou la réduction des erreurs dans l'activité ou à la facilitation par différents indices explicites et par la répétition de l'activité, la RV ouvre des perspectives sur des mécanismes d'action plus automatiques (type *bottom-up*) mis en jeu par l'intermédiaire de stimulations et modifications sensorielles, avec l'espoir de généralisation et de transfert vers l'activité réelle.

Cette possibilité de travail agissant à la fois sur les plus hautes sphères cognitives, mais aussi au niveau sensoriel est offerte par l'outil virtuel et sera peut-être appliquée dans les futurs logiciels. Ceux-ci permettront peut-être de combiner les deux approches théoriques « *top-down* » et « *bottom-up* », et donc d'agir à la fois sur le niveau de conscience du patient mais aussi d'outrepasser des troubles attentionnels possibles en agissant directement sur des processus cognitifs de haut

niveau, et de manière inconsciente pour le patient, via un niveau sensorimoteur.

La première limite de la réalité virtuelle est le coût humain et financier de la conception des logiciels qui nécessite de longues périodes de réflexions théoriques, de nombreux essais, et surtout un processus de validation rigoureux afin d'obtenir un outil fiable, facile d'utilisation et dont l'efficacité est scientifiquement prouvée.

Même dans un contexte économique où le manque de personnel est hélas fréquent, réduisant l'offre de soin, la RV ne vient qu'en complément du thérapeute, ne se substituant pas à lui, mais lui offrant un outil supplémentaire, et la possibilité de réaliser avec plus d'adhésion, des tâches d'autorééducation, qui pourront être répétées autant que nécessaire.



► **Figure 3**

Rééducation cognitive chez le cérébro-lésé en supermarché virtuel (Klinger *et al.* [14])

CONCLUSION

Bien que Laver *et al.* [15], dans leur revue de littérature sur l'intérêt de la réalité virtuelle dans la rééducation post-AVC (fig. 3), concluent que son utilité manque encore de preuve solide dans la prise en charge des troubles cognitifs, on peut malgré tout être enthousiaste devant le développement, depuis une vingtaine d'années, de ce nouvel outil, voire même de cette nouvelle approche conceptuelle.

Même si beaucoup reste à faire, la RV laisse promettre des progrès futurs dans la prise en charge difficile de ces troubles cognitifs chez tous les cérébro-lésés. ✕



BIBLIOGRAPHIE

- [1] Diller L, Gordon WA. Interventions for cognitive deficits in brain-injured adults. *J Consult Clin Psychol* 1981 Dec;49(6):822-34.
- [2] Sohlberg MM, Mateer CA. Training use of compensatory memory books: A three stage behavioral approach. *J Clin Exp Neuropsychol* 1989 Dec;11(6):871-91.
- [3] Wallet G, Sauzéon H, Rodrigues J, Larrue F, N'Kaoua B. Virtual/Real transfer of spatial learning: Impact of activity according to the retention delay. *Stud Health Technol Inform* 2010;154:145-9.
- [4] Mellet E, Laou L, Petit L, Zago L, Mazoyer B, Tzourio-Mazoyer N. Impact of the virtual reality on the neural representation of an environment. *Hum Brain Mapp* 2010;31(7):1065-75.
- [5] Sorita E, N'Kaoua B, Larrue F, Criquillon J, Simion A, Sauzéon H *et al.* Do patients with traumatic brain injury learn a route in the same way in real and virtual environments? *Disabil Rehabil* 2012 Dec.
- [6] Pugnelli L, Mendozzi L, Motta A, Cattaneo A, Barbieri E, Brancotti A. Evaluation and retraining of adults' cognitive impairment: Which role for virtual reality technology? *Comput Biol Med* 1995 Mar;25(2):213-27.
- [7] Pugnelli L, Mendozzi L, Barbieri E, Motta A. VR experience with neurological patients: Basic cost/benefit issues. *Stud Health Technol Inform* 1998;58:243-8.
- [8] Buxbaum LJ, Dawson AM, Linsley D. Reliability and validity of the virtual reality lateralized attention test in assessing hemispatial neglect in right-hemisphere stroke. *Neuropsychology* 2012 Jul;26(4):430-41.
- [9] Fordell H, Bodin K, Bucht G, Malm J. A virtual reality test battery for assessment and screening of spatial neglect. *Acta Neurol Scand* 2011 Mar;123(3):167-74.
- [10] Kim DY, Ku J, Chang WH, Park TH, Lim JY, Han K *et al.* Assessment of post-stroke extrapersonal neglect using a three-dimensional immersive virtual street crossing program. *Acta Neurol Scand* 2010;121(3):171-7.
- [11] Zhang L, Abreu BC, Seale GS, Masel B, Christiansen CH, Ottenbacher KJ. A virtual reality environment for evaluation of a daily living skill in brain injury rehabilitation: reliability and validity. *Arch Phys Med Rehabil* 2003;84(8):1118-24.
- [12] Riva G. Virtual reality in neuroscience: A survey. *Stud Health Technol Inform* 1998;58:191-9.
- [13] Kim BR, Chun MH, Kim LS, Park JY. Effect of virtual reality on cognition in stroke patients. *Ann Rehabil Med* 2011 Aug;35(4):450-9.
- [14] Klinger E, Chemin I, Lebreton S, Marié RM. Virtual action planning in Parkinson's disease: A control study. *Cyberpsychol Behav* 2006 Jun;9(3):342-7.
- [15] Laver K, George S, Thomas S, Deutsch JE, Crotty M. Cochrane review: Virtual reality for stroke rehabilitation. *Eur J Phys Rehabil Med* 2012 Jun.
- [16] Lee JH, Ku J, Cho W, Hahn WY, Kim IY, Lee SM *et al.* A virtual reality system for the assessment and rehabilitation of the activities of daily living. *Cyberpsychol Behav* 2003 Aug;6(4):383-8.
- [17] Rizzo AA, Cohen I, Weiss PL, Kim JG, Yeh SC, Zali B *et al.* Design and development of virtual reality based perceptual-motor rehabilitation scenarios. *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc* 2004;7:4852-5.
- [18] Cherney LR, Halper AS, Holland AL, Cole R. Computerized script training for aphasia: Preliminary results. *Am J Speech Lang Pathol* 2008 Feb;17(1):19-34.