

# L'adaptation prismatique en réalité virtuelle : un nouvel outil d'étude des effets d'adaptation et de réadaptation de l'héminégligence ?

Alexia Bourgeois, Radek Ptak

DANS **REVUE DE NEUROPSYCHOLOGIE** 2022/1 Volume 14 , PAGES 65 À 70  
ÉDITIONS **JLE**

ISSN 2101-6739

DOI 10.1684/nrp.2022.0703

Date de mise en ligne : 10/07/2022

Article disponible en ligne à l'adresse

<https://stm.cairn.info/revue-de-neuropsychologie-2022-1-page-65?lang=fr>



Découvrir le sommaire de ce numéro, suivre la revue par email, s'abonner...  
Scannez ce QR Code pour accéder à la page de ce numéro sur Cairn.info.



**Distribution électronique Cairn.info pour JLE.**

Vous avez l'autorisation de reproduire cet article dans les limites des conditions d'utilisation de Cairn.info ou, le cas échéant, des conditions générales de la licence souscrite par votre établissement. Détails et conditions sur [cairn.info/copyright](https://cairn.info/copyright).

Sauf dispositions légales contraires, les usages numériques à des fins pédagogiques des présentes ressources sont soumises à l'autorisation de l'Éditeur ou, le cas échéant, de l'organisme de gestion collective habilité à cet effet. Il en est ainsi notamment en France avec le CFC qui est l'organisme agréé en la matière.

# L'adaptation prismatique en réalité virtuelle : un nouvel outil d'étude des effets d'adaptation et de réadaptation de l'héminégligence ?

*Virtual prism adaptation: A new tool to study adaptation effects in healthy subjects and for the rehabilitation of neglect patients?*

JLE | Téléchargé le 10/06/2026 sur <https://shs.cairn.info> (IP: 216.73.216.179)

Alexia Bourgeois<sup>1</sup>,  
Radek Ptak<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Laboratoire de neurorééducation cognitive, Faculté de médecine, Université de Genève, Suisse  
<alexia.bourgeois@unige.ch>

<sup>2</sup> Service de neurorééducation, Département des neurosciences cliniques, Hôpitaux universitaires de Genève, 26, av. de Beau Séjour, 1211 Genève, Suisse

Pour citer cet article : Bourgeois A, Ptak R. L'adaptation prismatique en réalité virtuelle : un nouvel outil d'étude des effets d'adaptation et de réadaptation de l'héminégligence ? *Rev Neuropsychol* 2022 ; 14 (1) : 65-70  
doi:10.1684/nrp.2022.0703

## Résumé

L'adaptation prismatique (AP) consiste à induire une perturbation visuelle de l'environnement à l'aide de lunettes prismatiques qui décalent le champ visuel latéralement de quelques degrés. Cette méthode, très facile à mettre en œuvre et non invasive repose sur des mécanismes de plasticité cérébrale des fonctions sensori-motrices et est parfois utilisée en rééducation pour réduire le biais attentionnel de patients cérébro-lésés présentant des signes de négligence spatiale. Les signes de négligence ne semblent toutefois pas pouvoir s'améliorer chez tous les patients traités et plusieurs études ne retrouvent pas d'effets bénéfiques sur les manifestations cliniques de la négligence à long terme. Ces différences de résultats peuvent notamment être expliquées par la difficulté de conduire des études en double aveugle et donc d'exclure certains biais expérimentaux comme des effets placebo. Il est en effet difficile pour l'expérimentateur, du fait de la forme et du poids des lunettes prismatiques, de ne pas être informé du traitement appliqué. Pour répondre à ces limitations, notre groupe de recherche a récemment mis au point un protocole d'AP en réalité virtuelle immersive. Le biais d'adaptation est ici induit grâce au décalage visuel entre la position du contrôleur tenu dans la main des participants et sa représentation dans l'environnement visuel. Après une présentation du protocole d'AP classique et des principaux résultats observés dans le traitement de l'héminégligence, nous détaillerons comment l'AP peut être implémentée en réalité virtuelle immersive et quels sont les avantages et différences de cette technique par rapport au protocole d'AP classique.

**Mots clés :** adaptation prismatique • réalité virtuelle • lunettes prismatiques • héminégligence

## Abstract

*Prism adaptation (PA) with wedge prisms is a non-invasive technique widely used to study visio-motor plasticity in healthy individuals and to decrease the right attentional bias observed in brain-damaged patients with neglect. Significant improvement of neglect signs was observed after a single application of PA for a few minutes (3–5 minutes), but also in the long term (up to 6 months) after two weeks of daily treatment. However, neglect does not improve in all*

*treated patients and several studies failed to provide evidence for lasting effects of PA on its clinical manifestations. Since the compensation of the PA-induced bias presumably relies on conscious perception of the mismatch between target and hand position, it is nearly impossible to achieve adequate blinding using wedge prisms, and the potential benefit of PA in the rehabilitation of neglect remains controversial. In order to overcome these limitations, we recently developed a technique to induce adaptation effects using immersive virtual reality (VR). Adaptation effects were created by providing a false signal about the position of the hand relative to the visual environment. We aim to describe the differences between PA with wedge prisms and virtual PA, and to share the main results obtained with virtual prisms in healthy participants and in brain-damaged patients with neglect.*

**Key words:** prism adaptation • virtual reality • spatial neglect

## ■ L'adaptation prismatique : définition et paradigme

L'adaptation prismatique (AP) est une technique non invasive, facile à mettre en œuvre, permettant d'étudier les mécanismes de plasticité cérébrale des fonctions sensori-motrices à court terme chez le sujet sain. Elle est également utilisée chez des patients cérébro-lésés souffrant d'héminégligence comme méthode de réadaptation pour réduire le biais attentionnel ipsilésionnel.

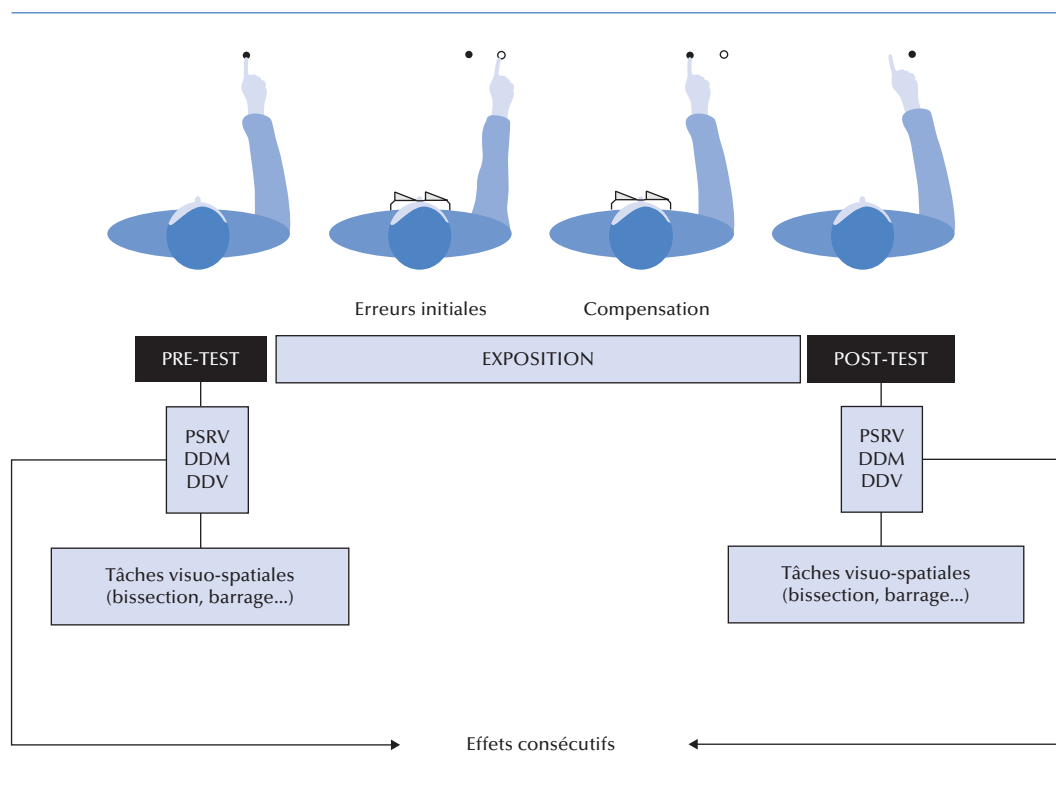
Il s'agit pour le sujet effectuant une tâche d'AP de s'adapter à une perturbation de son environnement visuel. Cette perturbation est obtenue à l'aide de prismes optiques qui décalent le champ visuel du côté droit ou gauche de quelques degrés (généralement de 5 à 12 degrés). L'adaptation visuo-motrice est acquise par une procédure de pointage en direction de cibles visuelles. Le mouvement est au cours des premiers mouvements de pointage décalés par rapport à la cible. Puis, tenant compte de l'erreur spatiale, le sujet va progressivement corriger la trajectoire de son mouvement pour finalement pointer à nouveau précisément en direction de la cible visuelle, malgré le décalage induit par les lunettes prismatiques (*figure 1*). Le sujet sera confronté au problème inverse lors du retrait des lunettes : les mouvements seront décalés dans la direction opposée à la déviation optique et le sujet devra alors se « désadapter ».

Lors de la réalisation d'un paradigme d'AP classique, trois phases peuvent être distinguées (voir *figure 1* et [1]) : une période d'exposition active aux prismes où le sujet compense progressivement la déviation optique de la vision, une période de pré- et de post-tests où des mouvements de pointage sont réalisés sans lunettes prismatiques. Une adaptation ne peut être attestée que par la présence d'effets consécutifs compensatoires (ou « *after-effects* ») mesurée par la comparaison du biais de déviation observé durant les phases de pré- et de post-tests. Les effets consécutifs totaux de l'AP (ou réaligement spatial) sont généralement mesurés à l'aide de pointage sans rétroaction visuelle (PSRV). Ce test consiste à pointer, avec la main utilisée pendant l'adaptation, dans l'obscurité en direction d'une

cible visuelle présentée dans l'axe sagittal du participant, en privilégiant la précision et sans aucune contrainte de temps. Dans cette condition, l'effet d'adaptation peut se manifester car le participant n'a aucune information visuelle lui permettant de corriger un éventuel décalage entre son doigt et la cible. Les effets consécutifs de l'AP peuvent également être évalués à l'aide d'un test mesurant le droit-devant manuel (DDM) ou le droit-devant visuel (DDV). Le DDM est réalisé en demandant aux participants de pointer dans l'obscurité avec la main droite dans la direction d'une ligne imaginaire séparant leurs corps en deux moitiés imaginaires. Ce test permet de mesurer la composante proprioceptive de l'adaptation. Le DDV consiste à présenter une cible visuelle dans l'obscurité se déplaçant sur l'axe horizontale. Le participant doit indiquer verbalement lorsqu'il perçoit la cible en position « droit-devant ». Le DDV permet d'évaluer la composante visuelle de l'AP.

## ■ Effets sensori-moteurs et fonctionnels de l'AP sur la négligence spatiale

La négligence spatiale ou héminégligence est un trouble caractérisé par « l'impossibilité de décrire verbalement, de répondre et de s'orienter aux stimulations controlatérales à la lésion hémisphérique sans que ce trouble puisse être attribué à un déficit sensoriel ou moteur » [2, 3]. Ce syndrome touche environ 20 à 30 % des patients atteints de lésions vasculaires, le plus souvent hémisphériques droites, et constitue un facteur de mauvais pronostic fonctionnel [4]. Une étude princeps réalisée par Rossetti, *et al.* [5] a mis en évidence qu'une adaptation à une déviation prismatique vers la droite réduit les signes de négligence mesurés dans des tâches de barrage, de bissection de ligne ou de dessins. À la suite de la parution de cette étude, plusieurs essais cliniques contrôlés-randomisés (ECR) ont également démontré un effet bénéfique d'une AP vers la droite sur les signes de négligence, mesuré dans des tests papier-crayon standardisés, mais également sur les activités de la vie quotidienne [6, 7]. Ces effets bénéfiques ont été observés à court terme à la suite de quelques minutes d'exercices visuo-moteurs



**Figure 1.** Les trois phases qui composent un paradigme d'adaptation prismatique : une période d'exposition active aux prismes où le sujet compense progressivement la déviation optique, une période de pré- et de post-tests où des mouvements de pointage sont réalisés sans lunettes prismatiques. La présence d'une adaptation n'est attestée que par la présence d'effets consécutifs compensatoires (ou « after-effects ») mesurée par la comparaison du biais de déviation observé dans les tâches de PRSV, DDM et DDV en post- versus pré-test.

PRSV : pointage sans rétroaction visuelle ; DDM : droit-devant manuel ; DDV : droit-devant visuel.

Adaptée de Petitet, *et al.* [36].

sous prismes. Des effets prolongés (jusqu'à 6 mois) ont également été observés à la suite d'une rééducation intensive comprenant des séances quotidiennes pendant deux semaines [6-9]. Le caractère prolongé des effets thérapeutiques obtenus par le biais de cette méthode semble ouvrir des perspectives intéressantes pour la rééducation des patients hémipariés. Toutefois, les signes de négligence ne semblent pas pouvoir s'améliorer chez tous les patients traités et plusieurs autres ECR ne retrouvent pas d'effets bénéfiques à long terme sur les manifestations cliniques de la négligence [6, 10-12].

Récemment, Li, *et al.* [13] ont réalisé une revue systématique et une méta-analyse de l'ensemble des ECR testant les effets de l'AP sur la négligence spatiale. Parmi les huit ECR recensés au 30 décembre 2019 [10-12, 14-16], les performances des patients négligents traités avec un protocole d'AP étaient significativement améliorées par rapport à un groupe contrôle sur le *Behavioral Inattention Test* (BIT) dans cinq études [7, 11, 15-17]. Aucune différence significative entre les groupes expérimental et contrôle n'était retrouvée dans les trois études utilisant une échelle standardisée d'observation du comportement de négligence

dans les activités de la vie quotidienne (échelle Catherine Bergego [18]) [10, 12, 15]. Récemment, Mizuno, *et al.* [19] ont analysé l'effet de l'AP sur les activités en vie quotidienne de patients négligents inclus dans leur ECR de 2011. Cette étude démontre que deux des 10 items de l'échelle Catherine Bergego (items « exploration et déviation forcée du regard » et « difficulté à retrouver des objets usuels ») étaient significativement améliorés dans le groupe de patients suivant un traitement par AP par rapport au groupe contrôle. Enfin, l'étude de Li, *et al.* [13] ne retrouvent pas d'effet bénéfique de l'AP sur le long-terme (plus de trois mois après l'intervention) dans les trois études pour lesquels les données de suivi étaient disponibles [11, 15, 16].

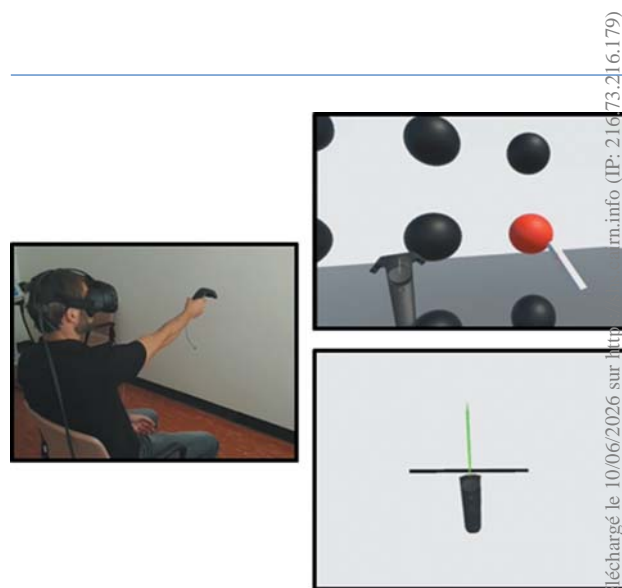
Ces inconsistances de résultats peuvent être expliquées par plusieurs facteurs : des différences dans les paramètres expérimentaux utilisés pour induire une adaptation prismatique [20, 21], l'intensité de la déviation optique utilisée [22] ou encore la variabilité lésionnelle des patients négligents inclus dans les études [23]. De plus, la fiabilité des études peut également être impactée par le faible nombre de patients inclus (de 13 à 20 patients dans les groupes traités). Un autre problème, partagé par l'ensemble des

études comportementales interventionnelles pour obtenir un haut niveau de preuve est la question du double aveugle. En effet, de précédentes études ont démontré une augmentation des effets consécutifs de l'adaptation en l'absence de conscience phénoménologique de la déviation chez des patients négligents mais également chez des sujets sains avec des conditions d'exposition progressive aux prismes [24]. Toutefois, si la conscience perceptive des effets peut être amoindrie mais pas totalement abolie chez les participants, il est difficile pour l'expérimentateur du fait de la forme et du poids des lunettes prismatiques (en particulier lorsque la déviation optique induit par les prismes est importante) de ne pas être informé du traitement appliqué (lunettes prismatiques avec ou sans déviation optique, *i.e.* « sham »). Il est ainsi difficile du fait de ces contraintes d'exclure certains biais expérimentaux tels que des attentes potentielles de l'expérimentateur ou d'éventuels effets placebo.

## ■ L'adaptation prismatique en réalité virtuelle

Pour répondre à ces limitations, notre groupe de recherche a récemment mis au point un protocole d'AP en réalité virtuelle [25-27]. Ce protocole expérimental utilise un casque de réalité virtuelle afin de plonger les participants dans un environnement virtuel totalement immersif qui permet d'exclure tout indice visuel externe. Les participants tiennent dans leur main (non visible dans l'espace virtuel) un contrôleur dont la position est suivie en temps réel. Le biais d'adaptation est induit grâce au décalage visuel entre la position du contrôleur et sa représentation dans l'environnement visuel (*figure 2* et démonstration de la procédure d'adaptation disponible ici : <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fnins.2021.658353/full#supplementary-material>). Contrairement aux paradigmes utilisant des lunettes prismatiques, ce n'est donc pas ici le champ visuel entier qui est dévié mais la position du contrôleur et sa représentation visuelle dans l'espace virtuel. La position de la cible visuelle qui doit être atteinte lors des tâches de pointage (dans la phase d'exposition ou dans les phases de pré- et de post-tests) ne varie donc pas.

Les effets d'adaptation peuvent être testés en réalité virtuelle à l'aide de tâches de PSRV ou de tâches de DDM. Le PSRV consiste à demander aux participants de pointer avec le contrôleur en direction d'une cible visuelle représentée dans l'espace virtuel, alignée avec l'axe sagittal du participant. Lors du DDM, il est demandé aux participants de couper une ligne imaginaire séparant leurs corps en deux moitiés dans le plan sagittal. Aucun feedback visuel du contrôleur, du bras ou de la main n'est disponible pour réaliser ces deux tâches. Le transfert des effets d'adaptation est évalué grâce à des tâches de bissection de ligne : les participants doivent bissecter une ligne présentée dans l'espace virtuel à l'aide d'un laser projeté par le contrôleur. Le contrôleur est représenté dans l'espace virtuel mais le



**Figure 2.** Illustration du paradigme d'adaptation utilisé en réalité virtuelle immersive. Lors de la phase d'exposition, les participants doivent toucher la boule devenant rouge à l'aide d'un contrôleur tenu dans la main, dont la position est enregistrée et suivie en temps réel. Le contrôleur n'est pas visible dans l'environnement virtuel mais représenté par un bâton blanc. Afin d'induire des effets d'adaptation, un décalage visuel est induit entre le contrôleur tenu dans la main des participants et la représentation du contrôleur dans le monde virtuel (ici le bâton blanc). Une démonstration de la procédure d'adaptation est disponible ici : <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fnins.2021.658353/full#supplementary-material>. Le panel en bas à droite illustre une tâche de bissection de ligne réalisée en réalité virtuelle. Le participant doit bissecter la ligne à l'aide du laser projeté par le contrôleur.

participant ne voit ni son bras ni d'autres indices visuels pouvant biaiser la performance (*figure 2*).

Les avantages de la réalité virtuelle pour induire des effets d'adaptation sont multiples. Elle permet tout d'abord, au sein du même design expérimental, d'utiliser différents degrés de déviation, alors que l'AP classique nécessite une paire de lunettes pour chaque déviation. De plus, en raison de leur épaisseur, les prismes en verre induisent des distorsions visuelles qui deviennent de plus en plus importantes en fonction du nombre de dioptries choisies. Une déviation excessive s'accompagne de déformations optiques statiques et dynamiques ainsi que de l'apparition de franges colorées de décomposition de la lumière. La réalité virtuelle permet d'appliquer des degrés de déviation beaucoup plus importants, et cela sans induire de distorsions visuelles. Ce que les sujets perçoivent reste donc identique peu importe le degré de déviation appliqué. Enfin, la déviation peut être induite graduellement, ce qui la rend peu perceptible par les participants ; il est ainsi possible de conduire des études en double aveugle, permettant de limiter certains facteurs confondants comme les effets placebo. Ce point est particulièrement crucial lors de l'étude de l'efficacité de l'AP dans la rééducation des signes de négligence et difficile sinon impossible à réaliser avec des lunettes prismatiques classiques.

Afin de tester le principe d'AP virtuelle, Gammeri, *et al.* [25] ont contrasté les performances de quatre groupes de sujets sains (absence de déviation, 10, 20, 30 degrés de déviation vers la droite) à partir d'un protocole d'adaptation en réalité virtuelle. Pour ce faire, les auteurs ont créé un décalage visuel entre la position du pointeur tenu dans la main du sujet et la position du pointeur visible en réalité virtuelle (*figure 2*). Leurs résultats ont mis en évidence que l'erreur de pointage était directement liée au degré de déviation optique induite durant la phase d'exposition. La relation entre le degré de déviation induite et la taille des effets consécutifs d'adaptation n'était toutefois pas linéaire, contrairement aux observations rapportées par Facchin, *et al.* [28] chez des patients négligents. Ces différences peuvent être en partie expliquées par la présence de contraintes biomécaniques ne permettant que difficilement de réaliser des mouvements de pointage avec le bras plus à gauche lorsque la déviation optique induite en réalité virtuelle est importante. De plus, le biais observé dans les tâches de pointage en post-tests prédisait de manière significative le biais observé dans une tâche de bissection (également réalisée en réalité virtuelle) lorsqu'une déviation de 30 degrés était utilisée durant la phase d'exposition. Un aspect important de l'adaptation virtuelle est celui de pouvoir induire un biais graduellement. Dans l'étude de Gammeri, *et al.* [25], le biais augmentait d'une fraction d'angle entre chaque pointage, de manière à atteindre la déviation maximale après environ 20 à 30 essais. Cette adaptation graduelle est impossible à détecter par le sujet, le laissant effectivement naïf de la présence d'un décalage. Grâce à cette procédure, l'adaptation virtuelle peut être utilisée dans des études en simple aveugle, voire double aveugle si l'attribution à une condition expérimentale est uniquement contrôlée par le programme et que l'expérimentateur n'en a pas connaissance.

Ramos, *et al.* [29] ont comparé les performances de sujets sains à la suite d'une exposition réalisée avec des lunettes prismatiques classiques ou en simulant une déviation de 10 degrés en réalité virtuelle. Ces auteurs ont mis en évidence que les effets consécutifs de l'adaptation étaient plus importants lorsque la déviation était induite en réalité virtuelle. Ces résultats montrent qu'il semble tout à fait possible de reproduire les effets d'adaptation observés avec l'utilisation de lunettes prismatiques, en réalité virtuelle.

L'utilisation de l'AP virtuelle met en évidence que contrairement aux études utilisant des lunettes prismatiques, les effets consécutifs d'adaptation ne peuvent être expliqués par la prise en compte des erreurs internes (erreurs de prédiction) ou externes lors de la réalisation du mouvement sous prismes puisque la main du sujet en réalité virtuelle n'est pas visible. De plus, les résultats observés en réalité virtuelle ont été obtenus chez des sujets sains en utilisant une déviation vers la droite, tandis que la littérature rapporte que les effets consécutifs de l'adaptation sont le plus souvent absents avec l'utilisation de prismes

déviant le champ visuel à droite [30-32]. Ces éléments mettent en évidence que s'il est possible de reproduire en réalité virtuelle les effets d'adaptation observés avec des lunettes prismatiques, les processus cognitifs sous-tendant ces deux types d'adaptation peuvent être en partie différents. D'autres études seraient nécessaires pour clarifier ce point.

Nous avons également testé si une AP virtuelle était possible lorsque l'exposition est réalisée avec des feedbacks délivrés dans la modalité visuelle ou auditive [27]. Nous avons comparé les effets consécutifs d'une adaptation visuelle induite grâce au décalage visuel entre la position du contrôleur tenu dans la main des participants et sa représentation dans l'environnement visuel comme expliqué précédemment, et les effets consécutifs d'une adaptation réalisée sans cible visuelle, induite à l'aide d'un feedback auditivo-verbal. Les participants n'avaient accès dans cette condition qu'à des informations auditives (« allez plus à gauche » ou « allez plus à droite ») pour corriger leur pointage, et induire une déviation. Lors de l'adaptation, les sujets soumis à un retour auditif déplaçaient graduellement leur pointage à gauche, et ceci tout autant que les participants dans la condition visuelle. Toutefois, alors que les résultats mettent en évidence des effets consécutifs en condition visuelle, confirmant les résultats obtenus par Gammeri, *et al.* [25], aucun effet consécutif n'a été observé lorsque les feedbacks étaient délivrés dans la modalité auditive. Ces résultats divergent de précédentes études utilisant une procédure d'AP classique démontrant des effets consécutifs de l'adaptation sur des signes de négligence auditive [33, 34] et des effets d'adaptation lorsqu'une cible auditive était utilisée chez des sujets sains [35]. Il est à noter que l'étude de Calzolari, *et al.* [35] utilisait une cible auditive, tandis que Bourgeois, *et al.* (2021) [5] ont manipulé la modalité sensorielle des feedbacks utilisés pour corriger le mouvement durant l'adaptation, pouvant expliquer en partie ces résultats divergents.

Nous avons enfin souhaité tester si une AP virtuelle pouvait moduler le biais attentionnel de patients présentant une négligence spatiale [27]. Quinze patients porteurs d'une lésion hémisphérique droite et présentant des signes de négligence ont été testés lors de trois sessions : une session d'adaptation sans déviation, avec une déviation de 15 ou 30 degrés vers la droite. Le degré de déviation utilisé (0°, 15°, 30°) n'était connu ni du patient ni de l'expérimentateur. Alors que des effets significatifs ont été observés dans des tâches de pointage après 15 et 30 degrés d'adaptation (comparaison post- *versus* pré-tests), aucun transfert de ces effets n'a été observé dans des tâches de bissection et de barrage réalisées en réalité virtuelle.

En conclusion, si la réalité virtuelle semble être un outil prometteur pour simuler une déviation optique et étudier les effets d'adaptation consécutifs à cette déviation, notamment en permettant de réaliser des protocoles expérimentaux en double aveugle, son application comme méthode de réadaptation des signes de négligence semble davantage discutable. D'autres études avec un plus grand nombre de

patients et d'autres mesures telles qu'une évaluation des signes de négligence à la fois dans des tâches évaluant l'attention spatiale en réalité virtuelle mais aussi dans des tests papier-crayon standardisés pourraient être utiles. ■

## Liens d'intérêt

Les auteurs déclarent ne pas avoir de lien d'intérêt en rapport avec cet article.

## Références

- Prablanc C, Panico F, Fleury L, et al. Adapting terminology: clarifying prism adaptation vocabulary, concepts, and methods. *Neurosci Res* 2020; 153 : 8-21.
- Heilman KM, Watson RT, Valenstein E. Spatial neglect. In : Karnath HO, Milner D, Vallar G, eds. *The cognitive and neural bases of spatial neglect*. Oxford: Oxford University Press, 2002, p. 3-30.
- Chokron S, Bartolomeo P, Sieroff E. Unilateral spatial neglect: 30 years of research, discoveries, hope, and (especially) questions. *Rev Neurol* 2008; 164(Suppl 3): S134-42.
- Buxbaum LJ, Ferraro MK, Veramonti T, et al. Hemispatial neglect: subtypes, neuroanatomy and disability. *Neurology* 2004; 62 : 749-56.
- Rossetti Y, Rode G, Pisella L, et al. Prism adaptation to a rightward optical deviation rehabilitates left hemispatial neglect. *Nature* 1998; 395 : 166-9.
- Vaes N, Nys G, Lafosse C, et al. Rehabilitation of visuospatial neglect by prism adaptation: effects of a mild treatment regime. A randomised controlled trial. *Neuropsychol Rehabil* 2018; 28 : 899-918.
- Serino A, Barbiani M, Rinaldesi ML, et al. Effectiveness of prism adaptation in neglect rehabilitation: a controlled trial study. *Stroke* 2009; 40 : 1392-8.
- Frassinetti F, Angeli V, Meneghello F, et al. Long-lasting amelioration of visuospatial neglect by prism adaptation. *Brain* 2002; 125 : 608-23.
- Serino A, Bonifazi S, Pierfederici L, et al. Neglect treatment by prism adaptation: what recovers and for how long. *Neuropsychol Rehabil* 2007; 17 : 657-87.
- Ten Brink AF, Visser-Meily JMA, Schut MJ, et al. Prism adaptation in rehabilitation? No additional effects of prism adaptation on neglect recovery in the subacute phase poststroke: a randomized controlled trial. *Neurorehabil Neural Repair* 2017; 31 : 1017-28.
- Rode G, Lacour S, Jacquin-Courtois S, et al. Long-term sensorimotor and therapeutic effects of a mild regime of prism adaptation in spatial neglect. A double-blind RCT essay. *Ann Phys Rehabil Med* 2015; 58 : 40-53.
- Turton AJ, O'Leary K, Gabb J, et al. A single blinded randomised controlled pilot trial of prism adaptation for improving self-care in stroke patients with neglect. *Neuropsychol Rehabil* 2010; 20 : 180-96.
- Li J, Li L, Yang Y, et al. Effects of prism adaptation for unilateral spatial neglect after stroke: a systematic review and meta-analysis. *Am J Phys Med Rehabil* 2021; 100 : 584-91.
- Mancuso M, Pacini M, Gemignani P, et al. Clinical application of prismatic lenses in the rehabilitation of neglect patients. A randomized controlled trial. *Eur J Phys Rehabil Med* 2012; 48 : 197-208.
- Mizuno K, Tsuji T, Takebayashi T, et al. Prism adaptation therapy enhances rehabilitation of stroke patients with unilateral spatial neglect: a randomized, controlled trial. *Neurorehabil Neural Repair* 2011; 25 : 711-20.
- Nys GM, de Haan EH, Kunneman A, et al. Acute neglect rehabilitation using repetitive prism adaptation: a randomized placebo-controlled trial. *Restor Neurol Neurosci* 2008; 26 : 1-12.
- Serino A, Angeli V, Frassinetti F, et al. Mechanisms underlying neglect recovery after prism adaptation. *Neuropsychologia* 2006; 44 : 1068-78.
- Bergego C, Azouvi P, Samuel C, et al. Validation d'une échelle d'évaluation fonctionnelle de l'héminégligence dans la vie quotidienne : l'échelle CB. *Ann Readapt Med Phys* 1995; 38 : 183-9.
- Mizuno K, Tsujimoto K, Tsuji T. Effect of prism adaptation therapy on the activities of daily living and awareness for spatial neglect: a secondary analysis of the randomized, controlled trial. *Brain Sci* 2021; 11 : 347.
- Facchin A, Daini R, Toraldo A. Prismatic adaptation in the rehabilitation of neglect patients: does the specific procedure matter? *Front Hum Neurosci* 2013; 7 : 137.
- Ladavas E, Bonifazi S, Catena L, et al. Neglect rehabilitation by prism adaptation: different procedures have different impacts. *Neuropsychologia* 2011; 49 : 1136-45.
- Barrett AM, Goedert KM, Basso JC. Prism adaptation for spatial neglect after stroke: translational practice gaps. *Nat Rev Neurol* 2012; 8 : 567-77.
- Lunven M, Rode G, Bourlon C, et al. Anatomical predictors of successful prism adaptation in chronic visual neglect. *Cortex* 2019; 120 : 629-41.
- Michel C, Pisella L, Prablanc C, et al. Enhancing visuomotor adaptation by reducing error signals: single-step (aware) versus multiple-step (unaware) exposure to wedge prisms. *J Cogn Neurosci* 2007; 19 : 341-50.
- Gammeri R, Turri F, Ricci R, et al. Adaptation to virtual prisms and its relevance for neglect rehabilitation: a single-blind dose-response study with healthy participants. *Neuropsychol Rehabil* 2020; 30 : 753-66.
- Bourgeois A, Schmid A, Turri F, et al. Visual but not auditory feedback induces after-effects following adaptation to virtual prisms. *Front Neurosci* 2021; 15 : 1383.
- Bourgeois A, Turri F, Schneider A, et al. Virtual prism adaptation for spatial neglect: a double-blind study. *Neuropsychol Rehabil* 2021 : 1-15.
- Facchin A, Beschin N, Toraldo A, et al. Aftereffect induced by prisms of different power in the rehabilitation of neglect: a multiple single case report. *Neurorehabilitation* 2013; 32 : 839-53.
- Ramos AA, Horning EC, Wilms IL. Simulated prism exposure in immersed virtual reality produces larger prismatic after-effects than standard prism exposure in healthy subjects. *PLoS One* 2019; 14 : e0217074.
- Berberovic N, Mattingley JB. Effects of prismatic adaptation on judgements of spatial extent in peripersonal and extrapersonal space. *Neuropsychologia* 2003; 41 : 493-503.
- Colent C, Pisella L, Bernieri C, et al. Cognitive bias induced by visuo-motor adaptation to prisms: a simulation of unilateral neglect in normal individuals? *Neuroreport* 2000; 11 : 1899-902.
- Schintu S, Pisella L, Jacobs S, et al. Prism adaptation in the healthy brain: the shift in line bisection judgments is long lasting and fluctuates. *Neuropsychologia* 2014; 53 : 165-70.
- Jacquin-Courtois S, Rode G, Pavani F, et al. Effect of prism adaptation on left dichotic listening deficit in neglect patients: glasses to hear better? *Brain* 2010; 133 : 895-908.
- Tissieres I, Elamly M, Clarke S, et al. For better or worse: the effect of prismatic adaptation on auditory neglect. *Neural Plast* 2017; 2017 : 8721240.
- Calzolari E, Albin F, Bolognini N, et al. Multisensory and modality-specific influences on adaptation to optical prisms. *Front Hum Neurosci* 2017; 11 : 568.
- Petitot P, O'Reilly JX, O'Shea J. Towards a neuro-computational account of prism adaptation. *Neuropsychologia* 2018; 115 : 188-203.