



HAL
open science

Liens entre le déclin sensoriel et cognitif dans le vieillissement normal : revue critique de la littérature et apports de l'approche incarnée et située de la cognition

Jordan Mille, Marie Izaute, Guillaume T. Vallet

► To cite this version:

Jordan Mille, Marie Izaute, Guillaume T. Vallet. Liens entre le déclin sensoriel et cognitif dans le vieillissement normal : revue critique de la littérature et apports de l'approche incarnée et située de la cognition. *Psychologie Française*, 2023, 68 (1), pp.71-90. <10.1016/j.psfr.2022.06.001>. <hal-03906181>

HAL Id: hal-03906181

<https://hal.science/hal-03906181v1>

Submitted on 31 Mar 2025

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons CC BY-NC 4.0 - Attribution - Non-commercial use - International License

Liens entre le déclin sensoriel et cognitif dans le vieillissement normal : revue critique de la
littérature et apports de l'approche incarnée et située de la cognition

Links between sensory and cognitive decline in normal aging: critical review and
contributions of the embodied and situated approach of cognition

Jordan Mille¹, Marie Izaute¹, Guillaume T. Vallet¹

¹ Université Clermont Auvergne, CNRS, LAPSCO (UMR CNRS 6024), F-63000
CLERMONT-FERRAND, FRANCE

Jordan Mille*, attaché temporaire d'enseignement et de recherche, 34 avenue Carnot -TSA
60401-63001 Clermont-Ferrand Cedex 1

Thèmes de recherche : vieillissement cognitif, distinctivité, dégradation sensori-perceptive,
cognition incarnée et située, stimulation cognitive

+33 (0)4 73 40 64 67

+33 (0)4 73 40 64 82

jordan.mille@uca.fr

Marie Izaute, Professeure des Universités, 34 avenue Carnot -TSA 60401-63001 Clermont-
Ferrand Cedex 1

Thèmes de recherche : Méta-mémoire, mémoire, psychopathologie de la mémoire

Guillaume Vallet, Maître de conférences, 34 avenue Carnot -TSA 60401-63001 Clermont-
Ferrand Cedex 1

Thèmes de recherche : cognition incarnée et située, vieillissement cognitif, mémoire, trouble neurocognitif

Remerciements : Jordan Mille & Guillaume T. Vallet sont subventionnés

pour leur implication dans le projet Vieillesse, Maladie Chronique et stimulation Cognitive (ViMaCC) par la région Auvergne-Rhône-Alpes. Le projet ViMaCC est co-financé par l'Union européenne dans le cadre du Fonds Européen de Développement Régional (FEDER). Guillaume T. Vallet est également soutenu par une subvention de l'Association France Alzheimer. Marie Izaute est subventionnée par FACTOLAB, sponsorisé par Michelin et par les programmes de recherche du gouvernement français "Investissements d'Avenir" à travers l'initiative IDEX-ISITE 16-IDEX-0001 (CAP 20-25) et le Laboratoire d'Excellence IMobS3 (ANR -10-LABX-16-01).

Résumé

Le vieillissement biologique affecte les organes sensoriels ainsi que le cerveau et par conséquent la cognition. La littérature rapporte non seulement que ces atteintes sont concomitantes, mais aussi qu'elles sont positivement corrélées. Quatre hypothèses sont généralement proposées pour expliquer ces associations. Toutefois, aucune ne semble à même de rendre compte de l'ensemble des données existantes et les mécanismes précis en jeu restent à éclaircir. L'approche incarnée et située de la cognition pourrait fournir un cadre théorique particulièrement intéressant et adéquat pour expliquer ces liens. En effet, selon cette approche, les représentations cognitives sont ancrées dans leurs propriétés sensorimotrices. Autrement dit, les fonctionnements cognitif et perceptif seraient interdépendants. Cet article propose une revue critique des liens entre les fonctionnements sensoriel et cognitif dans le vieillissement ainsi que des hypothèses explicatives attenantes. Une lecture incarnée de cette possible interdépendance est développée. Les implications théoriques et cliniques de cette lecture seront alors considérées.

Mots-clés : vieillissement, liens perception-cognition, cognition incarnée, distinctivité, stimulation cognitive

Abstract

Biological aging impacts many organs including sensory's ones and the brain, and thus, cognition. Research has shown that the sensory and cognitive decline are positively correlated. The main data from this literature are firstly reviewed in the present article. Then, the four main hypotheses that are generally proposed to explain these associations are presented. According to them, sensory decline is supposed to cause cognitive decline, or vice-versa, or these concomitant changes result from the general alteration of the nervous system. However, none of them seems able to account for all of the existing data. Moreover, the precise mechanisms that may drive these associations remain to be clarified. The rest of the article is then dedicated to the embodied and situated cognition

approach as it provides a particularly interesting and adequate framework to account for these links. Indeed, according to this approach, cognitive representations are grounded in their sensorimotor properties. In other words, cognitive functioning is not conceived as detached from sensory functioning, but instead directly dependent of it. Representations are thus thought to emerge from the sensorimotor simulation of the properties involved in these representations. Therefore, sensory decline should directly impact cognitive performance. It is then hypothesized that older adults have low-resolution representations decreasing the signal on noise ratio of traces, increasing sensorimotor interferences and thus decreasing cognitive performance. This approach leads to consider low and high levels of sensory and perceptual functioning which are both impaired in aging. Therefore, the repercussion of the sensory-perceptual decline is not only valid for present processing, but also extend to all past knowledge. Several predictions are then proposed on (1) the link between high-level perceptual functioning and cognitive functioning in older adults; (2) the possible interaction in young adults between sensory and high-level perceptual functioning as a function of the level of interference of the material involved; (3) the possible link between the motor and cognitive functioning in older adults. The clinical consequences in terms of cognitive stimulation of such a perspective will close the article. It is proposed to develop a stimulation program based on pattern separation mechanism to better process sensory interference in order to train older adults to improve cognitive precision and thus performance.

Keywords: aging, sensory-cognition links, embodied cognition, distinctiveness, cognitive stimulation

Introduction

La rapidité et l'importance du vieillissement démographique soulignent la nécessité de mieux comprendre les enjeux liés à l'avancée en âge pour la prévention de la santé et plus spécifiquement le maintien de l'autonomie. Le vieillissement normal se caractérise par le déclin de nombreuses fonctions, dont celles sensorielles et cognitives. Des corrélations positives entre ces déclins sont par ailleurs rapportées depuis les années 1960 (Schaie, Baltes, & Strother, 1964) et l'intérêt scientifique pour la compréhension des mécanismes qui les sous-tendent demeure d'actualité comme le souligne un récent rapport de la société américaine de gériatrie (Whitson et al., 2018). Les principales hypothèses explicatives supposent que l'atteinte de l'une de ces fonctions entraînerait le déclin de l'autre (dans un sens ou dans l'autre selon les hypothèses), ou qu'il existerait un facteur tiers sous-tendant ces atteintes. Néanmoins, ces hypothèses ne semblent pas à même de rendre compte de l'ensemble des données existantes au point que le manque de caractérisation des mécanismes précis en jeu constituerait l'une des principales lacunes de cette littérature (voir Whitson et al., 2018). L'approche incarnée et située de la cognition pourrait constituer un cadre théorique particulièrement pertinent pour rendre compte de ces liens. En effet, cette approche définit les connaissances comme étant ancrées dans leurs propriétés sensorimotrices.

Selon l'approche incarnée et située de la cognition, le fonctionnement cognitif serait imbriqué dans le fonctionnement sensoriel. L'objectif de cet article est d'offrir à la communauté francophone une revue actualisée des principaux travaux et des hypothèses explicatives concernant ces liens d'une part et d'apporter un nouvel éclairage grâce au cadre incarné et situé de la cognition d'autre part. Afin de saisir les enjeux de ces liens, il est nécessaire d'introduire en premier lieu les atteintes sensorielles et cognitives associées à l'avancée en âge. Les implications théoriques, mais aussi cliniques et relatives à la stimulation cognitive clôtureront l'article.

1. Liens entre fonctionnement sensoriel et cognitif dans le vieillissement normal

1.1. Le vieillissement normal sensori-cognitif

Le vieillissement biologique – appelé sénescence – affecte l'ensemble des organes du corps, dont ceux sensoriels. Puisque les modalités les plus étudiées dans la littérature sont la vision et l'audition (en raison de leur prédominance dans l'espèce humaine), les données présentées porteront principalement sur ces dernières. Toutefois, il est important de noter que les autres modalités sensorielles sont également impactées par le vieillissement. Sur le plan visuel et au niveau de l'organe (bas niveau de traitement), les aînés développent une presbytie qui se caractérise par une perte de l'élasticité du cristallin ainsi que par une réduction de la capacité d'accommodation. À ce titre, l'œil n'est plus en mesure de produire une image nette et les personnes âgées éprouvent des difficultés à voir de près. De plus, le vieillissement visuel s'accompagne d'une diminution de la sensibilité aux contrastes et une augmentation du risque de développer des maladies telles qu'une dégénérescence maculaire liée à l'âge, une cataracte ou encore un glaucome (Whiteside, Wallhagen, & Pettengill, 2006). Le vieillissement auditif est quant à lui principalement marqué par une presbycusie (Bouccara, Dhoud, & Vergnon, 2011 ; Schaie et al., 1964), c'est-à-dire une perte de l'audition de certaines fréquences due à une dégradation de l'oreille interne portant plus spécifiquement sur les fréquences aiguës. Là encore, le vieillissement accroît le risque de développer des pathologies liées à l'audition comme une surdité.

La proportion des atteintes sensorielles au sein de la population âgée est loin d'être négligeable. Selon les études épidémiologiques, la prévalence des déficits de l'audition serait de 33 % et celle de la vision serait de 18 % chez des personnes âgées de plus de 70 ans (Campbell, Crews, Moriarty, Zack, & Blackman, 1999). Il est notable que ces déficits sensoriels sont d'autant plus prononcés chez les patients souffrant de maladies neurodégénératives (Marquié et al., 2019). Bien que moins étudiée, l'olfaction semble également atteinte dans des proportions importantes. En effet, une étude réalisée sur une population âgée de 53 à 97 ans a par exemple montré que les déficits de l'identification des odeurs étaient de 24 % et augmentaient fortement avec l'avancée en

âge jusqu'à atteindre 62 % pour les individus de 80 à 97 ans (Murphy et al., 2002). Au-delà de ces proportions d'atteintes par modalité sensorielle isolée, il existerait un déficit plus généralisé du déclin sensoriel au cours du vieillissement. Une étude récente (Correia et al., 2016) a fourni la première évaluation du déclin sensoriel des cinq sens aristotéliens (ouïe, vision, goût, toucher et olfaction) sur une population d'adultes âgés de 57 à 85 ans. Les résultats ont mis en évidence que 74 % des participants avaient un déficit d'identification du goût, 70 % du toucher, 22 % de l'odorat, 20 % de la vision corrigée et 18 % de l'audition corrigée (i.e., un déficit persistant au-delà de la correction apportée par les aides sensorielles). Cette étude confirme les données épidémiologiques précédentes, mais fournit surtout une première estimation de la proportion dans laquelle les modalités sensorielles sont conjointement altérées au cours du vieillissement. Ainsi, les deux tiers des participants présentaient un déficit de deux modalités ou plus, 27 % présentaient un déficit d'une seule de ces modalités tandis que seulement 6 % ne présentaient aucune atteinte des cinq modalités sensorielles évaluées. Ces résultats suggèrent que la sénescence est un processus qui affecte une majorité, voire la totalité, des systèmes sensoriels, et ce, dans des proportions importantes.

À un niveau de traitement plus élevé, la sénescence provoquerait une altération de la transmission de l'information issue de ces organes vers le cerveau (Ulfhake, Bergman, & Fundin, 2002). De plus, les seuils perceptifs seraient également plus élevés chez les personnes âgées (e.g., Fozard & Gordon-Salant, 2001). À un niveau cortical (i.e., haut niveau de traitement sensoriel), le cortex sensoriel occipital, bien que structurellement peu affecté par la sénescence (Peters, 2006), présente une moindre spécialisation de l'activation neuronale (Park et al., 2004), c'est-à-dire une dédifférenciation neuronale résultant du traitement de différents stimuli visuels (e.g., Bowman, Chamberlain, & Dennis, 2019 ; Park et al., 2004). Ainsi, il existe une altération du traitement de l'information par le cerveau lui-même.

Le cerveau subit également des effets délétères de l'âge au-delà des régions sensorielles. La littérature a notamment mis en évidence une perte continue du volume cérébral qui semble

s'accélérer avec l'avancée en âge (Enzinger et al., 2005). Toutefois, cette atteinte n'est pas homogène. En effet, les hippocampes et les lobes préfrontaux qui sont respectivement associés à la mémoire épisodique (Tulving & Markowitsch, 1998) et aux fonctions exécutives (Burgess & Shallice, 1996) seraient les régions cérébrales les plus touchées (Kalpouzos et al., 2009). Il n'est donc pas surprenant d'observer des changements cognitifs avec l'avancée en âge.

Tout comme l'atrophie cérébrale qui n'est pas homogène, le vieillissement n'affecte pas les fonctions cognitives de façon uniforme (Park et al., 2002 ; voir Salthouse, 2010, pour une revue). La vitesse de traitement (Salthouse, 2000) ainsi que les aspects contrôlés de l'attention et les fonctions exécutives incluant la mémoire de travail sont largement affectés (Greenwood, 2000). Les performances dans les tâches de mémoire épisodique et plus particulièrement celles en rappel libre, subissent également les effets délétères de l'avancée en âge (Danckert & Craik, 2013). Ces difficultés de rappel de l'information épisodique sont d'autant plus importantes que la tâche ne fournit pas d'indices qui facilite la récupération (voir l'hypothèse du support environnemental, Craik, 1986). En revanche, la plupart des aspects du langage, de la mémoire sémantique, des aspects plus automatiques de l'attention et de la mémoire épisodique semblent dans l'ensemble préservés (Glisky, 2007). Puisque le tableau cognitif associé au vieillissement est bien connu et bien documenté (voir Lemaire & Bherer, 2005), cet article ne le détaillera pas davantage.

L'ensemble de ces données indiquent l'existence d'une altération concomitante des fonctionnements sensoriel et cognitif. Ces déclin semblent d'ailleurs positivement corrélés chez les personnes âgées (pour revue, voir aussi Humes & Young, 2016).

1. 2. Les liens statistiques entre le déclin sensoriel et cognitif dans le vieillissement normal

Les premières données portant sur de possibles liens entre fonctionnement sensoriel et cognitif au cours du vieillissement apparaissent dès les années 1960 (e.g., Schaie et al., 1964).

Toutefois, l'étude plus systématique est principalement associée aux travaux de l'équipe de Baltes et Lindenberger à partir des années 1990 (voir le Tableau 1 pour une synthèse des données présentées dans cette revue sur les liens entre fonctionnement sensoriel et cognitif). Par exemple, ces auteurs ont rapporté dans une étude transversale incluant 156 participants de 70 à 103 ans, que près de la moitié de la variance de la performance obtenue à des tests d'intelligence s'expliquait par la simple efficacité de l'acuité visuelle et auditive (Lindenberger & Baltes, 1994). Une étude incluant 315 participants âgés de 25 à 101 ans a par la suite permis de corroborer ces résultats en mettant en évidence que les acuités visuelle et auditive étaient de meilleurs prédicteurs de l'intelligence que les variables sociodémographiques, mais aussi que le pourcentage de variance expliqué augmentait avec l'avancée en âge (Baltes & Lindenberger, 1997).

À ce jour, les liens entre le fonctionnement sensoriel et le fonctionnement cognitif sont principalement étudiés pour les modalités de la vision et de l'audition. Les données rapportées à partir de l'approche transversale ont par exemple indiqué que les performances entre l'acuité visuelle des participants de 68 ans ou plus et le score au test d'évaluation cognitive globale du Mini Mental State Examination (MMSE) étaient corrélés et ce, même après l'exclusion des items visuels du MMSE (Mine et al., 2016). De tels liens ont été confirmés dans des études longitudinales. Il a par exemple été observé une association significative entre la baisse des performances de la plupart des tests cognitifs (rappel immédiat et différé de mots, test d'interférence de Stroop, tâche de flexibilité et test de substitution de chiffres et lettres) et les mesures d'acuité visuelle chez des adultes âgés de 55 à 83 ans (Valentijn et al., 2005). Pris ensemble, ces résultats suggèrent qu'il existe une association entre le déclin sensoriel visuel et le déclin cognitif dans le vieillissement.

Ces liens semblent également exister pour la modalité auditive. Suivant une méthode transversale, une perte auditive mesurée chez des participants de plus de 55 ans à partir de tests de seuil de conduction pour chacune des oreilles était significativement associée à de plus faibles performances d'efficacité cognitive générale (MMSE), au rappel libre ainsi qu'aux fonctions

exécutives (Lin et al., 2011). Là encore, ces liens ont pu être confirmés dans des études longitudinales. Lin et al. (2013) ont par exemple rapporté une association linéaire entre le déclin de l'efficacité cognitive globale, les fonctions exécutives et la gravité de la perte auditive de base de l'individu mesurée par audiométrie. L'association entre le fonctionnement auditif et cognitif est par ailleurs appuyée par une récente méta-analyse incluant 20 254 participants (Loughrey et al., 2018). Les résultats rapportent un lien entre le déclin auditif mesuré à partir de seuils, les troubles cognitifs ainsi que les troubles neurocognitifs majeurs (« démences ») qui, bien que faible, reste significatif. Il est important de préciser que de même que pour la vision, la littérature a mis en évidence que les liens ne se limitaient pas aux tests faisant appel à la modalité en jeu – ici l'audition (e.g., Lin et al., 2011, 2013).

Bien que peu d'études semblent avoir directement testé si les capacités d'olfaction sont liées à celles de la cognition dans le vieillissement normal (e.g., Swan & Garmelli, 2002), des données dans le vieillissement pathologique soutiennent cette hypothèse. Les troubles de l'olfaction seraient antérieurs à l'atteinte cognitive dans la maladie d'Alzheimer (Djordjevic, Jones-Gotman, De Sousa, & Chertkow, 2008) et constitueraient des prédicteurs de la conversion d'un trouble cognitif léger vers une maladie neurodégénérative (Devanand et al., 2000). Une baisse de l'efficacité olfactive serait alors conjointe à un déclin cognitif dans le vieillissement normal (e.g., Swan & Garmelli, 2002), mais ces liens semblent surtout constatés dans le vieillissement pathologique.

Puisque les données montrent que le déclin sensoriel est corrélé au déclin cognitif (Humes & Young, 2016), les troubles cognitifs pourraient être proportionnellement aggravés selon le nombre de modalités sensorielles impactées. Parmi le peu d'études disponibles, Lin et al. (2004) ont constaté une plus forte association entre l'efficacité cognitive et une déficience sensorielle double (i.e., une déficience visuelle et auditive combinée) par rapport à une déficience sensorielle unique (visuelle ou auditive) sur un échantillon de femmes de plus de 69 ans. Plus récemment, Brenowitz, Kaup, Lin, et Yaffe (2018) ont étudié les liens entre atteintes sensorielles visuelle, auditive,

olfactive et du toucher avec un score cognitif composite (3MS, test similaire au MMSE). Les résultats ont montré que par rapport aux adultes âgés sans atteinte sensorielle, ceux avec une atteinte sensorielle unique présentaient 1,5 fois plus de chance de développer une démence neurocognitive. Ceux avec une atteinte de deux modalités sensorielles, présentaient 1,9 fois plus de chance de développer une démence neurocognitive tandis que ce risque était multiplié par 2,8 pour ceux avec au moins 3 atteintes sensorielles. Bien que ces données suggèrent que de multiples atteintes sensorielles sont associées à un déclin cognitif davantage marqué, le faible nombre d'études disponibles doit amener à considérer cette hypothèse avec prudence (Heine & Browning, 2015).

Il faut être d'autant plus prudent dans l'interprétation de ces liens que certaines études n'ont pas rapporté de corrélation significative entre le fonctionnement sensoriel et le fonctionnement cognitif dans le vieillissement. Par exemple, Valentijn et al. (2005) ont observé un lien entre l'acuité visuelle et certaines performances cognitives (tests de mémoire épisodique et de fonctions exécutives), mais ils n'ont pas constaté d'association entre l'acuité auditive et les fonctions exécutives. Inversement, d'autres travaux n'ont pas mis en évidence de lien entre le fonctionnement visuel et le fonctionnement cognitif (e.g., Diaz et al., 2011).

Cette hétérogénéité des résultats ne semble donc pas liée à la modalité sensorielle en jeu. Elle s'expliquerait davantage par l'hétérogénéité méthodologique employée par les différentes études – tel que le type de mesure sensorielle utilisé (Lin et al., 2013), les critères d'inclusion de la population (Grassi & Borella, 2013) ou encore le choix des tests cognitifs (Loughrey et al., 2018). À ce titre, certains auteurs ont rappelé que les mécanismes qui sous-tendent les traitements sensoriels sont distincts, non seulement au niveau intermodal, mais aussi au niveau intra-modal. Par exemple, il existe une multitude de tests auditifs qui renvoient à diverses capacités (e.g., discrimination de la fréquence, de l'intensité, de la durée, du timbre ; Grassi & Borella, 2013). De plus, le niveau de traitement impliqué dans les mesures sensorielles peut différer d'une étude à l'autre. Il est à noter

qu'une majorité des études portant sur les modalités visuelles et auditives utilisent des mesures d'acuité (e.g., Diaz et al., 2011 ; Lin et al., 2013 ; Lindenberger & Baltes, 1994 ; Mine et al., 2016) qui évaluent des niveaux de traitements sensoriels précoces. Par contre, les études portant sur l'olfaction utilisent plutôt des mesures d'identification (e.g., Devanand et al., 2000 ; Djordjevic et al., 2008), qui évaluent des traitements sensoriels de plus hauts niveaux. De plus, comme pour les fonctions sensorielles, les traitements cognitifs ne forment pas une faculté unique. Il est donc possible que les liens statistiques ne se retrouvent pas pour l'ensemble des composants intra-sensoriels (e.g., Grassi & Borella, 2013 ; Hewitt, 2017), pour tous les niveaux de traitements, ou encore pour l'ensemble des fonctions cognitives (Yamada et al., 2015). Il pourrait alors être intéressant d'inclure dans les études futures plusieurs mesures évaluant de multiples composants intra-sensoriels (Wayne & Johnsrude, 2015) et multisensoriels (Pinto et al., 2017), mais aussi de préciser le niveau de traitement impliqué dans ces mesures et de proposer une évaluation relativement exhaustive du fonctionnement cognitif. Cela permettrait de déterminer plus précisément les mécanismes en jeu dans ces associations (Lin et al., 2013 ; Wayne & Johnsrude, 2015).

Pris ensemble, les résultats de la littérature convergent vers une association entre le déclin sensoriel et le déclin cognitif dans le vieillissement normal. Ces liens semblent robustes, y compris lorsque des facteurs de confusion importants tels que l'âge, le sexe, le niveau d'éducation ou les antécédents d'accidents vasculaires cérébraux sont pris en compte (Humes & Young, 2016 ; Tay et al., 2006 ; Valentijn et al., 2005). Des liens entre les fonctions visuelles et cognitives d'une part et auditives et cognitives d'autre part, ont par ailleurs été rapportés après l'exclusion des participants ayant un possible trouble neurocognitif (i.e., avec un score au MMSE inférieur à 24 points ; e.g., Anstey, Hofer, & Luszcz, 2003). Cela suggère que les associations entre le fonctionnement visuel, auditif et cognitif ne sont pas spécifiques au vieillissement cognitif pathologique ni dues aux facteurs de confusion les plus évidents et présents dans le vieillissement. Il est par ailleurs important

de noter que certaines études permettaient aux participants âgés de garder leurs aides sensorielles (e.g., Tay et al., 2006 ; Valentijn et al., 2005). À ce titre, ces associations statistiques ne peuvent pas s'expliquer par une augmentation artificielle des difficultés cognitives des adultes âgés du fait d'une situation sensorielle inhabituelle induite par le retrait des aides sensorielles. Bien que le nombre de modalités semble contribuer à l'importance du déclin cognitif, une telle relation reste à confirmer. Les différents niveaux de traitements sensoriels ne sont pas toujours pris en compte. Ainsi, un examen approfondi des liens portant sur le fonctionnement cognitif et le fonctionnement perceptif de haut niveau reste lacunaire et ne permet donc pas de spécifier plus précisément les mécanismes en jeu (Lin et al., 2013 ; Wayne & Johnsrude, 2015 ; Whitson et al., 2018). Plusieurs hypothèses explicatives sont toutefois généralement avancées pour expliquer ces associations.

1. 3. Les hypothèses explicatives des liens entre déclin sensoriel et cognitif dans le vieillissement normal

Quatre principales hypothèses, le plus souvent exclusives, sont décrites pour expliquer les liens entre déclin sensoriel et cognitif au cours du vieillissement. Celles-ci sont présentées de la plus parcimonieuse et simple à tester jusqu'à la plus coûteuse et difficile à tester.

La première hypothèse propose que la réduction de l'entrée sensorielle à un effet direct sur la cognition (*information degradation hypothesis* ; Schneider & Pichora-Fuller, 2000). Il s'agit plus précisément de considérer que la réduction de la qualité de l'information sensorielle se traduit par un recrutement supplémentaire des ressources cognitives, résultant en une baisse des ressources disponibles pour le traitement cognitif et par conséquent, une baisse des performances cognitives (voir Monge & Madden, 2016 pour une revue sur les arguments empiriques dans la modalité visuelle). Cette hypothèse se rapproche ainsi du modèle PASA (*Posterior-Anterior Shift in Aging*, Davis et al., 2008 ; Mentis et al., 1994) selon lequel l'activité des aires occipitales diminuerait avec l'avancée en âge. Il propose par ailleurs que cette diminution soit compensée par un recrutement

accru des régions frontales lors de la réalisation de tâches cognitives. Il est toutefois à noter que contrairement à l'hypothèse de la dégradation, le modèle PASA contraint l'implication du traitement sensoriel à un niveau de traitement perceptif de plus haut niveau. Par conséquent, ce modèle ne considère pas les liens entre l'altération des organes sensoriels périphériques et l'altération cognitive.

L'hypothèse de la dégradation prédit une moindre performance cognitive uniquement lorsque l'information à traiter est présentée dans la modalité sensorielle altérée. Cette prédiction est incompatible avec certaines données indiquant des associations sur des performances non dépendantes de la modalité impactée (e.g., Lin et al., 2011, 2013 ; Mine et al., 2016).

La deuxième hypothèse (*sensory deprivation hypothesis*, Baltes & Lindenberger, 1997 ; Lindenberger & Baltes, 1994) propose également une explication causale de la perception sur la cognition – à ceci près que l'effet est ici supposé agir sur le long terme à travers une réduction du fonctionnement perceptif cortical. Un déclin sensoriel sur le long terme devrait se traduire par une baisse du recrutement des aires cérébrales sensorielles, ce qui provoquerait à terme une atrophie de ces régions (Boucard et al., 2009 ; Golub, 2017 ; Peelle & Wingfield, 2016). Cette atrophie, à son tour, entraînerait un déclin des performances cognitives en raison de la transmission d'un signal (sensori-perceptif) de moins bonne qualité aux régions impliquées dans le traitement cognitif. Autrement dit, selon cette hypothèse et contrairement à l'hypothèse de la dégradation, l'association entre le déclin sensoriel et le déclin cognitif n'est ici pas médiatisée par un besoin accru de ressources cognitives, mais plutôt par une altération directe des structures traitant l'information. À ce titre cette hypothèse devrait principalement prédire un déficit cognitif spécifique à la modalité sensorielle dégradée. Il est toutefois théoriquement possible d'envisager qu'en raison des connexions entre les diverses régions cérébrales traitant les différentes modalités sensorielles, l'effet de la dégradation d'une modalité puisse se généraliser, probablement d'en une moindre mesure, à d'autres modalités non dégradées.

Cette hypothèse permet de faire la prédiction suivante : l'amélioration de la qualité de l'information sensorielle par des aides sensorielles (e.g., lunettes, appareillage auditif) devrait permettre de compenser ou de maintenir l'efficacité cognitive des participants sur le long terme. Les données de la littérature semblent fournir un tableau mitigé avec des résultats montrant des effets positifs des opérations de la cataracte sur le fonctionnement cognitif (Yu et al., 2015), tandis que d'autres ne retrouvent pas ce bénéfice (e.g., Anstey et al., 2006). De même, les aides auditives ont parfois montré des effets positifs sur les performances cognitives (e.g., Dawes et al., 2015 ; Mosnier et al., 2015), alors que d'autres résultats ne sont pas significatifs après contrôle de certaines variables (e.g., dépression, réseau social, démence) ou sont tout simplement non significatifs (Lin et al., 2011, 2013). Cette hypothèse souligne que le déclin sensoriel chez l'adulte âgé est durable. L'absence de preuve de l'efficacité de ces interventions doit donc être interprétée avec prudence en raison du manque de prise en compte du moment de la mise en place des aides sensorielles lors de la mesure de l'effet cognitif de ces interventions. D'autres hypothèses proposent également que le déclin sensoriel sur le long terme soit la cause du déclin cognitif observé chez les adultes âgés, mais avancent que cet effet serait médiatisé par d'autres facteurs – tel que l'isolement social (Uchida et al., 2019). En effet, plusieurs études ont rapporté un engagement social réduit chez les personnes âgées ayant un déclin sensoriel et il est généralement admis que le désengagement social est un facteur de risque du déclin cognitif (e.g., Yamada et al., 2015). Cette hypothèse a été testée dans une étude récente (Hämäläinen et al., 2019) incluant plus de trente-mille participants âgés de 45 à 85 ans. Les résultats ont montré qu'il y avait une forte association entre l'audition (mesure par audiomètre), la vision (acuité visuelle corrigée) et les fonctions exécutives et dans une moindre mesure la mémoire épisodique. Le rôle de l'isolement social (mesures auto-rapportées) était quant à lui faible et non significatif. De plus, les preuves que l'isolement social constitue un facteur de risque pour le déclin cognitif ou le développement d'une démence neurocognitive semblent en réalité faibles (pour une revue, voir Baumgart et al., 2015). De ce fait, l'isolement social, seul, n'est pas en mesure de rendre compte de ces associations.

La troisième hypothèse suppose un lien inverse. Autrement dit, ce serait l'atteinte cognitive qui serait à l'origine de la chute des performances des mesures sensorielles (*cognitive load on perception hypothesis*, Baltes & Lindenberger, 1997 ; Lindenberger & Baltes, 1994). Selon cette hypothèse, le fonctionnement cognitif serait impliqué dans les traitements sensoriels comme cela peut être montré dans le cadre de la perception de la parole bruitée. En effet, plusieurs études ont par exemple rapporté qu'une augmentation de la charge cognitive perturbait les capacités d'identification de la parole dans du bruit (e.g., Heinrich, Ferguson, & Mattys, 2019). Néanmoins, cette hypothèse ne sera pas détaillée puisqu'il semble que l'impact du fonctionnement cognitif soit faible lorsque les mesures sensorielles portent sur des mesures d'acuité. Dans ce cas, les résultats montrent au contraire que le déclin sensoriel est associé à un recrutement cognitif et cérébral supplémentaire permettant la mise en place de mécanismes compensatoires (Roberts & Allen, 2016).

Enfin, la quatrième hypothèse (*common cause hypothesis*, Baltes & Lindenberger, 1997 ; Lindenberger & Baltes, 1994) propose que les déclins sensoriel et cognitif sont dus à un troisième facteur : une dégénérescence généralisée du système nerveux central liée à l'âge. L'association entre le fonctionnement sensoriel et le fonctionnement cognitif ne serait que la résultante d'une médiation complète par l'altération du système nerveux, et, ni les systèmes sensoriels ni les systèmes cognitifs n'auraient d'effet direct les uns sur les autres.

Cette hypothèse est intéressante, car elle permet non seulement de rendre compte du déclin conjoint des fonctions sensorielles et cognitives rapporté au cours du vieillissement normal mais elle permet aussi d'étendre ces liens à ceux observés avec les fonctions motrices (Caetano et al., 2017 ; Lindenberger & Baltes, 1994 ; Paraskevoudi, Balci, & Vatakis, 2018). Malgré cela, certaines études ont montré que l'association entre le fonctionnement sensoriel et cognitif persistait après le contrôle de l'âge (e.g., Anstey et al., 2003 ; Tay et al., 2006 ; Valentijn et al., 2005), ce qui signifie

que l'âge seul ne permet pas d'expliquer ces liens. Bien que cette hypothèse ne porte pas directement sur l'âge, mais plutôt sur la dégénérescence généralisée du système nerveux central, l'observation selon laquelle les associations entre les fonctions sensorielles et cognitives persistent après le contrôle de l'âge suggère tout de même que l'hypothèse de la cause commune semble insuffisante pour rendre compte de ces associations. En effet, l'âge constitue le principal prédicteur de la dégénérescence du système nerveux central. De manière encore plus convaincante, les études longitudinales rapportent que l'atteinte sensorielle serait antérieure au déclin cognitif. À ce titre, la littérature tend plutôt à considérer un lien causal du déclin sensoriel vers celui cognitif (e.g., Devanand et al., 2000 ; Loughrey et al., 2018).

Plusieurs voies ont été envisagées pour rendre compte des associations mesurées entre le déclin sensoriel et le déclin cognitif observées au cours de l'avancée en âge. Les hypothèses causales, supposant que le déclin sensoriel provoque celui cognitif, ou inversement, sont nécessairement exclusives. Par contre, celle de la cause commune pourrait être complémentaire avec les autres. Ces différentes hypothèses n'ont cependant pas permis de faire émerger un consensus sur les mécanismes précis à l'origine de ces liens (Lin et al., 2013 ; Wayne & Johnsrude, 2015 ; Whitson et al., 2018). En effet, ces hypothèses ne permettent pas de rendre pleinement compte des données empiriques disponibles. Il est possible que leurs limites soient inhérentes au cadre théorique dans lequel elles s'inscrivent. Les fonctionnements sensoriel et cognitif sont classiquement considérés comme structurellement et fonctionnellement distincts (Fodor, 1986 ; Simon & Newell, 1972). À ce titre, ces hypothèses ne peuvent interpréter ces liens qu'*a posteriori*, car les sens agiraient seulement comme portes d'entrée du système et l'information sensorielle n'interviendrait donc pas directement dans la compréhension des processus cognitifs considérés comme « centraux ». À l'inverse, l'observation d'un déclin sensoriel et cognitif conjoint est naturellement prédite par l'approche incarnée et située de la cognition qui place le fonctionnement sensorimoteur au cœur du fonctionnement cognitif (Barsalou, 2008 ; Glenberg, Witt, & Metcalfe,

2013). Il est donc raisonnable d'envisager que cette dernière approche serait à même de fournir un cadre théorique particulièrement pertinent pour expliquer ces associations.

2. Vers une approche incarnée et située des liens entre déclin sensoriel et cognitif dans le vieillissement normal

2.1. Présentation de l'approche incarnée et située

L'approche incarnée et située place le corps et l'environnement au centre du fonctionnement cognitif (voir Versace, Brouillet, & Vallet, 2018). Les représentations à l'origine du fonctionnement cognitif sont – dans ce cadre – non seulement contraintes par la situation (cognition située), mais surtout elles demeurent ancrées (cognition incarnée) dans leurs composants sensorimoteurs constitutifs (Barsalou, Simmons, Barbey, & Wilson, 2003). Ainsi, les connaissances les plus catégorielles (« sémantiques ») seraient tout autant ancrées et donc dépendantes de leurs composants sensoriels et moteurs que les connaissances les plus spécifiques (« épisodiques ») (voir Vallet et al., 2010, 2011, 2013). La connaissance « chat » serait par exemple la somme des expériences que nous avons vécues avec des chats (au niveau visuel, tactile, auditif, *etc.*). Plus précisément, les représentations ne seraient pas récupérées, mais elles émergeraient de la *simulation* des composants sensorimoteurs constitutifs des connaissances de l'individu.

La simulation désigne la recreation automatique et nécessaire des activités cérébrales des systèmes perceptifs, moteurs et émotionnels générées lors des expériences passées (Barsalou, 2008 ; Barsalou et al., 2003). Cette simulation sensorimotrice dans l'émergence des connaissances implique de considérer la mémoire et la perception comme fonctionnellement équivalentes (e.g., Mille et al., 2021a, 2021b ; Rey et al., 2015 ; Rey, Riou, Vallet, & Versace, 2017). Par principe d'économie, ces fonctions devraient s'appuyer sur les mêmes composants sensorimoteurs et la distinction perception/mémoire devient alors simplement une question de composants présents (perception) ou simulés (mémoire). Les performances cognitives devraient donc être directement liées à celles du fonctionnement sensoriel. Une moindre efficacité des fonctions sensorielles devrait

ainsi être associée à une réduction de la qualité de la simulation lors de l'émergence des représentations, et donc une chute des performances cognitives. Par conséquent, cette approche prédit non seulement une relation directe et forte entre la dégradation sensorielle de la modalité d'entrée du signal mais aussi avec une modalité dégradée qui ne correspond pas à celle d'entrée du signal. En effet, la plupart des modèles incarnés de la mémoire (e.g. perceptual symbol systems, Barsalou, 1999, 2008 ; Activation-Integration, Versace et al., 2009, 2014) proposent que le traitement d'une connaissance au sein d'une modalité induit une diffusion de l'activation vers les autres modalités associées (i.e., simulation multimodale). Par exemple, la vue d'une image d'un chien induirait la simulation automatique et directe de l'aboiement (voir Vallet et al., 2010, 2013). La simulation sensorimotrice n'est alors pas limitée à la modalité d'entrée mais implique toutes les modalités nécessaires à l'émergence de la connaissance. Comme les connaissances sont multimodales et émergent de la simulation sensorimotrice ici et maintenant, l'altération d'une modalité sensorielle, même si elle ne correspond pas à celle testée dans une tâche donnée, peut tout de même entraîner une moindre performance si cette modalité est importante pour la représentation en question (voir aussi la force perceptuelle, Chedid et al., 2020). Ainsi, l'approche incarnée et située présente l'avantage de prédire de façon *a priori* des liens entre le fonctionnement sensoriel et le fonctionnement cognitif dans le vieillissement.

2.2. Des connaissances de moins bonne « résolution » : une hypothèse incarnée du phénomène

L'approche incarnée souligne l'importance de la simulation sensorimotrice dans le fonctionnement cognitif. Le déclin sensoriel devrait ainsi être associé à une diminution du ratio signal/bruit lors de la simulation (composants sensoriels de moindre « qualité »), de sorte que les connaissances qui émergent à partir de la simulation des traces sensorimotrices des adultes âgés seraient de moins bonne résolution (Mille et al., 2021a, Vallet, 2015). La « baisse de la résolution » des traces sensorimotrices n'implique pas que les personnes âgées aient des difficultés à faire émerger des connaissances en soi mais plutôt que l'émergence des connaissances spécifiques devrait

être moins précise. De récentes données empiriques supportent l'hypothèse selon laquelle le vieillissement impacte la précision des souvenirs plutôt que leur récupération *per se* (voir Greene & Naveh-Benjamin, 2020 ; Korkki, Richter, Jeyarathnarajah, & Simons, 2020 ; Rodes et al., 2020). Toutefois, puisque la simulation sensorimotrice semble principalement sous-tendue par les traitements perceptifs corticaux (e.g., Barsalou, 2008, voir aussi Mille et al., 2021b), alors les relations entre le fonctionnement perceptif et le fonctionnement cognitif devraient principalement résulter de l'efficacité des traitements perceptifs du système nerveux central. L'importance du mécanisme de simulation dans le fonctionnement cognitif suggère ainsi des liens plus étroits avec les traitements perceptifs corticaux de plus haut niveau (perception et non plus seulement sensation). Tandis que le déclin sensoriel périphérique devrait seulement réduire la résolution des nouvelles traces et donc impacter les nouvelles connaissances, le déclin sensoriel cérébral devrait réduire le ratio signal/bruit de la simulation et à ce titre, impacter l'ensemble des connaissances (voir Mille et al., 2021a).

Par ailleurs, une baisse de la résolution des traces et/ou de la résolution de la simulation sensorimotrice(s) devrait également induire une augmentation des interférences entre les traces similaires et perturber les traitements cognitifs qui ne sont pas seulement mnésiques (Mille et al., 2021a ; Vallet, 2015 ; Vallet et al., 2016, 2017). Autrement dit, le déclin sensoriel rendrait les traces moins distinctes. Cette moindre distinctivité augmenterait la probabilité que les traces similaires soient confondues les unes avec les autres. Cette confusion pourrait non seulement se produire en raison de l'altération de la transmission des signaux sensoriels de bas niveau vers les aires sensorielles corticales mais aussi et surtout en raison des changements des traitements perceptifs du système nerveux central des adultes âgés (e.g., Bowman et al., 2019 ; Park et al., 2004).

Plusieurs données empiriques soutiennent l'hypothèse de la réduction de la distinctivité des traces à travers le déclin sensoriel de bas mais aussi de haut niveau. À un niveau sensoriel de bas-niveau, Surprenant, Neath, et Brown (2006) ont par exemple demandé à des adultes jeunes et âgés

d'effectuer un rappel sériel d'items auditifs « confus » (i.e., faiblement distincts : consonnes B, D, G, P, T et V) ou « non-confus » (i.e., fortement distincts : consonnes F, K, L, M, Q et R). Les résultats ont tout d'abord montré un effet principal du type d'item, c'est-à-dire que le rappel sériel des items confus était plus faible que le rappel sériel des items non-confus. Ce résultat classique montre une meilleure mémorisation de l'information distincte par rapport à celle moins distincte. Ensuite, et de façon intéressante, les résultats ont montré que les performances de rappel sériel des personnes âgées pour les items confus étaient positivement corrélées à leur capacité auditive de bas niveau (mesure par audiomètre). La baisse de l'acuité auditive était donc associée à des difficultés en mémoire lorsque les items sensoriels étaient faiblement distincts chez les adultes âgés. En raison d'une trop faible variance dans les résultats d'audiométrie chez les adultes jeunes, les corrélations entre les mesures auditives et mnésiques n'ont pas été calculées pour ce groupe. Enfin, les résultats ont montré que les erreurs générées par les adultes âgés n'étaient pas aléatoires, mais correspondaient aux items auditivement moins distincts. Ainsi, le chevauchement des caractéristiques sensorielles de bas niveau serait associé à une augmentation des interférences au niveau des traces mnésiques.

À un plus haut niveau, les arguments empiriques les plus convaincants à l'appui de la réduction de la distinctivité au cours du vieillissement proviennent sans doute des études utilisant un paradigme de test de similarité en mémoire. Il s'agit généralement de tâches de reconnaissance d'images mais la particularité de ces expériences provient du fait que lors de la phase de reconnaissance, trois types d'images sont présentés : des images vues durant la phase d'encodage (cibles), des images nouvelles, fortement distinctes sur le plan visuel des images étudiées lors de la phase d'encodage (distracteurs nouveaux) et des images nouvelles mais visuellement similaires aux images étudiées lors de la phase d'encodage (leurres perceptifs). Les résultats montrent une diminution linéaire de la discrimination des leurres perceptifs à mesure que la similarité perceptive augmente chez les adultes âgés (pour une revue, voir Leal & Yassa, 2018). Autrement dit, en comparaison des jeunes adultes, les personnes âgées répondent plus souvent qu'ils ont déjà vu une

image qui est pourtant nouvelle, lorsque celle-ci est perceptivement similaire à une image qu'ils ont étudiée durant la phase d'encodage et qu'ils doivent simuler lors de la phase de reconnaissance. Il est généralement admis que ces effets résultent d'une réduction des traitements perceptifs de haut niveau qui permettent de détailler - et donc de distinguer - les items présentant un fort recouvrement perceptif, engendrant ainsi de fortes interférences (voir par exemple Yeung, Ryan, Cowell, & Barense, 2013).

Les données relatives au fonctionnement sensoriel de bas et de haut-niveau apportent des précisions sur les relations entre les fonctions sensorielles et cognitives à travers un apport de la notion de distinctivité sensori-perceptive des traces. La chute des performances cognitives observées au cours de l'avancée en âge semble ainsi sous-tendue par une diminution de la distinctivité des traces les unes par rapport aux autres en raison d'une réduction du fonctionnement sensori-perceptif étendue aux divers niveaux de traitement. Une lecture incarnée du phénomène n'implique donc pas seulement de considérer que le déclin sensoriel résulte d'une diminution du ratio signal/bruit de l'information qui affère des organes sensoriels externes et va perturber l'émergence de représentations correspondantes (e.g., Schneider & Pichora-Fuller, 2000). Ce serait aussi et surtout le mécanisme de simulation qui sous-tend l'émergence des représentations elles-mêmes qui subirait une diminution du ratio signal/bruit en créant des interférences entre les traces similaires. Bien que l'hypothèse d'une réduction du ratio signal/bruit conduisant à des traces moins distinctes se retrouve dans d'autres hypothèses du vieillissement (voir par exemple l'hypothèse de neuromodulation, Li, Lindenberger, & Sikström, 2001), l'hypothèse incarnée met l'accent sur l'abaissement de ce ratio au niveau des traitements sensorimoteurs. Elle propose par ailleurs d'articuler ce déclin dans un cadre de connaissances ancrées (i.e., sensorimotrice) et émergentes. L'altération cognitive n'est donc pas limitée aux nouvelles connaissances, acquises une fois le déclin sensoriel installé, mais porte sur l'ensemble des souvenirs et des connaissances de l'individu. Cela signifie que le déclin sensoriel pourrait perturber l'émergence des connaissances lors du

processus de simulation. À ce titre, l'ancrage des représentations implique que les associations entre les performances sensorielles et cognitives ne devraient pas être spécifiques à la modalité impactée (e.g., Lin et al., 2011, 2013 ; Mine et al., 2016). Des liens devraient donc persister en fonction du type de connaissance impliquée dans la tâche selon la nature sensorimotrice des connaissances à faire émerger (voir par exemple, Dutriaux & Gyselinck, 2016 ; Dutriaux, Nicolas, & Gyselinck, 2019).

Une lecture incarnée des liens entre le fonctionnement sensoriel et le fonctionnement cognitif s'appuie sur les mécanismes d'émergence des connaissances à partir de la simulation de traces sensorimotrices, ainsi que des interférences produites par le déclin sensoriel de bas niveau lors de la formation des nouvelles traces – mais aussi et surtout – au sein des aires de haut niveau dans lesquelles la simulation se produirait (e.g., Barsalou, 2008). L'importance du déclin perceptif de haut niveau permet alors d'expliquer l'augmentation des liens entre le fonctionnement sensoriel et cognitif qui est observée avec l'avancée en âge (e.g., Baltes & Lindenberger, 1997). En effet, contrairement aux individus jeunes, les adultes âgés présentent un déclin sensoriel qui se manifeste au-delà des organes sensoriels (e.g., Bowman et al., 2019 ; Davis et al., 2008 ; Park et al., 2004). L'absence d'effet perturbateur observé dans les études expérimentales ayant testé l'effet d'une dégradation du fonctionnement sensoriel sur une population de jeunes adultes, pourrait alors s'expliquer par le fait que ces études n'ont pas testé l'effet d'une manipulation durable de cette dégradation (e.g., Lindenberger, Scherer, & Baltes, 2001). À ce titre, elles n'ont pas pu induire des changements dans les aires perceptives du cerveau (e.g., Boucard et al., 2009 ; Golub, 2017 ; Peelle & Wingfield, 2016) dans lesquelles la simulation se produirait. Par conséquent, une dégradation transitoire de l'entrée sensorielle ne serait pas suffisante pour induire une altération notable sur la cognition, car la préservation de la simulation au sein des aires sensorimotrices pourrait compenser la réduction du signal de l'entrée sensoriel. Inversement, une atteinte de la simulation sensorimotrice rendrait inefficaces les aides sensorielles (e.g., lunettes) ou les interventions médicales (e.g.,

opération de la cataracte), car elles ne permettraient pas de compenser l'atteinte du mécanisme de simulation. Une approche incarnée et située des liens entre le déclin sensoriel et le déclin cognitif observés au cours du vieillissement permet ainsi de formuler de nouvelles prédictions.

2.3. Prédications de l'approche incarnée et située de la cognition sur les liens entre les fonctionnements sensorimoteur et cognitif

Une lecture du vieillissement sensori-cognitif à travers l'approche incarnée et située de la cognition aboutie à de nouvelles perspectives de recherche. Tout d'abord, les liens qui sont observés avec le fonctionnement cognitif ne devraient pas être spécifiques aux organes sensoriels périphériques mais ils devraient se retrouver à des niveaux de traitements hiérarchiques plus élevés qui sont impliqués dans la simulation des traces sensorimotrices à l'origine de l'émergence des connaissances. Malgré son intérêt majeur pour déterminer les mécanismes en jeu dans ces associations, peu de recherches semblent avoir directement exploré cette hypothèse (Whitson et al., 2018). Il est toutefois notable que certains des tests utilisés dans l'étude des liens entre le fonctionnement sensoriel et cognitif ne sont pas de simples mesures de détection, mais plutôt d'identification. À ce titre, ces mesures intègrent des traitements de plus haut niveau que le simple fonctionnement de l'organe sensoriel (i.e., perception primaire), par exemple, les mesures olfactives nécessitent généralement d'identifier l'odeur (e.g., Brenowitz et al., 2018), plutôt que de simplement détecter l'apparition d'une stimulation (i.e., une mesure de seuil de détection). Il est d'ailleurs intéressant de noter que les associations observées semblent être généralement plus fortes lorsque les mesures sensorielles impliquent plus qu'une simple mesure de seuil (Humes & Young, 2016). C'est typiquement le cas pour les mesures de discrimination et d'identification (Djordjevic et al., 2008). Aussi, une étude portant sur un très large échantillon (N = 40 655) d'adultes âgés de 40 à 69 ans a rapporté des liens forts avec des niveaux perceptifs plus élevés telle que la perception de la parole dans du bruit avec le fonctionnement cognitif sur tous les tests utilisés (Moore et al., 2014). Ces résultats suggèrent que les associations rapportées entre le déclin sensoriel et le déclin cognitif

chez l'adulte âgé pourraient s'étendre au fonctionnement perceptif de haut niveau. La relation directe entre le fonctionnement perceptif de haut niveau et le fonctionnement cognitif reste toutefois insuffisamment étudiée pour confirmer cette hypothèse (Whitson et al., 2018). Pourtant, cela permettrait de tester si la plus forte association entre le fonctionnement sensoriel et cognitif constatée chez les adultes âgés en comparaison des adultes jeunes (e.g., Baltes & Lindenberger, 1997) peut être expliquée par le déclin sensoriel généralisé, des organes jusqu'aux traitements corticaux qui est constaté dans le vieillissement. Ce type d'études permettrait plus précisément de déterminer si les effets délétères d'une dégradation sensorielle sur le fonctionnement cognitif se produisent seulement lorsque des atteintes corticales perceptives de haut niveau altèrent la simulation ne permettant pas de compenser l'appauvrissement du signal sensoriel périphérique. En accord avec l'hypothèse d'une moindre résolution, ces études expliqueraient également pourquoi la précision et le sentiment de reviviscence (réponses « *Remember* ») des souvenirs autobiographiques anciens des adultes âgés sont amoindris (e.g., Frankenger et al., 2021 ; Piolino et al., 2006). Cette dégradation proviendrait de la réduction de la précision du mécanisme de simulation sensorimotrice. Les connaissances des adultes âgés qui émergent d'une simulation appauvrie seraient moins précises même lorsque l'encodage a été réalisé à partir d'un fonctionnement sensoriel efficient à un âge jeune.

Une deuxième piste de recherche concerne la réduction de la distinctivité des traces sensorimotrices associée à une augmentation des interférences, qui suggère que des effets de dégradation sensorielle de bas niveau se produiraient seulement lorsque les stimuli sont fortement similaires. La manipulation expérimentale de la dégradation transitoire de l'entrée sensorielle chez des participants jeunes, sans déficits de traitements sensoriels de bas ou haut niveau, devrait avoir des effets notables lorsque les stimuli utilisés sont fortement similaires car ils augmenteraient la probabilité d'interférences entre les traces. Ces effets d'interférences ne devraient donc pas être retrouvés lorsque les items sont fortement distincts. Cette prédiction est compatible avec l'observation selon laquelle ce type de manipulation dans la modalité visuelle chez le jeune adulte

semble limité à un ralentissement en recherche visuelle d'une part et produit des effets perturbateurs robustes dans des tâches d'interférences de Stroop d'autre part (voir Monge & Madden, 2016). Ces études expérimentales permettraient de déterminer plus directement si la relation entre les fonctionnements sensoriel et cognitif résulte d'une augmentation des interférences (produites par la réduction de l'efficacité sensorielle) entre les traces sensorimotrices similaires.

Enfin et puisque l'approche incarnée postule que les représentations à l'origine du fonctionnement cognitif sont de nature sensorimotrice, les performances cognitives devraient également être liées au fonctionnement moteur des individus âgés. Il est notable que l'étude princeps de Lindenberger et Baltes (1994) avait rapporté des liens entre fonctionnement cognitif et moteur (ici la démarche), résultats confirmés par d'autres études ultérieures (e.g., Caetano et al., 2017 ; Paraskevoudi et al., 2018). Alors que ces liens ne semblent pas compatibles avec la plupart des hypothèses classiques (sauf l'hypothèse de la cause commune), ils sont naturellement prédits par l'approche incarnée. L'interprétation d'une moindre précision de la simulation pourrait alors s'appliquer au vieillissement normal, mais permettrait également une convergence vers d'autres données empiriques dans le champ du vieillissement pathologique. Les observations selon lesquelles les verbes d'action sont spécifiquement impactés dans la maladie de Parkinson (pour une revue, voir Gallese & Cussio, 2018) sont un exemple significatif. L'hypothèse d'une réduction de la précision de simulation sensorimotrice au cours du vieillissement présente ainsi l'avantage de rendre non seulement compte des associations entre fonctionnement sensoriel et cognitif mais également de celles rapportées entre le fonctionnement moteur et cognitif.

Conclusion

Le vieillissement affecte le fonctionnement sensoriel, cérébral et par conséquent cognitif. La littérature montre clairement que le déclin sensoriel lié à l'âge est positivement corrélé au déclin cognitif et, éventuellement, pourrait le précéder. L'objectif de cet article était de proposer à la communauté francophone une revue actualisée des principaux travaux et hypothèses explicatives

concernant ces liens mais aussi et surtout d'apporter un nouvel éclairage de ces liens à partir de l'approche incarnée et située de la cognition. Plusieurs hypothèses s'inscrivant dans un cadre classique de la cognition ont été avancées pour tenter de rendre compte de ce phénomène mais aucun consensus ne semble se dégager quant aux mécanismes précis en jeu dans ces associations. L'approche incarnée et située de la cognition propose quant à elle que les représentations qui sous-tendent le fonctionnement cognitif soient ancrées dans ses dimensions sensorielles et motrices. À ce titre, elle pourrait fournir un cadre théorique particulièrement adéquat pour expliquer ces liens, puisque le fonctionnement sensorimoteur est considéré comme central dans le fonctionnement cognitif.

L'hypothèse défendue ici est que le déclin des divers niveaux de traitement sensoriel observé dans le vieillissement abaisse le ratio signal/bruit des traces en mémoire (et de la simulation pour les traitements perceptifs du système nerveux) à l'origine de l'émergence des connaissances, ce qui rend ces traces moins distinctes et donc plus interférentes, provoquant ainsi des difficultés cognitives (Mille et al., 2021a ; Vallet, 2015 ; Vallet et al., 2017). Bien que certains parallèles puissent être dressés entre cette hypothèse et celles de la dégradation et de la privation sensorielle par exemple, elles sont issues d'un cadre épistémologique distinct. Il apparaît donc difficile de dresser une comparaison directe entre l'hypothèse incarnée et les hypothèses classiques. L'ancrage des connaissances et le principe d'émergence *via* la simulation sensorimotrice font que les approches incarnées prédisent une atteinte simultanée de la sensorialité/perception et de la cognition. Une première force de cette hypothèse est de proposer une explication *a priori* de ces associations. Une seconde force est de formuler des prédictions précises et testables en fonction des niveaux de traitement perceptif. Cette prise en compte des niveaux de traitement perceptif fournit une capacité interprétative des résultats contradictoires. Tandis que les effets de dégradation sensorielle chez les adultes jeunes portent sur les conditions expérimentales qui induisent le plus d'interférences, les relations sens-cognition sont davantage marquées chez les adultes âgés. Nous

proposons que cette relation devrait être envisagée à travers un déclin perceptif à de nombreux niveaux de traitement (et non pas seulement l'entrée sensorielle). Ce déclin perceptivo-sensoriel global implique un effet de dégradation du mécanisme de simulation qui serait particulièrement important dans le déclin cognitif des adultes âgés (voir Mille et al., 2021). Toutefois, il est important de noter que peu de données permettent d'évaluer ces prédictions et que de futures recherches devront tester ces hypothèses.

Une telle lecture du vieillissement à travers l'approche incarnée et située de la cognition ouvre de nouvelles perspectives théoriques, mais elle permet également d'envisager de nouvelles pistes d'interventions cognitives. En effet, dans cette perspective, le vieillissement s'entend selon une moindre efficacité de certains mécanismes telle que la « séparation des patterns » qui réduirait les interférences entre les informations sensorielles peu distinctes afin de permettre le stockage de représentations qui ne se chevauchent pas (pour une revue voir Leal & Yassa, 2018). La capacité du système cognitif à traiter en détail les informations sensori-perceptives afin de réduire les interférences apparaît critique et semble dépendre de certaines structures du lobe temporal médian, en particulier de certains sous-champs des hippocampes (e.g., Hainmueller & Bartos, 2020) et des cortex périrhinaux (Yeung et al, 2013). Ce type d'approche fonctionnelle ouvre la voie à de nouvelles interventions cliniques, non pas basées sur la stimulation des systèmes cognitifs déficitaires (e.g. mémoire épisodique, fonctions exécutives) ou les systèmes palliatifs préservés (e.g. mémoire sémantique, mémoire procédurale), mais plutôt axées sur les mécanismes en jeu dans l'émergence des connaissances et qui subissent des changements au cours du vieillissement (voir Vallet et al., 2016 pour une discussion sur la maladie d'Alzheimer). Ainsi, l'hypothèse de la réduction de la distinctivité des traces à travers le déclin sensoriel comme cause des difficultés de la cognition des adultes âgés (Mille et al., 2021a ; Surprenant et al., 2006 ; Vallet, 2015 ; Vallet et al., 2017) souligne l'intérêt de développer des programmes de stimulation cognitive basés sur des niveaux de difficulté manipulant la distinctivité perceptive de l'information afin d'entraîner le

systeme cognitif à réduire les interférences sensorielles lors du traitement de stimuli similaires (voir Mille et al., 2021b).

Références

- Anstey, K. J., Hofer, S. M., & Luszcz, M. A. (2003). A Latent growth curve analysis of late-life sensory and cognitive function over 8 years: evidence for specific and common factors underlying change. *Psychology and Aging, 18*(4), 714–726. <https://doi.org/10.1037/0882-7974.18.4.714>
- Anstey, K. J., Lord, S. R., Hennessy, M., Mitchell, P., Mill, K., & von Sanden, C. (2006). The effect of cataract surgery on neuropsychological test performance: a randomized controlled trial. *Journal of the International Neuropsychological Society, 12*(5), 632–639. <https://doi.org/10.1017/S1355617706060954>
- Baltes, P. B., & Lindenberger, U. (1997). Emergence of a powerful connection between sensory and cognitive functions across the adult life span: A new window to the study of cognitive aging? *Psychology and Aging, 12*(1), 12–21. <https://doi.org/10.1037/0882-7974.12.1.12>
- Barsalou, L. W. (1999). Perceptual symbol systems. *Behavioral and Brain Sciences, 22*(4), 577–609. <https://doi.org/10.1017/S0140525X99002149>
- Barsalou, L. W. (2008). Grounded cognition. *Annual Review of Psychology, 59*(1), 617–645. <https://doi.org/10.1146/annurev.psych.59.103006.093639>
- Barsalou, L. W., Simmons, W. K., Barbey, A. K., & Wilson, C. D. (2003). Grounding conceptual knowledge in modality-specific systems. *Trends in Cognitive Sciences, 7*(2), 84–91. [https://doi.org/10.1016/S1364-6613\(02\)00029-3](https://doi.org/10.1016/S1364-6613(02)00029-3)
- Baumgart, M., Snyder, H. M., Carrillo, M. C., Fazio, S., Kim, H., & Johns, H. (2015). Summary of the evidence on modifiable risk factors for cognitive decline and dementia: A population-based perspective. *Alzheimer's and Dementia, 11*(6), 718–726. <https://doi.org/10.1016/j.jalz.2015.05.016>
- Boucard, C. C., Hernowo, A. T., Maguire, R. P., Jansonius, N. M., Roerdink, J. B. T. M., Hooymans, J. M. M., & Cornelissen, F. W. (2009). Changes in cortical grey matter density

associated with long-standing retinal visual field defects. *Brain : A Journal of Neurology*, 132(7), 1898–1906. <https://doi.org/10.1093/brain/awp119>

Bouccara, D., Dhoud, S., & Vergnon, L. (2011). Les surdités de l'adulte Le vieillissement de l'oreille: la presbyacousie: PRESBYACOUSIE (1er partie). *La revue de gériatrie*, 36(7), 439-450.

Bowman, C. R., Chamberlain, J. D., & Dennis, N. A. (2019). Sensory representations supporting memory specificity: Age effects on behavioral and neural discriminability. *Journal of Neuroscience*, 39(12), 2265–2275. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.2022-18.2019>

Brenowitz, W. D., Kaup, A. R., Lin, F. R., & Yaffe, K. (2018). Multiple sensory impairment is associated with increased risk of dementia among black and white older adults. *The Journals of Gerontology: Series A*, 74(6), 890–896.

<https://doi.org/https://doi.org/10.1093/gerona/gly264>

Burgess, P. W., & Shallice, T. (1996). Bizarre responses, rule detection and frontal lobe lesions. *Cortex*, 32(2), 241–259. [https://doi.org/10.1016/S0010-9452\(96\)80049-9](https://doi.org/10.1016/S0010-9452(96)80049-9)

Caetano, M. J. D., Menant, J. C., Schoene, D., Pelicioni, P. H. S., Sturnieks, D. L., & Lord, S. R. (2017). Sensorimotor and cognitive predictors of impaired gait adaptability in older people. *The Journals of Gerontology. Series A, Biological Sciences and Medical Sciences*, 72(9), 1257–1263. <https://doi.org/10.1093/gerona/glw171>

Campbell, V. A., Crews, J. E., Moriarty, D. G., Zack, M. M., & Blackman, D. K. (1999). Surveillance for sensory impairment, activity limitation, and health-related quality of life among older adults—United States, 1993–1997. *Morbidity and Mortality Weekly Report: CDC Surveillance Summaries*, 48(8), 131–156.

Chedid, G., Brambati, S. M., Bedetti, C., Rey, A. E., Wilson, M. A., & Vallet, G. T. (2019). Visual and auditory perceptual strength norms for 3,596 French nouns and their relationship with

other psycholinguistic variables. *Behavior Research Methods*, 51(5), 2094-2105.

<https://doi.org/10.3758/s13428-019-01254-w>

Correia, C., Lopez, K. J., Wroblewski, K. E., Huisingh-Scheetz, M., Kern, D. W., Chen, R. C., ...

Pinto, J. M. (2016). Global sensory impairment in older adults in the United States. *Journal of the American Geriatrics Society*, 64(2), 306–313. <https://doi.org/10.1111/jgs.13955>

Craik, F. I. M. (1986). A functional account of age differences in memory. In F. Lix & H.

Hagendorf (Eds.), *Human memory and cognitive capabilities, mechanisms, and performances* (pp. 409–422). Amsterdam: Elsevier Science.

Danckert, S. L., & Craik, F. I. M. (2013). Does aging affect recall more than recognition memory?

Psychology and Aging, 28(4), 902–909. <https://doi.org/10.1037/a0033263>

Davis, S. W., Dennis, N. A., Daselaar, S. M., Fleck, M. S., & Cabeza, R. (2008). Qué PASA? the posterior-anterior shift in aging. *Cerebral Cortex*, 18(5), 1201–1209.

<https://doi.org/10.1093/cercor/bhm155>

Dawes, P., Emsley, R., Cruickshanks, K. J., Moore, D. R., Fortnum, H., Edmondson-Jones, M., ...

Munro, K. J. (2015). Hearing loss and cognition: The role of hearing aids, social isolation and depression. *PLoS ONE*, 10(3). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0119616>

Devanand, D. P., Michaels-Marston, K. S., Liu, X., Pelton, G. H., Padilla, M., Marder, K., ...

Mayeux, R. (2000). Olfactory deficits in patients with mild cognitive impairment predict Alzheimer's disease at follow-up 1400. *American Journal of Psychiatry*, 157, 1399–1405.

Diaz, M., Norell, M., Belkin, J., Singh, A., Reinhart, W., & Lass, J. (2011). Cognitive profile of elders in an ophthalmic ambulatory setting. *British Journal of Ophthalmology*, 95(1), 24–27.

<https://doi.org/10.1136/bjo.2010.183459>

- Djordjevic, J., Jones-Gotman, M., De Sousa, K., & Chertkow, H. (2008). Olfaction in patients with mild cognitive impairment and Alzheimer's disease. *Neurobiology of Aging*, *29*(5), 693–706.
<https://doi.org/10.1016/j.neurobiolaging.2006.11.014>
- Dutriaux, L., & Gyselinck, V. (2016). Learning is better with the hands free: The role of posture in the memory of manipulable objects. *PLoS ONE*, *11*(7).
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0159108>
- Dutriaux, L., Nicolas, S., & Gyselinck, V. (2019). Aging and posture in the memory of manipulable objects. *Aging, Neuropsychology, and Cognition*, 1–11.
<https://doi.org/10.1080/13825585.2019.1708252>
- Enzinger, C., Fazekas, F., Matthews, P. M., Ropele, S., Schmidt, H., Smith, S., & Schmidt, R. (2005). Risk factors for progression of brain atrophy in aging: Six-year follow-up of normal subjects. *Neurology*, *64*(10), 1704–1711.
<https://doi.org/10.1212/01.WNL.0000161871.83614.BB>
- Fodor, J. (1986). *La modularité de l'esprit*. Paris: édition de Minuit.
- Fozard, J. L., & Gordon-Salant, S. (2001). Changes in vision and hearing with aging. In J. E. Birren & K. Warner Schaie (Eds.), *Handbook of the psychology of aging* (pp. 241–266). New York: Academic Press.
- Frankenberg, C., Knebel, M., Degen, C., Siebert, J. S., Wahl, H. W., & Schröder, J. (2021). Autobiographical Memory in Healthy Aging: a Decade-long Longitudinal Study. *Aging, Neuropsychology, and Cognition*, 1–22. <https://doi.org/10.1080/13825585.2020.1859082>
- Gallese, V., & Cuccio, V. (2018). The neural exploitation hypothesis and its implications for an embodied approach to language and cognition: Insights from the study of action verbs processing and motor disorders in Parkinson's disease. *Cortex*, *100*, 215–225.
<https://doi.org/10.1016/j.cortex.2018.01.010>

- Glenberg, A. M., Witt, J. K., & Metcalfe, J. (2013). From the revolution to embodiment: 25 years of cognitive psychology. *Perspectives on Psychological Science*, 8(5), 573–585.
<https://doi.org/10.1177/1745691613498098>
- Glisky, E. (2007). Changes in cognitive functions in human aging. In D. R. Ridde (Ed.), *Brain Aging: Models, Methods, and Mechanisms* (pp. 3–20). Boca Raton, FL :CRC Press.
- Golub, J. S. (2017). Brain changes associated with age-related hearing loss. *Current Opinion in Otolaryngology and Head and Neck Surgery*, 25(5), 347–352.
<https://doi.org/10.1097/MOO.0000000000000387>
- Grassi, M., & Borella, E. (2013). The role of auditory abilities in basic mechanisms of cognition in older adults. *Frontiers in Aging Neuroscience*, 5, 1–9.
<https://doi.org/10.3389/fnagi.2013.00059>
- Greene, N. R., & Naveh-Benjamin, M. (2020). A Specificity Principle of Memory: Evidence From Aging and Associative Memory. *Psychological Science*, 31(3), 316–331.
<https://doi.org/10.1177/0956797620901760>
- Greenwood, P. M. (2000). The frontal aging hypothesis evaluated. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 6(6), 705–726. <https://doi.org/10.1017/S1355617700666092>
- Hainmueller, T., & Bartos, M. (2020). Dentate gyrus circuits for encoding, retrieval and discrimination of episodic memories. *Nature Reviews Neuroscience*, 21, 153–168.
<https://doi.org/10.1038/s41583-019-0260-z>
- Hämäläinen, A., Phillips, N., Wittich, W., Pichora-Fuller, M. K., & Mick, P. (2019). Sensory-cognitive associations are only weakly mediated or moderated by social factors in the Canadian Longitudinal Study on Aging. *Scientific Reports*, 9(1), 1–8.
<https://doi.org/10.1038/s41598-019-55696-5>

- Heine, C., & Browning, C. (2015). Dual sensory loss in older adults: A systematic review. *Gerontologist, 55*(5), 913–928. <https://doi.org/10.1093/geront/gnv074>
- Heinrich, A., Ferguson, M. A., & Mattys, S. L. (2019). Effects of Cognitive Load on Pure-Tone Audiometry Thresholds in Younger and Older Adults. *Ear and Hearing*. <https://doi.org/10.1097/aud.0000000000000812>
- Hewitt, D. (2017). Age-related hearing loss and cognitive decline: you haven't heard the half of it. *Frontiers in Aging Neuroscience, 9*(112), 1–3. <https://doi.org/10.3389/fnagi.2017.00112>
- Humes, L. E., & Young, L. A. (2016). Sensory-cognitive interactions in older adults. *Ear Hear, 37*(Suppl 1), 52S-61S. <https://doi.org/10.1097/AUD.0000000000000303>
- Kalpouzos, G., Chételat, G., Baron, J.-C., Landeau, B., Mevel, K., Godeau, C., ... Desgranges, B. (2009). Voxel-based mapping of brain gray matter volume and glucose metabolism profiles in normal aging. *Neurobiology of Aging, 30*(1), 112–124. <https://doi.org/10.1016/j.neurobiolaging.2007.05.019>
- Korkki, S. M., Richter, F. R., Jeyarathnarajah, P., & Simons, J. S. (2020). Healthy ageing reduces the precision of episodic memory retrieval. *Psychology and Aging, 35*(1), 124–142. <https://doi.org/10.1037/pag0000432>
- Leal, S. L., & Yassa, M. A. (2018). Integrating new findings and examining clinical applications of pattern separation. *Nature Neuroscience, 21*(2), 163–173. <https://doi.org/10.1038/s41593-017-0065-1>
- Lemaire, P., & Bherer, L. (2005). *Psychologie du vieillissement. Une perspective cognitive*. Bruxelles: De Boeck Université.
- Lin, F. R., Ferrucci, L., Metter, E. J., An, Y., Zonderman, A. B., & Resnick, S. M. (2011). Hearing loss and cognition in the Baltimore longitudinal study of aging. *Neuropsychology, 25*(6), 763–770. <https://doi.org/10.1037/a0024238>

- Lin, F. R., Yaffe, K., Xia, J., Xue, Q. L., Harris, T. B., Purchase-Helzner, E., ... Simonsick, E. M. (2013). Hearing loss and cognitive decline in older adults. *JAMA Internal Medicine*, *173*(4), 293–299. <https://doi.org/10.1001/jamainternmed.2013.1868>
- Lin, M. Y., Gutierrez, P. R., Stone, K. L., Yaffe, K., Ensrud, K. E., Fink, H. A., ... Mangione, C. M. (2004). Vision impairment and combined vision and hearing impairment predict cognitive and functional decline in older women. *Journal of the American Geriatrics Society*, *52*(12), 1996–2002. <https://doi.org/10.1111/j.1532-5415.2004.52554.x>
- Lindenberger, U., & Baltes, P. B. (1994). Sensory functioning and intelligence in old age: a strong connection. *Psychology and Aging*, *9*(3), 339–355.
- Lindenberger, U., Scherer, H., & Baltes, P. B. (2001). The strong connection between sensory and cognitive performance in old age: Not due to sensory acuity reductions operating during cognitive assessment. *Psychology and Aging*, *16*(2), 196–205. <https://doi.org/10.1037/0882-7974.16.2.196>
- Loughrey, D. G., Kelly, M. E., Kelley, G. A., Brennan, S., & Lawlor, B. A. (2018). Association of age-related hearing loss with cognitive function, cognitive impairment, and dementia. *JAMA Otolaryngology–Head & Neck Surgery*, *144*(2), 115–126. <https://doi.org/10.1001/jamaoto.2017.2513>
- Marquié, M., Castilla-Martí, M., Valero, S., Martínez, J., Sánchez, D., Hernández, I., ... Boada, M. (2019). Visual impairment in aging and cognitive decline: experience in a Memory Clinic. *Scientific Reports*, *9*(1), 8698. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-45055-9>
- Mentis, M. J., Salerno, J., Horwitz, B., Grady, C., Schapiro, M. B., Murphy, D. G. M., & Rapoport, S. I. (1994). Reduction of functional neuronal connectivity in long-term treated hypertension. *Stroke*, *25*(3), 601–607. <https://doi.org/10.1161/01.STR.25.3.601>
- Mille, J., Brambati, S. M., Izaute, M., & Vallet, G. T. (2021a). Low-Resolution Neurocognitive Aging and Cognition : An Embodied Perspective. *Frontiers in Systems Neuroscience*, *15*.

<https://doi.org/10.3389/fnsys.2021.687393>

Mille, J., Magnon, V., Versace, R., & Vallet, G. T. (2021b). Les « sens » de la mémoire.

Intellectica, 74, 185–209.

Mine, M., Miyata, K., Morikawa, M., Nishi, T., Okamoto, N., Kawasaki, R., ... Ogata, N. (2016).

Association of visual acuity and cognitive impairment in older individuals: fujiwara-kyo eye study. *BioResearch Open Access*, 5(1), 228–234. <https://doi.org/10.1089/biores.2016.0023>

Monge, Z. A., & Madden, D. J. (2016). Linking cognitive and visual perceptual decline in healthy

aging: The information degradation hypothesis. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 69, 166–173. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2016.07.031>

Moore, D. R., Edmondson-Jones, M., Dawes, P., Fortnum, H., McCormack, A., Pierzycki, R. H., &

Munro, K. J. (2014). Relation between speech-in-noise threshold, hearing loss and cognition from 40-69 years of age. *PLoS ONE*, 9(9). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0107720>

Mosnier, I., Bebear, J. P., Marx, M., Fraysse, B., Truy, E., Lina-Granade, G., ... Sterkers, O.

(2015). Improvement of cognitive function after cochlear implantation in elderly patients. *JAMA Otolaryngology - Head and Neck Surgery*, 141(5), 442–450.

<https://doi.org/10.1001/jamaoto.2015.129>

Murphy, C., Schubert, C. R., Cruickshanks, K. J., Klein, B. E. K., Klein, R., & Nondahl, D. M.

(2002). Prevalence of olfactory impairment in older adults. *Journal of the American Medical Association*, 288(18), 2307–2312. <https://doi.org/10.1001/jama.288.18.2307>

Paraskevoudi, N., Balçı, F., & Vatakis, A. (2018). “Walking” through the sensory, cognitive, and

temporal degradations of healthy aging. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1426(1), 72–92. <https://doi.org/10.1111/nyas.13734>

Park, D. C., Lautenschlager, G., Hedden, T., Davidson, N. S., Smith, A. D., & Smith, P. K. (2002).

Models of visuospatial and verbal memory across the adult life span. *Psychology and Aging*,

17(2), 299–320. <https://doi.org/10.1037/0882-7974.17.2.299>

- Park, D. C., Polk, T. A., Park, R., Minear, M., Savage, A., & Smith, M. R. (2004). Aging reduces neural specialization in ventral visual cortex. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *101*(35), 13091–13095. <https://doi.org/10.1073/pnas.0405148101>
- Peelle, J. E., & Wingfield, A. (2016). The neural consequences of age-related hearing loss. *Trends in Neurosciences*, *39*(7), 486–497. <https://doi.org/10.1016/j.tins.2016.05.001>
- Peters, R. (2006). Ageing and the brain. *Postgraduate Medical Journal*, *82*(964), 84–88. <https://doi.org/10.1136/pgmj.2005.036665>
- Pinto, J. M., Wroblewski, K. E., Huisingh-Scheetz, M., Correia, C., Lopez, K. J., Chen, R. C., ... McClintock, M. K. (2017). Global sensory impairment predicts morbidity and mortality in older U.S. adults. *Journal of the American Geriatrics Society*, *65*(12), 2587–2595. <https://doi.org/10.1111/jgs.15031>
- Piolino, P., Desgranges, B., Clarys, D., Guillery-Girard, B., Taconnat, L., Isingrini, M., & Eustache, F. (2006). Autobiographical memory, auto-noetic consciousness, and self-perspective in aging. *Psychology and Aging*, *21*(3), 510–525. <https://doi.org/10.1037/0882-7974.21.3.510>
- Rey, A. E., Riou, B., Muller, D., Dabic, S., & Versace, R. (2015). “The mask who wasn’t there”: Visual masking effect with the perceptual absence of the mask. *Journal of Experimental Psychology: Learning Memory and Cognition*, *41*(2), 567–573. <https://doi.org/10.1037/xlm0000051>
- Rey, A. E., Riou, B., Vallet, G. T., & Versace, R. (2017). The automatic visual simulation of words: A memory reactivated mask slows down conceptual access. *Canadian Journal of Experimental Psychology*, *71*(11), 14–22.

- Roberts, K. L., & Allen, H. A. (2016). Perception and cognition in the ageing brain: A brief review of the short- and long-term links between perceptual and cognitive decline. *Frontiers in Aging Neuroscience*, 8, 1–7. <https://doi.org/10.3389/fnagi.2016.00039>
- Salthouse, T. A. (2000). Aging and measures of processing speed. *Biological Psychology*, 54(1–3), 35–54. [https://doi.org/10.1016/S0301-0511\(00\)00052-1](https://doi.org/10.1016/S0301-0511(00)00052-1)
- Salthouse, T. A. (2010). Selective review of cognitive aging. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 16(5), 754–760. <https://doi.org/10.1017/S1355617710000706>
- Schaie, K. W., Baltes, P. B., & Strother, C. R. (1964). A study of auditory sensitivity in advanced age. *Journal of Gerontology*, 19, 453–457.
- Schneider, B. A., & Pichora-Fuller, M. K. (2000). Implications of perceptual deterioration for cognitive aging research. In F. I. M. Craik & T. A. Salthouse (Eds.), *The Handbook of Aging and Cognition* (2nd ed., p). New York, NY: Erlbaum.
- Simon, H. A., & Newell, A. (1972). *Human problem solving*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-hall.
- Surprenant, A. M., Neath, I., & Brown, G. D. A. (2006). Modeling age-related differences in immediate memory using SIMPLE. *Journal of Memory and Language*, 55(4), 572–586. <https://doi.org/10.1016/j.jml.2006.08.001>
- Swan, G. E., & Carmelli, D. (2002). Impaired olfaction predicts cognitive decline in nondemented older adults. *Neuroepidemiology*, 21(2), 58–67. <https://doi.org/10.1159/000048618>
- Tay, T., Jie, J. W., Kifley, A., Lindley, R., Newall, P., & Mitchell, P. (2006). Sensory and cognitive association in older persons: Findings from an older Australian population. *Gerontology*, 52(6), 386–394. <https://doi.org/10.1159/000095129>
- Tulving, E., & Markowitsch, H. J. (1998). Episodic and declarative memory: role of the hippocampus. *Hippocampus*, 8(3), 198–204.

- Uchida, Y., Sugiura, S., Nishita, Y., Saji, N., Sone, M., & Ueda, H. (2019). Age-related hearing loss and cognitive decline — The potential mechanisms linking the two. *Auris Nasus Larynx*, *46*(1), 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.anl.2018.08.010>
- Ulfhake, B., Bergman, E., & Fundin, B. T. (2002). Impairment of peripheral sensory innervation in senescence. *Autonomic Neuroscience: Basic and Clinical*, *96*(1), 43–49. [https://doi.org/10.1016/S1566-0702\(01\)00368-X](https://doi.org/10.1016/S1566-0702(01)00368-X)
- Valentijn, S. A. M., Van Boxtel, M. P. J., Van Hooren, S. A. H., Bosma, H., Beckers, H. J. M., Ponds, R. W. H. M., & Jolles, J. (2005). Change in sensory functioning predicts change in cognitive functioning: Results from a 6-year follow-up in the Maastricht Aging Study. *Journal of the American Geriatrics Society*, *53*(3), 374–380. <https://doi.org/10.1111/j.1532-5415.2005.53152.x>
- Vallet, G. T. (2015). Embodied cognition of aging. *Frontiers in Psychology*, *6*(463), 1–6. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.00463>
- Vallet, G. T., Brunel, L., & Versace, R. (2010). The perceptual nature of the cross-modal priming effect: Arguments in favor of a sensory-based conception of memory. *Experimental Psychology*, *57*(5), 376–382. <https://doi.org/10.1027/1618-3169/a000045>
- Vallet, G. T., Hudon, C., Bier, N., Macoir, J., Versace, R., & Simard, M. (2017). A SEMantic and EPisodic memory test (SEMEP) developed within the embodied cognition framework: Application to normal aging, alzheimer’s disease and semantic dementia. *Frontiers in Psychology*, *8*(SEP), 1–12. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.01493>
- Vallet, G. T., Rouleau, I., Benoit, S., Langlois, R., Barbeau, E. J., & Joubert, S. (2016). Alzheimer’s disease and memory strength: Gradual decline of memory traces as a function of their strength. *Journal of clinical and experimental neuropsychology*, *38*(6), 648-660. <https://doi.org/10.1080/13803395.2016.1147530>
- Vallet, G. T., Simard, M., & Versace, R. (2011). Sensory-dependent knowledge in young and

elderly adults: arguments from the cross-modal priming effect. *Current Aging Science*, 4(2), 137–149. <https://doi.org/10.2174/1874609811104020137>

Vallet, G. T., Simard, M., Versace, R., & Mazza, S. (2013). The perceptual nature of audiovisual interactions for semantic knowledge in young and elderly adults. *Acta Psychologica*, 143(3), 253–260. <https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2013.04.009>

Wayne, R. V., & Johnsrude, I. S. (2015). A review of causal mechanisms underlying the link between age-related hearing loss and cognitive decline. *Ageing Research Reviews*, 23, 154–166. <https://doi.org/10.1016/j.arr.2015.06.002>

Versace, R., Labeye, É., Badard, G., & Rose, M. (2009). The contents of long-term memory and the emergence of knowledge. *European Journal of Cognitive Psychology*, 21(4), 280–306. <https://doi.org/10.1080/09541440801951844>

Versace, R., Vallet, G. T., Riou, B., Lesourd, M., Labeye, É., & Brunel, L. (2014). Act-In: An integrated view of memory mechanisms. *Journal of Cognitive Psychology*, 26(3), 280–306. <https://doi.org/10.1080/20445911.2014.892113>

Whiteside, M. M., Wallhagen, M. I., & Pettengill, E. (2006). Sensory impairment in older adults: Part 2: Vision loss. *AJN The American Journal of Nursing*, 106(11), 52–61.

Whitson, H. E., Cronin-Golomb, A., Cruickshanks, K. J., Gilmore, G. C., Owsley, C., Peelle, J. E., ... Lin, F. R. (2018). American geriatrics society and national institute on aging bench-to-bedside conference: sensory impairment and cognitive decline in older adults. *Journal of the American Geriatrics Society*, 66(11), 2052–2058. <https://doi.org/10.1111/jgs.15506>

Yamada, Y., Denking, M. D., Onder, G., Henrard, J. C., Van Der Roest, H. G., Finne-Soveri, H., ... Topinkova, E. (2015). Dual sensory impairment and cognitive decline: the results from the Shelter study. *Journals of Gerontology - Series A Biological Sciences and Medical Sciences*, 71(1), 117–123. <https://doi.org/10.1093/gerona/glv036>

Yeung, L. K., Ryan, J. D., Cowell, R. A., & Barense, M. D. (2013). Recognition memory impairments caused by false recognition of novel objects. *Journal of Experimental Psychology: General*, *142*(4), 1384–1397. <https://doi.org/10.1037/a0034021>

Yu, W.-K., Chen, Y.-T., Wang, S.-J., Kuo, S.-C., Shia, B.-C., & Liu, C. J.-L. (2015). Cataract surgery is associated with a reduced risk of dementia: a nationwide population-based cohort study. *European Journal of Neurology*, *22*(10), 1370–1379. <https://doi.org/10.1111/ene.12561>

Étude	Modalité(s) sensorielle(s) évaluée(s)	Type d'étude	Évaluation		Participants		Relation sens-cognition
			Sensorielle	Cognitive	N	Age M (ET)	
Diaz et al., 2011	Vision	Transversale	Acuité visuelle corrigée	Global	84	±65	-
Mine et al., 2016	Vision	Transversale	Acuité visuelle corrigée et non corrigée	Global	2818	±68	+
Grassi et Borella, 2013	Audition	Transversale	Discrimination intensité, durée, timbre, détection d'écart et modulation amplitude et seuil pour un son pur de 1 kHz	Mémoire de travail, inhibition et vitesse de traitement	Jeunes : 30 ; Contrôle : 60	Jeunes : 18-34 ; Contrôles : 64-88	+ (vitesse de traitement)
Lin et al., 2011	Audition	Transversale	Perte auditive (moyenne des seuils auditifs à 0,5, 1, 2 et 4 kHz)	Mémoire, fonctions exécutives et attention, vitesse de traitement et fonctions verbale	347	±50	+ (mémoire et fonctions exécutives)
Lin et al., 2013	Audition	Longitudinale	Perte auditive (réduction de 25 dB)	Global et fonctions exécutives	1984	70-79	+
Devanand et al., 2000	Olfaction	Séquentielle	Identification des odeurs	Maladie d'Alzheimer ou apparentée	TCL : 90 ; Contrôles : 45	TCL : 66,7 (10,7) ; Contrôles : 64 (10)	+
Djordjevic, Jones-Gotman, De Sousa, & Chertkow, 2008	Olfaction	Transversale	Seuil de détection, qualité de la discrimination et identification des odeurs	Global, attention, raisonnement verbal abstrait, raisonnement non verbal et habiletés visuo-constructives, mémoire verbale et visuelle, dénomination, fluences verbales	111	55-88	+
Swan & Carmelli, 2002	Olfaction	Longitudinale	Identification des odeurs	Fonctionnement cognitif global, apprentissage verbale et mémoire, fonctions exécutives	359	74,3 (4,3)	+ (apprentissage verbal)
Anstey, Hofer, & Luszcz, 2003	Vision et audition	Longitudinale	Acuité visuelle de près et de loin corrigée, acuité auditive	Habiletés verbales, vitesse de traitement et mémoire	1823	±70	+ (mémoire)
Baltes & Lindenberger, 1997	Vision et audition	Transversale	Acuité visuelle corrigée et auditive sans prothèse	Score composite d'intelligence (vitesse perceptive, raisonnement, mémoire, connaissance, fluences verbales)	687	25-103	+
Hämäläinen, Phillips, Wittich, Pichora-Fuller, & Mick, 2019	Vision et audition	Transversale	Acuité visuelle corrigée et auditive	Fonctions exécutives et mémoire	30029	45-85	+
Lindenberger & Baltes, 1994	Vision et audition	Transversale	Acuité visuelle corrigée et auditive sans prothèse	Score composite d'intelligence (vitesse perceptive, raisonnement, mémoire, connaissance, fluences verbales)	156	70-103	+
Valentijn et al., 2005	Vision et audition	Longitudinale	Acuité visuelle corrigée et auditive	Apprentissage de mots, attention sélective, vitesse traitement et fonctions exécutives	418	55-83	Vision : + (mémoire et fonctions exécutives) ; Audition : + (mémoire)
Lin et al., 2004	Vision, audition et double	Longitudinale	Déficiência visuelle (vision binoculaire corrigée < 20/40). Déficiência auditive (incapacité à entendre tonalité de 40 dB ou + à 2000 Hz)	Global	6112	±69	Vision : + ; Double : +
Tay et al., 2006	Vision, audition et double	Transversale	Déficiência visuelle (meilleure acuité visuelle corrigée < 6/12) ; Déficiência auditive (perte 140 dB)	Global	3509	±49	+
Yamada et al., 2015	Vision, audition et double	Longitudinale	Déficiência sensorielle visuelle, auditive ou double (InterRAI LTCF)	Score composite cognitif (mémoire à court terme, prise de décision, compréhension de soi et problème d'alimentation)	1989	25-103	+
Brenowti, Kaup, Lin, & Yaffe, 2018	vision, audition, odorat, toucher et multiples	Longitudinale	Acuité visuelle et sensibilité aux contrastes, acuité auditive, identification des odeurs, test de sensibilité nerveuse périphérique du toucher	Global	1810	70-78	+
Pinto et al., 2017	Multiples (vision, audition, odorat, goût et toucher)	Longitudinale	Score composite sensoriel (acuité visuelle, discrimination de distance de sensation tactile, score d'audition en conversation, identification d'odeur et de goût)	Global	3005	57-85	+

Notes. M = moyenne ; ET = écart-type ; TCL = trouble cognitif léger ; + ou - = relation significative ou relation non-significative