

L'apprentissage sans erreur : une méthode efficace d'intervention dans la maladie d'Alzheimer et dans l'aphasie primaire progressive

Errorless learning is an effective intervention method in Alzheimer's disease and in primary progressive aphasia

Sven Joubert^{1,2}, Thomas Tannou^{1,3,4,5}, François Maquestiaux^{3,6}

¹ Centre de recherche de l'Institut universitaire de gériatrie de Montréal (CRIUGM), Canada

² Département de psychologie, Université de Montréal, Québec, Canada

³ Laboratoire de recherches intégratives en neurosciences et psychologie cognitive (LINC, UR 481), université de Franche-Comté, Besançon, France.

⁴ Inserm, Centre d'investigation clinique (CIC 1431), CHU de Besançon, France.

⁵ Département de gériatrie, CHU de Besançon, France

⁶ Maison des sciences de l'homme et de l'environnement (MSHE) Ledoux, université de Franche-Comté, Besançon, France

Contact: Sven Joubert, CRIUGM, 4545 Queen-Mary Road, Montreal, QC, H3W 1W5, Canada.

Email: sven.joubert@umontreal.ca

Mots-clés : Alzheimer, aphasie primaire progressive, apprentissage sans erreur, intervention cognitive

Key words: Alzheimer's, primary progressive aphasia, errorless learning, cognitive intervention

Points clé :

- Les maladies neurodégénératives telles que la maladie d'Alzheimer et l'aphasie progressive sont caractérisées par un déclin cognitif progressif qui affecte le fonctionnement dans les activités de la vie quotidienne.
- L'apprentissage sans erreur est une méthode utilisée en remédiation cognitive afin de compenser l'altération des processus mnésiques explicites par l'utilisation de processus mnésiques implicites préservés. Cette méthode consiste à empêcher ou à réduire au maximum la survenue d'erreurs durant un apprentissage et vise à (ré)apprendre des informations de nature cognitive, langagière ou motrice ainsi que des activités indépendantes de la vie quotidienne.
- Globalement, les données actuelles de la littérature suggèrent que l'apprentissage sans erreur semble plus efficace que d'autres méthodes comme l'apprentissage avec erreurs dans la prise en charge de ces maladies neurodégénératives. Cependant, plus d'études sont nécessaires afin de

déterminer quels sont les meilleurs paramètres de ces interventions et notamment des essais cliniques randomisés sont nécessaires.

Résumé

L'intervention cognitive demeure une des perspectives de prise en charge les plus utiles, dès la phase précoce, pour aider les patients atteints de trouble neurocognitif majeur à compenser leurs déficits cognitifs et maintenir leur indépendance fonctionnelle dans la vie quotidienne. La méthode d'apprentissage sans erreur représente un ensemble de principes et de méthodes visant à éliminer ou à réduire au maximum les erreurs commises dans un contexte d'apprentissage ou de réapprentissage. Dans cet article, nous examinons l'efficacité de cette méthode d'apprentissage dans le contexte de la maladie d'Alzheimer et de l'aphasie primaire progressive. Sur la base des données actuelles, l'apprentissage sans erreur se révèle être une méthode efficace pour (ré)apprendre de nouvelles informations ou habiletés procédurales. De plus, les gains de l'apprentissage sans erreur perdurent à long terme et cette méthode permet d'augmenter la motivation et de réduire la frustration liée à l'échec et aux déficits. Il existe néanmoins des divergences dans les résultats entre les études qui pourraient refléter des différences dans les paramètres des interventions. En conclusion, ces interventions devraient cibler des apprentissages qui ont une utilité pour les patients et qui leur permettent de préserver leur indépendance plus longtemps et ainsi améliorer leur qualité de vie.

Abstract

Alzheimer's disease (AD) and primary progressive aphasia (PPA) are age-related neurodegenerative diseases that are characterized by a slowly progressive decline in cognitive functioning that significantly impacts functional autonomy. Cognitive interventions remain one of the most useful management perspectives to help patients compensate for their cognitive and functional deficits in everyday life. Errorless learning represents a set of principles and methods aimed at eliminating or minimizing errors in a learning context, which was initially applied to patients with an amnesic syndrome. In this article, we examine the effectiveness of this learning method specifically in the context of AD and APP. Based on current data from the literature, errorless learning appears to be an effective method to (re)learn new information or procedural skills in AD and APP, such as relearning the names of familiar faces or certain independent activities of daily living. In addition, the benefits

of errorless learning are maintained at follow-up and this method can increase motivation and reduce the frustration resulting from mistakes and an approach focused on deficits. There are, however, discrepancies in the results between the studies which could reflect differences in the learning methods employed and in the parameters of the interventions which are discussed. In conclusion, these interventions should primarily target learning that is useful for patients and that allows them to preserve their autonomy longer and improve their quality of life.

En raison du vieillissement de la population et du fait que l'âge représente le premier facteur de risque de développer un trouble neurocognitif majeur de type Alzheimer (aussi appelé DTA pour démence de type Alzheimer), le nombre et la proportion de personnes touchées par ces pathologies au sein de la population générale ne cesse d'augmenter à travers le monde. C'est particulièrement le cas dans les pays où le vieillissement de la population est le plus marqué. Le diagnostic précoce et la prévention demeurent essentiels [1], mais les approches non-pharmacologiques tels que les programmes de remédiation cognitive sont centraux, dès le diagnostic, dans la prise en charge des personnes âgées atteintes de ces pathologies [2, 3]. En effet, ils permettent d'améliorer le fonctionnement cognitif, le fonctionnement dans les activités de la vie quotidienne et la qualité de vie.

Dans le contexte de la remédiation cognitive de la personne âgée qui présente un trouble neurocognitif, plusieurs types d'interventions existent et sont basées sur des principes différents. Une approche vise à traiter des déficits mnésiques ou cognitifs par l'apprentissage et l'utilisation de nouvelles stratégies internalisées visant à améliorer le fonctionnement cognitif ou par l'apprentissage de tâches spécifiques. Les méthodes compensatoires comme l'utilisation d'aides externes (e.g., calendrier, agenda électronique, tablette, Smartphone ou utilisation de nouvelles technologies) permettent aussi d'offrir un support contextuel maximal pour aider le patient à mieux faire face à ses difficultés dans diverses situations de la vie quotidienne. De manière générale, la remédiation cognitive a démontré son efficacité pour améliorer le fonctionnement mnésique, le fonctionnement dans les activités de la vie quotidienne, et le bien-être psychologique [3, 4].

En remédiation cognitive, l'apprentissage sans erreur désigne un ensemble de méthodes qui consistent à empêcher ou à réduire au maximum la survenue d'erreurs durant un apprentissage. À l'origine, l'apprentissage sans erreur a été appliqué surtout en remédiation cognitive de patients amnésiques ayant une amnésie antérograde, soit des difficultés à encoder et consolider de nouvelles informations en mémoire à long terme et à se souvenir des événements récents [5]. L'hypothèse de base repose sur le fait que dans une situation d'apprentissage par essais et erreurs classique, les patients ayant des déficits en mémoire épisodique (amnésie antérograde) auront tendance à reproduire les mêmes erreurs une fois produites, leurs processus mnésiques explicites ne leur permettant pas de superviser les erreurs et de corriger la situation. Par exemple, un patient souhaitant rentrer son code de carte bancaire au guichet automatique et qui rentre un code erroné aura tendance à reproduire un code erroné aux prochaines tentatives, ou encore un patient qui se trompe dans le nom de son médecin

aura tendance à reproduire ce nom erroné aux prochaines rencontres. La production d'erreurs serait ainsi renforcée et l'apprentissage global perturbé [6]. En revanche, la mémoire implicite et procédurale est typiquement préservée chez les patients amnésiques, tel que décrit dans les travaux inauguraux de la neuropsychologue Brenda Milner chez le patient H.M. atteint d'une sévère amnésie antérograde (et rétrograde aussi). Ce patient, probablement le plus célèbre de toute l'histoire de la neuropsychologie, montrait une excellente courbe d'apprentissage à la tâche visuomotrice de l'étoile en miroir à travers les séances, malgré son amnésie antérograde massive et malgré l'absence de souvenir explicite d'avoir réalisé la tâche auparavant d'une session à l'autre [7]. Or, il est présumé que l'apprentissage sans erreur repose davantage sur l'utilisation de processus mnésiques implicites et procéduraux, préservés chez les patients ayant des troubles de mémoire antérograde [6] et dans les démences corticales de type DTA et l'aphasie primaire progressive (APP) [8, 9].

Dans l'étude de Wilson et al. [6] portant sur l'apprentissage sans erreur, des patients amnésiques de diverses origines étiologiques (encéphalite, traumatisme crâniocérébral, accident vasculaire cérébral, anoxie, Korsakoff), les auteurs comparèrent l'apprentissage de listes de mots en employant la méthode sans erreur avec la méthode d'apprentissage avec erreurs. Par exemple, dans une 1^{ère} expérience, les patients devaient apprendre, dans une condition sans erreur, une liste de mots de la manière suivante : « Je pense à un mot de 5 lettres qui commence par ST et ce mot est STORY (*histoire*). Svp écrivez ce mot. » Dans la condition avec erreurs, la consigne était la suivante : « Je pense à un mot de 5 lettres qui commence par TH, pouvez-vous deviner quel est ce mot ? » Si le patient ne devinait pas le bon mot, la bonne réponse (THUMB, *pouce*) était donnée au bout de 4 erreurs ou après un délai sans réponse de 25 secondes, puis le patient devait écrire le mot. Si le bon mot était donné d'emblée, alors un autre début de mot était proposé. Les patients devaient ensuite rappeler les mots appris dans des conditions identiques de restitution pour les listes de mots appris en condition avec erreurs ou sans erreur [6]. Les résultats montrèrent un apprentissage supérieur en condition sans erreur chez les patients. De plus, tel que démontré dans une série d'autres expériences, l'apprentissage sans erreur s'avérait plus efficace chez des patients amnésiques pour différents types de tâches telles que l'apprentissage de noms d'objets et de personnes, l'apprentissage d'une aide électronique, et l'apprentissage de nouvelles connaissances sémantiques [6]. Par ailleurs, le fait de rencontrer des succès plutôt que des échecs lors de l'apprentissage sans erreur augmenterait la motivation et la participation des patients, améliorerait leur humeur et diminuerait leur frustration. Dans une méta-analyse comparant la méthode d'apprentissage sans erreur avec la méthode

d'apprentissage avec erreurs tout type de pathologie confondue, les résultats montrèrent la supériorité de l'apprentissage sans erreur, avec une grande taille d'effet, en comparaison avec un apprentissage classique avec erreurs [10].

De manière générale, la méthode d'apprentissage sans erreur consiste à diviser une tâche à apprendre en une séquence d'étapes simples qui seront apprises et répétées tout en évitant le plus possible les erreurs. En pratique, elle peut être déclinée de façons diverses. Notons qu'il est rare que la méthode n'implique aucune erreur. Ainsi, certains auteurs privilégient plutôt le terme d'approches de réduction d'erreurs [11] ou d'apprentissage avec peu d'erreurs [12] qu'un apprentissage sans erreur. En effet, il est rare que les patients ne commettent jamais d'erreurs et on ne peut exclure qu'ils ne verbalisent pas intérieurement des mauvaises réponses [12]. Typiquement, la méthode d'apprentissage sans erreur consiste soit à commencer par un élément ou une étape spécifique de la tâche puis d'augmenter graduellement le nombre d'éléments, soit de fournir la réponse complète puis de retirer progressivement des éléments de cette réponse [13]. Le patient doit éviter de deviner la réponse et doit s'abstenir de répondre en cas de doute, et s'il y a des erreurs alors elles doivent être corrigées immédiatement et la bonne réponse sera alors demandée à nouveau. Plusieurs types de stratégies employant l'apprentissage sans erreur sont généralement utilisées en remédiation cognitive [14, 15]. Le choix d'une stratégie ou de plusieurs stratégies combinées varie selon le type de population clinique ciblée et le type d'apprentissage visé. Ces stratégies sont souvent combinées [16]: a) l'utilisation de stratégies/consignes verbales ou visuelles qui sont données par le clinicien préalablement à la réalisation de la tâche ou à chaque étape d'une série d'actions constituant une séquence particulière; b) le clinicien montre comment réaliser la tâche à accomplir avant que le patient la réalise ensuite. Le patient répète alors une séquence consécutive d'actions qui sont préalablement montrées par le clinicien jusqu'à que la séquence complète soit acquise. Par exemple, pour apprendre à utiliser une application d'un Smartphone, le clinicien pourra dans un premier temps expliquer verbalement la séquence d'étapes qui permettent d'utiliser l'application, puis il pourra ensuite produire afin de montrer au patient la séquence d'étapes motrices nécessaires à l'utilisation de l'application. Enfin, le patient pourra reproduire cette séquence étape par étape en évitant les erreurs; c) le clinicien fournit de l'aide physique au patient, par exemple en lui guidant la main vers le choix du bon stimulus (par exemple le clinicien guide d'emblée le patient vers la bonne réponse parmi une série de choix multiples de réponses); d) le clinicien modifie certains paramètres de la tâche. Par exemple, lorsque le patient réalise correctement une tâche, le clinicien peut par exemple réduire le

temps de réalisation de la tâche. Une fois que le patient réalise la tâche correctement, ou certaines étapes de la tâche, le clinicien augmente progressivement la difficulté; e) la récupération espacée (*spaced retrieval*) : en fonction de la performance du patient à une tâche, le clinicien peut soit augmenter le délai entre la présentation et la réalisation de la tâche lorsque celle-ci est réussie, ou réduire le délai lorsque le patient présente des difficultés. En cas de difficulté, le clinicien doit toujours fournir la bonne réponse au patient afin d'éviter des erreurs et demander au patient de reproduire la bonne réponse; f) l'estompage (*vanishing cues*) : les stimuli sont progressivement estompés une fois que l'apprentissage est bien réalisé jusqu'à ce que le patient puisse fournir la réponse sans indices [16]. Par exemples, les lettres d'un nom associées à un visage sont progressivement retirées.

L'apprentissage sans erreur occupe une place importante en remédiation de la mémoire chez des patients amnésiques. Néanmoins, un article de synthèse semble nécessaire pour présenter un état des lieux de la recherche portant sur l'apprentissage sans erreur comme méthode visant à favoriser l'apprentissage ou le réapprentissage d'habiletés cognitives, procédurales et d'activités indépendantes de la vie quotidienne (AIVQ), dans certaines maladies neurodégénératives telles que la DTA et l'APP. À partir de la méthodologie des revues narratives [17], nous présentons ici les éléments saillants de la littérature sur le sujet. Nous faisons, ainsi, une recension des études qui ont utilisé cette méthode d'apprentissage dans ces maladies afin d'en apprécier l'efficacité. Nous discutons aussi des différents paramètres qui semblent moduler l'efficacité de cette méthode auprès de cette population.

L'apprentissage sans erreur dans la démence de type Alzheimer (DTA)

La maladie d'Alzheimer, au stade clinique, affecte au premier plan la mémoire déclarative, tout en préservant la mémoire implicite et procédurale, du moins dans les premiers stades de la maladie [18]. Bien que cette maladie neurodégénérative soit caractérisée par une atteinte cognitive touchant des domaines tels que la mémoire épisodique et sémantique, les fonctions exécutives et attentionnelles, le langage et les capacités visuoperceptives et visuospatiales, l'amnésie antérograde n'en représente pas moins sa caractéristique clinique essentielle. Malgré les difficultés importantes à mémoriser des éléments vécus récemment, les personnes atteintes de DTA demeurent capables d'apprendre normalement de nouvelles tâches procédurales telles que la poursuite d'une cible en mouvement [18, 19] ou l'apprentissage de temps de réaction sériels [20]. Par conséquent, plusieurs études ont suggéré que la méthode d'apprentissage sans erreur pouvait s'avérer utile et efficace dans

la prise en charge de la DTA [12, 21]. Nous examinerons ci-après plusieurs études qui se sont intéressées à employer l'apprentissage sans erreur dans la MA, en ciblant différents types d'apprentissages (e.g., moteurs, mnésiques, langagiers).

Chauvel et al. [9] ont étudié l'apprentissage du *putting*¹ chez des patients DTA débutants, ainsi que chez des adultes jeunes et âgés cognitivement sains en utilisant la méthode d'apprentissage avec peu d'erreurs (i.e., une variante de la méthode sans erreur dans la mesure où il est parfois impossible d'empêcher les participants de commettre quelques erreurs, comme cela est le cas au mini-golf) et en la comparant à la méthode d'apprentissage avec erreurs. Tous les participants étaient naïfs à la pratique du golf. Dans la condition d'apprentissage avec peu d'erreurs, les groupes de participants devaient rentrer la balle de golf dans un trou sur un tapis de golf intérieur à des distances initialement courtes (i.e., 25 cm) puis progressivement croissantes (jusqu'à 100 cm), réduisant ainsi de manière importante le risque de produire beaucoup d'erreurs. Dans la condition d'apprentissage avec erreurs, les distances entre la balle et le trou étaient longues et dégressives (entre 225 et 150 cm), produisant globalement un plus grand risque de production d'erreurs. Les résultats de cette étude ont fait ressortir plusieurs éléments importants. D'une part, à la suite de la phase d'apprentissage initial, les patients DTA étaient significativement meilleurs dans une phase test dite de transfert (125cm), en condition d'apprentissage avec peu d'erreurs, comparativement à la condition d'apprentissage avec erreurs. D'autre part, les participants jeunes, âgés sains et âgés DTA ne différaient pas significativement dans leur performance à la phase de transfert en condition d'apprentissage avec peu d'erreurs; alors que les participants âgés sains et âgés DTA performaient moins bien que les jeunes adultes en condition d'apprentissage avec erreurs. Ces résultats indiquent que les patients DTA sont capables d'apprendre de nouvelles habiletés motrices aussi bien que des participants en santé jeunes ou âgés, lorsqu'ils utilisent une méthode minimisant grandement la production d'erreurs, du fait d'un apprentissage beaucoup plus implicite et automatique [9]. Chauvel et al. [22] ont également montré, chez des participants sains jeunes et âgés, que la performance en *putting* diminuait significativement lorsqu'on rajoutait une tâche cognitive additionnelle (tâche de comptage de tons), et ce uniquement dans la condition d'apprentissage avec erreurs mais pas dans la condition d'apprentissage avec peu d'erreurs. De plus, les participants rapportaient avoir utilisé significativement moins de stratégies mentales verbales dans la condition d'apprentissage avec peu d'erreurs que dans la condition d'apprentissage

¹ Au golf, le *putting* est le coup joué sur le green avec un putter au golf. Concrètement, il s'agit de taper une balle de golf avec un club de golf spécifique (le putter) pour la faire rouler puis tomber dans un trou.

avec erreurs. Ces résultats indiquent que dans une condition d'apprentissage traditionnel avec essais et erreurs, les participants utilisent plus de stratégies verbales conscientes en vue d'améliorer leur performance et que celle-ci peut être perturbée dès lors qu'on soumet les participants à une situation stressante de double tâche qui vient interférer avec leurs stratégies mentales internes (déclaratives), dans un contexte d'apprentissage avec essais et erreurs. De plus, en comparant les participants jeunes et âgés, la performance des seniors était globalement moins bonne que celle des jeunes adultes dans la condition d'apprentissage avec erreurs mais pas dans la condition d'apprentissage avec peu d'erreurs. Une analyse spécifique de ces données auprès des sujets sains indique que même dans le contexte du vieillissement non pathologique, la méthode avec peu d'erreurs permettrait d'améliorer l'apprentissage moteur car elle mobiliserait davantage des processus automatiques et implicites relativement épargnés des effets de l'avancée en âge. En revanche, la performance dans un contexte d'apprentissage avec erreurs reposant sur des processus déclaratifs serait moins bonne du fait des ressources attentionnelles et mnésiques diminuées et d'une plus grande sensibilité à l'interférence (mémoire de travail). En conséquence, dans la DTA, cet avantage relatif de l'apprentissage avec peu d'erreurs serait encore plus important [9]. Enfin, Schmitz et al. [20] ont montré que des patients Alzheimer réalisaient un apprentissage significatif dans une tâche de temps de réaction sériels (une tâche d'apprentissage perceptivo-motrice), uniquement dans une condition d'apprentissage sans erreur mais pas dans une condition d'apprentissage avec erreurs, tandis que les participants âgés sains réalisaient un apprentissage significatif dans les deux types de tâches.

La notion d'apprentissage moteur dans la DTA porte un intérêt particulier dans le contexte des activités indépendantes de la vie quotidienne (AVQ), puisque la notion même de trouble neurocognitif majeur implique une altération significative de ces activités, y compris les activités instrumentales de la vie quotidienne (AIVQ) [23]. La question est donc de savoir si des patients DTA sont en mesure de réapprendre certaines AVQ ou AIVQ en utilisant l'apprentissage sans erreur, en procéduralisant certaines habiletés qui deviennent de plus en plus difficiles à réaliser de manière déclarative avec l'avancée de la maladie. Thivierge et al. [24] ont sélectionné plusieurs AIVQ (en concertation avec les patients DTA, leurs proches, et selon les besoins de chaque patient) qui étaient considérées comme problématiques pour chacun des patients. Ils ont ensuite entraîné les patients sur les AIVQ sélectionnées en combinant apprentissage sans erreur et récupération espacée. Les résultats ont montré que les patients DTA étaient capables de réapprendre des AIVQ en utilisant les méthodes reposant sur l'apprentissage sans erreur et que les effets étaient maintenus après 3 mois. Deschamps

et al. [25] ont aussi montré que l'apprentissage sans erreur s'avérait plus efficace que l'apprentissage avec erreurs dans le réapprentissage d'AIVQ chez des patients DTA. L'apprentissage sans erreur a également été utilisé avec succès pour apprendre à 2 patients DTA à utiliser un téléphone portable [26]. Dans d'autres études, des patients DTA ont appris avec succès en situation d'apprentissage sans erreur des trajets [27], à utiliser un calendrier ou un aide-mémoire [21], ou encore un répondeur téléphonique [28], un four à micro-ondes ou une machine à café [29]. L'apprentissage sans erreur paraît donc être une méthode particulièrement efficace pour l'acquisition de nouvelles habiletés ou pour le réapprentissage d'habiletés perdues pour des personnes vivant avec une DTA, dans la mesure où ces habiletés présentent un intérêt particulier pour la personne et permettent de promouvoir et préserver leur indépendance dans la vie quotidienne. Dans l'ensemble, la méthode d'apprentissage sans erreur aide à augmenter la capacité des patients atteints de DTA à apprendre des habiletés perceptivo-motrices et procédurales dans la mesure où elles ne requièrent pas une maîtrise consciente des règles nécessaires à la réalisation des tâches. Cela permet ainsi de les réaliser de manière plus automatique et en évitant l'effet délétère de diverses sources d'interférence. Les interventions futures devraient cibler des nouveaux apprentissages procéduraux ou des AIVQ qui sont pertinentes et ciblées pour chaque individu sur le plan fonctionnel et émotionnel et devraient être stimulantes pour les patients, permettant ainsi d'améliorer leur autonomie et leur qualité de vie [15].

D'autres études se sont intéressées à la réduction ou l'élimination d'erreurs dans le contexte de l'apprentissage d'informations de nature cognitive. L'objectif était de réapprendre à des patients DTA les associations nom-visage de personnes familières, par exemple les noms des personnes d'un club social [30] ou les noms d'un groupe de soutien [31]. Plusieurs études ont démontré l'efficacité de l'apprentissage sans erreur pour l'apprentissage d'associations noms-visages dans la remédiation cognitive de patients DTA dans le stade débutant à modéré [21, 30-32], mais ces premières études ne comparaient pas directement l'apprentissage sans erreur à d'autres méthodes d'apprentissage. Dans le cadre d'études qui ont comparé directement l'apprentissage sans erreur d'associations nom-visages à l'apprentissage avec erreurs dans la DTA, Haslam et al. [33] ont rapporté un bénéfice de l'apprentissage sans erreur, mais certains patients répondaient mieux que d'autres à cette méthode d'apprentissage. Ruis et Kessels [34] ont aussi rapporté un avantage de l'apprentissage sans erreur, mais qui était plus marqué pour le rappel immédiat que différé. Laffan et al. [35] ont également rapporté une supériorité de l'apprentissage sans erreur, particulièrement lorsque les patients DTA étaient plus activement impliqués dans l'apprentissage. En revanche, Dunn et Clare [13] n'ont pas

rapporté d'avantage de l'apprentissage sans erreur en comparaison avec l'apprentissage avec erreurs d'associations noms-visages nouvelles ou familières. Une autre étude [8] n'a pas montré de supériorité de l'apprentissage sans erreur relativement à d'autres méthodes d'intervention pour l'apprentissage d'associations noms-visages; cependant il a été suggéré que la nature de la tâche employée dans cette étude sollicitait davantage des processus mnésiques explicites basés sur le rappel libre que sur la répétition utilisée dans d'études [21, 32, 36], cette dernière reposant davantage sur des processus mnésiques implicites [37].

Par ailleurs, certaines études se sont intéressées à employer l'apprentissage sans erreur pour apprendre du contenu lexical dans la DTA, tel que les noms d'objets [38, 39] ou les noms de mots associés à une catégorie sémantique [40]. Metzler-Baddeley et al. [39] ont montré que les patients DTA apprenaient des anciennes et nouvelles informations mieux en conditions d'apprentissage sans erreur qu'en condition d'apprentissage avec erreurs (l'apprentissage avec erreurs demeurerait toutefois efficace). Les auteurs suggèrent que l'apprentissage sans erreur pour apprendre ce type d'informations demeure le plus bénéfique chez des patients DTA ayant des troubles mnésiques importants, mais dès lors que les patients présentent des capacités mnésiques explicites résiduelles suffisamment intactes, celles-ci pourraient potentiellement contrecarrer les bénéfices de l'apprentissage sans erreur [39]. L'apprentissage de paires de mots a aussi été évalué dans la DTA (et dans le syndrome amnésique) en utilisant l'apprentissage sans erreur et l'estompage en comparaison avec l'apprentissage avec erreurs [40]. Dans cette étude, une série de mots appartenant à une catégorie sémantique était présentée et les participants devaient apprendre le mot correct associé à chaque catégorie, selon des méthodes d'apprentissage sans erreur et avec erreurs. Les patients DTA présentaient un avantage significatif pour la méthode d'apprentissage sans erreur et d'estompage, autant en rappel libre qu'en rappel indicé, mais ne présentaient pas d'amélioration en condition avec erreurs. En revanche, les patients amnésiques montraient des bénéfices significatifs de l'apprentissage sans erreur et de l'apprentissage avec erreurs, mais l'apprentissage sans erreur demeurerait supérieur.

En somme, que l'apprentissage soit procédural, mnésique ou langagier, la majorité des études ayant appliqué les principes d'apprentissage sans erreur ont démontré une efficacité supérieure relativement à d'autres méthodes avec erreurs auprès des patients DTA [15]. Sur la base de la littérature actuelle, il semble toutefois que l'apprentissage sans erreur d'habiletés procédurales apparaisse comme le plus robuste dans la DTA. Les données portant sur des apprentissages cognitifs indiquent également la supériorité de l'apprentissage sans erreur, bien que certaines études n'aient

pas trouvé de différences entre l'apprentissage sans erreur et d'autres approches [21]. Ces différences entre les études semblent toutefois relever en partie de différences méthodologiques que nous aborderons plus loin.

L'apprentissage sans erreur dans l'aphasie primaire progressive (APP)

L'aphasie primaire progressive (APP) est un syndrome d'origine neurodégénérative qui se caractérise par la survenue insidieuse et l'aggravation lentement progressive des capacités langagières au premier plan [41, 42]. Trois sous-types principaux d'APP sont rapportés : 1) la variante sémantique (APPvs), qui se caractérise par une détérioration relativement isolée de la mémoire sémantique, avec un discours relativement fluent et informatif ainsi qu'une syntaxe et une répétition préservées, un manque du mot important en langage spontané en en dénomination d'images et des troubles de la compréhension orale et écrite (dyslexie/dysorthographe de surface) sous-tendus par la dégradation sémantique; 2) la variante non-fluente (APPnf) caractérisée au premier plan par un langage expressif non-fluent et un agrammatisme, mais une compréhension préservée. Cette forme peut parfois se présenter sous la forme d'une apraxie de la parole avec des difficultés au niveau de la planification articulatoire; et 3) une variante logopénique (APPi) caractérisée par une anomie et des difficultés à trouver des mots précis dans des phrases, avec une capacité altérée à répéter des phrases, des erreurs phonologiques, une compréhension de mots simples préservée et une absence d'agrammatisme et de troubles moteurs de la parole [42]. Sur le plan neuropathologique, il est généralement considéré que l'APP non-fluente est principalement sous-tendue par des lésions tau-positives, la variante sémantique par des lésions ubiquitine-positives/TDP-43 et la variante logopénique par des lésions de type Alzheimer [43]. Les interventions cognitives menées auprès de patients APP visent à maintenir ou améliorer leurs capacités communicationnelles, voire en développer de nouvelles comme apprendre à utiliser un Smartphone, et préserver leur indépendance dans la vie quotidienne [44].

Concernant l'APP sémantique, plusieurs études se sont intéressées à l'utilisation de l'apprentissage sans erreur. En effet, chez les patients atteints de cette détérioration sémantique profonde, les patients présentent une anomie importante en langage spontané et en dénomination d'images, ainsi qu'une perte des connaissances sur différents concepts et différentes catégories de concepts (e.g. objets, animaux, personnes, etc.). En revanche, leur mémoire épisodique demeure globalement préservée et ils demeurent très bien orientés dans le temps et dans l'espace [45]. Par conséquent, ces patients présentent des capacités d'apprentissage globalement préservées,

contrairement aux patients amnésiques ou DTA. Néanmoins, l'apprentissage demeure sous-optimal en raison des déficits sémantiques sous-jacents qui peuvent venir perturber l'apprentissage. Par exemple, une liste de mots sera moins bien apprise que des sujets sains du même âge car le sens de certains de ces mots est altéré et perturbe leur encodage. Ainsi, il a été suggéré que les patients APP sémantique auraient un risque accru de reproduire des erreurs dans un contexte d'apprentissage avec erreurs, du fait de représentations sémantiques déficitaires. Cela réduirait, par exemple, leur capacité à sélectionner une bonne réponse parmi plusieurs choix possibles [46, 47]. L'apprentissage sans erreur en se basant sur des mécanismes mnésiques implicites permettrait ainsi de contourner le traitement sémantique explicite.

L'apprentissage sans erreur a été utilisé en remédiation cognitive auprès de patients APPvs dans deux contextes : 1) dans le but de traiter leur anomie et de réapprendre du vocabulaire perdu [46], et 2) dans le but de compenser les déficits fonctionnels dans les activités de la vie quotidienne qui ont été affectées par leur détérioration sémantique, comme réapprendre à cuisiner [48]) ou apprendre de nouvelles habiletés telles qu'utiliser un Smartphone [8, 49]. Nous abordons successivement ces deux types de contextes.

Jokel et Anderson [46] ont proposé une intervention de l'anomie de 8-12 semaines dans l'APP sémantique (ainsi qu'un suivi à 1 et 3 mois), dans lequel les auteurs ont demandé à 7 patients APP sémantique de réapprendre 2 listes de mots, une première pour laquelle ils avaient perdu le sens des mots et qu'ils ne pouvaient pas nommer et une deuxième liste de mots qu'ils n'arrivaient pas à nommer mais pour lesquels le sens était préservé. Il y avait deux types d'apprentissage : une condition sans erreur et une condition avec erreurs, et pour chaque type d'apprentissage une condition d'apprentissage actif et une condition d'apprentissage passif. L'hypothèse était que l'apprentissage le plus important chez les patients APP sémantique serait réalisé dans la condition d'apprentissage sans erreur qui impliquait un engagement actif (auto-génération), en partant du principe qu'une participation plus active basée sur l'effort augmenterait l'efficacité de l'apprentissage sans erreur. Les résultats de cette étude montrèrent en effet que l'apprentissage sans erreur s'avérait plus bénéfique pour l'apprentissage avec erreurs pour 6 des 7 patients APP sémantique et qu'ils préféraient la méthode d'apprentissage sans erreur, car la méthode avec erreurs mettait leurs difficultés sémantiques au premier plan. Cependant, il n'y avait pas de différence entre les conditions actives et passives d'apprentissage sans erreur, suggérant que les conditions d'apprentissage actif ne seraient pas particulièrement bénéfiques aux patients APP sémantique [46], contrairement à ce qui a été rapporté

dans la DTA [35]. Enfin, les mots les mieux dénommés étaient ceux pour lesquels les connaissances sémantiques étaient en partie préservées. En termes du maintien de l'apprentissage sans erreur, les effets se sont maintenus 1 mois après la fin de l'intervention, mais ne différaient pas des effets de l'apprentissage avec erreurs après 3 mois de suivi. Savage et al. [50] ont aussi appliqué avec succès l'apprentissage sans erreur dans une intervention de l'anomie chez 4 patients APP sémantique à différents stades de sévérité de la maladie. Les résultats ont montré une amélioration significative dans les capacités de dénomination des 4 patients, observable dès 3 semaines d'intervention, et ce indépendamment du niveau de sévérité de la maladie. Ainsi, cette étude montre que l'intervention du manque du mot basée sur l'apprentissage sans erreur semble aussi efficace chez des patients APP sémantique dans un stade plus avancé de la maladie.

Dans l'intervention langagière, l'ASE a aussi été utilisé en dehors de l'APP sémantique. Par exemple, une intervention du langage d'un patient APP non-fluente basée sur l'apprentissage sans erreur a permis d'améliorer sa conjugaison de verbes et sa production de phrases [51]. Dans une étude récente de Machado et al. [52], la plus importante du genre sur l'intervention de l'APP, 18 patients APP (5 patients APP sémantique, 3 patients APP non-fluents, 5 patients APP logopénique et 5 patients APP mixtes) ont bénéficié d'une intervention langagière de 24 séances réparties sur 4 mois, qui visait à traiter, sur la base du profil d'atteinte qui prédominait chez chaque patient, l'une des dimensions suivantes : l'anomie (5 patients APP sémantique, 3 APP logopénique, 2 APP mixtes), l'agrammatisme (2 patients APP non-fluents), l'apraxie du langage (1 APP non-fluent et 1 APP mixte) et la phonologie (2 patients APP logopénique et 2 APP mixte). L'intervention était fondée dans les 4 types d'intervention sur les principes de l'apprentissage sans erreur. Les résultats indiquent que dans le groupe Traitement de l'anomie, 10/10 patients qui ont bénéficié de l'intervention anomie ont montré une amélioration significative dans la condition entraînée relativement à la condition non-entraînée; de plus, 4/4 ont montré un effet de généralisation et 2/4 ont montré un maintien dans le temps. Dans le groupe Traitement de la production de phrases, 2/2 patient ont montré une amélioration significative, tandis que dans l'intervention de la production de la parole, 2/2 patients ont montré une amélioration significative. Enfin, dans le groupe intervention de la phonologie, aucun des 4 patients n'a montré d'amélioration notable. Cette étude va dans le sens de l'efficacité, en se basant sur les principes de l'apprentissage sans erreur, de l'intervention de l'anomie et de celle de la production de phrases et de la parole, mais pas de celle la phonologie, en se basant les principes de l'apprentissage sans erreur [52]. Néanmoins, dans cette étude, l'apprentissage sans erreur n'a pas été

comparé directement à d'autres méthodes d'apprentissage comme l'apprentissage avec erreurs. Ainsi, il est difficile de conclure si l'efficacité résulte de l'intervention ou des principes d'apprentissage sans erreur sous-jacents qui ont été appliqués.

Par ailleurs, quelques études se sont intéressées à employer des méthodes compensatoires plutôt que restauratives pour améliorer les capacités communicationnelles dans l'APP sémantique. Par exemple, Bier et al. [8] ont montré qu'un patient APP sémantique était capable d'apprendre les différentes fonctionnalités d'un Smartphone sur la base d'un apprentissage procédural préservé, qui permet d'automatiser les différentes étapes inhérentes à certaines activités de la vie quotidienne, en se fondant sur les principes de l'apprentissage sans erreur. L'intervention a montré que le patient était en mesure d'apprendre les différentes fonctionnalités du Smartphone (visant à maintenir entre autres sa communication avec ses proches) et que le bénéfice de l'apprentissage s'est maintenu dans le temps. Ce patient a pu en outre apprendre à utiliser un moteur de recherche pour rechercher sur Internet des définitions et des images de concepts, ainsi qu'un dictionnaire visuel pour compenser ses difficultés sémantiques, par un apprentissage procéduralisé sans erreur. Bien que le patient ait pu procéduraliser l'apprentissage des fonctionnalités et des applications visant à favoriser le traitement sémantique, il n'a en revanche pas pu réapprendre les concepts ni leurs caractéristiques sémantiques. Dans cette étude, les résultats indiquent qu'un apprentissage procédural est tout à fait possible dans l'APP sémantique comme stratégie compensatoire, mais que l'apprentissage ne permet pas nécessairement d'améliorer de manière durable les capacités lexico-sémantiques [8] (ces derniers résultats diffèrent toutefois d'autres études qui ont montré une amélioration des capacités lexico-sémantiques [46]). Bier et al. [49] ont aussi montré dans une étude plus récente l'utilité de nouvelles technologies (l'apprentissage des fonctionnalités d'un Smartphone) pour améliorer le fonctionnement dans la vie quotidienne de patients APP sémantique, tout au long de l'évolution de la maladie.

En somme, sur la base des données de la littérature, l'apprentissage sans erreur semble efficace comme méthode d'apprentissage autant dans l'APP que dans la DTA, selon une approche visant à améliorer les capacités langagières ou selon une approche visant à apprendre des nouvelles habiletés procédurales telle que l'utilisation d'un Smartphone. Notons toutefois que dans plusieurs études sur l'APP sémantique, les bénéfices d'une intervention langagière semblent se dissiper à long terme (au-delà d'un mois post-intervention) et l'amélioration des capacités lexico-sémantiques ne se généralise pas à d'autres concepts sémantiquement reliés [8]. En revanche, les apprentissages procéduraux basés

sur l'apprentissage sans erreur dans l'APP sont efficaces et plus résistants au passage du temps, au même titre que dans la maladie d'Azheimer.

Quels facteurs impactent l'efficacité des interventions cognitives basées sur l'apprentissage sans erreur ?

La variabilité dans les résultats rapportés à travers certaines études qui ont utilisé l'apprentissage sans erreur comme technique de remédiation cognitive (e.g., pour les associations nom-visage) peut être due à des différences méthodologiques. Nous allons résumer certains facteurs qui jouent un rôle important dans l'efficacité de la méthode. D'une part, la nature de la tâche joue un rôle déterminant, qu'elle soit perceptivo-motrice, mnésique ou langagière. Les apprentissages les plus robustes employant l'apprentissage sans erreur dans la DTA et l'APP semblent être ceux qui impliquent au premier plan une composante procédurale implicite, par exemple l'apprentissage du putting au golf, le réapprentissage d'AIVQ, ou encore apprendre à utiliser un Smartphone ou une tablette électronique et ses différentes fonctionnalités impliquant une séquence d'actions motrices spécifiques. En fin de compte, retenons que la nature de l'information apprise et le contexte d'apprentissage devront ressembler le plus possible à des situations de la vie quotidienne afin d'avoir une valeur écologique et de maximiser les possibilités de transfert et de généralisation des apprentissages.

La durée et la fréquence des sessions et de l'intervention semblent aussi jouer un rôle, bien qu'il existe une grande hétérogénéité à travers les études dans le nombre de sessions et dans la durée des sessions. En effet, l'apprentissage selon les études varie entre une séance et plus d'une vingtaine de séances réparties sur plusieurs mois. De manière générale, un nombre plus important de séances serait plus efficace, mais le nombre de séances devrait être basé sur des objectifs précis, tel que maîtriser l'apprentissage en question plusieurs fois consécutives sans erreur et à plusieurs jours d'écart [15]. La fréquence des rencontres (e.g., une fois par semaine, plusieurs fois par semaine, ou tous les jours) a aussi un impact sur l'efficacité de l'intervention : plus la fréquence hebdomadaire des séances est importante, plus l'intervention est efficace [11, 14]. Certaines études incluent un suivi (*follow-up*) post-intervention (e.g., 3, 6 ou 9 mois), qui permet de mesurer le maintien des acquis dans le temps. La majorité des études ayant réalisé un suivi ont démontré un maintien à long terme des acquis en apprentissage sans erreur dans la DTA, plusieurs semaines ou plusieurs mois après la fin de l'apprentissage [15]. La sévérité du trouble neurocognitif majeur semble être un autre élément à

retenir, puisque l'apprentissage sans erreur semble plus efficace dans les stades légers à modérés de la démence [53] mais moins au stade avancé [34]. Cela pourrait être dû notamment à l'accentuation du déclin au cours de l'évolution de la maladie dans des domaines non-mnésiques. En effet, les troubles dans la DTA prédominent certes en mémoire déclarative, mais affectent progressivement d'autres domaines cognitifs tels que les fonctions exécutives, l'attention et le langage, compromettant ainsi le déploiement efficace des stratégies internes inhérentes à l'apprentissage sans erreur. D'autres auteurs ont suggéré que l'apprentissage sans erreur serait plus efficace auprès de patients ayant des troubles sévères de la mémoire [12, 54], par exemple des patients ayant des syndromes amnésiques acquis avec une amnésie antérograde importante (e.g., encéphalite herpétique, anoxie, etc.) [6], mais que l'efficacité serait moins claire auprès de patients DTA [12].

En parallèle, l'apprentissage sans erreur est aussi plus efficace lorsque le patient participe plus activement et déploie un effort cognitif plus important durant la phase d'encodage. Laffan et al. [35] ont comparé l'apprentissage de noms de visages célèbres chez des patients DTA en employant 3 conditions d'apprentissage : une condition avec erreurs, une condition sans erreur mais requérant peu d'effort, et une condition sans erreurs et requérant plus d'effort (*effortful*). Dans la condition sans erreur et peu d'effort, les patients devaient donner le nom d'un visage célèbre seulement s'ils étaient certains de le connaître. Ils devaient ensuite retourner la carte sur laquelle paraissait la photo et lire le nom qui y paraissait. Dans la condition sans erreur avec effort, le patient devait suivre la même procédure, mais seules les premières lettres paraissaient et le patient devait cette fois deviner le nom à partir des lettres-indices (nom auto-généré). Si le patient commettait une erreur, la bonne réponse était fournie immédiatement et le patient devait répéter la bonne réponse. Les résultats de cette étude montrèrent que le rappel final était meilleur dans la condition d'apprentissage sans erreur avec effort relativement à la condition d'apprentissage sans erreur et peu d'effort. En somme, un engagement cognitif plus important lors d'un apprentissage sans erreur semble procurer un meilleur rappel que lors d'un apprentissage sans erreur plus passif, mais cet effet était observable surtout chez les patients DTA les moins cognitivement altérés [35]. Rappelons, toutefois, que cet effet de l'effort n'a pas été observé dans l'APP sémantique [46]. Par ailleurs, des sessions plus courtes et avec plus de pauses, ainsi qu'un apprentissage réparti sur de multiples sessions distribuées dans le temps, semblent plus efficaces que de longues séances avec un apprentissage condensé, surtout après des délais de rappel prolongés [55]. Une préexposition au matériel à apprendre (e.g., pré-test) rendrait aussi l'apprentissage sans erreur plus efficace [56], ou au moins une familiarité préalable avec la tâche [12].

Notons qu'en dépit des différences dans le profil de détérioration cognitive entre la DTA et la variante sémantique d'APP, l'apprentissage sans erreur pourrait être efficace dans les deux types de maladies neurodégénératives. Comme nous l'avons vu, les différences se situent plutôt dans la nature des tâches entraînées dans la MA et dans l'APP, la finalité de l'intervention étant différente.

Enfin, il existe différents types de stratégies d'apprentissage sans erreur et la question se pose à savoir si l'une de ces stratégies ou une combinaison de stratégies s'avère plus efficace. De manière générale, une combinaison de plusieurs stratégies de réduction d'erreurs demeure plus efficace qu'une stratégie prise individuellement, mais puisque différentes combinaisons de stratégies sont souvent utilisées, il n'est pas toujours évident d'établir la contribution relative de chacune des stratégies [12]. Néanmoins, la démonstration de la tâche par le clinicien (*modeling*) et les instructions verbales combinée à une approche par étapes (*stepwise approach*) ont attesté de son efficacité dans l'acquisition des habiletés procédurales. La méthode de l'estompage (*vanishing cues*) et les instructions verbales semblent efficaces autant pour l'acquisition de connaissances procédurales et non-procédurales, tandis que la méthode de la récupération espacée (*spaced retrieval*) s'avère efficace principalement pour l'acquisition d'informations non-procédurales telles que apprendre des associations noms-visages [15]. Enfin, notons que les différences individuelles telles que la motivation, l'humeur et les limitations fonctionnelles peuvent jouer un rôle déterminant dans l'efficacité de la prise en charge. La conscience de ses propres difficultés mnésiques serait aussi un facteur propice dans l'efficacité de l'apprentissage sans erreur [32]. Enfin, la disponibilité et le soutien d'un proche-aidant dans la pratique et dans l'application des méthodes d'apprentissages dans des situations de la vie quotidienne (i.e., l'approche dyadique) semblent être des aspects importants auxquels on devra davantage porter attention dans les études futures pour améliorer l'efficacité des interventions cognitives [57].

En termes de limites et de perspectives, la majorité des études disponibles à ce jour sont des études de cas uniques ou de cas multiples. Cela est en bonne partie dû au fait que les programmes de remédiation cognitive sont longs et coûteux à réaliser et que des syndromes tels que l'APP sont relativement rares. Ainsi, il demeurera important de réaliser des essais randomisés contrôlés avec des échantillons de patients suffisamment représentatifs au sein de chaque sous-type de trouble neurocognitif, et appariés en termes de sévérité, afin de mieux évaluer l'efficacité de l'apprentissage sans erreur dans chacun des sous-types de trouble neurocognitif. Par ailleurs, il sera nécessaire de mieux cerner le type de tâches qui bénéficient le plus de l'apprentissage sans erreur, le stade

d'évolution de la maladie auquel les gains sont optimaux, ainsi que la durée dans le temps des acquis. De plus, lorsque le but d'une étude est d'étudier l'efficacité d'une intervention basée sur l'apprentissage sans erreur, il est essentiel d'avoir une condition contrôle adéquate qui sert de point de comparaison. Enfin, certains aspects méthodologiques n'étaient pas toujours présentés dans des études, ce qui pose des limites lorsqu'on souhaite identifier les meilleurs paramètres d'une intervention. Ainsi, les études futures devraient détailler de manière précise les différents paramètres méthodologiques qui peuvent potentiellement influencer l'efficacité de l'intervention.

Conclusions

En conclusion, sur la base de la littérature scientifique actuelle, les données indiquent que l'apprentissage sans erreur peut être une méthode efficace pour apprendre ou réapprendre de nouvelles informations ou habiletés qui ont une utilité dans la vie quotidienne, dans la DTA et dans l'APP, en comparaison avec des méthodes traditionnelles d'apprentissage avec erreurs ou en l'absence d'apprentissage. Ces effets se maintiennent sur une période relativement longue. Cela permet d'entrevoir son utilisation plus large et plus systématique en pratique clinique. Cette méthode qui évite les échecs (ou les limite grandement) durant la phase d'acquisition et qui permet de se concentrer sur les améliorations plutôt que sur les déficits, a l'avantage d'augmenter la motivation, la participation et la confiance en soi des patients, tout en réduisant la frustration liée aux déficits présents. Les apprentissages langagiers, cognitifs et moteurs basés sur la méthode de l'apprentissage sans erreur permettraient d'améliorer l'autonomie et par le fait même la qualité de vie des patients APP et DTA. Les études futures devront néanmoins mieux identifier les paramètres spécifiques qui permettent un apprentissage optimal autant dans la DTA que dans les différents sous-types d'APP, et de réaliser des études de plus grande ampleur par le moyen d'essais cliniques randomisés. Une approche écologique et individualisée, ciblant le type d'apprentissages à réaliser et centrée sur les besoins du patient, devra être privilégiée.

Bibliographie

1. Cooper C, Sommerlad A, Lyketsos CG, Livingston G. Modifiable predictors of dementia in mild cognitive impairment: a systematic review and meta-analysis. *Am J Psychiatry* 2015 Apr;172(4):323-34.
2. Hong YJ, Jang EH, Hwang J, Roh JH, Lee JH. The Efficacy of Cognitive Intervention Programs for Mild Cognitive Impairment: A Systematic Review. *Curr Alzheimer Res* 2015;12(6):527-42.
3. Belleville S, Gilbert B, Fontaine F, Gagnon L, Menard E, Gauthier S. Improvement of episodic memory in persons with mild cognitive impairment and healthy older adults: evidence from a cognitive intervention program. *Dement Geriatr Cogn Disord* 2006;22(5-6):486-99.
4. Belleville S, Hudon C, Bier N, Brodeur C, Gilbert B, Grenier S *et al.* MEMO+: Efficacy, Durability and Effect of Cognitive Training and Psychosocial Intervention in Individuals with Mild Cognitive Impairment. *J Am Geriatr Soc* 2018 Apr;66(4):655-63.
5. A. B, BA. W. When implicit learning fails: amnesia and the problem of error elimination. *Neuropsychologia* 1994;32(1):53-68.
6. Wilson BA, Baddeley A, Evans J, Shiel A. Errorless learning in the rehabilitation of memory impaired people. *Neuropsychological Rehabilitation* 1994;4(3):307-32.
7. B. M. Physiologie de l'hippocampe. In: Passouant P, editor. Paris: Centre National de la Recherche Scientifique; 1962. p. 257-72.
8. Bier N, Brambati S, Macoir J, Paquette G, Schmitz X, Belleville S *et al.* Relying on procedural memory to enhance independence in daily living activities: Smartphone use in a case of semantic dementia. *Neuropsychol Rehabil* 2015;25(6):913-35.
9. Chauvel G, Maquestiaux F, Gemonet E, Hartley A, Didierjean A, Masters R *et al.* Intact Procedural Knowledge in Patients with Alzheimer's Disease: Evidence from Golf Putting. *J Mot Behav* 2017 Aug 29;1-7.
10. Kessels RP, de Haan EH. Implicit learning in memory rehabilitation: a meta-analysis on errorless learning and vanishing cues methods. *J Clin Exp Neuropsychol* 2003 Sep;25(6):805-14.
11. Fillingham JK, Hodgson C, Sage K, Lambon Ralph MA. The application of errorless learning to aphasic disorders: A review of theory and practice. *Neuropsychol Rehabil* 2003 Jul;13(3):337-63.
12. Clare L, Jones RS. Errorless learning in the rehabilitation of memory impairment: a critical review. *Neuropsychol Rev* 2008 Mar;18(1):1-23.
13. Dunn J, Clare L. Learning face-name associations in early-stage dementia: comparing the effects of errorless learning and effortful processing. *Neuropsychol Rehabil* 2007 Dec;17(6):735-54.
14. Smigorska A, Smigorski K, Rymaszewska J. Errorless Learning as a method of neuropsychological rehabilitation of individuals suffering from dementia in the course of Alzheimer's disease. *Psychiatr Pol* 2019 Feb 28;53(1):117-27.
15. de Werd MM, Boelen D, Rikkert MG, Kessels RP. Errorless learning of everyday tasks in people with dementia. *Clin Interv Aging* 2013;8:1177-90.
16. Glisky EL, Schacter DL, Tulving E. Learning and retention of computer-related vocabulary in memory-impaired patients: method of vanishing cues. *J Clin Exp Neuropsychol* 1986 Jun;8(3):292-312.

17. Arksey H, O'Malley L. Scoping Studies: Towards a Methodological Framework. *Int J Social Research Methodology*2005;8(1):19-32.
18. Heindel WC, Salmon DP, Shults CW, Walicke PA, Butters N. Neuropsychological evidence for multiple implicit memory systems: a comparison of Alzheimer's, Huntington's, and Parkinson's disease patients. *J Neurosci*1989 Feb;9(2):582-7.
19. Libon DJ, Bogdanoff B, Cloud BS, Skalina S, Giovannetti T, Gitlin HL *et al*. Declarative and procedural learning, quantitative measures of the hippocampus, and subcortical white alterations in Alzheimer's disease and ischaemic vascular dementia. *J Clin Exp Neuropsychol*1998 Feb;20(1):30-41.
20. Schmitz X, Bier N, Joubert S, Lejeune C, Salmon E, Rouleau I *et al*. The benefits of errorless learning for serial reaction time performance in Alzheimer's disease. *J Alzheimers Dis*2014;39(2):287-300.
21. Clare L, Wilson BA, Carter G, Breen K, Gosses A, Hodges JR. Intervening with everyday memory problems in dementia of Alzheimer type: an errorless learning approach. *J Clin Exp Neuropsychol*2000 Feb;22(1):132-46.
22. Chauvel G, Maquestiaux F, Hartley AA, Joubert S, Didierjean A, Masters RS. Age effects shrink when motor learning is predominantly supported by nondeclarative, automatic memory processes: evidence from golf putting. *Q J Exp Psychol (Hove)*2012;65(1):25-38.
23. McKhann GM, Knopman DS, Chertkow H, Hyman BT, Jack CR, Jr., Kawas CH *et al*. The diagnosis of dementia due to Alzheimer's disease: recommendations from the National Institute on Aging-Alzheimer's Association workgroups on diagnostic guidelines for Alzheimer's disease. *Alzheimers Dement*2011 May;7(3):263-9.
24. Thivierge S, Jean L, Simard M. A randomized cross-over controlled study on cognitive rehabilitation of instrumental activities of daily living in Alzheimer disease. *Am J Geriatr Psychiatry*2014 Nov;22(11):1188-99.
25. Dechamps A, Fasotti L, Jungheim J, Leone E, Dood E, Allieux A *et al*. Effects of different learning methods for instrumental activities of daily living in patients with Alzheimer's dementia: a pilot study. *Am J Alzheimers Dis Other Demen*2011 Jun;26(4):273-81.
26. Lekeu F, Wojtasik V, Van der Linden M, Salmon E. Training early Alzheimer patients to use a mobile phone. *Acta Neurol Belg*2002;02(3):114-21.
27. Provencher V, Bier N, Audet T, Gagnon L. Errorless-based techniques can improve route finding in early Alzheimer's disease: a case study. *Am J Alzheimers Dis Other Demen*2008 Feb-Mar;23(1):47-56.
28. Thivierge S, Simard M, Jean L, Grandmaison E. Errorless learning and spaced retrieval techniques to relearn instrumental activities of daily living in mild Alzheimer's disease: A case report study. *Neuropsychiatr Dis Treat*2008 Oct;4(5):987-99.
29. van Tilborg IA, Kessels RP, Hulstijn W. How should we teach everyday skills in dementia? A controlled study comparing implicit and explicit training methods. *Clin Rehabil*2011 Jul;25(7):638-48.
30. Clare L, Wilson BA, Breen K, Hodges JR. Errorless learning of face-name associations in early Alzheimer's disease. *Neurocase*1999;5(1):37-46.
31. Clare L, Wilson BA, Carter G, Hodges JR. Cognitive rehabilitation as a component of early intervention in Alzheimer's disease: a single case study. *Aging Ment Health*2003 Jan;7(1):15-21.
32. Clare L, Wilson BA, Carter G, Roth I, Hodges JR. Relearning face-name associations in early Alzheimer's disease. *Neuropsychology*2002 Oct;16(4):538-47.

33. Haslam C, Gilroy D, Black S, Beesley T. How successful is errorless learning in supporting memory for high and low-level knowledge in dementia? *Neuropsychol Rehabil*2006 Oct;16(5):505-36.
34. Ruis C, Kessels RP. Effects of errorless and errorful face-name associative learning in moderate to severe dementia. *Aging Clin Exp Res*2005 Dec;17(6):514-7.
35. Laffan AJ, Metzler-Baddeley C, Walker I, Jones RW. Making errorless learning more active: self-generation in an error free learning context is superior to standard errorless learning of face-name associations in people with Alzheimer's disease. *Neuropsychol Rehabil*2010 Apr;20(2):197-211.
36. Haslam C, Moss Z, Hodder K. Are two methods better than one? Evaluating the effectiveness of combining errorless learning with vanishing cues. *J Clin Exp Neuropsychol*2010 Nov;32(9):973-85.
37. Li R, Liu KP. The use of errorless learning strategies for patients with Alzheimer's disease: a literature review. *Int J Rehabil Res*2012 Dec;35(4):292-8.
38. Noonan KA, Pryer LR, Jones RW, Burns AS, Lambon Ralph MA. A direct comparison of errorless and errorful therapy for object name relearning in Alzheimer's disease. *Neuropsychol Rehabil*2012;22(2):215-34.
39. Metzler-Baddeley C, Snowden JS. Brief report: errorless versus errorful learning as a memory rehabilitation approach in Alzheimer's Disease. *J Clin Exp Neuropsychol*2005 Nov;27(8):1070-9.
40. Mimura M, Komatsu S. Factors of error and effort in memory intervention for patients with Alzheimer's disease and amnesic syndrome. *Psychogeriatrics*2010 Dec;10(4):179-86.
41. Gorno-Tempini ML, Dronkers NF, Rankin KP, Ogar JM, Phengrasamy L, Rosen HJ *et al.* Cognition and anatomy in three variants of primary progressive aphasia. *Ann Neurol*2004 Mar;55(3):335-46.
42. Gorno-Tempini ML, Hillis AE, Weintraub S, Kertesz A, Mendez M, Cappa SF *et al.* Classification of primary progressive aphasia and its variants. *Neurology*2011 Mar 15;76(11):1006-14.
43. Teichmann M. Les aphasies primaires progressives - Primary progressive aphasias. *Pratique neurologique FMC*2019;10(2):96-100.
44. Robinaugh G, Henry ML. Behavioral interventions for primary progressive aphasia. *Handb Clin Neurol*2022;185:221-40.
45. Hodges JR, Patterson K, Oxbury S, Funnell E. Semantic dementia. Progressive fluent aphasia with temporal lobe atrophy. *Brain*1992 Dec;115 (Pt 6):1783-806.
46. Jokel R, Anderson ND. Quest for the best: effects of errorless and active encoding on word re-learning in semantic dementia. *Neuropsychol Rehabil*2012;22(2):187-214.
47. Anderson ND, Craik FI. The mnemonic mechanisms of errorless learning. *Neuropsychologia*2006;44(14):2806-13.
48. Bier N, Macoir J, Joubert S, Bottari C, Chayer C, Pigot H *et al.* Cooking "shrimp a la creole": a pilot study of an ecological rehabilitation in semantic dementia. *Neuropsychol Rehabil*2011 Aug;21(4):455-83.
49. Bier N, Paquette G, Macoir J. Smartphone for smart living: Using new technologies to cope with everyday limitations in semantic dementia. *Neuropsychol Rehabil*2018 Jul;28(5):734-54.
50. Savage SA, Ballard KJ, Piguet O, Hodges JR. Bringing words back to mind - Improving word production in semantic dementia. *Cortex*2013 Jul-Aug;49(7):1823-32.

51. Machado TH, Campanha AC, Caramelli P, Carthery-Goulart MT. Brief intervention for agrammatism in Primary Progressive Nonfluent Aphasia: A case report. *Dement Neuropsychol*2014 Jul-Sep;8(3):291-96.
52. Machado TH, Carthery-Goulart MT, Campanha AC, Caramelli P. Cognitive Intervention Strategies Directed to Speech and Language Deficits in Primary Progressive Aphasia: Practice-Based Evidence from 18 Cases. *Brain Sci*2021 Sep 25;11(10).
53. Kessels RP, Hensken LM. Effects of errorless skill learning in people with mild-to-moderate or severe dementia: a randomized controlled pilot study. *NeuroRehabilitation*2009;25(4):307-12.
54. Page M, Wilson BA, Shiel A, Carter G, Norris D. What is the locus of the errorless-learning advantage? *Neuropsychologia*2006;44(1):90-100.
55. Middleton EL, Schwartz MF. Errorless learning in cognitive rehabilitation: a critical review. *Neuropsychol Rehabil*2012;22(2):138-68.
56. Kalla T, Downes JJ, vann de Broek M. The pre-exposure technique: Enhancing the effects of errorless learning in the acquisition of face–name associations. *Neuropsychological Rehabilitation*2001;11(1):1-16.
57. Grandmaison E, Simard M. A critical review of memory stimulation programs in Alzheimer's disease. *J Neuropsychiatry Clin Neurosci*2003 Spring;15(2):130-44.