

# La musique et la métacognition pour améliorer les performances mnésiques de patients présentant un Trouble Cognitif Léger amnésique

**Elisa BALTHASART**

*Mémoire présenté en vue de l'obtention du grade*

*de Master en Sciences Psychologiques*

*Options neuropsychologie clinique et neurosciences cognitives*

**Promotrice** : Christine BASTIN

**Superviseur·ses** : Anaïs SERVAIS & Renaud COPPALLE

**Lectrices** : Françoise LEKEU & Sylvie WILLEMS

---

**Année académique 2023-2024**

## Remerciements

Mes remerciements vont en premier lieu à Anaïs SERVAIS pour son accompagnement sans faille, mais aussi pour son indéfectible soutien, sa patience et ses conseils. Plus qu'une superviseuse, tu as été mon bras droit tout au long de ce travail, allant du recrutement, de la relecture aux réflexions. Ma grande admiration et ma profonde reconnaissance ne s'essouffleront jamais. Merci pour tout.

Pour sa bienveillance, sa disponibilité et son expertise, c'est bien sûr ma promotrice, Christine BASTIN, que je ne remercierai jamais assez. Vous m'avez offert un encadrement à la fois souple et soutenant, me laissant la liberté d'avancer à mon rythme tout en restant présente. Vous m'avez invitée aux réunions d'équipe du CRC comme un membre déjà intégré. Vous m'avez accordé votre confiance dans ce projet et dans ceux à venir. Pour tout ça, merci infiniment.

Toute ma gratitude va également envers Renaud COPPALLE pour son rôle clé dans l'élaboration en amont et la mise en œuvre de ce projet. Ta créativité et ton travail le marquent indéniablement de ton empreinte. Malgré la frontière qui nous sépare, ton soutien m'a toujours accompagné de près, merci.

Je souhaite également mettre à l'honneur toutes ces personnes sans qui cet édifice n'aurait jamais vu le jour de cette manière. Merci à toi, David BAUDET, pour ta précieuse aide en statistiques, mais aussi, pour ta bonne humeur au CRC et ton accompagnement à la BAPS. Un grand merci également à Benjamin DEVILLE pour sa contribution dans le recrutement des participants et à Marie GEURTEN pour ses idées et ses encouragements.

Je remercie particulièrement mes lectrices, Françoise LEKEU et Sylvie WILLEMS, pour le temps et l'intérêt qu'elles accorderont à ce travail. Je vous souhaite déjà une agréable lecture.

Parce que sans eux, l'accomplissement de ce projet n'aurait simplement pas pu avoir lieu : merci à tous les participants avec qui j'ai pu partager un thé, un café, et même pour certains, un croque-monsieur. Je garde un bon souvenir de nos échanges riches en partages transgénérationnels.

L'aboutissement de ce mémoire marque la fin d'un long chemin, parsemé de doutes, de fiertés, de rencontres et d'amitiés. Je n'aurais pu arriver au bout sans le soutien de mes parents (papa, autant de merci que de pages imprimées), de mon frère et de ma famille. Merci à toutes celles et ceux que j'ai pu croiser et qui, de près ou de loin, ont contribué à mon développement professionnel, mais aussi personnel.

Et enfin, à toi, je te dédie cette réussite. Je sais que tu serais profondément fier de moi.

# Table des matières

<b>1</b>	<b>Introduction</b> .....	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Revue de la littérature</b> .....	<b>2</b>
2.1	Vieillessement cognitif et neurodégénérescence.....	2
2.1.1	Trajectoires du vieillissement cognitif .....	2
2.1.2	Stade préclinique.....	4
2.1.3	Stade prodromique .....	5
2.1.4	Stade démentiel .....	7
2.2	Troubles de la mémoire épisodique.....	8
2.2.1	Conception multiple de la mémoire .....	8
2.2.2	Définition de la mémoire épisodique .....	9
2.2.3	Processus en mémoire épisodique.....	9
2.2.4	Évaluation de la mémoire épisodique .....	10
2.2.5	Double processus de reconnaissance.....	11
2.3	Effets de la musique sur la mémoire .....	13
2.3.1	Musicothérapie : efficacité encore débattue.....	14
2.3.2	Bénéfice des mnémoniques musicaux sur la mémoire.....	15
2.3.3	Mécanismes sous-jacents des mnémoniques musicaux .....	19
2.4	Effets de la métacognition sur la mémoire.....	23
2.4.1	Cadre théorique de la métamémoire.....	23
2.4.2	Paradigmes d'évaluation du processus de monitoring .....	24
2.4.3	Précision des JOLs .....	25
2.4.4	Effet de réactivité des JOLs sur la mémoire.....	28
<b>3</b>	<b>Objectifs et hypothèses</b> .....	<b>32</b>
<b>4</b>	<b>Méthodologie</b> .....	<b>34</b>
4.1	Participants.....	34

4.2	Procédure.....	36
4.3	Description des épreuves et questionnaires.....	37
4.3.1	Batterie de tests neuropsychologiques .....	37
4.3.2	Questionnaires d'auto-évaluation.....	39
4.4	Description de la tâche expérimentale.....	40
4.4.1	Conception des stimuli .....	40
4.4.2	Déroulement de l'épreuve .....	41
<b>5</b>	<b>Résultats .....</b>	<b>43</b>
5.1	Analyses principales.....	43
5.1.1	Effet de la musique et du JOL sur les performances de reconnaissance .....	43
5.1.2	Relation entre les performances au RI-48 et l'effet de la musique .....	48
5.2	Analyses supplémentaires .....	48
5.2.1	Influence de l'expérience musicale sur les performances de reconnaissance du contenu général et spécifique .....	48
5.2.2	Lien entre les réponses aux JOLs et les performances de reconnaissance du contenu général .....	49
<b>6</b>	<b>Discussion .....</b>	<b>50</b>
6.1	Rappel des objectifs et de la méthodologie.....	50
6.2	Interprétation des résultats .....	51
6.2.1	Analyses principales.....	51
6.2.2	Analyses supplémentaires .....	54
6.3	Forces et limites méthodologiques.....	56
6.4	Perspectives futures et implications cliniques.....	59
6.5	Conclusion.....	60
<b>7</b>	<b>Références bibliographiques .....</b>	<b>62</b>
<b>8</b>	<b>Annexes .....</b>	<b>86</b>
<b>9</b>	<b>Résumé .....</b>	<b>100</b>

## Index des tableaux et figures

Figure 1 Graphe illustrant l'hypothèse du continuum de la démence, traduit de Jessen et al. (2014)	5
Figure 2 Modèle intégratif de l'effet des mnémoniques musicaux sur la mémoire proposé par Derks-Dijkman et al. (2023)	22
Figure 3 Illustration simplifiée de nos hypothèses principales	33
Figure 4 Ordre de passation des épreuves et questionnaires, avec la durée estimée de ceux-ci	36
Figure 5 Déroulement de la tâche expérimentale inspirée de Simmons-Stern et al. (2012)	41
Figure 6 Pourcentages moyens des hits aux questions sur le contenu général en fonction du groupe pour chaque modalité. Les barres d'erreur représentent l'intervalle de confiance à 95%	45
Figure 7 Pourcentages moyens des hits aux questions sur le contenu spécifique en fonction du groupe pour chaque modalité. Les barres d'erreur représentent l'intervalle de confiance à 95%	47
Figure 8 Corrélation entre le score z au RI-48 <sub>RD/RIM</sub> et l'indice de bénéfice de la musique	48
Figure 9 A. Moyenne des hits aux questions sur le contenu général pour chaque groupe, chaque modalité et chaque réponse aux JOLs. Les barres d'erreur représentent l'erreur standard de mesure autour de la moyenne. B. Moyennes des hits aux questions sur le contenu général en fonction des réponses aux JOLs et de leur temps réponse (TR)	49
Figure 10 A. Comparaison de la médiane des scores bruts à l'échelle MoCA dans les groupes contrôle et aMCI avec la répartition des scores individuels. B. Comparaison de la médiane des scores z au RI-48 RD/RIM dans les groupes contrôle et aMCI avec la répartition des scores individuels	89
Figure 11 Nuage de points des scores bruts à l'échelle MoCA et des scores z au RI-48 RD/RIM des participants des groupes contrôle et aMCI	89
Figure 12 A. Comparaison de la médiane des scores bruts au GDS-15 dans les groupes contrôle et aMCI avec la répartition des scores individuels. B. Comparaison de la médiane des scores bruts au STAI-Y-A (anxiété-état) dans les groupes contrôle et aMCI avec la répartition des scores individuels	90
Figure 13 Durée moyenne des extraits chantés et parlés par bloc	92
Figure 14 Pourcentages moyens des hits aux questions sur le contenu général en fonction du groupe, de la modalité et du JOL. Les barres d'erreur représentent l'intervalle de confiance à 95%	95

Figure 15 Pourcentages moyens des hits aux questions sur le contenu spécifique en fonction du groupe, de la modalité et du JOL. Les barres d'erreur représentent l'intervalle de confiance à 95%.	96
Figure 16 Pourcentage à chaque réponse JOL en fonction de la modalité des extraits.	97
Figure 17 Moyenne des hits aux questions sur le contenu général selon l'ordre de présentation des extraits à l'encodage segmentés en quartiles. Les barres d'erreur représentent l'erreur standard de mesure autour de la moyenne.	98
Figure 18 Pourcentage à chaque réponse aux JOLs en fonction de l'ordre de présentation des extraits à l'encodage segmentés en quartiles.	98
Figure 19 Moyenne et médiane des temps de réponse aux JOLs entre les groupes. Les barres d'erreur représentent l'intervalle de confiance à 95% autour de la moyenne.	99
Tableau 1 Mesures des connaissances métamnésiques (off-line) et des expériences métamnésiques (on-line) (Perrotin & Isingrini, 2010; Sunderaraman & Cosentino, 2017).	24
Tableau 2 Données démographiques et résultats à la MOCA et au RI-48.	35
Tableau 3 Moyennes des hits aux questions sur le contenu général en fonction du groupe et de la modalité.	45
Tableau 4 Moyennes des hits aux questions sur le contenu général en fonction du groupe et du JOL.	46
Tableau 5 Moyennes des hits aux questions sur le contenu spécifique en fonction du groupe et de la modalité.	46
Tableau 6 Moyennes des hits aux questions sur le contenu spécifique en fonction du groupe et du JOL.	47
Tableau 7 Données démographiques et moyennes des scores aux tests cognitifs et questionnaires (arrondies à deux décimales).	87
Tableau 8 Moyennes et écarts-types de la durée (en secondes) des stimuli chantés et parlés pour chaque bloc avec les résultats aux comparaisons post-hoc du test HSD de Tukey.	92
Tableau 9 Moyennes des hits aux questions sur le contenu général en fonction du groupe, de la modalité et du JOL.	95
Tableau 10 Moyennes des hits aux questions sur le contenu spécifique en fonction du groupe, de la modalité et du JOL.	96

# 1 INTRODUCTION

---

Selon l'Organisation Mondiale de la Santé (2023), plus de 55 millions de personnes dans le monde souffrent de démence, parmi lesquelles 60 à 70% sont atteintes de la maladie d'Alzheimer. Avec le vieillissement démographique, ce chiffre devrait tripler d'ici 2050, entraînant un fardeau socio-économique de plus en plus important (OMS, 2023).

Le déclin mnésique est l'une des premières manifestations de la maladie d'Alzheimer, s'installant des années avant le diagnostic (Dubois et al., 2016), tel que dans le « Trouble Cognitif Léger amnésique » (« amnesic Mild Cognitive Impairment », aMCI). En dépit de la relative préservation de l'autonomie à ce stade prodromique, la diminution de la qualité de vie (Stites et al., 2018) souligne la nécessité de développer des interventions précoces visant à améliorer ou maintenir le fonctionnement cognitif et le bien-être des patients.

Malgré les efforts de recherche déployés, les traitements pharmacologiques actuellement disponibles montrent des résultats décevants. Bien qu'ils puissent atténuer certains symptômes, leur efficacité clinique à long terme reste limitée (Berg-Weger & Stewart, 2017). Par conséquent, les thérapies alternatives non pharmacologiques suscitent un intérêt croissant. Ces interventions peuvent directement agir sur les difficultés cognitives et comportementales à l'origine des plaintes.

L'objectif de ce travail s'inscrit dans cette dynamique de soins en explorant l'efficacité de stratégies mnémoriques à partir de la musique et de la métacognition chez des patients diagnostiqués avec un aMCI. Dans une perspective plus large, nous espérons contribuer à la mise en place d'interventions innovantes et accessibles, qui pourraient parfaitement s'intégrer dans un programme de rééducation écologique et multidisciplinaire.

Tout d'abord, nous commencerons par vous exposer les données de la littérature qui ont éclairé le choix de nos hypothèses. Cette partie se scindera en quatre axes : (1) les différents stades du continuum de la maladie d'Alzheimer, (2) le fonctionnement de la mémoire épisodique, (3) l'impact de la musique sur la cognition et (4) l'intérêt d'une composante métacognitive pour pallier les déficits mnésiques. Après avoir présenté nos objectifs et hypothèses, nous détaillerons la méthodologie utilisée et les résultats obtenus. Enfin, nous terminerons par une discussion autour de ces résultats, nuancée par un recul critique et ouverte aux perspectives futures.

## 2 REVUE DE LA LITTÉRATURE

---

### 2.1 Vieillessement cognitif et neurodégénérescence

#### 2.1.1 Trajectoires du vieillissement cognitif

Les changements cognitifs liés à l'âge amènent le vieillissement à prendre plusieurs trajectoires, dont certaines convergent tôt ou tard vers un déclin cognitif inéluctable. Ce déclin suit les modifications cérébrales qui accompagnent l'avancée en âge, affectant principalement les réseaux neuronaux qui sous-tendent la mémoire (Bastin et al., 2013; Tromp et al., 2015).

La vitesse et la sévérité de la trajectoire varient d'un individu à l'autre. Indépendamment de la neurodégénérescence, certaines personnes âgées ne manifestent ni plaintes ni signes de détérioration cognitive. L'hétérogénéité qui caractérise le vieillissement cognitif ne dépend pas seulement de la variabilité structurelle et fonctionnelle du cerveau, mais également du niveau de « *réserve cognitive* », concept introduit par Stern (2002) pour désigner la plasticité et la compensation neuronales développées au cours de la vie qui permettent de contrecarrer les effets néfastes des changements cérébraux liés à l'âge (Bastin et al., 2013). Le vécu expérientiel expliquerait, en partie, ces différences interindividuelles, allant d'un octogénaire encore cognitivement alerte à un autre présentant des modifications cérébrales et cognitives qui peuvent précéder la survenue d'une maladie neurodégénérative (Bastin et al., 2013).

Cette réserve cognitive s'enrichit des expériences et des caractéristiques de vie, telles que le niveau d'éducation, les accomplissements professionnels, la qualité du réseau social, l'activité physique et la diversité des loisirs (Bastin et al., 2013). A contrario, certains facteurs de risque peuvent diminuer cette réserve cognitive, certains étant non modifiables (comme l'âge et le génotype APOE  $\epsilon 4$ <sup>1</sup>), mais d'autres, liés au mode de vie, sont transmuables (tels que le faible niveau d'études, le tabagisme, l'inactivité physique et mentale, l'hypertension, le diabète, etc.) (Dartigues et al., 2012; Dubois et al., 2016; Scheltens et al., 2016). Cette dernière catégorie de facteurs ouvre la voie à la prévention et à la sensibilisation (Scheltens et al., 2016). Il est en effet possible d'influencer positivement la trajectoire en atténuant les effets du vieillissement cognitif et le risque de démence.

---

<sup>1</sup> Les individus porteurs de l'allèle APOE  $\epsilon 4$  (apolipoprotéine  $\epsilon 4$ ) courent un risque plus élevé de développer la maladie d'Alzheimer, ce qui témoigne de l'influence de facteurs génétiques pour certaines formes (Dubois et al., 2016).

En-deçà d'un seuil critique, un haut niveau de réserve cognitive, autrement dit de « résistance » contre le déclin lié à l'âge, retarde l'apparition des premiers symptômes pour une même sévérité neuropathologique. À l'inverse, un faible niveau de réserve cognitive est corrélé à un risque plus élevé de déclin cognitif et de démence (Bastin et al., 2013; Tromp et al., 2015).

Cette trajectoire négative, figurant comme la première crainte de nombreux de nos aînés (Kogan & Edelstein, 2004), se caractérise dans le trouble neurocognitif majeur<sup>2</sup> par un décours progressif, d'apparition lente et insidieuse. Certaines manifestations cliniques et modifications neuropathologiques peuvent survenir une dizaine d'années avant le diagnostic de maladie d'Alzheimer (Dubois et al., 2016; Sperling et al., 2011), comme l'a montré une vaste étude de cohorte française (Dartigues et al., 2012).

*L'hypothèse du continuum de la démence* met ainsi l'accent sur une longue phase préclinique au cours de laquelle un dépistage précoce pourrait prévenir ou ralentir le déclin cognitif. Selon le Conseil Supérieur de la Santé (2016), il est essentiel d'établir un « diagnostic en temps opportun », qui tient compte à la fois des bénéfices en termes de prise en charge et des répercussions psychologiques associées à un tel présage. En regard de l'incertitude liée au pronostic, il est recommandé de ne divulguer le diagnostic qu'au franchissement d'un certain seuil de sévérité dans le processus neurodégénératif (Dubois et al., 2016).

C'est dans ce contexte que la catégorie diagnostique « Mild Cognitive Impairment » (MCI) s'est imposée dans la littérature, en réponse à la nécessité de développer une terminologie commune et de promouvoir un dépistage aussi précoce que possible. Cette catégorie s'inscrit comme une phase prodromique le long d'un continuum allant du vieillissement cognitif sain<sup>3</sup> vers la démence. Ce nouveau cadre nosologique apparaît néanmoins hétérogène et d'évolution instable, à tel point qu'un retour à un état cognitif stable, allant à contre-sens du continuum, est possible (Dubois et al., 2016). Dans les paragraphes qui suivent, nous aborderons les étapes qui scindent le continuum de la démence en trois stades : préclinique, prodromique et démentiel (Jessen et al., 2014).

---

<sup>2</sup> Nouvelle appellation adoptée par le DSM-V correspondant à la « démence » du DSM-IV.

<sup>3</sup> Par « sain », nous entendons « cognitivement sain » ou « sans déficience cognitive ».

### 2.1.2 Stade préclinique

Comme le mettent en évidence de larges études de cohorte, le processus physiopathologique de la maladie d'Alzheimer débute des années, voire des décennies, avant que le diagnostic clinique ne soit posé (Dartigues et al., 2012; Dubois et al., 2016; Sperling et al., 2011).

Parmi les signes avant-coureurs, les plaintes de mémoire qui, en l'état, ne restent que subjectives, peuvent représenter la première manifestation symptomatique de la maladie d'Alzheimer chez les personnes âgées (Dubois et al., 2016; Jessen et al., 2014; Jonker et al., 2000; Reisberg & Gauthier, 2008). Ces plaintes restent subjectives, car aucune évaluation neuropsychologique n'est suffisamment sensible pour les corroborer, mais elles ne doivent pas être négligées. Près d'un quart des personnes âgées en ferait l'expérience (Röhr et al., 2020), ce que Reisberg et al. (1982) ont défini sous le terme de « *Subjective Cognitive Decline* » (SCD), ou Déclin Cognitif Subjectif.

Par définition, le SCD se caractérise par l'auto-perception subjective d'un déclin cognitif, inquiétant et persistant, mais qui n'est pas mis en évidence par une évaluation neuropsychologique (Jessen et al., 2014). Bien qu'un bilan sans trouble soit rassurant, ces plaintes cognitives – généralement mnésiques (Scharre, 2019) – représentent un facteur de risque de démence. Des examens de neuroimagerie permettent parfois de déceler des changements structurels et fonctionnels, particulièrement au niveau du lobe temporal interne (Reisberg & Gauthier, 2008). À ce stade, en dépit des discrètes modifications neuropathologiques et des plaintes rapportées, la compensation fonctionnelle reste suffisante pour maintenir des performances intactes aux tests cognitifs (Jessen et al., 2014).

Malgré les efforts de terminologie, les frontières de cette condition clinique restent floues. À l'heure actuelle, c'est une définition sensible et potentiellement trop inclusive, à haut risque de faux positifs, qui est privilégiée (Jessen et al., 2014). Plusieurs études montrent qu'une plainte subjective de mémoire peut être l'expression d'un état dépressif ou anxieux (Balash et al., 2013; Rock et al., 2014; Schweizer et al., 2018; Zimprich et al., 2003), de traits de personnalité ou, plus simplement, du vieillissement cognitif normal (Jessen et al., 2014). En raison de l'hétérogénéité étiologique, le SCD ne peut, à lui seul, être considéré comme un critère suffisant pour déterminer avec certitude un stade préclinique de la maladie d'Alzheimer (Jessen et al., 2014). Par ailleurs, il existe également un faible risque de déclin cognitif chez les personnes n'ayant jamais exprimé de plaintes, c'est-à-dire sans SCD (Dubois et al., 2016).

Pour atténuer ce flou conceptuel, étiologique et pronostic, l'inclusion de critères supplémentaires dans une nouvelle catégorie, nommée le « SCD + », prédit un risque plus élevé de transition vers la maladie d'Alzheimer. Cette catégorie se définit par l'expérience subjective d'un déclin cognitif récent (dans les cinq dernières années), incluant au moins une plainte touchant la mémoire épisodique. L'individu, grandement préoccupé par ce déclin, estime que ses capacités cognitives sont inférieures à celles de ses pairs du même âge (Jessen et al., 2014). Le « SCD + » n'est qu'une extension affinée du SCD. L'absence d'objectivation psychométrique reste le critère distinctif qui sépare ces deux états du MCI. La figure 1 ci-dessous illustre le passage des stades précliniques à la démence, en accord avec l'hypothèse du continuum de la démence.

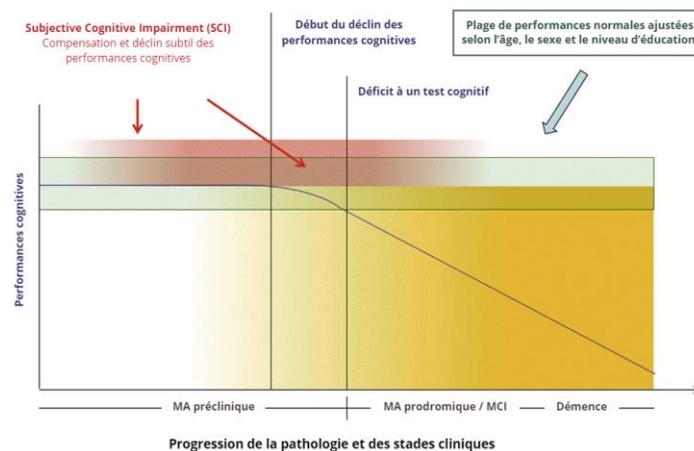


Figure 1 Graphe illustrant l'hypothèse du continuum de la démence, traduit de Jessen et al. (2014)

### 2.1.3 Stade prodromique

Le « *Mild Cognitive Impairment* » (MCI), ou Trouble Cognitif Léger, définit un stade appelé « prodromique »<sup>4</sup> dans lequel les efforts compensatoires mis en place par l'individu ou fournis par sa réserve cognitive ne suffisent plus à masquer le déclin aux tests cognitifs, mais dont la sévérité reste insuffisante pour se répercuter sur les activités de la vie quotidienne (S. Gauthier et al., 2006; Petersen, 2004). Ainsi, les plaintes rapportées par le patient sont objectivées par une évaluation neuropsychologique. Dans un premier temps, c'est souvent un screening cognitif, rapide et suffisamment sensible, qui permet de détecter une altération dans un ou plusieurs domaines (Scharre, 2019), corroborant les plaintes du patient et l'hétéro-anamnèse.

<sup>4</sup> Les termes « préclinique » et « prodromique » sont souvent confondus dans la littérature. Pour définir le MCI, nous préférons le terme « prodromique » car il met l'accent sur la phase de transition où les symptômes commencent à se manifester de manière perceptible, accroissant la probabilité de développer la pathologie.

Généralement, c'est la mémoire qui est la plus touchée. L'entourage du patient peut alors observer des oublis fréquents, comme la tendance à égarer ses objets ou à poser plusieurs fois la même question (Scharre, 2019). Lorsque ces déficits mnésiques co-existent avec d'autres altérations cognitives, notamment exécutives, on parle de *MCI à domaines multiples* (Petersen, 2004). En revanche, si l'atteinte est circonscrite à la mémoire, on préfère le terme de *MCI amnésique* (aMCI) (Petersen, 2004). Enfin, l'atteinte d'une fonction cognitive non-mnésique isolée porte le nom de *MCI non-amnésique à domaine unique* (Petersen, 2004). Ces trois sous-types de MCI rendent compte de l'hétérogénéité des profils cliniques, étiologiques et évolutifs.

Comme le montrent les études longitudinales, les patients atteints de MCI représentent une population à risque de démence (Dartigues et al., 2012; Petersen, 2004; Petersen et al., 1999). La progression dépendrait du sous-type de MCI, ce qui signifie, en d'autres termes, que l'étiologie prédit le pronostic. D'un point de vue neuropathologique, l'aMCI est associé à une atrophie hippocampique accompagnée d'enchevêtrements neurofibrillaires au niveau du lobe temporal interne (Petersen et al., 2001), qu'on retrouve dans la maladie d'Alzheimer. Le risque d'évolution péjorative chez les aMCI est de 10 à 15% par an, contre 1 à 2% pour les personnes âgées en bonne santé (Petersen et al., 1999). L'aMCI représente donc une phase prodromique de la maladie d'Alzheimer, tant sur le plan symptomatique que neuropathologique, tandis que les autres sous-types de MCI sont plus susceptibles de dévier vers un syndrome démentiel non lié à la maladie d'Alzheimer (S. Gauthier et al., 2006; Petersen, 2004). La réversibilité est également une issue possible, avec une stabilité cognitive ou un retour au fonctionnement antérieur (S. Gauthier et al., 2006).

En résumé, le MCI est un état transitionnel inscrit le long d'un continuum entre le vieillissement cognitif sain et pathologique (Petersen, 2004; Petersen et al., 2001). La frontière qui sépare le MCI et le stade plus avancé de démence repose sur le degré d'autonomie fonctionnelle (McKhann et al., 2011). Le MCI est synonyme de déclin cognitif léger, mais sans démence, c'est-à-dire sans perte d'autonomie. Toutefois, la préservation de l'autonomie ne garantit pas une qualité de vie satisfaisante (Stites et al., 2018), d'où la nécessité de développer des prises en charge ciblées pour cette population.

### 2.1.4 Stade démentiel

Le troisième stade du continuum de la démence, si la réversibilité n'a pas eu lieu, se définit par une perte progressive d'autonomie. La maladie d'Alzheimer, qui représente la principale cause de démence (Scheltens et al., 2016), se manifeste par un début lent et insidieux, comprenant deux stades précliniques susceptibles de prédire son apparition (voir supra).

Depuis sa description princeps par Aloïs Alzheimer (1864-1915) au début du siècle dernier et l'introduction des premiers critères diagnostiques en 1984, le cadre sémiologique de la maladie d'Alzheimer s'est grandement affiné, en dépit de la persistance d'incertitudes. La *National Institute on Aging and the Alzheimer's Association* (NIA-AA) considère que le diagnostic est probable si une évaluation neuropsychologique révèle une altération d'au moins deux fonctions cognitives, dont la mémoire, en excluant toute autre étiologie possible, chez une personne âgée de 40 à 90 ans (McKhann et al., 2011). Le diagnostic peut être renforcé par la présence d'antécédents familiaux, l'apparition d'un syndrome aphaso-apraxo-agnosique avec répercussion fonctionnelle et comportementale ou encore les résultats d'examens biologiques (McKhann et al., 2011), même s'il ne sera jamais définitif du vivant de la personne. En effet, bien que ces critères offrent un langage commun aux professionnels de la santé et facilitent le diagnostic, environ un quart des diagnostics est susceptible de se révéler erroné après autopsie post-mortem (Qian et al., 2016).

L'avènement des techniques de neuroimagerie a confirmé les premières observations anatomocliniques d'Aloïs Alzheimer. Outre la perte neuronale et synaptique diffuse, deux lésions cérébrales microscopiques sont spécifiques à la maladie d'Alzheimer : les plaques séniles extracellulaires et les enchevêtrements neurofibrillaires intracellulaires qui découlent, respectivement, de l'accumulation de protéines bêta-amyloïdes (A $\beta$ ) et de protéines tau hyperphosphorylées (Jack et al., 2018; Scheltens et al., 2016; Tromp et al., 2015). Sans compter la grande variabilité inter-individuelle, la distribution des enchevêtrements neurofibrillaires suit grossièrement une progression postéro-antérieure, d'abord prédominante dans le lobe temporal interne, les régions hippocampiques et parahippocampiques, avant de s'étendre au néocortex puis aux noyaux sous-corticaux, au tronc cérébral et au cervelet (Tromp et al., 2015).

D'un point de vue anatomoclinique, l'atteinte hippocampique primaire est cohérente avec les déficits mnésiques observés dans la forme typique de la maladie d'Alzheimer et qui constituent d'ailleurs le symptôme au cœur des classifications diagnostiques (McKhann et al., 2011). Les difficultés de mémoire représentent en effet l'une des premières manifestations de la maladie d'Alzheimer (Tromp et al., 2015), bien que celles-ci soient généralement accompagnées de troubles exécutifs (Guarino et al., 2019) et attentionnels (Collette & Van der Linden, 2002) qui, de concert, interfèrent avec les activités de la vie quotidienne. Dans la section suivante, nous verrons que l'atteinte mnésique n'est pas uniforme.

## **2.2 Troubles de la mémoire épisodique**

### **2.2.1 Conception multiple de la mémoire**

Depuis la découverte de dissociations et de doubles dissociations vers la seconde moitié du 20<sup>ème</sup> siècle (Squire & Zola-Morgan, 1988; Tulving, 1985), la conception multiple des systèmes mnésiques fait quasi l'unanimité dans la littérature. Celle-ci se fonde notamment sur les différences de durée de stockage de la trace mnésique, qui reste imprégnée soit de manière très brève, à peine quelques secondes, soit de façon permanente, voire indélébile. Cette distinction correspond respectivement à la mémoire à court terme (ou mémoire de travail) et la mémoire à long terme.

Parmi les systèmes de mémoire à long terme, on distingue d'une part la mémoire explicite, qui nécessite un rappel conscient de souvenirs personnels (i.e. mémoire épisodique) ou de faits généraux (i.e. mémoire sémantique), et d'autre part, la mémoire implicite, qui repose sur l'apprentissage d'habiletés perceptivo-motrices et cognitives (i.e. mémoire procédurale) (Tromp et al., 2015). À l'instar de la dissociation entre processus contrôlés et automatiques (Adam, 2007), la mémoire explicite apparaît vulnérable au vieillissement sain et pathologique, tandis que la mémoire implicite semble relativement épargnée (Tromp et al., 2015). Autrement dit, à des proportions variables, les mémoires épisodique et sémantique sont plus sévèrement et précocement altérées, à l'inverse de la mémoire procédurale qui semble plus résistante aux effets de l'âge (Adam, 2007).

Dans le cadre de ce mémoire, nous nous limiterons à décrire la mémoire épisodique, qui représente le premier système mnésique à décliner avec l'avancée en âge (Tromp et al., 2015). Dans la maladie d'Alzheimer, l'amnésie épisodique est décrite comme antérograde, puisqu'elle touche les événements de vie récents, laissant les expériences anciennes relativement épargnées.

## 2.2.2 Définition de la mémoire épisodique

D'un point de vue conceptuel, la *mémoire épisodique* fait partie de la mémoire explicite (ou déclarative) aux côtés de la mémoire sémantique. Elle offre l'opportunité de revivre mentalement des expériences passées, personnellement vécues, dans leur contexte spatio-temporel (i.e. quand, où, comment) mais aussi perceptif, sensoriel et émotionnel (Tulving, 1985). À titre d'exemple, vous souvenir de la sensation du sucre perlé qui fond sur votre langue, de l'arrière-goût de cannelle qui éveille vos papilles et de la pâte briochée qui colle entre vos dents, le jour où vous avez goûté votre première gaufre de Liège lors d'une matinée pluvieuse en Outremer<sup>5</sup>, fait appel à votre mémoire épisodique. En revanche, savoir que la gaufre de Liège est une spécialité typiquement belge, au même titre que les frites et le chocolat, est une information factuelle, abstraite, impersonnelle et universelle à laquelle vous n'avez probablement aucun souvenir explicite du moment et du lieu où vous l'avez apprise. Cette information dite « décontextualisée » appartient à votre *mémoire sémantique*, qui constitue votre bagage de connaissances générales sur le monde.

## 2.2.3 Processus en mémoire épisodique

La création d'un souvenir ou la mémorisation d'une information en mémoire épisodique dépend de l'intégrité de processus impliqués dans l'encodage, le stockage et la récupération, qui seraient chacun, à des degrés divers, altérés par le vieillissement sain ou pathologique (pour deux revues, voir Ergis & Eusop-Roussel, 2008; Tromp et al., 2015).

Au moment de l'*encodage*, l'information est convertie en une trace mnésique, c'est-à-dire sous forme d'une représentation mentale, dont la force et la durabilité dépendront de la profondeur du traitement ( Craik & Lockhart, 1972). Chaque entrée sensorielle est traitée par les aires cérébrales qui y sont dédiées, c'est-à-dire visuelles, olfactives ou auditives, avant qu'elles ne convergent vers le lobe temporal interne (Tromp et al., 2015). Par un processus d'assemblage (« binding ») qui se déroule au niveau de l'hippocampe, les différents traits constitutifs sont réunis pour former une représentation cohérente du souvenir (Bastin et al., 2019; Tromp et al., 2015; Van der Linden, 2003). Pour se différencier des autres, celui-ci est rendu distinctif par un processus de séparation de patterns (Van der Linden, 2003).

---

<sup>5</sup> Pour ceux qui passent par ici, et à qui j'aurais malencontreusement ouvert l'appétit, je vous conseille la Maison Massin.

Il arrive que l'information encodée ne résiste pas au passage du temps. Pour s'imprimer en mémoire de façon durable, la **consolidation** permet de stocker une trace riche et intégrée du souvenir. À nouveau, l'hippocampe joue un rôle majeur dans le stockage de l'information en mémoire. Celui-ci est facilité par le contenu émotionnel qui recrute l'amygdale (Tromp et al., 2015).

De ces mécanismes d'encodage et de stockage dépend la qualité de la **récupération**. En réalité, l'extraction du souvenir n'est pas une copie conforme de celui-ci, mais plutôt une reconstruction à partir de ses différents traits constitutifs. À l'image d'un puzzle, ceux-ci seront assemblés morceau par morceau pour former la trace mnésique, c'est ce qu'on appelle le processus de complètement de pattern (Van der Linden, 2003). Les conditions d'encodage et son contexte peuvent servir d'indices pour une récupération future. Au niveau neuronal, la récupération d'un souvenir réactive l'hippocampe, qui mobilise à son tour les aires sensorielles impliquées lors de la formation du souvenir (visuelles, olfactives et auditives) (Bastin et al., 2019; Tromp et al., 2015).

Si on admet qu'une information peut être stockée sans être récupérée, une trace mnésique peut être à la fois disponible sans être directement accessible à la conscience. L'émergence du souvenir dépend d'indices susceptibles de stimuler la récupération. Lorsqu'il existe un recouvrement suffisant entre ces indices et la trace mnésique, la réactivation du souvenir est rapide et automatique grâce à un processus associatif. Cependant, dans certains cas, il se peut que l'accès au souvenir nécessite de générer un contexte de récupération approprié au moyen d'une recherche active et délibérée par l'intermédiaire de processus stratégiques de nature exécutive (Van der Linden, 2003).

## **2.2.4 Évaluation de la mémoire épisodique**

L'évaluation de la mémoire épisodique s'entreprind généralement au moyen de tâches de rappel scindées en deux temps : une phase d'encodage, au cours de laquelle l'expérimentateur présente la liste des items à mémoriser, suivie d'une phase de récupération (immédiate ou différée), au cours de laquelle le sujet doit restituer un maximum d'items, soit de manière libre, soit à partir d'indices.

La distinction entre **rappels libre et indicé** repose sur l'implication de processus de récupération stratégique pour le premier, tandis que le second ne requiert pas – ou peu – de recherche active et cognitivement coûteuse (Van der Linden, 2014). L'absence de bénéfice lié à l'indication (i.e. lors du rappel indicé par rapport au rappel libre) suggère un déficit d'encodage, considéré comme un bon prédicteur de progression vers la maladie d'Alzheimer (Van der Linden et al., 2004).

Il existe aussi les *tâches de reconnaissance*, dans lesquelles les participants doivent juger du caractère ancien ou nouveau de l'information, c'est-à-dire si celle-ci a été présentée ou non lors de la phase d'encodage. La reconnaissance peut aller d'un souvenir vague et imprécis à un souvenir vif et détaillé. Cette distinction fait référence aux processus de familiarité et de recollection (Yonelinas, 2002), dont l'intégrité peut notamment être mesurée par la procédure Remember/Know (R/K) (Gardiner, 1988). Ce type de paradigme évalue la richesse du souvenir subjectif à travers l'évaluation introspective faite par le sujet lui-même. Face à une information identifiée comme « ancienne », la réponse « know » reflète le sentiment de l'avoir déjà rencontrée, sans récupération de son contexte d'encodage (i.e. familiarité), alors que la réponse « remember » reflète la remémoration consciente de l'avoir déjà vue, avec récupération du contexte d'encodage (i.e. recollection) (pour une revue, voir Besson et al., 2012).

### **2.2.5 Double processus de reconnaissance**

Les théories dominantes postulent que la reconnaissance d'une information épisodique implique deux processus mnésiques indépendants mais en interaction (Bastin et al., 2019). D'une part, la *familiarité* fait référence à un sentiment de « déjà-vu » procuré par un souvenir vague et imprécis, relativement automatique (Yonelinas, 2002). D'autre part, la *recollection* désigne la récupération consciente et délibérée d'un événement spécifique, y compris de son contexte d'encodage (spatial, temporel, émotionnel) (Yonelinas, 2002). Ainsi, la distinction conceptuelle entre recollection et familiarité repose sur la capacité ou non à se remémorer des détails contextuels.

Au niveau cérébral, ces processus diffèrent par l'activation de régions relativement distinctes au sein du lobe temporal interne. Bien que cette conception fragmentée soit remise en question (voir modèle intégratif de Bastin et al., 2019), Koen & Yonelinas (2014) considèrent la structure hippocampique comme essentielle à la recollection, tandis que la familiarité dépendrait des cortex périrhinal, entorhinal et parahippocampique.

La réduction volumétrique de l'hippocampe avec l'âge est cohérente avec l'altération du processus de recollection dans le vieillissement cognitif sain, le MCI et la maladie d'Alzheimer (Koen & Yonelinas, 2014). Comme nous l'avons vu précédemment, l'hippocampe est recruté à chaque étape de mémorisation : de l'encodage (processus d'assemblage) à la récupération (processus de complètement de pattern) en passant par la consolidation (Bastin et al., 2019; Tromp et al., 2015). Il représente en outre une structure essentielle à la mémorisation des détails (Bastin et al., 2019).

Dans un contexte neuropathologique, c'est un autre pattern de lésions qui est observé. Conformément aux stades neuropathologiques de Braak & Braak (1991), les régions entorhinale et périrhinale, qui sous-tendent plutôt le processus de familiarité, font partie des premières cibles des enchevêtrements neurofibrillaires de protéines  $\beta$ -amyloïdes avant qu'ils n'atteignent l'hippocampe (Bastin et al., 2019; Schoemaker et al., 2014). On pourrait ainsi s'attendre à observer une perturbation précoce du processus de familiarité avec la progression neurodégénérative, mais certaines données soutiennent, à l'inverse, sa relative préservation (Koen & Yonelinas, 2014; Schoemaker et al., 2014; Simon & Bastin, 2015). Alors qu'il apparaît relativement univoque que le processus de familiarité soit altéré dans les stades avancés de la maladie d'Alzheimer, la littérature se heurte à un manque de consensus pour les stades prédéméntiels.

Ces controverses pourraient provenir des divergences méthodologiques ainsi que de la variabilité des populations MCI étudiées (Koen & Yonelinas, 2014; Simon & Bastin, 2015). Les recherches dont l'échantillon regroupe des patients aMCI à domaine isolé et à domaines multiples rapportent des déficits de familiarité, contrairement à celles dont l'échantillon n'inclut que des patients aMCI avec un trouble mnésique isolé (Koen & Yonelinas, 2014; Schoemaker et al., 2014; Simon & Bastin, 2015). De façon analogue, un déclin cognitif plus important, traduit par un score MMSE<sup>6</sup> plus faible, serait associé à un risque plus élevé de familiarité altérée (Schoemaker et al., 2014).

Simon et Bastin (2015) défendent également l'idée selon laquelle la familiarité est un processus complexe, sous-tendu par différents mécanismes pouvant être sélectivement altérés dans le vieillissement pathologique. Le sentiment de familiarité se fonde en premier lieu sur l'heuristique de fluence, se référant à la facilité (ou la rapidité) avec laquelle un stimulus pré-exposé est traité. Chez les individus sains, cette fluidité de traitement est interprétée comme le signe d'une exposition antérieure (indépendamment de la clarté perceptive du stimulus) via des processus d'attribution, puis est suivie d'un processus de monitoring basé sur des connaissances métacognitives.

---

<sup>6</sup> Le Mini Mental State Examination (MMSE) (Folstein et al., 1975) est un outil de screening cognitif réputé pour sa facilité et sa rapidité d'administration dans le dépistage de la maladie d'Alzheimer.

Chez les patients amnésiques, la multiplicité des erreurs mnésiques peut les amener à attribuer la fluidité de traitement à une source externe, comme la saillance des stimuli, qu'ils peuvent interpréter comme le signe d'une préexposition (Geurten & Willems, 2017). Leurs oublis peuvent également avoir modifié leurs connaissances métamnésiques (Bastin et al., 2019). Dans le MCI, les mécanismes rapides et précoces de la familiarité, tels que la fluidité de traitement, seraient relativement préservés, à l'inverse des processus de monitoring plus tardifs (Bastin et al., 2019; Simon & Bastin, 2015).

En résumé, les processus de recollection et de familiarité seraient différemment affectés dans le vieillissement cognitif sain et dans le décours évolutif de la maladie d'Alzheimer. Alors que la recollection est altérée dès l'avancée en âge, l'affaiblissement de la familiarité semble ne survenir qu'aux stades avancés de détérioration cognitive (Schoemaker et al., 2014). Étant donné que les régions entorhinale et périrhinale subissent des dommages neuropathologiques plus tôt que l'hippocampe dans la progression vers la maladie d'Alzheimer, nous pourrions penser que l'altération de la familiarité est un marqueur distinctif du MCI par rapport au vieillissement cognitif sain (Schoemaker et al., 2014). La familiarité semble préservée dans le vieillissement cognitif sain, mais les résultats dans la littérature restent mitigés pour le MCI.

En enrichissant l'encodage, nous verrons qu'il est possible d'agir sur les processus de familiarité et de recollection pour pallier les déficits de reconnaissance. Dans les pages qui suivent, nous vous présenterons les données empiriques qui ont éclairé les objectifs et hypothèses de notre étude concernant les effets de la musique et de la métacognition sur la mémoire épisodique.

## **2.3 Effets de la musique sur la mémoire**

La musique a traversé les époques et les cultures et, d'un point de vue ontogénétique, elle parcourt toute la vie d'un individu, de sa prime enfance jusqu'à la vieillesse. La musique cumule de nombreux bienfaits, tant émotionnels, sociaux, moteurs et cognitifs, qui profitent aux personnes âgées ou démentes (pour une revue, voir Särkämö, 2018). Son pouvoir sensoriel est source de plaisir, confort, épanouissement et bien-être (Särkämö, 2018).

Plus surprenant encore, une étude de cohorte prospective chez des personnes âgées saines (Verghese et al., 2003) et un essai contrôle randomisé chez des patients MCI (Doi et al., 2017) montrent que la participation à des activités de loisirs en lien avec la musique, comme jouer d'un instrument ou faire de la danse, peut retarder la progression vers une démence, notamment en renforçant la réserve cognitive. De nombreuses revues systématiques se sont penchées sur les effets de la musicothérapie, mais celles-ci peinent encore à trouver un consensus.

### **2.3.1 Musicothérapie : efficacité encore débattue**

La musicothérapie, telle que définie par l'American Music Therapy Association (s. d.), est une intervention clinique ou éducative fondée sur des preuves empiriques et dispensée par un musicothérapeute certifié<sup>7</sup>. Dans le contexte de la démence, la musicothérapie semble bénéfique, au moins à court terme, dans le soulagement des troubles comportementaux et psychologiques, tels que l'agitation, l'agressivité, l'anxiété et la dépression (Aleixo et al., 2017; Guetin et al., 2013; McDermott et al., 2013).

S'inscrivant dans le sillage de l'« effet Mozart » (Rauscher et al., 1993), populaire depuis que Johnson et al. (1998) ont rapporté une amélioration temporaire de l'intelligence chez un patient atteint de la maladie d'Alzheimer après l'écoute d'une sonate pour piano de Mozart, de nombreux chercheurs et cliniciens se sont accrochés à l'idée que les bienfaits de la musique peuvent s'étendre à la sphère cognitive. Alors que certains attribuent cet effet à la neuromodulation corticale (Johnson et al., 1998; C.-H. Li et al., 2015), il est désormais reconnu que l'effet Mozart est davantage lié à l'humeur et l'excitation suscitées par le plaisir d'écouter de la musique (Bleibel et al., 2023; Derks-Dijkman et al., 2023). Autrement dit, l'optimisation cognitive que procure la musique classique aurait un impact « hédonique » plutôt qu'une influence sur la configuration neuronale.

L'utilisation de la musicothérapie – au sens large – comme technique de rééducation cognitive chez des individus atteints de démence demeure toujours un sujet à débat. Des revues systématiques d'essais contrôlés randomisés oscillent entre des preuves peu concluantes (Van der Steen et al., 2018) et des perspectives plus prometteuses (Bleibel et al., 2023).

---

<sup>7</sup> Aux États-Unis, le titre de musicothérapeute certifié est obtenu par la réussite de l'épreuve du Certification Board for Music Therapists, à renouveler tous les cinq ans (CBMT, 2024). En Belgique et en France, la formation au métier de musicothérapeute est proposée dans plusieurs écoles et universités.

Les limites méthodologiques et la variété des approches rendent l'examen de la littérature complexe et peuvent expliquer les controverses (Aleixo et al., 2017; Guetin et al., 2013). En particulier, la faible taille d'échantillon, le degré de sévérité des troubles cognitifs, le choix du répertoire musical (en accord avec les préférences du patient ou non), le niveau d'implication du patient, la durée de l'intervention, le format de la thérapie (collectif ou individuel) sont autant de modérateurs qui peuvent influencer les résultats. Par exemple, les interventions musicales dites « actives », telles que l'improvisation, le chant ou la danse, présentent généralement de meilleurs résultats que les interventions « réceptives » (i.e. passives), basées sur l'écoute de la musique en direct ou pré-enregistrée (Bleibel et al., 2023).

Plusieurs recherches ne trouvent que peu ou pas d'effet des interventions musicales sur la cognition chez les personnes atteintes de démence (Van der Steen et al., 2018). Par conséquent, il reste à ce jour difficile d'affirmer fermement que la musique améliore le fonctionnement cognitif ou même ralentit la progression du déclin cognitif. Il est néanmoins raisonnable de penser que les effets bénéfiques s'amenuisent au fil de l'évolution du processus neurodégénératif. Dès lors, la question de l'efficacité de la musicothérapie chez les individus présentant un MCI reste ouverte. De façon optimiste, la musique, intégrée dans un programme d'intervention actif ou passif, est associée à des effets potentiellement positifs sur les symptômes cognitifs du MCI (pour une revue, voir Jordan et al., 2022).

Dans le cadre de ce mémoire, nous nous limiterons à décrire l'effet des *mnémoniques musicaux*, désignant la présentation chantée d'informations (Derks-Dijkman et al., 2023), qui entre donc dans le champ des interventions réceptives. Étant donné le manque d'études chez des populations MCI, nous présenterons plusieurs résultats chez les personnes âgées saines ou atteintes de la maladie d'Alzheimer, puisque le MCI se situe entre ces deux pôles du continuum.

### **2.3.2 Bénéfice des mnémoniques musicaux sur la mémoire**

Dans les domaines éducatifs et thérapeutiques, la musique se révèle être un bon outil d'apprentissage, dépassant le simple divertissement pour s'intégrer comme soutien à la mémorisation. Il suffit que je vous prononce « *Et les trois dernières lettres sont X, Y et Z* » pour raviver en vous la mélodie familière qui accompagnait l'apprentissage de l'alphabet à l'école primaire (Derks-Dijkman et al., 2023). Cet exemple commun illustre le pouvoir de la musique sur la mémoire, qui peut persister plusieurs années.

Au-delà de l'apprentissage scolaire, de plus en plus de chercheurs s'intéressent désormais à la pertinence clinique de la musique dans la rééducation de la mémoire épisodique chez des patients déments. Prickett & Moore (1991) sont les premiers à avoir inauguré cette voie de recherche, en s'apercevant que des patients avec un diagnostic probable de maladie d'Alzheimer se souviennent nettement mieux des paroles de chansons connues de longue date comparativement à des nouvelles chansons, des poèmes simples ou des mots familiers. En dépit de ses limites méthodologiques, cette étude pionnière a permis de jeter les bases de la musicothérapie étayée de données probantes, qui constitue aujourd'hui un domaine d'investigation en pleine croissance.

Ce n'est que 20 ans plus tard que Simmons-Stern et al. (2010) ont mis en lumière l'avantage des mnémoniques musicaux dans la maladie d'Alzheimer. Après une phase d'apprentissage, les patients sont parvenus à reconnaître des paroles de chansons pour enfants lorsqu'ils les ont précédemment entendues en version chantée plutôt que parlée lors de l'encodage. Alors que les auteurs s'attendaient à des résultats similaires chez les personnes âgées saines, aucune amélioration due aux mnémoniques musicaux n'a été observée dans ce groupe (i.e. contrôle), probablement car leurs performances mnésiques étaient déjà suffisamment élevées. Dans une autre étude, même avec l'installation d'un délai d'une semaine destiné à induire une baisse des performances globales, les personnes âgées saines n'ont montré aucun avantage de l'encodage musical sur la reconnaissance ultérieure (Deason et al., 2012). C'est même la tendance inverse qui a été observée, avec une meilleure reconnaissance moyenne pour les stimuli parlés que chantés.

Deason et al., (2012) ont suggéré de comprendre cette différence entre les participants sains et déments à la lumière du modèle à double processus de la reconnaissance de Yonelinas (2002). Le processus de recollection étant largement déficitaire dans la maladie d'Alzheimer, la reconnaissance serait préférentiellement fondée sur le processus de familiarité, qui est également altéré, mais moins sévèrement. Ainsi, en émettant l'hypothèse que l'encodage musical favorise davantage la familiarité plutôt que la recollection, les auteurs fournissent des arguments permettant d'expliquer pourquoi l'amélioration n'est constatée que chez les patients atteints de la maladie d'Alzheimer. Les personnes âgées saines n'auraient pas besoin d'une présentation chantée pour améliorer leurs performances, déjà suffisamment satisfaisantes.

Dans la lignée de ce raisonnement, Simmons-Stern et al. (2012) ont comparé l'effet des mnémoniques musicaux sur les processus de familiarité et de recollection. Ce ne sont plus des comptines pour enfants qu'ils ont fait écouter, mais des situations basées sur des activités instrumentales de la vie quotidienne (telles que la prise des médicaments, les tâches ménagères, la gestion financière, etc.). À travers cette approche plus écologique, ils ont observé que la reconnaissance du contenu général (e.g., médicaments), supposée être basée sur le processus de familiarité, était meilleure pour les extraits chantés par rapport aux extraits parlés.

En revanche, ils n'ont constaté aucun avantage de la présentation chantée sur la reconnaissance du contenu spécifique (e.g., remplir le pilulier pour médicaments) qui, bien que faisant également intervenir le processus de familiarité, reposerait essentiellement sur celui de recollection. Contrairement à leur étude précédente, les mnémoniques musicaux bénéficiaient aussi aux personnes âgées saines pour la reconnaissance du contenu général.

Bien que leur méthodologie diffère, Palisson et al., (2015) ont remis en question ce point de vue en considérant que la musique améliore aussi la recollection, après avoir constaté de meilleures performances dans une tâche de rappel libre pour des textes chantés comparés à des textes parlés. Le rappel libre repose sur l'implication de processus de récupération stratégique qui font appel au processus de recollection (Van der Linden, 2014; Yonelinas, 2002). La manipulation de l'encodage en tant que soutien à la familiarité ou à la recollection reste donc encore une question à élucider.

Malgré le flou théorique, plusieurs auteurs s'accordent à dire que la musique est une piste d'intervention intéressante dans la rééducation de la mémoire chez des patients atteints de la maladie d'Alzheimer (Derks-Dijkman et al., 2023; Prickett & Moore, 1991; Simmons-Stern et al., 2010, 2012), même après un délai de 10 minutes (Moussard et al., 2014) ou de 24 heures (Ratovohery et al., 2019). À ce jour, huit études sur neuf rapportent des effets positifs des mnémoniques musicaux sur la mémoire épisodique dans la maladie d'Alzheimer (pour une revue, voir Derks-Dijkman et al., 2023).

Au contraire, chez les personnes âgées saines, les arguments sont plus mitigés. Selon certains auteurs, l'encodage musical favoriserait essentiellement le processus de familiarité plutôt que celui de recollection (Simmons-Stern et al., 2012), ce qui expliquerait pourquoi la présentation chantée ne profite pas toujours aux personnes âgées saines, chez qui les performances atteindraient rapidement un effet plafond auquel renforcer le processus de familiarité ne suffirait pas (Baird et al., 2017; Deason et al., 2012). Toutefois, cet argument ne tient pas face aux découvertes de Simmons-Stern et al. (2012) selon lesquelles le bénéfice des mnémoniques musicaux peut également s'étendre au groupe contrôle de participants âgés sains pour la reconnaissance du contenu général, supposé reposer davantage sur le processus de familiarité.

Ce manque de consensus serait en partie imputable à la diversité des matériels musicaux utilisés, qui peut varier notamment selon la familiarité de la mélodie (Moussard et al., 2014) ou la valence émotionnelle des extraits (Ratovohery et al., 2018). Par exemple, Moussard et al. (2014) ont constaté que, dans le vieillissement sain, le rappel différé était meilleur pour les stimuli chantés uniquement lorsque la mélodie était familière, alors que dans la maladie d'Alzheimer, la rétention des paroles chantées était meilleure peu importe le degré de familiarité. Dans leur revue, Derks-Dijkman et al. (2023) émettent l'hypothèse que, chez les personnes âgées saines, une mélodie familière suscite des mécanismes d'éveil à l'origine de l'amélioration de la mémoire. D'un autre côté, chez des personnes avec une déficience cognitive, la musique déclenche directement des mécanismes d'éveil et de récompense, indépendamment du degré de familiarité.

En résumé, la question du bénéfice des mnémoniques musicaux sur la reconnaissance ultérieure, et plus particulièrement sur les processus de familiarité et de recollection, ainsi que leur impact à court ou à long terme chez les personnes âgées saines ou démentes, suscite encore nombreuses interrogations parmi les chercheurs. Ces incohérences peuvent provenir de la diversité des méthodologies utilisées (Ferreri & Verga, 2016) qui entrave la compréhension des mécanismes sous-jacents. De manière non exhaustive, nous vous exposerons plusieurs théories qui tentent d'expliquer comment et pourquoi la musique peut améliorer l'apprentissage d'informations verbales.

## **2.3.3 Mécanismes sous-jacents des mnémoniques musicaux**

### ***2.3.3.1 Préservation de la mémoire musicale et des régions cérébrales sous-jacentes***

À la lumière de la conception multiple des systèmes mnésiques, la mémoire musicale resterait préservée dans le vieillissement, même en présence de troubles sévères de mémoire épisodique (Agosta et al., 2022; Groussard et al., 2019). Les personnes atteintes de la maladie d'Alzheimer resteraient en effet aptes à reconnaître des musiques familières ou apprendre de nouvelles chansons.

Le traitement de l'information musicale mobilise un vaste réseau de régions bilatérales corticales et sous-corticales impliquées dans des processus perceptifs, cognitifs, sensorimoteurs et émotionnels (Agosta et al., 2022; Guetin et al., 2013; Särkämö, 2018). Malgré la neurodégénérescence progressive, certaines de ces régions cérébrales restent relativement intactes (Agosta et al., 2022). Dans une étude de neuroimagerie fonctionnelle, Jacobsen et al. (2015) ont constaté que les régions impliquées dans la mémoire musicale, en particulier sémantique, sont moins affectées par la maladie d'Alzheimer que d'autres régions corticales.

### ***2.3.3.2 Impact positif (ou négatif) sur les processus attentionnels***

Selon la « Dynamic Attending Theory » (Jones, 1976), la structure temporelle de la musique entraîne des oscillations de l'attention qui facilitent le traitement des informations verbales (Derks-Dijkman et al., 2023; Ferreri & Verga, 2016). La musique agirait comme une sorte d'échafaudage temporel qui, lorsqu'elle est superposée et intégrée au matériel verbal, facilite l'encodage en attirant l'attention sur les éléments pertinents à mémoriser (Ferreri & Verga, 2016). Les propriétés mélodiques et rythmiques de la musique contribueraient à la formation d'un rythme interne dans des réseaux corticaux liés à l'apprentissage et la mémoire (Ferreri & Verga, 2016). Cependant, cette hypothèse n'est valide que pour des stimuli musicaux simples, en termes de tons, rythmes et mélodies, qui s'alignent temporellement aux stimuli verbaux (Ferreri & Verga, 2016).

Pour des stimuli musicaux plus complexes, l'apprentissage simultané de deux types de matériaux (paroles et mélodie), auxquels les structures temporelles ne coïncident pas, peut créer une situation de double tâche qui interfère avec les processus attentionnels (Ferreri & Verga, 2016) et surcharge la mémoire de travail (Moussard et al., 2014). Ce point de vue davantage pessimiste permettrait en partie d'expliquer les incohérences retrouvées dans la littérature.

Dans le même ordre d'idées, plus les capacités de mémoire de travail sont élevées, plus l'encodage musical est bénéfique chez des patients souffrant de la maladie d'Alzheimer (Palisson et al., 2015). De plus, ceci est cohérent avec l'idée selon laquelle une mélodie familière (par rapport à une musique inconnue) est favorable plutôt que contraignante car elle servirait de support mnémotechnique, sans engager de coûts cognitifs supplémentaires (Moussard et al., 2014).

### ***2.3.3.3 Richesse de l'encodage***

En rejoignant l'argument du paragraphe précédent, une mélodie familière, en tant que support mnémotechnique, pourrait également être à l'origine d'un encodage multimodal plus riche (Ratovohery et al., 2019) et par conséquent, d'une consolidation en mémoire à long terme plus robuste (Moussard et al., 2014). À noter que certains auteurs avancent également cette hypothèse sans que la musique ne soit familière (Simmons-Stern et al., 2010).

Indépendamment du degré de familiarité, la condition chantée faciliterait la récupération en fournissant des indices supplémentaires. Cette hypothèse fait écho à deux théories anciennes, celle du double codage par l'imagerie mentale (Paivio, 1967) et celle de la profondeur du traitement à l'encodage ( Craik & Lockhart, 1972).

### ***2.3.3.4 Activation du système de récompense et vecteur émotionnel***

En tant qu'expérience sensorielle puissante, la musique est connue pour réguler l'humeur, les émotions et l'éveil (Agosta et al., 2022; Koelsch, 2014). La musique agit également sur les expressions faciales et le comportement moteur, comme sourire, taper du pied – même discrètement –, danser ou chanter (Koelsch, 2014). Son influence est si imposante qu'elle se reflète au niveau de l'activité neuronale, dépassant le cortex auditif pour se projeter vers des régions limbiques impliquées dans le traitement émotionnel, dont l'amygdale, le noyau accumbens et l'hippocampe (Koelsch, 2014).

Alors que l'amygdale est en quelque sorte une plaque tournante où convergent les informations émotionnelles, le noyau accumbens participe au système de récompense dopaminergique où, par ses multiples connexions, il motive, initie et renforce nos comportements liés au plaisir et à la gratification (Koelsch, 2014). L'activation du circuit de la récompense par la musique se chevauche même avec des pulsions biologiques innées, similairement à celles déclenchées par la valeur hédonique de la nourriture (Mas-Herrero et al., 2021).

De manière intéressante, Ferreri & Rodriguez-Fornells (2017) ont découvert que les récompenses perçues liées à l'écoute de musique peu familière modulent les performances de mémoire épisodique, en particulier via processus de recollection. Plus précisément, les chercheurs ont testé des jeunes adultes dans une tâche de reconnaissance à choix forcé avec un paradigme Remember/Know/Guess, après leur avoir présentés, à trois reprises, 24 extraits de musique classique. Chaque morceau était suivi d'échelles évaluant le niveau d'excitation, la valence émotionnelle, la familiarité et le plaisir ressenti ainsi que d'une mesure motivationnelle liée à la récompense. Après un délai de 24 heures, la reconnaissance, et particulièrement la recollection, était significativement meilleure pour les extraits musicaux jugés plus gratifiants, suggérant un lien entre les récompenses induites par la musique et la mémoire. Les processus motivationnels internes, plus que l'effet hédonique, pourraient favoriser l'apprentissage. La libération de dopamine, et probablement d'autres neurotransmetteurs, améliorerait la mémoire épisodique en renforçant la potentialisation synaptique tardive résultant de l'apprentissage, ce qui favorisait la consolidation (Ferreri & Rodriguez-Fornells, 2017).

L'activation du système de récompense va de pair avec le plaisir et les émotions provoqués par la musique, ce qui rend difficile d'estimer la part contributive de chacun dans l'exploration de l'effet de la musique sur la mémoire. Contrairement aux nombreuses descriptions dans la littérature, Ferreri & Rodriguez-Fornells (2017) n'observent aucun effet de la valence émotionnelle sur les performances de reconnaissance, mais cette question de recherche ne constituait pas l'objectif principal de leur recherche. Dans une étude de Ratovohery et al. (2018), les personnes âgées saines ont montré un meilleur rappel différé de textes portant sur des activités de la vie quotidienne uniquement lorsqu'ils étaient accompagnés des paroles chantées avec une mélodie à valence positive, ce qui est cohérent avec le biais de positivité fréquemment rapporté chez les personnes âgées selon lequel les contenus émotionnels sont mieux mémorisés que les contenus neutres. Ainsi, le bénéfice de l'encodage musical sur la mémoire verbale pourrait être véhiculé par le pouvoir émotionnel de la musique (Ratovohery et al., 2018). Cependant, ces résultats ne semblent pas généralisables aux patients atteints de la maladie d'Alzheimer, chez qui le biais de positivité disparaît (Ratovohery et al., 2019). À noter également que le plaisir éprouvé par l'écoute de la musique est façonné par les préférences individuelles et les expériences antérieures (Ferreri & Verga, 2016; Mas-Herrero et al., 2021), ce qui contribue sans doute à la variabilité inter-individuelle de l'impact de la musique sur la mémoire.

### 2.3.3.5 *Modèle intégratif de Derks-Dijkman et al. (2023)*

En se basant sur la variété des paradigmes des études incluses dans leur revue, Derks-Dijkman et al. (2023) ont proposé un modèle explicatif concernant l'avantage des mnémoniques musicaux dans le vieillissement et la maladie d'Alzheimer (figure 2). Plusieurs facteurs y sont inclus, notamment la complexité globale des stimuli, qui émane de la combinaison des caractéristiques des stimuli musicaux et verbaux, mais aussi les aspects personnels et les spécificités de la tâche. Ces facteurs en interaction modulent la réponse affective, la charge cognitive et l'attention, entraînant un encodage en mémoire de travail et une récupération en mémoire à long terme plus ou moins efficaces.

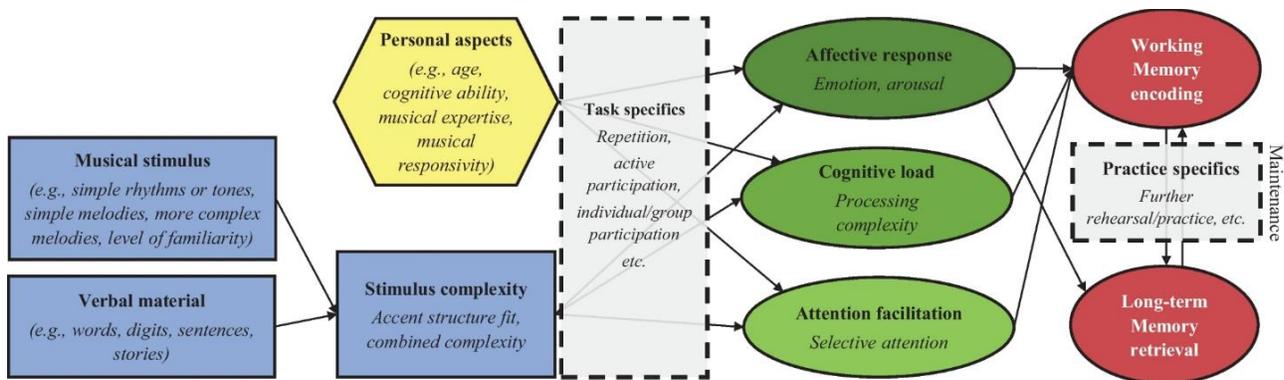


Figure 2 *Modèle intégratif de l'effet des mnémoniques musicaux sur la mémoire proposé par Derks-Dijkman et al. (2023)*

Ce modèle propose une approche multidimensionnelle pour tenter de comprendre les effets de la musique sur la mémoire mais aussi pour offrir un cadre permettant de systématiser les protocoles de recherche. L'interrelation de multiples facteurs méthodologiques, contextuels, émotionnels, cognitifs et personnels permet de rendre compte de la complexité de l'étude des effets de la musique et des incohérences trouvées dans la littérature. Les arguments scientifiques en faveur de son efficacité ne sont pas encore suffisamment convaincants. Des investigations plus rigoureuses sont nécessaires pour clarifier comment, pourquoi et dans quelle mesure la musique permet d'améliorer la mémoire épisodique.

Maintenant que nous venons de défendre le potentiel intérêt des mnémoniques musicaux dans un programme de rééducation mnésique, nous présenterons dans la section suivante des preuves en faveur de l'utilisation de la métacognition comme stratégie d'apprentissage et de mémorisation.

## 2.4 Effets de la métacognition sur la mémoire

Déjà dans son premier rapport, Aloïs Alzheimer (1864-1915) faisait allusion à l'altération de la conscience de soi et de ses difficultés qui accompagne la dégradation mnésique caractéristique de la maladie d'Alzheimer. Alors que le terme « anosognosie », introduit par Babinsky (1914), est utilisé dans le domaine clinique, c'est le concept de « métacognition », popularisé plus tard par Flavell (1979), qui est préféré en psychologie cognitive (Sunderaraman & Cosentino, 2017). Sans distinction conceptuelle claire entre ces termes, c'est celui de la psychologie cognitive qui sera privilégié dans ce travail. La mémoire étant le principal domaine cognitif à décliner dans les formes typiques de la maladie d'Alzheimer et de ses stades précliniques, nous nous limiterons ici à la métacognition circonscrite à la sphère mnésique, à savoir la métamémoire.

### 2.4.1 Cadre théorique de la métamémoire

La métamémoire s'inscrit dans le champ théorique plus large de la métacognition, décrite comme étant « la cognition sur la cognition » (Flavell, 1979). Ce concept fait référence aux processus cognitifs d'ordre supérieur qui intègrent les croyances, connaissances, expériences, sensations et attitudes qui concernent le fonctionnement cognitif général et, plus spécifiquement, la mémoire dans le cadre de la métamémoire (Flavell, 1979).

Selon le modèle conceptuel proposé par Nelson & Narens (1990), la métacognition serait responsable du transit des représentations de l'activité mentale entre le niveau cognitif, tel que la fonction mnésique, et le niveau métacognitif, qui regroupe les connaissances générales (e.g., savoir que le sommeil influence la consolidation en mémoire) et personnelles (e.g., savoir à quel moment de la journée on est le plus efficace pour étudier) relatives à la fonction cognitive en question.

Cet échange d'informations entre le niveau cognitif et le niveau métacognitif est orchestré par deux processus interdépendants : le *monitoring* et le *contrôle*. Le premier assure l'évaluation et la surveillance des opérations cognitives en cours de manière ascendante, tandis que le second régule et ajuste celles-ci, sur base des informations transmises par le premier, de manière descendante. Ensemble, ces processus forment une boucle de rétroaction où l'auto-régulation de nos comportements, sous l'influence du processus de contrôle, émane de la précision du processus de monitoring.

## 2.4.2 Paradigmes d'évaluation du processus de monitoring

La perception du sujet quant à son fonctionnement cognitif peut être évaluée au moyen d'un questionnaire d'auto-évaluation, auquel les réponses sont comparées à l'hétéro-évaluation faite par un proche. Ce type de méthodes dites « off-line » vise à évaluer les *connaissances métamnésiques* propres à nos habiletés mnésiques (e.g., « je sais que ma mémoire décline avec l'âge »), aux caractéristiques de la tâche (e.g., « je sais qu'un questionnaire à choix multiple est plus facile que des questions ouvertes) et aux stratégies de mémorisation (e.g., « je sais que l'apprentissage espacé est plus efficace que l'apprentissage en masse ») (Flavell, 1979; Perrotin & Isingrini, 2010).

Des méthodes plus objectives, appelées « on-line », s'intéressent aux *expériences métamnésiques*, c'est-à-dire les pensées, jugements et sentiments qui surviennent pendant la réalisation d'une tâche (Flavell, 1979; Perrotin & Isingrini, 2010). Ces méthodes incluent des prédictions prospectives sur l'ensemble du test (jugement global des performances) ou item par item, soit lors de l'encodage (jugement d'apprentissage), soit après une récupération infructueuse (sentiment de savoir). À côté, les méthodes rétrospectives tentent de mesurer le degré de certitude relatif à une information récupérée (jugement de confiance) (Perrotin & Isingrini, 2010; Rhodes, 2016; Sunderaraman & Cosentino, 2017).

La tableau 1 résume ces différents paradigmes d'évaluation de la métacognition.

Tableau 1 Mesures des connaissances métamnésiques (off-line) et des expériences métamnésiques (on-line) (Perrotin & Isingrini, 2010; Sunderaraman & Cosentino, 2017).

Type d'auto-évaluation	Type de jugement	Paradigme de mesure	Définition
Off-line		Score de divergence	L'écart entre l'auto-évaluation du patient et l'hétéro-évaluation fait par un proche donne une indication sur la perception du sujet sur sa mémoire.
	On-line	Prospectif	Jugement global des performances
		Jugement d'apprentissage (Judgment of Learning, JOL)	Probabilité de se souvenir d'une information apprise lors d'un test de mémoire ultérieur.
		Sentiment de savoir (Feeling of Knowing, FOK)	Probabilité de reconnaître une information qui n'a pas pu être rappelée.
	Rétrospectif	Jugement de confiance (Judgment of Confidence, JOC)	Degré de certitude relatif à la réponse fournie au moment du rappel.

Dans ce mémoire, nous porterons notre intérêt sur le *jugement d'apprentissage* (Judgment of Learning, JOL), qui désigne la prédiction concernant la probabilité de se souvenir d'une information apprise lors d'un test de mémoire ultérieur (pour une revue, Rhodes, 2016). D'un point de vue méthodologique, les participants sont invités à procéder à un jugement introspectif – généralement à l'aide d'une échelle en pourcentages – pour chaque élément à mémoriser, soit immédiatement (JOL immédiat), soit après un certain délai (JOL différé) (e.g., « j'estime avoir 70% de chances de me souvenir de ce mot plus tard ») (Rhodes, 2016).

### **2.4.3 Précision des JOLs**

La précision (ou l'exactitude) des JOLs renvoie au degré de correspondance entre les performances prédites et les performances réelles au test de mémoire. La corrélation reflèterait ainsi l'intégrité du processus de monitoring recruté lors de l'encodage (Rhodes, 2016; Souchay, 2007; Sunderaraman & Cosentino, 2017). Une précision parfaite est atteinte lorsque les jugements permettent de distinguer clairement les items rappelés ou reconnus de ceux qui ne le sont pas.

Ces prédictions sont particulièrement importantes pour réguler nos comportements et nos apprentissages. En reprenant le modèle de Nelson & Narens (1990), si le processus de monitoring décèle un apprentissage insuffisant, le processus de contrôle tentera d'ajuster notre comportement en vue de réduire l'écart entre l'état actuel et l'objectif souhaité. À titre d'exemple, on pourrait déployer des stratégies d'encodage plus efficaces si on s'aperçoit que notre manière d'étudier est trop superficielle, ou encore décider de prendre notes si on sait qu'on ne peut se fier entièrement à notre mémoire. Mais sur base de quelles informations se fondent ces prédictions ?

#### ***2.4.3.1 Hypothèses explicatives de la précision des JOLs***

Plusieurs hypothèses tentent de comprendre les facteurs qui contribuent à la précision des JOLs, généralement considéré comme le lien entre les prédictions du sujet faites à l'encodage et les performances réelles au test de mémoire ultérieur.

Selon l'*hypothèse inférentielle* de Koriat (1997), les JOLs, comme d'autres jugements métacognitifs, s'appuient sur des indices ou des heuristiques pour prédire les performances de mémoire. Ces indices sont qualifiés d'intrinsèques lorsqu'ils sont inhérents au matériel à mémoriser (e.g., caractéristiques perceptuelles, aspect émotionnel, concrétude des stimuli).

Par exemple, les mots écrits en grand obtiennent des JOLs en moyenne plus élevés que les mots écrits en petit, sans que la taille de la police n'ait de réelle influence sur les performances de rappel (Rhodes & Castel, 2008). D'autres indices, extrinsèques, font référence aux conditions d'apprentissage et aux efforts déployés par l'apprenant (e.g., nombre d'essais et de stimuli, format du test, profondeur de traitement). Koriat (1997) définit également les indices mnémotechniques et expérientiels, tels que la familiarité de l'item et la facilité de traitement ou de récupération. Par exemple, des mots écrits en grand, de par leurs caractéristiques perceptuelles, fournissent des indices mnémotechniques quant à la facilité de traitement, qui modulent ensuite l'ampleur et la précision du JOL (Rhodes & Castel, 2008). L'utilisation de ces indices dépend des expériences et des connaissances a priori sur le fonctionnement global de la mémoire (Thomas et al., 2013). Des erreurs de prédiction peuvent survenir lorsque ces indices ne sont pas objectivement liés aux performances de mémoire (Tauber & Rhodes, 2012).

Une hypothèse alternative, défendue par Mueller & Dunlosky (2017), considère que ce n'est pas tant la facilité de traitement qui est à l'origine des JOLs, mais plutôt les croyances métamémorielles, selon lesquelles, par exemple, on a tendance à croire que les mots écrits en grand (Mueller et al., 2014), concrets (Witherby & Tauber, 2017a), fréquents (Jia et al., 2016) et à haut volume sonore (Frank & Kuhlmann, 2017; Rhodes & Castel, 2009) sont plus faciles à mémoriser que les mots écrits en petit, abstraits, peu fréquents ou à plus bas volume, respectivement. Selon cette perspective, au lieu d'agir comme des heuristiques implicites (Koriat, 1997), les indices seraient utilisés pour créer ou mettre à jour nos croyances sur la manière dont les caractéristiques des stimuli ou de la tâche influenceront notre mémoire (Yang et al., 2021). Par un contrôle relativement conscient, ces croyances participent ensuite à la formation des JOLs. Cette hypothèse n'exclut pas la contribution possible de la facilité de traitement, mais la considère comme ayant un rôle largement secondaire (Yang et al., 2021).

En résumé, bien que les mécanismes sous-jacents à la formation des JOLs restent à élucider, la facilité de traitement peut influencer les JOLs de manière directe, en plus des indices intrinsèques ou extrinsèques (Koriat, 1997), ou de manière indirecte par le biais de nos croyances métamémorielles selon lesquelles les éléments facilement traités sont mieux mémorisables (Mueller & Dunlosky, 2017).

#### ***2.4.3.2 JOLs et métacognition dans la maladie d'Alzheimer et ses stades précliniques***

Plusieurs études mettent en avant des déficits métamnésiques dans la maladie d'Alzheimer, consécutifs à la multiplicité des oublis qui entraînerait « l'oubli de ces oublis » (Perrotin & Isingrini, 2010). En revanche, pour les stades précliniques, les résultats sont plus mitigés (pour deux revues, voir Piras et al., 2016; Roberts et al., 2009). Globalement, il ressort que la métacognition décline avec la progression de la maladie et la sévérité des troubles (Sunderaraman & Cosentino, 2017). Une altération de la métamémoire semble principalement caractériser les patients MCI qui évolueront progressivement vers une maladie d'Alzheimer, ce qui pourrait en faire un marqueur prédictif de la démence (Bastin et al., 2021). Cependant, comme nous l'avons vu précédemment, la métamémoire n'est pas un concept uniforme. Elle englobe divers processus de monitoring, différenciellement affectés par le vieillissement sain et pathologique.

Concernant le JOL, Moulin et al. (2000) sont les premiers à déclarer l'absence de différence entre les patients atteints de la maladie d'Alzheimer et les individus âgés sains, pour lesquels certaines études montrent des JOLs aussi précis que les jeunes adultes (Serra et al., 2008). Plus précisément, les personnes âgées saines ou démentes resteraient en mesure d'utiliser efficacement des indices intrinsèques et extrinsèques pour orienter leurs prédictions (Thomas et al., 2013).

À l'inverse, le sentiment de savoir (Feeling of Knowing, FOK), qui concerne la probabilité de reconnaître une information qui n'a pas su être rappelée lors de la récupération (Sunderaraman & Cosentino, 2017) serait altéré chez les personnes âgées saines (Souchay & Isingrini, 2012) ainsi que chez les patients aux stades cliniques (Souchay et al., 2002) et précliniques (Perrotin et al., 2007) de la maladie d'Alzheimer. Cependant, ces déficits semblent se limiter à la mémoire épisodique, car le FOK apparaît préservé pour les connaissances sémantiques (Bäckman & Lipinska, 1993).

Ainsi, un effet de l'âge est observé pour les jugements métacognitifs effectués lors de la récupération (FOK), mais pas au moment de l'encodage (JOL) (Souchay & Isingrini, 2012). La théorie du double processus de reconnaissance constitue une piste intéressante pour comprendre ce pattern de résultats (Bugajska et al., 2011). Alors que le JOL s'appuierait davantage sur des processus rapides et automatiques, tels que la facilité de traitement (renvoyant au processus de familiarité), le FOK reposerait essentiellement sur des stratégies de recollection, analytiques, contrôlées et sensibles à l'âge (Bugajska et al., 2011; Souchay & Isingrini, 2012).

## 2.4.4 Effet de réactivité des JOLs sur la mémoire

### 2.4.4.1 Divergence des théories actuelles

Pour rappel, selon le modèle de Nelson & Narens (1990), la précision des JOLs reflète l'intégrité du processus de monitoring qui, par une boucle de rétroaction, amène le processus de contrôle à réguler la fonction cognitive elle-même. Puisqu'« *un système qui se surveille – même imparfaitement – peut utiliser ses propres introspections comme données pour modifier le comportement du système* » (Nelson & Narens, 1990, p.128), les JOLs pourraient modifier notre manière d'apprendre. Par exemple, si certains éléments sont perçus comme plus difficiles à mémoriser (par le processus de monitoring), nous serons incités à déployer des stratégies d'encodage plus profondes (par le processus de contrôle) (Rhodes, 2016).

La modification du comportement, qu'elle soit intentionnelle ou non, en réponse aux JOLs, est introduite par la notion de *réactivité* (pour une revue, voir Double et al., 2018). Ce phénomène traduirait le premier constat d'Arbuckle & Cuddy (1969) selon lequel les paires de mots sont mieux rappelées lorsqu'elles sont accompagnées d'un JOL au moment de l'encodage et d'un jugement de confiance (Judgment of Confidence, JOC) après la récupération. Plus tard, il a été admis que seul le JOL semble améliorer les performances mnésiques, puisque, pris isolément, le JOC s'est avéré sans effet (Dougherty et al., 2005). En anticipant la récupération future, émettre un JOL nous inciterait à traiter l'information de manière plus approfondie (Dougherty et al., 2005; Shi et al., 2023; Tekin & Roediger, 2020) tout en délaissant des stratégies d'encodage inefficaces (Sahakyan et al., 2004).

Dans des protocoles généralement inter-sujets, de nombreux auteurs ont observé un effet de réactivité positive, qui se traduit par un meilleur rappel pour les paires de mots sémantiquement liés (e.g., plumes-oiseau) par rapport aux paires de mots non liés (e.g., pratique-arbre) chez les participants préalablement soumis aux JOLs lors de l'encodage, comparativement aux participants contrôles (Janes et al., 2018; Maxwell & Huff, 2022, 2023; Rivers et al., 2023; Soderstrom et al., 2015), et ce, jusqu'à au moins 48 heures (Wetherby & Tauber, 2017b).

Soderstrom et al. (2015) soutiennent la *théorie du renforcement des signaux*, selon laquelle la génération d'un JOL oriente l'attention vers des indices spécifiques, tels que le lien sémantique (i.e. indice intrinsèque selon l'hypothèse de Koriat, 1997), qui, de par la facilité de traitement qu'ils confèrent, sont ensuite utilisés pour améliorer la récupération lors du rappel indicé. Autrement dit, les JOLs renforcent l'association sémantique entre l'indice (e.g., plumes) et la cible (e.g., oiseau). Puisque les paires de mots non liés n'ont aucune association particulière, ce traitement sémantique n'aurait pas d'impact sur l'encodage et la récupération des paires de mots sans lien. Par conséquent, les performances accrues pour les paires de mots liés témoignent d'une réactivité positive des JOLs (Janes et al., 2018; Maxwell & Huff, 2022, 2023; Soderstrom et al., 2015).

Toutefois, certaines études ne parviennent pas à répliquer ces résultats (Dougherty et al., 2018; Tauber & Rhodes, 2012), pendant que d'autres montrent plutôt un effet de réactivité négative (i.e. les JOLs altèrent l'apprentissage) (Mitchum et al., 2016). Par exemple, Mitchum et al. (2016) ont observé que la création de JOLs entraîne un moins bon rappel des paires de mots non liés, sans aucun bénéfice significatif pour les paires de mots sémantiquement liés. Ces résultats amènent les auteurs à proposer la *théorie du changement d'objectif*, selon laquelle créer des JOLs amène à délaisser l'apprentissage des paires jugées plus difficiles en faveur des paires relativement faciles, amplifiant ainsi la différence de rappel entre les paires de mots liés et non liés.

Cependant, cette hypothèse ne s'applique que dans le cas de listes mixtes, composées de paires de mots à la fois liés et non liés car c'est la comparaison des deux qui favorise la mémorisation des paires de mots liés (i.e. faciles) et entrave celle des paires de mots non liés (i.e. difficiles). Pour des listes « pures » (i.e. sans paires de mots non liés), c'est plutôt un effet de réactivité positive pour les mots liés qui est démontré (Maxwell & Huff, 2023; Witherby & Tauber, 2017b). La méta-analyse de Double et al. (2018) apaise les débats en observant majoritairement un effet de réactivité positive pour les paires de mots ayant un lien sémantique.

Enfin, la *théorie de l'engagement d'apprentissage amélioré* (Shi et al., 2023; Zhao et al., 2022) postule que l'effet de réactivité positive résulte d'une focalisation attentionnelle accrue induite par la nécessité de créer des JOLs lors de l'encodage. Au cours d'une tâche prolongée, il n'est pas rare que notre attention diminue progressivement jusqu'à laisser notre esprit errer vers des pensées internes. Cette baisse d'attention, couplée au phénomène de vagabondage mental, nuit aux performances cognitives (Smallwood & Schooler, 2015).

Dès lors, contraindre les participants à réaliser des JOLs item par item permettrait de réengager l'attention, réduire les épisodes de vagabondage mental et ainsi améliorer l'apprentissage par un effet de réactivité positive (Shi et al., 2023). Adopter ce point de vue permet notamment de tenir compte des différences liées à l'âge (Tauber & Witherby, 2019). Généralement moins sensibles aux pensées errantes (Gyurkovics et al., 2018; Maillet & Schacter, 2016), émettre des JOLs ne profiterait pas autant aux personnes âgées qu'aux adultes plus jeunes (Tauber & Witherby, 2019).

Cependant, l'optimisation de la mémoire en réponse aux JOLs ne s'expliquerait pas uniquement par une réorientation de l'attention (Dougherty et al., 2018; Rivers et al., 2023). Par exemple, dans une étude inter-sujet, Rivers et al. (2023) ont montré que présenter un point de fixation après chaque élément à mémoriser ne permet pas d'améliorer les performances au même titre que les JOLs alors que ce point de fixation est également censé rediriger continuellement l'attention vers la tâche. Certains auteurs considèrent alors que les JOLs, plus que simplement capter l'attention, favorisent également un *traitement plus élaboré* (Shi et al., 2023; Tekin & Roediger, 2020). Tekin & Roediger (2020) montrent que l'effet de réactivité positive est plus significatif pour les éléments encodés de manière superficielle (e.g., jugement perceptuel) que ceux traités en profondeur (e.g., sémantique).

À noter que les hypothèses de l'engagement d'apprentissage amélioré et de l'élaboration de traitement ne s'excluent pas mutuellement. Il est de plus en plus admis que les deux contribueraient conjointement à l'effet de réactivité positive. Des données neurocognitives récentes viennent étayer ce point de vue en montrant que la création de JOLs augmente l'amplitude d'ondes liées à l'engagement attentionnel (P200) mais aussi à l'encodage approfondi (LPC, Late Positive Component) (B. Li et al., 2024).

À ce jour, toutes ces hypothèses ne sont encore que des spéculations théoriques. Les désaccords entre les différents auteurs peuvent provenir du matériel utilisé : souvent verbal (excepté Shi et al., 2023), mais selon diverses modalités d'encodage (listes mixtes ou pures, JOLs immédiats ou différés, JOLs avec délai imposé ou libre) ou de récupération (rappel libre, indicé ou reconnaissance). De fait, l'effet de réactivité dépendrait notamment du format de test utilisé, avec une taille d'effet moyenne pour les tests de rappel indicé, faible pour les tests de reconnaissance et nulle pour les tests de rappel libre (Myers et al., 2020).

#### 2.4.4.2 Effets des JOLs sur la reconnaissance

Plusieurs études mettent en évidence un effet de réactivité positive pour la reconnaissance de mots présentés préalablement dans une liste (B. Li et al., 2022, 2024; Tekin & Roediger, 2020; Zhao et al., 2022; Zheng et al., 2024). Cependant, peu d'entre elles ont investigué la contribution relative des processus sous-jacents à la reconnaissance, à savoir la recollection et la familiarité.

Dans une série de quatre expériences chez des jeunes adultes, Zheng et al. (2024) ont montré, en utilisant la procédure classique Remember/Know, que la formation de JOLs permet d'améliorer à la fois la recollection et la familiarité par rapport à une condition contrôle, même après un intervalle de 24 heures. Si l'effet de réactivité dépend à la fois des processus de recollection et de familiarité, il n'est pas étonnant de constater que le rappel libre – qui dépend exclusivement de la recollection – n'est pas significativement amélioré par la formation de JOLs (Myers et al., 2020).

Selon l'hypothèse de l'engagement d'apprentissage amélioré (Zhao et al., 2022), la création de JOLs dirige notre attention vers le matériel d'apprentissage. Cette focalisation accrue favoriserait non seulement le sentiment de familiarité, mais également la récupération de détails spécifiques, ce qui contribue à améliorer les performances de reconnaissance.

En complément à cette explication, Zheng et al. (2024) suggèrent que les JOLs ajoutent des caractéristiques distinctives aux éléments à mémoriser. Ces caractéristiques peuvent, par exemple, inclure des connaissances sémantiques ou la valeur attribuée au JOL pour un élément particulier. En enrichissant ainsi la trace en mémoire de chaque item, les JOLs fournissent des indices supplémentaires favorisant la recollection et la familiarité, ce que les auteurs désignent provisoirement comme la *théorie du caractère distinctif*. De notre point de vue, ce nouveau regard est cohérent avec l'hypothèse selon laquelle les JOLs contribuent à un encodage plus élaboré (Tekin & Roediger, 2020).

### 3 OBJECTIFS ET HYPOTHÈSES

---

L'un des principaux objectifs de la présente étude est d'explorer l'utilisation des *mnémoniques musicaux* (i.e. présentation chantée d'informations à mémoriser) comme stratégie pour améliorer la mémoire de reconnaissance chez des patients ayant un trouble de mémoire isolé (aMCI) et des personnes âgées saines. Bien que les mécanismes sous-jacents restent énigmatiques, un encodage musical favoriserait la rétention d'informations verbales (Derks-Dijkman et al., 2023). Sur base des découvertes de Simmons-Stern et al. (2012), nous postulons que les mnémoniques musicaux améliorent la reconnaissance d'informations générales par l'intermédiaire d'un sentiment de familiarité accru, mais sans récupération de détails plus spécifiques. La récupération des détails dépendrait essentiellement du processus de recollection, auquel l'encodage musical ne suffirait pas pour pallier les déficits liés à l'âge (Simmons-Stern et al., 2012). Cet effet devrait s'observer tant dans le groupe clinique que contrôle, bien que nous nous attendons à ce qu'il soit moins prononcé chez le second en raison de capacités mnésiques déjà satisfaisantes.

En vue d'améliorer la reconnaissance d'informations contextuelles plus spécifiques (que l'encodage musical ne permettrait pas), nous avons ajouté une composante métamnésique supposée booster les processus de familiarité et de recollection. L'installation d'une évaluation métacognitive prospective, telle que le jugement d'apprentissage (JOL), permettrait d'améliorer la reconnaissance. À notre connaissance, aucune étude ne s'est intéressée à cet effet comme potentiel outil de rééducation mnésique chez des populations cliniques. Ainsi, notre étude a pour second objectif d'explorer l'*effet de réactivité positive des JOLs* sur la mémoire de reconnaissance chez des patients avec un aMCI et des personnes âgées saines. Nous postulons que solliciter un JOL améliore la reconnaissance d'informations générales et spécifiques par l'intermédiaire des processus de familiarité et de recollection (Zheng et al., 2024).

En somme, notre étude tente de répondre à trois hypothèses principales, schématisées sur la figure 3. Premièrement, nous postulons que l'encodage musical favorise la reconnaissance d'informations générales, sans récupération de détails spécifiques. Deuxièmement, nous prévoyons que l'ajout du JOL améliore la reconnaissance d'informations à la fois générales et spécifiques. Troisièmement, la combinaison de ces deux conditions améliorerait davantage la reconnaissance, tant du contenu général que spécifique, par rapport à l'utilisation de l'une ou l'autre de ces stratégies isolées.

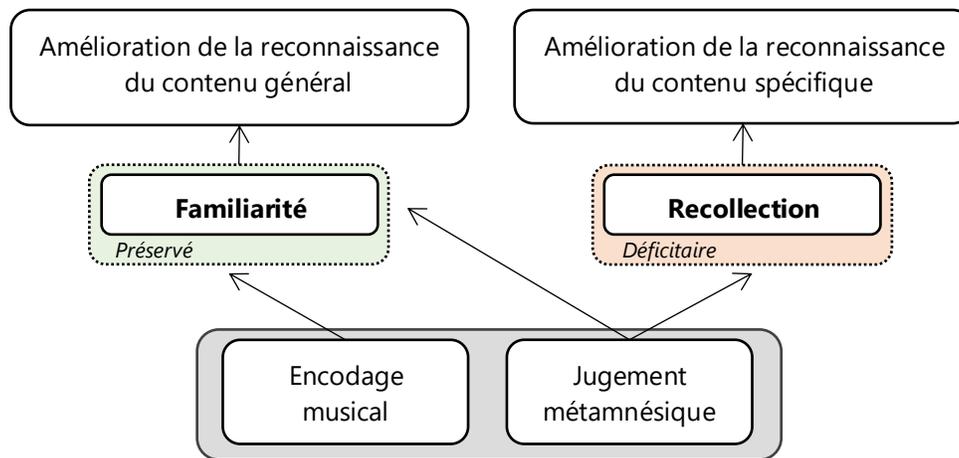


Figure 3 Illustration simplifiée de nos hypothèses principales

Pour tester ces hypothèses, nous avons conçu une tâche expérimentale dans laquelle des patients aMCI et des personnes âgées saines doivent écouter et mémoriser des extraits audios relatant de courtes situations de la vie quotidienne, présentés en modalité chantée ou parlée. Nous nous attendons à ce que la présentation chantée améliore la reconnaissance du contenu général des extraits, mais pas du contenu spécifique. Cet effet serait plus important dans le groupe clinique que dans le groupe contrôle (Simmons-Stern et al., 2012). Ainsi, nous postulons un effet principal des mnémoniques musicaux et un effet d'interaction entre le groupe et la modalité des extraits entendus sur la reconnaissance du thème général uniquement.

La moitié des participants est soumise à une condition métacognitive de JOL lors de l'encodage, pour laquelle de meilleures performances sont attendues par rapport à la condition sans JOL, à la fois pour la reconnaissance du contenu général que du contenu spécifique. De ce fait, nous nous attendons à observer un effet principal des JOLs. Dans le même temps, nous émettons comme hypothèse secondaire que la capacité d'émettre des JOLs précis est préservée chez les personnes âgées saines aussi bien que chez les patients présentant un aMCI (Moulin et al., 2000).

Enfin, les performances de reconnaissance du contenu général et spécifique seraient encore meilleures lorsque l'encodage est accompagné des mnémoniques musicaux tout en étant enrichi d'un jugement métacognitif, ce qui se traduirait par un effet d'interaction triple entre le groupe, la modalité et le JOL.

## 4 MÉTHODOLOGIE

---

### 4.1 Participants

L'estimation a priori de la taille de l'échantillon, via une analyse de puissance réalisée sur G\*Power 3.1.9.7 (Faul et al., 2007), suggérait un minimum de 48 participants, répartis en deux groupes, pour une analyse de variance (ANOVA) mixte à deux facteurs inter-sujets et un facteur intra-sujet afin de trouver un effet de taille moyenne ( $f = 0.25$ ) avec un seuil de significativité ( $\alpha$ ) fixé à 0.05 et une puissance statistique de 0.80<sup>8</sup>. Au vu de l'hétérogénéité clinique qui caractérise le vieillissement et le MCI, nous avons visé 40 sujets par groupe. Le recrutement s'est réalisé de décembre 2023 à avril 2024, mais se poursuit par l'équipe Aging & Memory du GIGA-CRC<sup>9</sup>.

Le groupe expérimental comprend 22 patients diagnostiqués avec un aMCI (13 hommes et 9 femmes), âgés de 48 à 81 ans. Ils ont été recrutés en collaboration avec un neurologue et un neuropsychologue de la Clinique de la Mémoire du CHU de Liège qui, sur base d'investigations approfondies, soupçonnent un diagnostic de aMCI. Une série de tests neuropsychologiques leur était administrée dans le but de vérifier que leurs déficits cognitifs étaient circonscrits à la sphère mnésique. Compte tenu des difficultés de recrutement, aucun participant de ce groupe n'a été exclu.

Le recrutement du groupe contrôle s'est réalisé de bouche-à-oreille et par voie d'affichage sur les réseaux sociaux, à l'Université du 3<sup>e</sup> Age de Liège et au Centre de Recherche du Cyclotron (voir Annexe 1). Parmi les 49 personnes âgées saines screenées, 9 ont été exclues, 8 d'entre elles sur base d'un score de rappel au RI-48 inférieur aux normes ( $z \leq 1.65$ ) et 1 en raison de conditions de passation perturbées, amenant un échantillon final de 40 participants (20 hommes et 20 femmes), âgés de 61 à 84 ans.

Le tableau 2 reprend la description démographique et ainsi que les moyennes des résultats à l'échelle MoCA et au RI-48. Pour un aperçu détaillé, l'Annexe 2 comprend les analyses statistiques sur l'ensemble des tests cognitifs et des questionnaires administrés accompagnées de quelques visualisations graphiques.

---

<sup>8</sup> Les paramètres de corrélation entre les mesures répétées et de correction  $\epsilon$  de non-sphéricité ont été laissés par défaut, c'est-à-dire 0.5 et 1 respectivement.

<sup>9</sup> GIGA-CRC, Cyclotron Research Center Human Imaging Unit.

Tableau 2 Données démographiques et résultats à la MOCA et au RI-48.<sup>10</sup>

	<b>Contrôles (N = 40)</b>		<b>aMCI (N = 22)</b>	
	JOL N = 20	No-JOL N = 20	JOL N = 11	No-JOL N = 11
<b>Age moyen (SD)</b>	72.1 (6.29)		70.4 (7.68)	
<b>Nombre d'années d'études moyen (SD)</b>	14.4 (3.09)		14.2 (2.94)	
<b>Score MoCA moyen (SD)</b>	26.3 (2.61)		22.8 (3.66)*	
<b>Score z RI-48<sub>RD/RIM</sub> moyen (SD)</b>	0.51 (1.08)		-1.36 (1.56)*	
<b>Expérience musicale (N)</b>	Non-musicien	21	11	
	Débutant	8	7	
	Intermédiaire	11	4	

\*Différence statistiquement significative entre les groupes avec un  $p < .001$

Compte tenu des difficultés de recrutement, nous avons délibérément assoupli les critères d'exclusion relatifs à la présence d'antécédents neurologiques et psychiatriques. Deux participants du groupe contrôle et un participant présentant un aMCI ont rapporté un AIT (accident ischémique transitoire), sans séquelle motrice ou cognitive. D'autres antécédents médicaux, notamment des tumeurs non cérébrales (N = 7), des affections cardiovasculaires, des commotions cérébrales sans séquelle (N = 1), etc. ainsi que des troubles psychiatriques, tels que des épisodes antérieurs de dépression (N = 3), ont été rapportés. Une vision et une audition normales ou corrigées étaient requises. Aucun participant ne résidait en institution.

Cette recherche a été approuvée par le Comité d'Éthique Hospitalo-Facultaire de l'Université de Liège (n°2020/340). Conformément à la Déclaration d'Helsinki, tous les participants ont fourni leur consentement libre et éclairé après avoir été informés des objectifs et du déroulement de l'étude, ainsi que de leur droit de refuser ou mettre fin à leur participation à tout moment. Le traitement anonyme et confidentiel de leurs données était assuré selon le RGPD.

<sup>10</sup> Pour comparer les groupes, nous avons utilisé des tests t de Student pour échantillons indépendants ou des tests t de Welch (en cas de violation de la condition d'égalité des variances selon le test de Levene).

## 4.2 Procédure

Les participants étaient rencontrés individuellement, à leur domicile ou au GIGA-CRC, au cours d'une seule séance d'une durée approximative de 2 heures.

L'épreuve de mémoire musicale (i.e. tâche expérimentale) était administrée entre la passation d'une série d'épreuves neuropsychologiques et la complétion de divers questionnaires (figure 4). Après leur avoir fourni le formulaire d'information et de consentement, la MoCA et le RI-48 leur étaient proposés. Ils étaient ensuite invités à réaliser la tâche expérimentale, suivie d'autres tests neuropsychologiques, à savoir le test de Mémoire Logique, le Stroop, les fluences verbales et la dénomination orale d'images de la LEXIS 64. Cette batterie de tests cognitifs visait à vérifier les différences en termes de fonction mnésique entre le groupe aMCI et le groupe contrôle.

Au cours de cette même séance, des questionnaires d'auto-évaluation étaient systématiquement administrés dans l'ordre suivant : le questionnaire d'expérience musicale, l'IADL, le GDS-15 et le STAI-Y. Tandis que les trois premiers pouvaient être remplis à différents moments de la séance (e.g., pendant la préparation du matériel de l'épreuve de mémoire musicale), le STAI-Y était toujours administré en fin de séance.

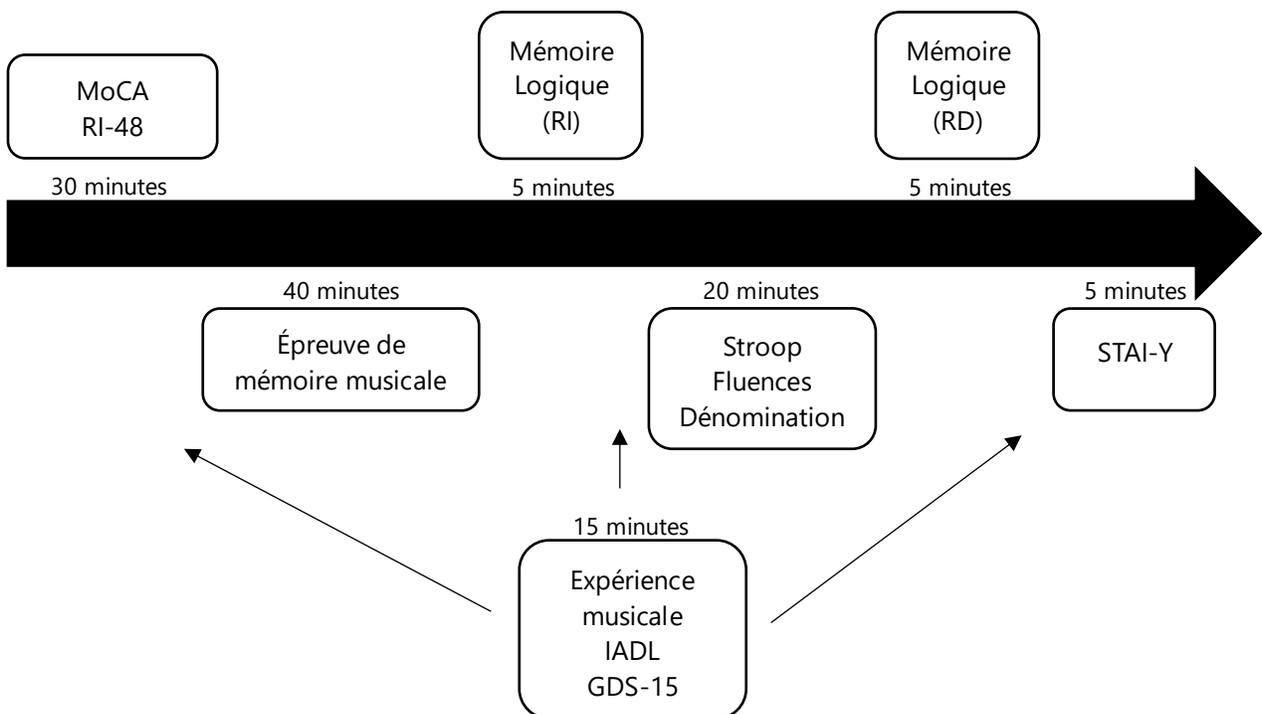


Figure 4 Ordre de passation des épreuves et questionnaires, avec la durée estimée de ceux-ci.

## 4.3 Description des épreuves et questionnaires

### 4.3.1 Batterie de tests neuropsychologiques

#### 4.3.1.1 *Montreal Cognitive Assessment (MoCA)*

Réputée pour sa facilité et sa rapidité d'administration, l'échelle Montreal Cognitive Assessment (MoCA ; Nasreddine et al., 2005) est un outil de screening permettant d'apprécier le fonctionnement cognitif global, à travers de courtes épreuves exécutives, visuo-spatiales, mnésiques, attentionnelles, langagières et d'orientation spatio-temporelle. Sur un total de 30 points, le score seuil est fixé à 23 selon certains auteurs (Carson et al., 2018) ; score en-dessous duquel un déficit cognitif est suspecté, et en particulier un MCI (Ang et al., 2023; Tsoi et al., 2015). Nous avons utilisé la version française 7.1.

#### 4.3.1.2 *Rappel indicé à 48 items*

L'épreuve de rappel indicé à 48 items (RI-48) a été conçue par Adam et al. (2004) en réponse à la nécessité d'un test mnésique plus discriminant et plus sensible à la détection précoce de la maladie d'Alzheimer que son prédécesseur à 16 items, le RL-RI16 (Grober & Buschke, 1987). Les auteurs se sont largement inspirés du Double memory test (Buschke et al., 1995, 1997), en renforçant la spécificité de l'encodage et en raccourcissant la durée d'administration. Cette nouvelle version a fait l'objet d'un étalonnage par le GREMEM (Groupe de Réflexion sur l'Évaluation de la Mémoire ; Adam et al., 2004) auprès de 461 personnes âgées de 20 à 90 ans, à partir duquel nous avons pris les normes de référence.

Cette épreuve consiste à mémoriser 48 mots présentés par fiches de quatre mots appartenant à quatre catégories sémantiques différentes (12 au total). Pour chaque fiche, l'expérimentateur demande au participant de montrer et lire à voix haute l'item (e.g., coccinelle) correspondant à l'indice catégoriel fourni (e.g., insecte). Chaque fiche est suivie d'un test de rappel indicé immédiat où le participant doit rappeler les quatre items sur base des indices catégoriels correspondants. En cas d'erreur ou d'absence de réponse, la fiche peut à nouveau être présentée (au maximum deux essais supplémentaires) et un nouveau test de rappel indicé immédiat est réalisé uniquement pour le (ou les) mot(s) non évoqué(s). Après une tâche interférente de 20 secondes (comptage à rebours par 1 à partir de 374), le participant dispose de 30 secondes pour rappeler les quatre items de chaque catégorie sémantique, laquelle est indiquée par l'expérimentateur.

#### ***4.3.1.3 Mémoire Logique I (MEM-III)***

L'évaluation de la mémoire épisodique s'est poursuivie par une épreuve de meilleure validité écologique, la Mémoire Logique de la MEM-III (Wechsler, 1997). Dans le but de ne pas allonger la durée de passation, seule l'histoire A a été proposée. Au cours de la phase de rappel immédiat, le participant doit rappeler l'histoire qui vient de leur être lue, avec autant de détails que possible. Après un délai de 20 à 30 minutes au cours duquel ils réalisent les dernières épreuves cognitives (aucune n'étant mnésique), le rappel différé consiste à rappeler à nouveau l'histoire, sans lecture préalable. Pour faciliter la cotation, le discours des participants était enregistré.

#### ***4.3.1.4 Test de Stroop***

Le test de Stroop, initialement proposé par Stroop en 1935, est une tâche d'inhibition verbale dans laquelle le processus automatique de lecture doit être inhibé au profit d'une activité plus contrôlée. Le test est composé de trois planches : dénomination, lecture et interférence. Le plus rapidement et précisément possible, le participant doit dénommer les couleurs de chaque rectangle (rouge, vert, bleu) pour la première planche et lire les noms de couleurs pour la deuxième planche. Sur la dernière planche, celle d'interférence, les mots de couleurs sont inscrits dans une autre couleur. Le participant doit nommer, toujours le plus rapidement et précisément possible, la couleur de l'encre, en inhibant la lecture du nom de couleur. Classiquement, deux indices d'interférence, représentant la différence du temps de réponse et du taux d'erreurs entre la planche dénomination et celle d'interférence, constituent des indicateurs des capacités d'inhibition.

#### ***4.3.1.5 Fluences phonémiques et sémantiques***

Dans l'épreuve de fluences phonémiques, le participant doit évoquer, en deux minutes, le plus de mots possible commençant par la lettre « P ». Chronomètre relancé, l'épreuve de fluences sémantiques consiste à énoncer le plus de noms d'animaux d'espèces différentes. Bien que nous ne rejetons pas la nature multi-déterminée de ces tâches, leur réalisation suppose l'intégrité du stock sémantique et la récupération stratégique de mots en mémoire sémantique (Laisney et al., 2009).

#### ***4.3.1.6 Dénomination orale d'images de la LEXIS 64***

Fondé sur le modèle de Caramazza & Hillis (1990), le sous-test de dénomination d'images de la LEXIS (De Partz et al., 2001) destiné aux sujets âgés consiste à dénommer 64 images présentées une à une, dans un délai maximum de 30 secondes chacune.

## **4.3.2 Questionnaires d'auto-évaluation**

### ***4.3.2.1 Questionnaire d'expérience musicale***

Pour évaluer l'expérience musicale au cours de la vie, un questionnaire « maison » simplifié a été adapté à partir de l'Edinburgh Lifetime Musical Experience Questionnaire (ELMEQ) (Okely et al., 2021) (voir Annexe 3). Ce questionnaire aborde la formation, la fréquence et l'expertise auto-déclarée autour de quatre domaines d'activité musicale : jouer d'un instrument, chanter, danser et écouter de la musique (y compris l'appréciation de l'écoute). Il nous paraît important de préciser que ce questionnaire d'auto-évaluation a été conçu dans le but de décrire les caractéristiques de notre échantillon, sans chercher à établir de lien entre l'expérience musicale et l'efficacité des mnémoniques musicaux.

### ***4.3.2.2 Questionnaire d'Instrumental Activities of Daily Living (IADL)***

Le questionnaire Instrumental Activities of Daily Living (IADL ; Lawton & Brody, 1969) vise à évaluer le degré d'autonomie des personnes âgées à travers huit activités de la vie quotidienne (aptitude à utiliser le téléphone, courses, préparation des aliments, entretien ménager, blanchisserie, moyens de transport, responsabilité à l'égard de son traitement, aptitude à manipuler de l'argent), chacune cotée 0 (dépendance) ou 1 (indépendance). Si l'ensemble des activités est applicable à la personne, le score total s'effectue sur 8 points.

### ***4.3.2.3 Échelle de dépression gériatrique (GDS-15)***

Comme son nom l'indique, l'échelle de dépression gériatrique à 15 items (Geriatric Depression Scale ; GDS-15 ; Clément et al., 1997; Sheikh & Yesavage, 1986) est un outil d'auto-évaluation de dépistage de la dépression destiné aux personnes âgées non démentes. Un score seuil de 5 ou 6 est le plus souvent admis, avec une sensibilité et une spécificité moyennes comprises entre 0.7 et 0.9 pour la plupart des études (Wancata et al., 2006).

### ***4.3.2.4 Inventaire d'anxiété état-trait forme Y (STAI-Y)***

Le State-Trait Anxiety Inventory (STAI-Y) (Spielberger, 1983), adapté en langue française par Gauthier & Bouchard (1993), est de loin le questionnaire d'auto-évaluation de l'anxiété le plus populaire, se singularisant par sa distinction entre l'anxiété-état et l'anxiété-trait. Ses qualités psychométriques bien documentées sont applicables à la population âgée (Bergua et al., 2012).

## 4.4 Description de la tâche expérimentale

### 4.4.1 Conception des stimuli

Les mélodies et les paroles ont été produites dans le cadre d'un stage expérimental réalisé par une étudiante en master 1. Initialement, 144 mélodies extraites de comptines pour enfants ont été sélectionnées à partir d'une base de données en libre accès, KIDiddles (<https://www.kididdles.com/>), que Simmons-Stern et al., (2010, 2012) ont également utilisée dans leurs études. Après avoir examiné les degrés de familiarité, d'appréciation et d'émotion de chaque extrait, 78 ont été retenus. A posteriori, deux mélodies jugées trop similaires ont été supprimées. Quatre mélodies ont ensuite été ajoutées pour compléter le corpus et ainsi atteindre un total de 80.

Les paroles ont été construites sur base d'un inventaire de difficultés mnésiques dans les activités de la vie quotidienne (e.g., oublier un achat aux courses, oublier d'éteindre la lampe, oublier le nom et le visage d'une célébrité, oublier de prendre ses médicaments, etc.), recueillies à l'aide d'un questionnaire anonyme auprès de 26 personnes âgées. Ces plaintes ont ensuite été évaluées en fonction de leur fréquence d'apparition et de leur répercussion dans la vie quotidienne de 177 personnes âgées (104 femmes et 73 hommes, âge moyen =  $74.81 \pm 6.7$ ).

Les 40 difficultés les plus souvent rapportées ont été conservées. Chacune a été associée à deux actions spécifiques (e.g., pour « utiliser la télécommande », les deux actions étaient « changer les piles » et « la retrouver »). De ce fait, 80 actions spécifiques ont été obtenues, à partir desquelles 80 paroles ont été imaginées et associées de manière aléatoire aux 80 mélodies préalablement sélectionnées. Un chanteur professionnel a enregistré les 80 extraits, chacun en modalité chantée et parlée. Suite à une étude pilote auprès de six sujets sans déficience cognitive, deux thèmes (4 stimuli) ont été exclus, car les paroles étaient similaires à un autre thème, ce qui créait un risque élevé de confusion. Le corpus de stimuli final comprenait alors 76 enregistrements chantés et 76 enregistrements parlés.

La tâche expérimentale de notre étude a été conçue sur le logiciel PsychoPy v2023 2.3. (Peirce et al., 2019) par Renaud Coppalle, chercheur post-doctoral en neuropsychologie. Quatre blocs ont été contrebalancés en durée totale, chacun composé de 38 extraits (19 par modalité), présentés dans un ordre aléatoire. Les extraits ont une durée de 11 à 30 secondes et sont séparés par une croix de fixation de 2 secondes (voir Annexe 4 pour les durées de chaque bloc avec une ANOVA factorielle).

#### 4.4.2 Déroulement de l'épreuve

Notre tâche expérimentale se divise en deux temps (figure 5) : une phase d'encodage, d'une durée approximative de 12 minutes, suivie immédiatement d'une phase de reconnaissance, dont la durée variait d'un participant à l'autre selon leur temps de réponse. Une fois lancée, chacune de ces deux phases ne pouvait être interrompue.

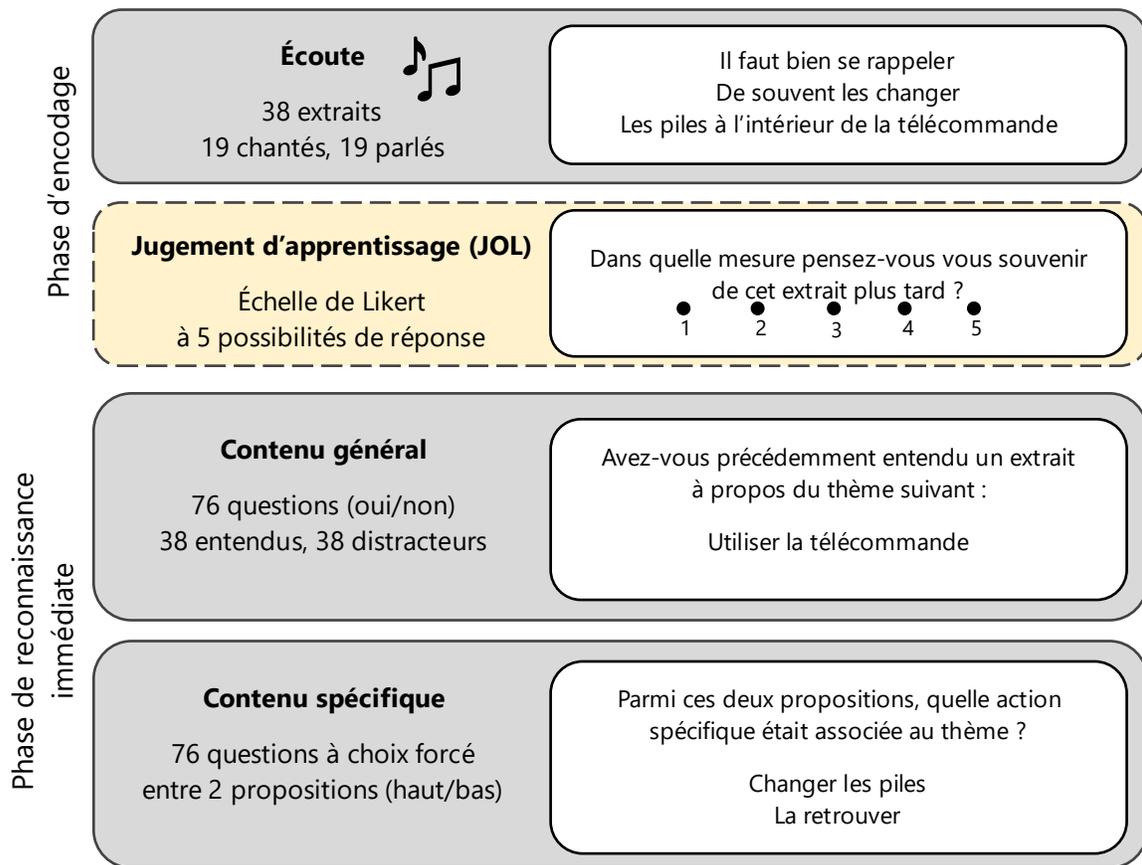


Figure 5 Déroulement de la tâche expérimentale inspirée de Simmons-Stern et al. (2012).

La *phase d'encodage* consiste à écouter attentivement et mémoriser des extraits de courtes situations de la vie quotidienne (voir Annexe 5 pour les consignes écrites et orales) présentés aléatoirement de manière bimodale (visuellement et auditivement), comme dans la plupart des études sur les mnémoniques musicaux (Derks-Dijkman et al., 2023). Ainsi, les paroles écrites, affichées au centre de l'écran, accompagnaient les paroles orales, diffusées par l'intermédiaire d'une enceinte Bluetooth (Bose SoudLink Revolve II), dont le volume était préalablement et subjectivement ajusté lors d'une courte phase d'essai à 4 stimuli. Chaque participant était soumis à l'un des quatre blocs, composé de 38 extraits audio, dont une moitié est parlée et l'autre chantée.

De manière aléatoire, une moitié de participants était assignée à la condition métacognitive, dans laquelle chaque extrait est suivi d'un JOL, formulé par la question suivante : « Dans quelle mesure pensez-vous vous souvenir de cet extrait plus tard ? ». Sans aucune contrainte de temps, mais encouragés à répondre rapidement et intuitivement, les participants disposaient de 5 possibilités de réponse (« Certain que je ne m'en souviendrai pas », « Possible que je ne m'en souviennne pas », « Je ne sais pas », « Possible que je m'en souviennne », « Certain que je m'en souviendrai »). Ces formulations ont été traduites et légèrement adaptées à partir d'une étude antérieure sur le jugement métamnésique chez les enfants (Zhao et al., 2022). L'autre moitié des participants ne faisait pas d'autre tâche que d'écouter les extraits.

Immédiatement après cette phase d'écoute, les participants étaient soumis à un *test de reconnaissance*, portant sur les 38 stimuli précédemment entendus et 38 nouveaux. Une première question était liée au contenu général (e.g., « utiliser la télécommande »), pour laquelle les participants devaient indiquer si oui ou non ils pensaient avoir entendu un extrait abordant le thème présenté. Chacune de ces questions étaient présentées dans un ordre aléatoire. Peu importe la réponse, une question sur le contenu spécifique leur était posée, pour laquelle deux actions liées au thème leur étaient suggérées (e.g., « changer les piles » ou « la retrouver »). Dans le cas où les participants répondaient « non » à la question sur le contenu général, il leur était demandé de réaliser un choix au hasard ou hypothétique pour la question sur le contenu spécifique (conformément à la méthodologie de Simmons-Stern et al., 2012). Les participants devaient répondre en appuyant sur des touches du clavier préalablement étiquetées « oui » ou « non » pour la première question et « haut » ou « bas » pour la deuxième, sans limite de temps imposée.

À l'issue de cette tâche, pour chacune des questions, le taux de reconnaissances correctes (i.e. « hit », codé 0 si incorrect ou 1 si correct, pour chaque item) ainsi que les temps de réponse étaient enregistrés.

## 5 RÉSULTATS

---

La présentation des résultats est scindée en deux parties : une première axée sur les analyses liées aux questions de recherche et une deuxième dédiée aux analyses supplémentaires plus exploratoires (suivie de l'Annexe 7). L'ensemble de ces analyses a été effectué sur le logiciel Jamovi® (version 2.3.28), grâce auquel les graphiques ont pu être générés. Le seuil de significativité ( $\alpha$ ) a été fixé à 0.05, ajusté par la correction de Bonferroni en cas de comparaisons multiples. Les résultats ont été arrondis à deux décimales, à l'exception des valeurs  $p$  qui ont été laissées au millième près.

À partir de notre échantillon composé de 62 participants, 3 sujets contrôles (sans JOL) et 1 sujet aMCI (avec JOL) ont été exclus des analyses statistiques inférentielles car leurs performances différaient de plus de deux écarts-types de la moyenne de leur groupe (outliers) au niveau du pourcentage de réponses correctes aux questions sur le contenu général de la tâche expérimentale.

### 5.1 Analyses principales

#### 5.1.1 Effet de la musique et du JOL sur les performances de reconnaissance

Avant de présenter nos résultats, nous souhaitons attirer votre attention sur trois remarques concernant le choix de nos variables dépendantes et de nos analyses statistiques.

Premièrement, il convient de préciser que notre variable dépendante pour l'ensemble des analyses est la présence d'une réponse correcte (i.e. « hit », codé 0 si incorrect ou 1 si correct, pour chaque item). Pour rappel, la reconnaissance est de type « oui/non » pour la question sur le contenu général et à choix forcé pour la question sur le contenu spécifique. Pour les performances de reconnaissance aux questions sur le contenu général, nous n'avons pas calculé d'« indice corrigé de reconnaissance », généralement obtenu par la différence entre le pourcentage de hits et le pourcentage de fausses alarmes, car un test U de Mann-Whitney<sup>11</sup> ne révélait aucune différence significative entre les groupes sur le pourcentage de fausses alarmes ( $U(N_{\text{Contrôle}} = 37, N_{\text{aMCI}} = 21) = 359$ ,  $p = .633$ ), la moyenne des groupes étant relativement comparable ( $M_{\text{Contrôle}} = 0.29$ ,  $SD_{\text{Contrôle}} = 0.16$ ,  $M_{\text{aMCI}} = 0.28$ ,  $SD_{\text{Contrôle}} = 0.19$ ), avec une différence moyenne de 0.01 ( $IC_{95\%} = [-0.06 ; 0.11]$ ).

---

<sup>11</sup> Le test de Shapiro-Wilk, avec une statistique de 0.892 et une valeur  $p < .001$ , indique que la condition de normalité des distributions n'est pas respectée, ce pourquoi nous avons réalisé un test U de Mann-Whitney et non un test t de Student classique pour échantillons indépendants.

Deuxièmement, le test de Shapiro-Wilk indique que les conditions de normalité ne sont pas respectées pour la majorité des variables d'intérêt. Partant de ce constat, nous avons fait le choix de réaliser des modèles mixtes pour les analyses principales car ils apparaissent résistants aux violations de ces hypothèses (Jacqmin-Gadda et al., 2007; Schielzeth et al., 2020). Les facteurs à effets fixes reprennent le groupe (inter-sujet : contrôle vs. aMCI), la modalité (intra-sujet : chanté vs. parlé) et le JOL (inter-sujet : JOL vs. no-JOL). Deux facteurs à effets aléatoires y sont inclus, à savoir les participants ( $N = 58$ ) et les thèmes de chaque extrait ( $N = 38$ ).

Troisièmement, malgré leur utilisation répandue, nous n'avons réalisé aucune comparaison post-hoc sur les effets d'interaction observés. Il est de plus en plus admis que leurs écueils méthodologiques et statistiques conduisent à une simplification excessive et un risque d'interprétation erronée (Garofalo et al., 2022). Par conséquent, nous avons adopté une approche descriptive des moyennes et des intervalles de confiance à 95% ( $IC_{95\%}$ ). En particulier, s'il y a peu (moins de 25% de la longueur totale de l' $IC_{95\%}$ ) ou pas de chevauchement entre les moyennes marginales estimées, il est raisonnable de penser qu'il existe une différence (Garofalo et al., 2022).

### ***5.1.1.1 Modèle mixte sur les performances de reconnaissance du contenu général***

Indépendamment de la modalité des extraits et du JOL, l'effet principal du groupe se révèle significatif ( $F(1, 54) = 31.74, p < .001, \eta^2_p^{12} = 0.37, IC_{95\%} = [0.17 ; 0.53]$ ). En moyenne, les performances de reconnaissance du groupe contrôle ( $M = 0.76, SD = 0.43, IC_{95\%} = [0.74 ; 0.77]$ ) sont supérieures à celles du groupe aMCI ( $M = 0.66, SD = 0.47, IC_{95\%} = [0.64 ; 0.69]$ ).

Sans prendre en considération le groupe ni le JOL, nous n'observons pas d'effet principal de la modalité des extraits entendus ( $F(1, 2089.8) = 0.06, p = .808, \eta^2_p = 2.83 \times 10^{-5}, IC_{95\%} = [0 ; 0]$ ). En revanche, un effet d'interaction apparaît entre le groupe et la modalité ( $F(1, 2064.3) = 8.28, p = .004, \eta^2_p = 4 \times 10^{-3}, IC_{95\%} = [0 ; 0.01]$ ), comme on peut le visualiser sur la figure 6.

---

<sup>12</sup> Les tailles d'effet ( $\eta^2_p$ ) sont fournies à titre indicatif, mais ne feront pas l'objet d'une interprétation en raison de notre design expérimental. De fait, dans un plan intra-sujet (ou mixte), la variance d'erreur ne reflète pas les différences interindividuelles, ce qui peut conduire à des interprétations trompeuses (Iacobucci et al., 2023). Notez que les éta-carrés partiels ont été obtenus sur le logiciel R®, Jamovi® n'offrant pas cette option pour les modèles mixtes.

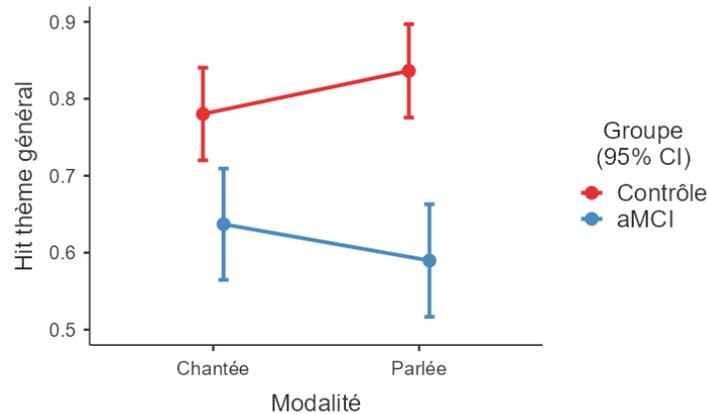


Figure 6 Pourcentages moyens des hits aux questions sur le contenu général en fonction du groupe pour chaque modalité. Les barres d'erreur représentent l'intervalle de confiance à 95%.

En moyenne, les performances de reconnaissance du contenu général du groupe aMCI sont supérieures en modalité chantée que parlée. La positivité de l'indice de bénéfice de la musique, calculé par la formule ci-dessous, révèle un léger avantage pour les hits chantés ( $M = 0.04$ ,  $SD = 0.13$ ,  $IC_{95\%} = [-0.02 ; 0.1]$ ). Cependant, l' $IC_{95\%}$ , incluant la valeur nulle, indique que nous n'avons pas de preuves suffisantes d'une différence significative entre les modalités. La tendance inverse est observée dans le groupe contrôle avec un indice de bénéfice de la musique négatif ( $M = -0,03$ ,  $SD = 0.09$ ,  $IC_{95\%} = [-0.06 ; -0.00]$ ), comme en témoignent les performances moyennes supérieures pour la modalité parlée par rapport à la modalité chantée (tableau 3).

$$\text{Indice bénéfice musique} = \frac{\text{hits chantés} - \text{hits parlés}}{\text{hits chantés} + \text{hits parlés}}$$

Tableau 3 Moyennes des hits aux questions sur le contenu général en fonction du groupe et de la modalité.

Groupe	Modalité	Moyenne observée	Écart-type	Moyenne marginale estimée	Erreur standard	IC <sub>95%</sub>
Contrôle	Chantée	0.78	0.41	0.78	0.03	[0.72 ; 0.84]
Contrôle	Parlée	0.83	0.37	0.84	0.03	[0.78 ; 0.90]
aMCI	Chantée	0.64	0.48	0.64	0.04	[0.57 ; 0.71]
aMCI	Parlée	0.58	0.49	0.59	0.04	[0.52 ; 0.66]

Note. Les moyennes marginales estimées sont des moyennes estimées sur des variables en interaction.

Indépendamment du groupe et de la modalité, nous n'observons pas d'effet principal du JOL ( $F(1, 54) = 0.75$ ,  $p = .39$ ,  $\eta^2_p = 0.01$ ,  $IC_{95\%} = [0 ; 0.13]$ ). De même, nous n'avons pas suffisamment de preuves pour démontrer un effet d'interaction entre le groupe et le JOL ( $F(1, 54) = 0.07$ ,  $p = .794$ ,  $\eta^2_p = 1.28 \times 10^{-3}$ ,  $IC_{95\%} = [0 ; 0.07]$ ). Le tableau 4 reprend les analyses descriptives.

Tableau 4 Moyennes des hits aux questions sur le contenu général en fonction du groupe et du JOL.

Groupe	JOL	Moyenne observée	Écart-type	Moyenne marginale estimée	Erreur standard	IC <sub>95%</sub>
Contrôle	JOL	0.75	0.43	0.82	0.03	[0.75 ; 0.89]
Contrôle	No-JOL	0.76	0.43	0.80	0.04	[0.73 ; 0.87]
aMCI	JOL	0.67	0.47	0.63	0.04	[0.54 ; 0.72]
aMCI	No-JOL	0.66	0.47	0.59	0.04	[0.51 ; 0.68]

Note. Les moyennes marginales estimées sont des moyennes estimées sur des variables en interaction.

L'effet d'interaction entre la modalité et le JOL n'apparaît pas statistiquement significatif ( $F(1, 2062.5) = 0.11, p = .734, \eta^2_p = 5.62 \times 10^{-5}, IC_{95\%} = [0 ; 0]$ ), de même que l'effet d'interaction triple entre le groupe, la modalité et le JOL ( $F(1, 2062.3) = 0.57, p = .449, \eta^2_p = 2.78 \times 10^{-4}, IC_{95\%} = [0 ; 0]$ ). Un tableau des moyennes et des graphes additionnels se trouvent à l'Annexe 6.

### 5.1.1.2 Modèle mixte sur les performances de reconnaissance du contenu spécifique

Les hits<sup>13</sup> pour le contenu spécifique sont, en moyenne, supérieurs dans le groupe contrôle ( $M = 0.85, SD = 0.36, IC_{95\%} = [0.83 ; 0.87]$ ) par rapport au groupe aMCI ( $M = 0.68, SD = 0.47, IC_{95\%} = [0.64 ; 0.71]$ ), indépendamment de la modalité des extraits et du JOL. L'effet principal du groupe apparaît effectivement significatif ( $F(1, 54) = 34.18, p < .001, \eta^2_p = 0.39, IC_{95\%} = [0.19 ; 0.55]$ ).

Nous ne disposons pas suffisamment de preuves pour mettre en évidence un effet principal de la modalité ( $F(1, 2098.1) = 2.22, p = .137, \eta^2_p = 1.05 \times 10^{-3}, IC_{95\%} = [0 ; 0.01]$ ) ou un effet d'interaction entre le groupe et la modalité ( $F(1, 2067.9) = 0.64, p = .423, \eta^2_p = 3.10 \times 10^{-4}, IC_{95\%} = [0 ; 0]$ ). Le tableau 5 fournit les performances moyennes en fonction du groupe et de la modalité.

Tableau 5 Moyennes des hits aux questions sur le contenu spécifique en fonction du groupe et de la modalité.

Groupe	Modalité	Moyenne observée	Écart-type	Moyenne marginale estimée	Erreur standard	IC <sub>95%</sub>
Contrôle	Chantée	0.83	0.38	0.83	0.02	[0.78 ; 0.87]
Contrôle	Parlée	0.87	0.34	0.87	0.02	[0.82 ; 0.91]
aMCI	Chantée	0.67	0.47	0.67	0.03	[0.62 ; 0.73]
aMCI	Parlée	0.68	0.47	0.68	0.03	[0.63 ; 0.74]

Note. Les moyennes marginales estimées sont des moyennes estimées sur des variables en interaction.

<sup>13</sup> Les hits portent sur l'ensemble des questions sur le contenu spécifique, peu importe si le participant a répondu correctement ou non à la question sur le contenu général associé.

L'effet principal du JOL n'est pas non plus significatif ( $F(1, 54) = 2.96, p = .091, \eta^2_p = 0.05, IC_{95\%} = [0 ; 0.20]$ ). Cependant, un effet d'interaction significatif est observé entre le groupe et le JOL ( $F(1, 54) = 6.4, p = .014, \eta^2_p = 0.11, IC_{95\%} = [0 ; 0.28]$ ), comme on peut le visualiser sur la figure 7. Le groupe aMCI obtient des performances moyennes supérieures dans la condition JOL que no-JOL (tableau 6), avec un chevauchement de 9.29% sur la longueur totale de l' $IC_{95\%}$  du groupe aMCI avec JOL. Dans le groupe contrôle, le chevauchement entre la condition JOL et no-JOL est de 78.1% sur la longueur totale de l' $IC_{95\%}$  du groupe contrôle avec JOL.

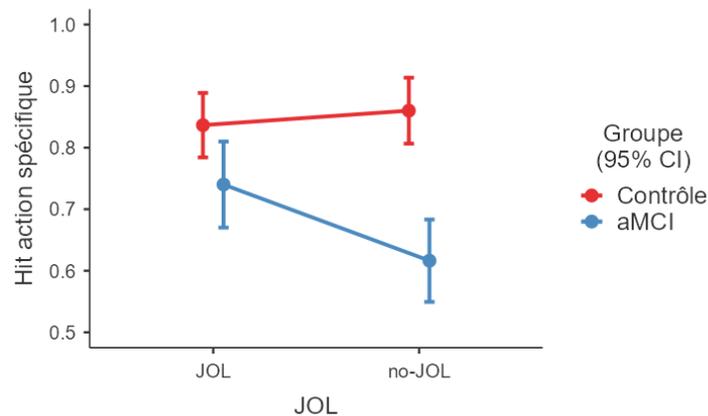


Figure 7 Pourcentages moyens des hits aux questions sur le contenu spécifique en fonction du groupe pour chaque modalité. Les barres d'erreur représentent l'intervalle de confiance à 95%.

Tableau 6 Moyennes des hits aux questions sur le contenu spécifique en fonction du groupe et du JOL.

Groupe	JOL	Moyenne observée	Écart-type	Moyenne marginale estimée	Erreur standard	$IC_{95\%}$
<b>Contrôle</b>	<b>JOL</b>	0.83	0.37	0.84	0.03	[0.78 ; 0.89]
<b>Contrôle</b>	<b>No-JOL</b>	0.86	0.35	0.86	0.03	[0.81 ; 0.91]
<b>aMCI</b>	<b>JOL</b>	0.74	0.44	0.74	0.04	[0.67 ; 0.81]
<b>aMCI</b>	<b>No-JOL</b>	0.62	0.49	0.62	0.03	[0.55 ; 0.68]

Note. Les moyennes marginales estimées sont des moyennes estimées sur des variables en interaction.

L'effet d'interaction entre la modalité et le JOL n'apparaît pas statistiquement significatif ( $F(1, 2066) = 1.99, p = .158, \eta^2_p = 9.64 \times 10^{-4}, IC_{95\%} = [0 ; 0.01]$ ), de même que l'effet d'interaction triple entre le groupe, la modalité et le JOL ( $F(1, 2062.7) = 0.52, p = .471, \eta^2_p = 2.52 \times 10^{-4}, IC_{95\%} = [0 ; 0]$ ). Un tableau des moyennes ainsi que des graphes additionnels se trouvent à l'Annexe 6.

## 5.1.2 Relation entre les performances au RI-48 et l'effet de la musique

Par extension à l'une de nos hypothèses selon laquelle les mnémoniques musicaux bénéficieraient davantage au groupe aMCI qu'au groupe contrôle, nous postulons que le gain de performances de reconnaissance du contenu général relatif aux extraits chantés augmentera à mesure que le score au RI-48 est faible. Autrement dit, on s'attend à ce qu'il y ait une corrélation négative entre le bénéfice de l'encodage musical et les capacités de mémoire verbale. Pour cette analyse, les hits ont été extraits en pourcentage pour chaque participant (quel que soit le groupe), auxquels un indice de bénéfice de la musique pour le contenu général et spécifique a été calculé (voir formule supra). Les corrélations de Bravais-Pearson, représentées sur la figure 8, ne permettent pas de démontrer de relation négative significative entre le score  $z$  au RI-48<sub>RD/RIM</sub> et l'indice de bénéfice de la musique pour le contenu général ( $r(56) = -.25, p = .055$ ) ni pour le contenu spécifique ( $r(46) = .09, p = .515$ ).

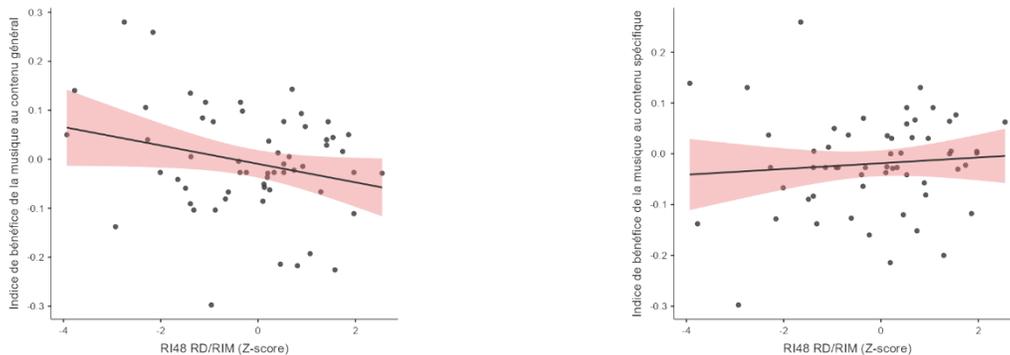


Figure 8 Corrélation entre le score  $z$  au RI-48<sub>RD/RIM</sub> et l'indice de bénéfice de la musique.

## 5.2 Analyses supplémentaires

### 5.2.1 Influence de l'expérience musicale sur les performances de reconnaissance du contenu général et spécifique

De manière exploratoire, en vue d'étudier l'influence de l'expérience musicale sur les performances de reconnaissance du contenu général et du contenu spécifique, nous avons procédé à deux modèles mixtes avec comme variables à effets fixes le groupe, la modalité et l'expérience musicale (non-musicien, musicien débutant, musicien intermédiaire) en contrôlant l'effet aléatoire des participants et des thèmes associés à chaque extrait.

Nous n'observons pas d'effet principal significatif de l'expérience musicale, que ce soit pour les hits sur le contenu général ( $F(2, 27.8) = 0.21, p = .809$ ) ou spécifique ( $F(2,52) = 0.03, p = 0.975$ ). De même, aucun effet d'interaction avec l'expérience musicale n'apparaît significatif.

## 5.2.2 Lien entre les réponses aux JOLs et les performances de reconnaissance du contenu général

Sur base des données de la littérature, nous avons émis l'hypothèse que les personnes âgées saines et présentant un aMCI seraient tout aussi précises dans leur JOLs. Sans hypothèse précise a priori, nous avons également exploré si le pouvoir prédictif des JOLs variait selon la modalité des extraits. Nous avons réalisé une régression logistique binomiale pour examiner si les JOLs (codés de 1 pour « Certain que je ne m'en souviendrai pas » à 5 pour « Certain que je m'en souviendrai ») permettent de prédire les performances de reconnaissance du contenu général (0 ou 1) de manière comparable dans les groupes contrôle et aMCI. Le modèle explique 4.35% de la variance des réponses au JOL.

Le groupe contrôle a, en moyenne, une probabilité supérieure (81.2%) au groupe aMCI (64.2%) de fournir un JOL à l'encodage permettant de prédire ses performances ultérieures. Cette différence entre les groupes apparaît significative ( $Z = -5.83, p < .001$ ). La différence de prédiction entre la modalité parlée et chantée n'est pas significative ( $Z = 0.05, p = .721$ ). De manière intéressante, seule la réponse 5 aux JOLs est significativement plus précise que les autres réponses, excepté avec la réponse 4 ( $Z_{5-1} = 2.3, p_{5-1} = .021$  ;  $Z_{5-2} = 2.71, p_{5-2} = .007$  ;  $Z_{5-3} = 2.22, p_{5-3} = .026$  ;  $Z_{5-4} = 1.95, p_{5-4} = .051$ ). La réponse 5 obtient une probabilité de précision de 87.9% chez les participants contrôles et de 75.1% chez les participants diagnostiqués avec un aMCI (figure 9A).

Enfin, pour contrôler l'influence du temps de réponse aux JOLs sur les performances, nous avons ajouté au modèle de régression logistique les temps de réponse (TR) comme covariable. Comme attendu, le lien entre les temps de réponse pour émettre un JOL et les performances de reconnaissance du contenu général n'apparaît pas significatif ( $Z = -0.93, p = 0.352$ ) (figure 9B).

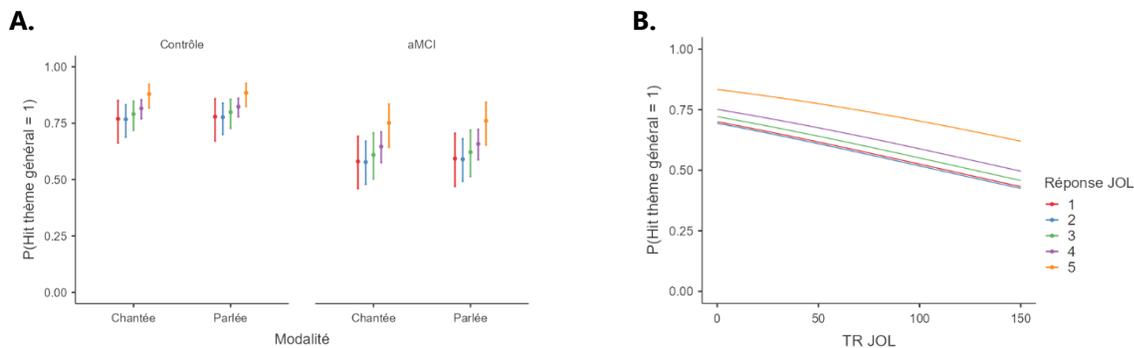


Figure 9 A. Moyenne des hits aux questions sur le contenu général pour chaque groupe, chaque modalité et chaque réponse aux JOLs. Les barres d'erreur représentent l'erreur standard de mesure autour de la moyenne. B. Moyennes des hits aux questions sur le contenu général en fonction des réponses aux JOLs et de leur temps réponse (TR).

Des analyses exploratoires supplémentaires sur les réponses aux JOLs se trouvent à l'Annexe 7.

## 6 DISCUSSION

---

### 6.1 Rappel des objectifs et de la méthodologie

La diminution de la qualité de vie et du bien-être mental dans le MCI (Stites et al., 2018) souligne l'importance d'envisager le plus précocement possible des interventions de rééducation cognitive. Notre étude visait à explorer l'intérêt de stratégies mnémoniques innovantes et pragmatiques visant à pallier les troubles mnésiques de patients diagnostiqués avec un aMCI.

Il est largement admis qu'un encodage approfondi facilite la récupération de la trace mnésique ( Craik & Lockhart, 1972). Nous avons ainsi étudié l'effet d'un encodage musical combiné à une composante métacognitive sur la mémoire de reconnaissance chez des patients présentant un aMCI et des personnes âgées saines. En adoptant une approche écologique similaire à Simmons-Stern et al. (2012), les participants ont écouté et mémorisé le contenu général et spécifique d'extraits de situations de la vie quotidienne, présentés en modalité chantée ou parlée. À ce facteur intra-sujet, nous avons ajouté une condition inter-sujet pour la moitié des participants, incluant une mesure d'évaluation métacognitive pour chaque extrait, appelée jugement d'apprentissage (« Judgment of Learning », JOL). La phase d'encodage était ensuite suivie d'un test de reconnaissance immédiate, comprenant deux questions pour chaque extrait entendu ou nouveau : l'une de type oui/non sur le thème général et l'autre à choix forcé sur l'action spécifique liée à ce thème.

À ce jour, huit études sur neuf ont démontré le bénéfice des mnémoniques musicaux dans la maladie d'Alzheimer (Derks-Dijkman et al., 2023), tandis que les conclusions sont plus mitigées pour les personnes âgées saines (Derks-Dijkman et al., 2023). À notre connaissance, aucune étude n'a examiné cet effet aux stades prodromiques de la pathologie. La compréhension des mécanismes sous-jacents fait encore l'objet de nombreux débats et d'interrogations au sein de la communauté scientifique. En parallèle, plusieurs études indiquent que le JOL améliore les performances de mémoire par un effet de réactivité positive (Double et al., 2018), bien que celui-ci n'ait pas encore été documenté chez les populations amnésiques. Émettre un jugement métamnésique au moment de l'encodage améliorerait la reconnaissance d'informations à la fois générales et spécifiques. Cet avantage est compris au travers de la théorie du double processus de reconnaissance de Yonelinas (2002), en renforçant à la fois le processus de familiarité et de recollection (Zheng et al., 2024).

## 6.2 Interprétation des résultats

### 6.2.1 Analyses principales

Sur base de recherches antérieures, nous avons émis l'hypothèse que l'encodage accompagné de paroles chantées ou d'un JOL améliore la reconnaissance du contenu général, supposé reposer principalement sur le processus de familiarité. Seul le JOL renforcerait le processus de recollection (Simmons-Stern et al., 2012; Zheng et al., 2024), comme devraient en témoigner les performances de reconnaissance du contenu spécifique. Il était également attendu que la combinaison des mnémoniques musicaux et du JOL améliore davantage la reconnaissance.

Tout d'abord, le groupe aMCI montre des performances significativement moindres que le groupe contrôle, tant pour la reconnaissance du contenu général que spécifique, et ce, indépendamment des conditions intra et inter-sujets. Les scores aux tests mnésiques traditionnels, à savoir le RI-48 et le test de Mémoire Logique, font également état de différences statistiquement significatives. Notre échantillon est donc divisé en deux groupes qui, en moyenne, diffèrent sur le plan mnésique. Ce constat nous permettra d'examiner si les effets des mnémoniques musicaux et des jugements métamnésiques bénéficient davantage aux personnes âgées rapportant des plaintes mnésiques qu'aux personnes sans déficience cognitive, proches en termes d'âge et de niveau d'éducation.

*Concernant l'effet des mnémoniques musicaux*, les participants avec un aMCI obtiennent, en moyenne, des performances de reconnaissance du contenu général supérieures pour les extraits accompagnés de paroles chantées plutôt que parlées, ce qui est conforme à notre première hypothèse. L'absence d'effet chez les personnes âgées saines, observation déjà décrite dans la littérature (Deason et al., 2012; Simmons-Stern et al., 2010), peut s'expliquer par la présence d'un effet plafond, reflétant des capacités mnésiques déjà suffisamment satisfaisantes. En prenant les deux groupes confondus, l'analyse statistique révèle une tendance, bien que non significative, en faveur d'une corrélation négative de taille petite à moyenne<sup>14</sup> entre les performances mnésiques au RI-48 et l'indice de bénéfice de la musique pour le contenu général. Néanmoins, en examinant de plus près, l'indice de bénéfice de la musique dans le groupe aMCI n'est pas suffisamment élevé pour confirmer un réel avantage des mnémoniques musicaux sur la reconnaissance du contenu général. Ces observations doivent donc s'interpréter avec prudence.

---

<sup>14</sup> Selon les conventions de Cohen (Cohen, 1988).

Comme l'étude de Simmons-Stern et al. (2012), l'encodage musical ne semble pas améliorer la reconnaissance du contenu spécifique. L'amélioration, bien que minime, observée sur la reconnaissance du contenu général suggère que l'encodage musical favorise davantage le processus de familiarité par rapport au processus de recollection. Cependant, sans mesure basée sur le degré de confiance du souvenir, il est difficile d'interpréter ces résultats dans le cadre de la théorie du double processus de reconnaissance. Nous discuterons de cette limite méthodologique plus loin.

Bien que la musicothérapie soit actuellement en vogue, les mécanismes sous-jacents relatifs à son efficacité restent encore largement incompris et débattus. L'avantage des mnémoniques musicaux peut découler de processus attentionnels, cognitifs et affectifs, renforçant l'encodage en mémoire de travail et facilitant la récupération en mémoire à long terme (Derks-Dijkman et al., 2023). Certains auteurs défendent le rôle de mécanismes émotionnels via les propriétés hédoniques de la musique (Bleibel et al., 2023; Koelsch, 2014). Dans ce sens, les mélodies à valence positive seraient plus efficaces, notamment chez les personnes âgées, généralement sensibles au biais de positivité (Ratovohery et al., 2018). D'autres plaident plutôt pour des mécanismes motivationnels liés au système de récompense, montrant une meilleure reconnaissance pour les extraits musicaux jugés plus gratifiants (Ferreri & Rodriguez-Fornells, 2017). Par ailleurs, la formation musicale pourrait moduler l'effet des mnémoniques musicaux, possiblement en raison de la formation elle-même ou de capacités cognitives supérieures chez les musiciens (Baird et al., 2017). Notre étude n'inclut pas suffisamment de participants se qualifiant de musiciens pour tirer des conclusions sur le lien entre la musique, la mémoire et l'expérience musicale. Le questionnaire d'expérience musicale que nous avons administré a été conçu uniquement pour décrire les caractéristiques de notre échantillon, permettant ainsi de vérifier la généralisabilité des résultats à la population gériatrique générale.

*En ce qui concerne l'effet du JOL*, celui-ci se manifeste au niveau des performances de reconnaissance du contenu spécifique chez les participants souffrant d'un aMCI, mais pas chez les participants contrôles, et ce, quelle que soit la modalité des extraits. En moyenne, leurs performances sont meilleures dans la condition JOL que sans JOL, avec un faible chevauchement d'environ 10%. En revanche, contrairement aux mnémoniques musicaux, la reconnaissance du contenu général ne bénéficie pas du jugement métamnésique. Ainsi, l'effet d'interaction significatif entre le JOL et le groupe répond partiellement à notre hypothèse initiale, qui postulait que les jugements métamnésiques amélioreraient la reconnaissance tant du contenu général que spécifique.

Outre un éventuel effet plafond, l'absence d'effet chez les personnes âgées saines, que Tauber & Witherby (2019) ont déjà observé en comparant leurs performances à celles de jeunes adultes, est cohérente avec la théorie de l'engagement d'apprentissage amélioré (Shi et al., 2023; Zhao et al., 2022). Selon ce point de vue, la création de JOLs pour chaque item amènerait à réorienter continuellement l'attention vers le matériel à mémoriser, ce qui réduirait par exemple les distractions internes causées par le phénomène spontané de vagabondage mental (Tauber & Witherby, 2019). Une telle réorientation attentionnelle n'aurait pas d'impact significatif sur les performances des personnes âgées, qui ont naturellement tendance à moins vagabonder mentalement (Maillet & Schacter, 2016). Cette théorie ne permet cependant pas d'expliquer pourquoi les performances du groupe aMCI sont, en moyenne, supérieures dans la condition JOL par rapport à la condition sans JOL pour la reconnaissance du contenu spécifique, alors que la maladie d'Alzheimer est associée à une incidence encore plus faible de vagabondage mental que le vieillissement sain (Gyurkovics et al., 2018). En accord avec Rivers et al. (2023), nous pensons que l'avantage du JOL sur la mémoire ne proviendrait pas seulement d'une réorientation attentionnelle, mais aussi d'un encodage plus élaboré (Tekin & Roediger, 2020), possiblement de manière incidente. Puisque la qualité de la récupération dépend de la profondeur du traitement (Craik & Lockhart, 1972), un encodage approfondi par l'autoréflexion induite par le JOL pourrait s'avérer efficace comme stratégie d'apprentissage pour améliorer la reconnaissance.

L'avantage du JOL observé chez les participants présentant un aMCI se limite à la reconnaissance du contenu spécifique, sans impact sur la reconnaissance du contenu général. En considérant que la reconnaissance des contenus généraux et spécifiques repose respectivement sur les processus de familiarité et de recollection, nous nous attendions à observer une amélioration globale des performances puisque Zheng et al. (2024) ont montré une influence conjointe du JOL sur ces deux processus de reconnaissance. Ce manque de réplique peut s'expliquer par des différences méthodologiques entre les expériences de Zheng et al. (2024) et la nôtre, en ce qui concerne le matériel utilisé, la population étudiée et les méthodes d'évaluation. En effet, leur tâche expérimentale consistait à faire mémoriser 160 mots à de jeunes étudiants, dont la moyenne d'âge est de 21 ans. De plus, Zheng et al. (2024) ont utilisé un paradigme Remember/Know, permettant de dissocier les processus de familiarité et de recollection, tandis que, de notre côté, il n'est pas certain que la dissociation entre général et spécifique reflète véritablement la dissociation entre familiarité et recollection.

Enfin, contrairement à nos hypothèses, nos analyses ne révèlent aucun effet d'interaction triple significatif, que ce soit pour la reconnaissance du contenu général ou spécifique. Nous n'avons donc pas suffisamment de preuves pour mettre en évidence un effet cumulatif de l'encodage musical et du JOL combinés sur les performances de reconnaissance de patients avec un aMCI.

## **6.2.2 Analyses supplémentaires**

En préambule, nous souhaitons attirer votre attention sur le fait que les analyses qui suivent ne faisaient pas partie des objectifs principaux de cette étude. Les résultats sont donc à interpréter avec prudence, mais ils fournissent néanmoins des pistes intéressantes pour de futures recherches.

Sur base du modèle de Nelson & Narens (1990), il est raisonnable de penser que l'effet de réactivité positive dépend, en partie, des capacités de monitoring et donc, de la précision des JOLs. Autrement dit, le processus de monitoring informerait le processus de contrôle à autoréguler les stratégies d'apprentissage, ce qui permettrait in fine d'améliorer les performances. Cette perspective est cohérente avec la théorie du traitement plus élaboré, selon laquelle l'effet de réactivité positive provient de la profondeur d'encodage qui est révisée et ajustée par la création de JOLs (Shi et al., 2023; Tekin & Roediger, 2020). Nous nous sommes donc penchés sur le lien entre la précision des JOLs, qui reflèterait l'intégrité du processus de monitoring, et l'effet de réactivité positive. Il convient cependant de rappeler que notre étude n'a pas été conçue pour étudier la précision des JOLs chez les patients avec un aMCI, mais pour explorer son influence sur la reconnaissance. Pour cette raison, nous rappelons que ces observations sont à prendre avec précaution.

À partir des conclusions de Moulin et al. (2000), nous avons émis l'hypothèse que les patients présentant un aMCI seraient tout aussi précis dans leurs JOLs que les personnes âgées saines. Nos analyses statistiques montrent cependant une précision prédictive des JOLs inférieure de 17% dans le groupe aMCI par rapport au groupe contrôle. Avec la multiplicité des oublis, il est possible que les patients souffrant d'un aMCI forment leurs JOLs en s'appuyant sur une fluidité de traitement trompeuse (voir hypothèse de Koriat, 1997) ou des croyances métamémorielles inadéquates (voir hypothèse de Mueller & Dunlosky, 2017). Malgré un faible pouvoir prédictif des JOLs, les participants présentant un aMCI semblent bénéficier des JOLs pour améliorer leurs performances de reconnaissance relative au contenu spécifique, à la différence des personnes âgées saines. Ces constatations ne nous permettent pas d'établir de lien entre les capacités de monitoring et l'effet de réactivité positive du JOL, qui ne dépendrait pas nécessairement de sa précision prédictive.

Toutefois, nous identifions deux différences méthodologiques susceptibles d'expliquer nos résultats contradictoires avec ceux de Moulin et al. (2000). Premièrement, leur évaluation du jugement métacognitif portait sur la prédiction des performances de rappel, et non celles de reconnaissance. Deuxièmement, ils ont mesuré la « sensibilité des jugements métamnésiques », obtenue en comparant les réponses aux JOLs avec le degré de difficulté des items étudiés préalablement contrôlé, plutôt qu'avec les performances de rappel ultérieures. Ils ont donc calculé des corrélations entre les prédictions subjectives et des normes de performances basées sur les propriétés objectives du matériel à mémoriser. Ainsi, leurs participants ont attribué des JOLs plus faibles aux mots objectivement difficiles et plus élevés aux mots objectivement faciles, les amenant à conclure une préservation du processus de monitoring. Leurs conclusions pourraient être différentes s'ils avaient utilisé une mesure de précision des JOLs similaire à la nôtre en tenant compte des performances ultérieures. Leur méthode présente l'avantage d'éliminer le biais éventuel lié aux effets planchers des patients présentant des difficultés mnésiques, mais elle ne reflète pas nécessairement les capacités métacognitives (Moulin et al., 2000). Par ailleurs, en ce qui concerne le format des JOLs, nous avons utilisé une échelle de type Likert à 5 possibilités de réponse, tandis qu'un curseur gradué (e.g., en pourcentage), comme le suggèrent des travaux plus récents (Rhodes, 2016), aurait permis d'obtenir des mesures de précision des JOLs plus fines.

Les expériences et connaissances antérieures influencent l'utilisation des indices intrinsèques (comme les caractéristiques perceptives des éléments à étudier) et extrinsèques (comme les conditions d'apprentissage ou les efforts déployés par l'apprenant) pour guider le JOL (Koriat, 1997; Thomas et al., 2013). On ignore si le manque de pouvoir prédictif des JOLs dans le groupe aMCI, par rapport au groupe contrôle, réside dans l'utilisation d'indices inadéquats ou la présence de croyances métamémorielles erronées. Pour mieux comprendre la formation des JOLs, il serait intéressant d'interroger préalablement les participants sur leurs croyances métamémorielles afin de déterminer si celles-ci influencent l'ampleur de leurs jugements métamnésiques. Étant donné le caractère explicite et transparent des objectifs de l'étude, il est probable que les participants aient eu tendance à penser que les extraits accompagnés de paroles chantées seraient plus faciles à mémoriser que ceux avec des paroles parlées. Selon l'hypothèse de Mueller & Dunlosky (2017), on pourrait donc s'attendre à ce que les extraits chantés reçoivent des JOLs plus confiants. Cependant, des analyses exploratoires au moyen de tests khi-carré d'indépendance ne révèlent pas de lien significatif entre la modalité des extraits entendus et le degré de certitude des JOLs.

### 6.3 Limites méthodologiques

Dans cette section, nous discutons des forces et faiblesses relatives à notre design expérimental, en proposant quelques pistes d'amélioration pour les recherches futures.

Malgré nos efforts pour atteindre une taille d'échantillon suffisante, le groupe aMCI ne compte (jusqu'à présent<sup>15</sup>) que 22 participants sur les 40 initialement attendus. Cet effectif est inférieur aux recommandations basées à la fois sur l'analyse de puissance a priori et sur l'hétérogénéité clinique qui caractérise ce syndrome. S'il existe un effet des mnémoniques musicaux et des JOLs, un échantillon plus important serait nécessaire pour détecter des effets plus subtils. En outre, l'assouplissement de nos critères d'éligibilité, en réponse aux difficultés de recrutement, a entraîné une plus grande variabilité des profils au sein du groupe aMCI, comme en témoignent les écarts-types plus élevés par rapport au groupe contrôle à la quasi-totalité des tests et questionnaires administrés. De plus, neuf participants du groupe aMCI présentent des scores à la fois dans les normes au RI-48 ( $\text{score } z_{RD/RIM} < 1.65$ ) et supérieurs ou égaux au seuil de 23 à l'échelle MoCA, ce qui ne répond pas aux critères diagnostiques établis par Petersen (2004). Pour rappel, ces critères incluent une plainte de mémoire dépassant les manifestations normales liées à l'âge, dont la sévérité est suffisamment importante pour être décelée par des tests cognitifs, mais insuffisante pour interférer avec l'autonomie du patient dans les activités de la vie quotidienne. Par ailleurs, nous n'avons pas exigé de données de neuroimagerie ou de biomarqueurs pour appuyer le diagnostic.

D'autre part, nos résultats pourraient être imprégnés de variables externes d'ordre psychologique. En effet, les différences significatives observées au GDS-15 et au STAI-Y-A indiquent des niveaux de dépression et d'anxiété-état plus élevés dans le groupe aMCI par rapport au groupe contrôle. Nous n'excluons pas l'influence de la menace du stéréotype, à laquelle les patients atteints d'un aMCI peuvent être particulièrement vulnérables en raison d'une double stigmatisation, à travers les stéréotypes liés à leur âge et leur déficience mnésique (Adam et al., 2013). Par ailleurs, les modalités de recrutement – de bouche-à-oreille pour le groupe contrôle et après consultation avec un professionnel de la santé pour le groupe aMCI –, pourraient également avoir influencé les attentes, les attitudes et le degré de motivation des participants, représentant ainsi une autre source potentielle de variables parasites susceptibles de contaminer les résultats et difficiles à contrôler.

---

<sup>15</sup> Le recrutement sera poursuivi par l'équipe Aging & Memory du GIGA-CRC.

Outre l'échantillon, des limites concernant la méthodologie adoptée peuvent également être soulignées. Bien que notre design expérimental ait permis d'examiner les effets de l'encodage musical et du JOL sur la mémoire, il ne permet pas de saisir pleinement les mécanismes sous-jacents à la lumière du double processus de reconnaissance de Yonelinas (2002). En nous basant sur les travaux de Simmons-Stern et al. (2012), nous avons initialement supposé que la reconnaissance des informations générales et spécifiques était respectivement sous-tendue majoritairement par les processus de familiarité et de recollection. Toutefois, nos observations cliniques lors des passations nous ont amenés à reconsidérer cette hypothèse. La reconnaissance du contenu général pourrait ne pas reposer uniquement sur une sensation vague et subjective de familiarité, mais également être initiée par une recherche active d'éléments contextuels via le processus de recollection. Pour illustrer ce propos, nous avons pu observer que la question sur le thème général suscitait le rappel spontané de détails contextuels chez certains participants. De même, la reconnaissance du contenu spécifique pourrait survenir sans nécessairement impliquer le processus de recollection, et reposer alors essentiellement sur un sentiment de familiarité.

Partant de ce constat, la conception de notre tâche expérimentale ne permet pas de dissocier clairement ces deux processus. Il existe plusieurs paradigmes pour quantifier la contribution relative de la familiarité et de la recollection. L'une des méthodes courantes est l'évaluation introspective du degré de confiance relatif au souvenir en utilisant la procédure classique Remember/Know (Gardiner, 1988). Lors du test de reconnaissance, les participants doivent indiquer, pour chaque item reconnu, si leur souvenir est accompagné de détails contextuels (Remember) ou simplement d'une vague sensation de « déjà-vu » (Know). Ce paradigme nous aurait permis de mieux distinguer les souvenirs basés sur la recollection de ceux basés sur la familiarité, offrant ainsi une meilleure compréhension de l'avantage des mnémoniques musicaux et des jugements métamnésiques sur la reconnaissance.

De surcroît, en utilisant un paradigme Remember/Know, l'ajout d'une option « Guess » aurait permis de distinguer les réponses informées de celles purement aléatoires aux questions sur le contenu spécifique. Le format à choix forcé a obligé les participants à sélectionner l'une des deux propositions, même lorsqu'ils n'avaient aucun souvenir du thème général (i.e. réponse « non » à la question précédente) ni de l'action associée. Cette contrainte pourrait les avoir poussés à répondre soit de manière aléatoire, soit en se fiant à leur sentiment de familiarité, sans indice de recollection.

De plus, les conditions expérimentales peuvent différer par d'autres caractéristiques que nos variables indépendantes, notamment par la durée de présentation des extraits. Malgré les précautions mises en place lors de la conception des stimuli, une analyse de variance factorielle révèle que les extraits en modalité chantée ont une durée significativement plus longue que les extraits en modalité parlée. Un débit de parole plus lent pour les extraits parlés ou plus rapide pour les extraits chantés aurait permis d'équilibrer les deux modalités en termes de durée, éliminant ainsi cette source potentielle de biais. Trouver un compromis entre une durée adéquate et un débit de parole approprié pourrait constituer le défi d'une conception améliorée des stimuli.

Par ailleurs, les participants dans la condition JOL disposent d'un temps supplémentaire après chaque extrait pour estimer leur probabilité de reconnaissance ultérieure, contrairement à ceux dans la condition sans JOL. Bien que l'analyse par régression binomiale suggère que cet avantage temporel n'influence pas les performances, il constitue une variable exogène pouvant contribuer à surestimer l'effet positif du JOL. Dans la majorité des études (par exemple, Li et al., 2022; Rivers et al., 2023; Soderstrom et al., 2015), le JOL apparaît durant la seconde moitié de l'exposition au stimulus, ce qui garantit un temps équivalent indépendamment de la condition. Ces études utilisent néanmoins des stimuli visuels (e.g., des mots), pour lesquels il semble plus aisé de manipuler la durée d'exposition que des stimuli auditifs pré-enregistrés. Dans notre tâche expérimentale audiovisuelle, il pourrait être envisageable de prolonger l'affichage des paroles à l'écran dans la condition sans JOL, tout en imposant une contrainte temporelle similaire dans la condition JOL, pendant laquelle les paroles resteraient également visibles à l'écran. Peu importe la condition, les participants seraient ainsi soumis à un temps équivalent d'exposition aux paroles textuelles, au cours duquel la moitié d'entre eux doivent fournir un JOL dans un délai imparti. Pour standardiser au mieux les conditions, une échelle fictive pourrait être incluse dans la condition sans JOL.

Enfin, contrairement aux résultats de Simmons-Stern et al. (2012), aucun avantage musical ni métamnésique n'est décelé chez les personnes âgées saines, ce que nous attribuons à un probable effet plafond. Augmenter la difficulté de la tâche, par exemple en augmentant le nombre de stimuli, pourrait permettre de détecter des effets plus subtils dans la population gériatrique tout-venant en accroissant la sensibilité. Cette démarche risquerait cependant de réduire la spécificité de la tâche en raison d'un éventuel effet plancher chez les participants présentant un aMCI, dont les performances seraient trop faibles pour permettre l'observation des effets recherchés.

Plutôt que d'accroître la difficulté de la tâche, une alternative pourrait consister à introduire un test de reconnaissance différée. Des études antérieures sur l'encodage musical ont utilisé des intervalles de 10 minutes, de 24 heures, et même d'une semaine (Deason et al., 2012; Moussard et al., 2014; Ratovohery et al., 2018). Si un délai entre la phase d'encodage et le test de reconnaissance réduit les performances de reconnaissance des personnes âgées saines, ces dernières devraient présenter un avantage similaire à celui observé au test immédiat dans le groupe aMCI (Deason et al., 2012). Cela permettrait également d'examiner les effets à long terme des mnémoniques musicaux et des jugements métamnésiques. Jusqu'à présent, seule une poignée d'études s'est intéressée à l'effet de réactivité positive des JOLs sur le long terme (Witherby & Tauber, 2017b; Zheng et al., 2024).

## **6.4 Perspectives futures et implications cliniques**

Malgré les limites méthodologiques, les résultats de notre étude encouragent la poursuite des recherches sur l'utilisation de la musique et de la métacognition au moment de l'encodage comme stratégie d'apprentissage pour pallier les déficits mnésiques. Pour confirmer leur efficacité, des études plus approfondies, en particulier des essais contrôlés randomisés, avec un échantillon plus homogène et une méthodologie plus rigoureuse, sont nécessaires.

Tout d'abord, il conviendrait de filtrer l'échantillon clinique en affinant les critères d'inclusion et d'exclusion. Selon les critères de Petersen (2004), la plainte de mémoire doit recevoir l'appui de résultats déficitaires à l'évaluation cognitive. En dépit du diagnostic préétabli par un professionnel, des performances dans les normes au RI-48 suggèrent que les déficits de mémoire ne sont pas suffisamment marqués pour inclure ces sujets dans l'échantillon clinique.

Ensuite, un ajustement du protocole expérimental permettrait d'augmenter la validité des résultats, mais aussi d'approfondir la compréhension des mécanismes sous-jacents. Cela inclut, par exemple, un contrôle plus strict de la durée des stimuli, une révision des conditions JOL, l'utilisation d'un paradigme Remember/Know/Guess, l'installation d'une reconnaissance différée, mais également l'exploration de données neurocognitives. À notre connaissance, aucune étude sur les mnémoniques musicaux n'a utilisé l'imagerie cérébrale, et seule une étude sur les JOLs (B. Li et al., 2024) a analysé des données électrophysiologiques. Des recherches futures seraient également intéressantes pour examiner l'effet des interventions actives, telles que le chant, qui pourraient être plus efficaces que les interventions réceptives (Särkämö, 2018).

Dans leur revue sur les mnémoniques musicaux, Derks-Dijkman et al. (2023) soumettent des recommandations visant à systématiser les protocoles et proposent des lignes directrices pour la rédaction des articles scientifiques, parmi lesquelles on retrouve la description précise du protocole, de la tâche, du matériel, des stimuli et de l'échantillon. Un rapport concis des recherches est une première étape pour mieux comprendre le manque de consensus observé dans la littérature.

Notre étude ouvre la voie vers des perspectives thérapeutiques de réhabilitation mnésique, à la fois faciles d'application, non pharmacologiques et peu coûteuses (Van der Steen et al., 2018). Implémenté dans la vie quotidienne, l'avantage de ces stratégies mnémoniques pourrait être plus saillant que dans un cadre expérimental standardisé. À l'avenir, il serait pertinent d'étudier l'impact des mnémoniques musicaux et des jugements métamnésiques dans un contexte plus écologique.

Les interventions peuvent être personnalisées, en créant des stimuli musicaux individualisés, pertinents face aux besoins des patients et ajustés selon leurs préférences (Bleibel et al., 2023). Il convient en effet de privilégier des activités thérapeutiques porteuses de sens pour les individus et ancrées dans une perspective écologique. Par exemple, pour aider une personne à se rappeler de sortir les poubelles le bon jour de la semaine, nous pourrions imaginer créer une comptine personnalisée, en collaboration avec le patient, et qu'il serait en mesure d'apprendre. Cette méthode peut être adaptée à de nombreuses situations de la vie quotidienne pour lesquelles les personnes âgées, en particulier avec des plaintes de mémoire, éprouvent des difficultés : prendre ses médicaments, faire ses courses, ne pas oublier un rendez-vous, utiliser son téléphone portable, etc.

## **6.5 Conclusion**

Pour rappel, notre étude avait pour objectif d'explorer l'efficacité des mnémoniques musicaux et des jugements métamnésiques pour améliorer la mémoire de reconnaissance chez des patients diagnostiqués avec un aMCI et des personnes âgées saines. À partir des recherches antérieures, notamment les travaux de Simmons-Stern et al. (2012) et de Zheng et al. (2024), nous avons émis l'hypothèse que la reconnaissance du contenu général d'extraits précédemment entendus, relatifs à des situations courantes de la vie quotidienne, serait meilleure lorsque l'encodage est accompagné d'une présentation chantée ou d'un JOL, tandis que la reconnaissance du contenu spécifique serait améliorée uniquement grâce aux JOLs. Nous supposons également que la combinaison des deux conditions favoriserait davantage la reconnaissance, tant pour le contenu général que spécifique.

À l'avant-plan, les résultats de notre étude montrent que l'ajout du JOL améliore la reconnaissance du contenu spécifique, mais pas général, chez les patients avec un aMCI. Cet effet de réactivité positive pourrait s'interpréter sous le spectre des théories de l'engagement d'apprentissage amélioré (Zhao et al., 2022) et du traitement plus élaboré (Shi et al., 2023; Tekin & Roediger, 2020). En redirigeant l'attention vers les éléments à mémoriser et en renforçant l'encodage, l'inclusion de stratégies métacognitives pourrait s'avérer utile dans des programmes de rééducation mnésique.

En revanche, nous manquons de preuves pour confirmer l'efficacité des mnémoniques musicaux, pourtant de plus en plus documentée dans la maladie d'Alzheimer depuis une dizaine d'années (Derks-Dijkman et al., 2023). Bien que nous observons des performances moyennes légèrement supérieures pour les extraits chantés plutôt que parlés pour la reconnaissance du contenu général chez les patients présentant un aMCI, cette amélioration reste trop subtile pour traduire un réel bénéfice des mnémoniques musicaux. Comme pour le JOL, aucun effet significatif n'est relevé dans le groupe contrôle de personnes âgées saines. L'effet de l'encodage musical pourrait dépendre de facteurs individuels, tels que mécanismes attentionnels, émotionnels et motivationnels, mais aussi de considérations méthodologiques liées aux caractéristiques de notre tâche expérimentale.

Rappelons également que notre étude souffre d'écueils méthodologiques susceptibles d'avoir influencé les résultats, notamment en ce qui concerne la taille et la composition de l'échantillon clinique, ainsi que la conception de la tâche expérimentale. L'équipe Aging & Memory du GIGA-CRC poursuivra le recrutement jusqu'à ce qu'un nombre suffisant de participants soit atteint, ce qui permettra de tirer des conclusions plus robustes. Par la suite, un ajustement du protocole expérimental, auquel notre étude fournit déjà plusieurs pistes d'amélioration, sera nécessaire pour mieux comprendre comment, pourquoi et dans quelle mesure la musique et la métacognition peuvent améliorer l'apprentissage. Une meilleure compréhension des mécanismes sous-jacents est essentielle en vue de développer des programmes de rééducation ciblés et efficaces.

Pour conclure, bien que nos résultats ne répondent que partiellement à nos hypothèses, ils soulignent l'importance de poursuivre des investigations approfondies et affinées dans ce domaine, offrant ainsi des perspectives prometteuses en termes de rééducation de la mémoire pour compenser l'absence de traitements pharmacologiques efficaces (Berg-Weger & Stewart, 2017). À l'avenir, l'intégration de ces stratégies innovantes et pragmatiques dans la pratique clinique pourrait avoir le potentiel d'améliorer la qualité de vie de patients se plaignant de difficultés mnésiques.

## 7 RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

---

- Adam, S. (2007). Approche neuropsychologique de la prise en charge des stades débutants de la maladie d'Alzheimer. In T. Rousseau (Éd.), *Démences : Orthophonie et autres interventions* (p. 241-285). Ortho Edition.
- Adam, S., Joubert, S., & Missotten, P. (2013). L'âgisme et le jeunisme : Conséquences trop méconnues par les cliniciens et chercheurs ! *Revue de Neuropsychologie*, 5(1), 4-8. <https://doi.org/10.1684/nrp.2013.0248>
- Adam, S., Van der Linden, M., Poitrenaud, J., Kalafat, M., & et les membres du GREMEM. (2004). L'épreuve de rappel indicé à 48 items (RI-48). In M. Van der Linden, S. Adam, A. Agniel, C. Baisset Mouly, & et les membres du GREMEM (Éds.), *L'évaluation des troubles de la mémoire : Présentation de quatre tests de mémoire épisodique (avec leur étalonnage)* (p. 49-67). Solal.
- Agosta, F., Magno, M. A., Canu, E., & Filippi, M. (2022). Music in Dementia : From Impairment in Musical Recognition to Musical Interventions. In B. Colombo (Éd.), *The Musical Neurons* (p. 65-75). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-08132-3\\_6](https://doi.org/10.1007/978-3-031-08132-3_6)
- Aleixo, M. A. R., Santos, R. L., & Dourado, M. C. do N. (2017). Efficacy of music therapy in the neuropsychiatric symptoms of dementia : Systematic review. *Jornal Brasileiro de Psiquiatria*, 66(1), 52-61. <https://doi.org/10.1590/0047-2085000000150>
- American Music Therapy Association. (s. d.). *What is Music Therapy?* Consulté 11 août 2024, à l'adresse <https://www.musictherapy.org/about/musictherapy/>
- Ang, L. C., Yap, P., Tay, S. Y., Koay, W. I., & Liew, T. M. (2023). Examining the Validity and Utility of Montreal Cognitive Assessment Domain Scores for Early Neurocognitive Disorders.

- Journal of the American Medical Directors Association*, 24(3), 314-320.e2.  
<https://doi.org/10.1016/j.jamda.2022.12.028>
- Arbuckle, T. Y., & Cuddy, L. L. (1969). Discrimination of item strength at time of presentation. *Journal of Experimental Psychology*, 81(1), 126-131. <https://doi.org/10.1037/h0027455>
- Babinsky, M. J. (1914). Contribution à l'étude des troubles mentaux dans l'hémiplégie organique cérébrale (anosognosie). *Revue Neurologique*, 27, 845-847.
- Bäckman, L., & Lipinska, B. (1993). Monitoring of general knowledge : Evidence for preservation in early Alzheimer's disease. *Neuropsychologia*, 31(4), 335-345.  
[https://doi.org/10.1016/0028-3932\(93\)90157-U](https://doi.org/10.1016/0028-3932(93)90157-U)
- Baird, A., Samson, S., Miller, L., & Chalmers, K. (2017). Does music training facilitate the mnemonic effect of song? An exploration of musicians and nonmusicians with and without Alzheimer's dementia. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 39(1), 9-21. <https://doi.org/10.1080/13803395.2016.1185093>
- Balash, Y., Mordechovich, M., Shabtai, H., Giladi, N., Gurevich, T., & Korczyn, A. D. (2013). Subjective memory complaints in elders : Depression, anxiety, or cognitive decline? *Acta Neurologica Scandinavica*, 127(5), 344-350. <https://doi.org/10.1111/ane.12038>
- Bastin, C., Besson, G., Simon, J., Delhay, E., Geurten, M., Willems, S., & Salmon, E. (2019). An integrative memory model of recollection and familiarity to understand memory deficits. *Behavioral and Brain Sciences*, 42, e281. <https://doi.org/10.1017/S0140525X19000621>
- Bastin, C., Giacomelli, F., Miévis, F., Lemaire, C., Guillaume, B., & Salmon, E. (2021). Anosognosia in Mild Cognitive Impairment : Lack of Awareness of Memory Difficulties Characterizes Prodromal Alzheimer's Disease. *Frontiers in Psychiatry*, 12. <https://doi.org/10.3389/fpsy.2021.631518>

- Bastin, C., Simon, J., Kurth, S., Collette, F., & Salmon, E. (2013). Variabilité individuelle dans le fonctionnement de la mémoire épisodique au cours du vieillissement normal et pathologique : Le rôle de la réserve cognitive. *Revue de Neuropsychologie*, 5(4), 235-242. <https://doi.org/10.1684/nrp.2013.0278>
- Bergua, V., Meillon, C., Potvin, O., Bouisson, J., Goff, M. L., Rouaud, O., Ritchie, K., Dartigues, J.-F., & Amieva, H. (2012). The STAI-Y trait scale : Psychometric properties and normative data from a large population-based study of elderly people. *International Psychogeriatrics*, 24(7), 1163-1171. <https://doi.org/10.1017/S1041610212000300>
- Berg-Weger, M., & Stewart, D. B. (2017). Non-Pharmacologic Interventions for Persons with Dementia. *Missouri Medicine*, 114(2), 116-119.
- Besson, G., Ceccaldi, M., & Barbeau, E. J. (2012). L'évaluation des processus de la mémoire de reconnaissance. *Revue de Neuropsychologie*, 4(4), 242-254. <https://doi.org/10.1684/nrp.2012.0238>
- Bleibel, M., El Cheikh, A., Sadier, N. S., & Abou-Abbas, L. (2023). The effect of music therapy on cognitive functions in patients with Alzheimer's disease : A systematic review of randomized controlled trials. *Alzheimer's Research & Therapy*, 15(65). <https://doi.org/10.1186/s13195-023-01214-9>
- Braak, H., & Braak, E. (1991). Neuropathological staging of Alzheimer-related changes. *Acta Neuropathologica*, 82(4), 239-259. <https://doi.org/10.1007/BF00308809>
- Bugajska, A., Morson, S., Moulin, C. J. A., & Souchay, C. (2011). Métamémoire, remémoration et familiarité dans la maladie d'Alzheimer. *Revue Neurologique*, 167(1), 3-13. <https://doi.org/10.1016/j.neurol.2010.03.001>

- Buschke, H., Sliwinski, M. J., Kuslansky, G., & Lipton, R. B. (1997). Diagnosis of early dementia by the Double Memory Test: Encoding specificity improves diagnostic sensitivity and specificity. *Neurology*, *48*(4), 989-997. <https://doi.org/10.1212/wnl.48.4.989>
- Buschke, H., Sliwinski, M., Kuslansky, G., & Lipton, R. B. (1995). Aging, encoding specificity, and memory change in the Double Memory Test. *Journal of the International Neuropsychological Society: JINS*, *1*(5), 483-493. <https://doi.org/10.1017/s1355617700000576>
- Caramazza, A., & Hillis, A. E. (1990). Where Do Semantic Errors Come From? *Cortex*, *26*(1), 95-122. [https://doi.org/10.1016/S0010-9452\(13\)80077-9](https://doi.org/10.1016/S0010-9452(13)80077-9)
- Carson, N., Leach, L., & Murphy, K. J. (2018). A re-examination of Montreal Cognitive Assessment (MoCA) cutoff scores. *International Journal of Geriatric Psychiatry*, *33*(2), 379-388. <https://doi.org/10.1002/gps.4756>
- Certification Board for Music Therapists. (2024). <https://www.cbmt.org/>
- Clément, J. P., Nassif, R. F., Léger, J. M., & Marchan, F. (1997). Development and contribution to the validation of a brief French version of the Yesavage Geriatric Depression Scale. *L'Encephale*, *23*(2), 91-99.
- Cohen, J. (1988). *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences* (2<sup>e</sup> éd.). Lawrence Erlbaum Associates. <https://doi.org/10.4324/9780203771587>
- Collette, F., & Van der Linden, M. (2002). Processus attentionnels et maladie d'Alzheimer. In J. Couillet, M. Leclercq, C. Moroni, & P. Azouvi (Éds.), *La neuropsychologie de l'attention* (p. 157-173). Solal.
- Conseil Supérieur de la Santé. (2016). *Démence : Diagnostic, gestion du comportement et questions éthiques* (8890). <https://www.hgr-css.be/fr/avis/8890/demence-diagnostic-gestion-du-comportement-questions-ethiques-fevrier-2016-css-8890-update-fevrier-2>

- Craik, F. I. M., & Lockhart, R. S. (1972). Levels of processing : A framework for memory research. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 11(6), 671-684. [https://doi.org/10.1016/S0022-5371\(72\)80001-X](https://doi.org/10.1016/S0022-5371(72)80001-X)
- Dartigues, J.-F., Helmer, C., Letenneur, L., Péres, K., Amieva, H., Auriacombe, S., Orgogozo, J.-M., Commenges, D., Jacqmin-Gadda, H., Richard-Harston, S., Delva, F., Foubert-Samier, A., & Barberger-Gateau, P. (2012). Paquid 2012 : Illustration et bilan. *Gériatrie et Psychologie Neuropsychiatrie du Vieillissement*, 10(3), 325-331. <https://doi.org/10.1684/pnv.2012.0353>
- De Partz, M.-P., Bilocq, V., De Wilde, V., Seron, X., & Pillon, A. (2001). *Lexis. Tests pour le diagnostic des troubles lexicaux chez le patient aphasique*. Solal. <http://hdl.handle.net/2078.1/90447>
- Deason, R. G., Simmons-Stern, N. R., Frustace, B. S., Ally, B. A., & Budson, A. E. (2012). Music as a memory enhancer : Differences between healthy older adults and patients with Alzheimer's disease. *Psychomusicology: Music, Mind, and Brain*, 22(2), 175-179. <https://doi.org/10.1037/a0031118>
- Derks-Dijkman, M. W., Schaefer, R. S., & Kessels, R. P. C. (2023). Musical Mnemonics in Cognitively Unimpaired Individuals and Individuals with Alzheimer's Dementia : A Systematic Review. *Neuropsychology Review*, 34, 455-477. <https://doi.org/10.1007/s11065-023-09585-4>
- Doi, T., Verghese, J., Makizako, H., Tsutsumimoto, K., Hotta, R., Nakakubo, S., Suzuki, T., & Shimada, H. (2017). Effects of Cognitive Leisure Activity on Cognition in Mild Cognitive Impairment : Results of a Randomized Controlled Trial. *Journal of the American Medical Directors Association*, 18(8), 686-691. <https://doi.org/10.1016/j.jamda.2017.02.013>

- Double, K. S., Birney, D. P., & Walker, S. A. (2018). A meta-analysis and systematic review of reactivity to judgements of learning. *Memory*, 26(6), 741-750. <https://doi.org/10.1080/09658211.2017.1404111>
- Dougherty, M. R., Robey, A. M., & Buttaccio, D. (2018). Do metacognitive judgments alter memory performance beyond the benefits of retrieval practice? A comment on and replication attempt of Dougherty, Scheck, Nelson, and Narens (2005). *Memory & Cognition*, 46(4), 558-565. <https://doi.org/10.3758/s13421-018-0791-y>
- Dougherty, M. R., Scheck, P., Nelson, T. O., & Narens, L. (2005). Using the past to predict the future. *Memory & Cognition*, 33(6), 1096-1115. <https://doi.org/10.3758/BF03193216>
- Dubois, B., Hampel, H., Feldman, H. H., Scheltens, P., Aisen, P., Andrieu, S., Bakardjian, H., Benali, H., Bertram, L., Blennow, K., Broich, K., Cavado, E., Crutch, S., Dartigues, J.-F., Duyckaerts, C., Epelbaum, S., Frisoni, G. B., Gauthier, S., Genthon, R., ... Jack, C. R. (2016). Preclinical Alzheimer's disease : Definition, natural history, and diagnostic criteria. *Alzheimer's & dementia : the journal of the Alzheimer's Association*, 12(3), 292-323. <https://doi.org/10.1016/j.jalz.2016.02.002>
- Dunlosky, J., & Matvey, G. (2001). Empirical analysis of the intrinsic–extrinsic distinction of judgments of learning (JOLs) : Effects of relatedness and serial position on JOLs. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 27(5), 1180-1191. <https://doi.org/10.1037/0278-7393.27.5.1180>
- Ergis, A.-M., & Eusop-Roussel, E. (2008). Les troubles précoces de la mémoire épisodique dans la maladie d'Alzheimer. *Revue Neurologique*, 164(3), 96-101. [https://doi.org/10.1016/S0035-3787\(08\)73298-3](https://doi.org/10.1016/S0035-3787(08)73298-3)

- Faul, F., Erdfelder, E., Lang, A.-G., & Buchner, A. (2007). G\*Power 3 : A flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. *Behavior Research Methods*, 39(2), 175-191. <https://doi.org/10.3758/BF03193146>
- Ferreri, L., & Rodriguez-Fornells, A. (2017). Music-related reward responses predict episodic memory performance. *Experimental Brain Research*, 235(12), 3721-3731. <https://doi.org/10.1007/s00221-017-5095-0>
- Ferreri, L., & Verga, L. (2016). Benefits of Music on Verbal Learning and Memory : How and When Does It Work? *Music Perception*, 34(2), 167-182. <https://doi.org/10.1525/mp.2016.34.2.167>
- Flavell, J. H. (1979). Metacognition and cognitive monitoring : A new area of cognitive–developmental inquiry. *American Psychologist*, 34(10), 906-911. <https://doi.org/10.1037/0003-066X.34.10.906>
- Folstein, M. F., Folstein, S. E., & McHugh, P. R. (1975). “Mini-mental state” : A practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician. *Journal of Psychiatric Research*, 12(3), 189-198. [https://doi.org/10.1016/0022-3956\(75\)90026-6](https://doi.org/10.1016/0022-3956(75)90026-6)
- Frank, D. J., & Kuhlmann, B. G. (2017). More than just beliefs : Experience and beliefs jointly contribute to volume effects on metacognitive judgments. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 43(5), 680-693. <https://doi.org/10.1037/xlm0000332>
- Gardiner, J. M. (1988). Functional aspects of recollective experience. *Memory & Cognition*, 16(4), 309-313. <https://doi.org/10.3758/BF03197041>
- Garofalo, S., Giovagnoli, S., Orsoni, M., Starita, F., & Benassi, M. (2022). Interaction effect : Are you doing the right thing? *PLoS ONE*, 17(7), e0271668. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0271668>

- Gauthier, J., & Bouchard, S. (1993). Adaptation canadienne-française de la forme révisée du State-Trait Anxiety Inventory de Spielberger. *Canadian Journal of Behavioural Science / Revue canadienne des sciences du comportement*, 25(4), 559-578.  
<https://doi.org/10.1037/h0078881>
- Gauthier, S., Reisberg, B., Zaudig, M., Petersen, R. C., Ritchie, K., Broich, K., Belleville, S., Brodaty, H., Bennett, D., Chertkow, H., Cummings, J. L., de Leon, M., Feldman, H., Ganguli, M., Hampel, H., Scheltens, P., Tierney, M. C., Whitehouse, P., & Winblad, B. (2006). Mild cognitive impairment. *The Lancet*, 367(9518), 1262-1270.  
[https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(06\)68542-5](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(06)68542-5)
- Geurten, M., & Willems, S. (2017). The learned reinterpretation of fluency in amnesia. *Neuropsychologia*, 101, 10-16. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2017.05.012>
- Grober, E., & Buschke, H. (1987). Genuine memory deficits in dementia. *Developmental Neuropsychology*, 3(1), 13-36. <https://doi.org/10.1080/87565648709540361>
- Groussard, M., Chan, T. G., Coppalle, R., & Platel, H. (2019). Preservation of Musical Memory Throughout the Progression of Alzheimer's Disease? Toward a Reconciliation of Theoretical, Clinical, and Neuroimaging Evidence. *Journal of Alzheimer's Disease: JAD*, 68(3), 857-883. <https://doi.org/10.3233/JAD-180474>
- Guarino, A., Favieri, F., Boncompagni, I., Agostini, F., Cantone, M., & Casagrande, M. (2019). Executive Functions in Alzheimer Disease: A Systematic Review. *Frontiers in Aging Neuroscience*, 10(437). <https://doi.org/10.3389/fnagi.2018.00437>
- Guetin, S., Charras, K., Berard, A., Arbus, C., Berthelon, P., Blanc, F., Blayac, J.-P., Bonte, F., Bouceffa, J.-P., Clement, S., Ducourneau, G., Gzil, F., Laeng, N., Lecourt, E., Ledoux, S., Platel, H., Thomas-Anterion, C., Touchon, J., Vrait, F.-X., & Leger, J.-M. (2013). An overview of the use of music therapy in the context of Alzheimer's disease : A report of a

- French expert group. *Dementia*, 12(5), 619-634.  
<https://doi.org/10.1177/1471301212438290>
- Gyurkovics, M., Balota, D. A., & Jackson, J. D. (2018). Mind-wandering in Healthy Aging and Early Stage Alzheimer's Disease. *Neuropsychology*, 32(1), 89-101.  
<https://doi.org/10.1037/neu0000385>
- Jack, C. R., Bennett, D. A., Blennow, K., Carrillo, M. C., Dunn, B., Haeberlein, S. B., Holtzman, D. M., Jagust, W., Jessen, F., Karlawish, J., Liu, E., Molinuevo, J. L., Montine, T., Phelps, C., Rankin, K. P., Rowe, C. C., Scheltens, P., Siemers, E., Snyder, H. M., ... Silverberg, N. (2018). NIA-AA Research Framework : Toward a biological definition of Alzheimer's disease. *Alzheimer's & Dementia*, 14(4), 535-562.  
<https://doi.org/10.1016/j.jalz.2018.02.018>
- Jacobsen, J.-H., Stelzer, J., Fritz, T. H., Chételat, G., La Joie, R., & Turner, R. (2015). Why musical memory can be preserved in advanced Alzheimer's disease. *Brain*, 138(8), 2438-2450.  
<https://doi.org/10.1093/brain/awv135>
- Jacqmin-Gadda, H., Sibillot, S., Proust, C., Molina, J.-M., & Thiébaud, R. (2007). Robustness of the linear mixed model to misspecified error distribution. *Computational Statistics & Data Analysis*, 51(10), 5142-5154. <https://doi.org/10.1016/j.csda.2006.05.021>
- Janes, J. L., Rivers, M. L., & Dunlosky, J. (2018). The influence of making judgments of learning on memory performance : Positive, negative, or both? *Psychonomic Bulletin & Review*, 25(6), 2356-2364. <https://doi.org/10.3758/s13423-018-1463-4>
- Jessen, F., Amariglio, R. E., van Boxtel, M., Breteler, M., Ceccaldi, M., Chételat, G., Dubois, B., Dufouil, C., Ellis, K. A., van der Flier, W. M., Glodzik, L., van Harten, A. C., de Leon, M. J., McHugh, P., Mielke, M. M., Molinuevo, J. L., Mosconi, L., Osorio, R. S., Perrotin, A., ... Wagner, M. (2014). A conceptual framework for research on subjective cognitive decline

- in preclinical Alzheimer's disease. *Alzheimer's & Dementia*, 10(6), 844-852.  
<https://doi.org/10.1016/j.jalz.2014.01.001>
- Jia, X., Li, P., Li, X., Zhang, Y., Cao, W., Cao, L., & Li, W. (2016). The Effect of Word Frequency on Judgments of Learning : Contributions of Beliefs and Processing Fluency. *Frontiers in Psychology*, 6(1995). <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.01995>
- Johnson, J. K., Cotman, C. W., Tasaki, C. S., & Shaw, G. L. (1998). Enhancement of spatial-temporal reasoning after a Mozart listening condition in Alzheimer's disease : A case study. *Neurological Research*, 20(8), 666-672. <https://doi.org/10.1080/01616412.1998.11740582>
- Jones, M. R. (1976). Time, our lost dimension : Toward a new theory of perception, attention, and memory. *Psychological Review*, 83(5), 323-355. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.83.5.323>
- Jonker, C., Geerlings, M. I., & Schmand, B. (2000). Are memory complaints predictive for dementia? A review of clinical and population-based studies. *International Journal of Geriatric Psychiatry*, 15(11), 983-991. [https://doi.org/10.1002/1099-1166\(200011\)15:11<983::AID-GPS238>3.0.CO;2-5](https://doi.org/10.1002/1099-1166(200011)15:11<983::AID-GPS238>3.0.CO;2-5)
- Jordan, C., Lawlor, B., & Loughrey, D. (2022). A systematic review of music interventions for the cognitive and behavioural symptoms of mild cognitive impairment (non-dementia). *Journal of Psychiatric Research*, 151, 382-390.  
<https://doi.org/10.1016/j.jpsychires.2022.04.028>
- Koelsch, S. (2014). Brain correlates of music-evoked emotions. *Nature Reviews. Neuroscience*, 15(3), 170-180. <https://doi.org/10.1038/nrn3666>
- Koen, J. D., & Yonelinas, A. P. (2014). The effects of healthy aging, amnesic mild cognitive impairment, and Alzheimer's disease on recollection and familiarity : A meta-analytic

review. *Neuropsychology Review*, 24, 332-354. [https://doi.org/10.1007/s11065-014-9266-](https://doi.org/10.1007/s11065-014-9266-5)

5

Kogan, J. N., & Edelstein, B. A. (2004). Modification and psychometric examination of a self-report measure of fear in older adults. *Journal of Anxiety Disorders*, 18(3), 397-409. [https://doi.org/10.1016/S0887-6185\(02\)00260-8](https://doi.org/10.1016/S0887-6185(02)00260-8)

Koriat, A. (1997). Monitoring one's own knowledge during study : A cue-utilization approach to judgments of learning. *Journal of Experimental Psychology: General*, 126(4), 349-370. <https://doi.org/10.1037/0096-3445.126.4.349>

Laisney, M., Matuszewski, V., Mézenge, F., Belliard, S., de la Sayette, V., Eustache, F., & Desgranges, B. (2009). The underlying mechanisms of verbal fluency deficit in frontotemporal dementia and semantic dementia. *Journal of Neurology*, 256(7), 1083-1094. <https://doi.org/10.1007/s00415-009-5073-y>

Lawton, M. P., & Brody, E. M. (1969). Assessment of Older People : Self-Maintaining and Instrumental Activities of Daily Living. *Gerontologist*, 9(3), 179-186.

Li, B., Pastötter, B., Zhong, Y., Su, N., Huang, T., Zhao, W., Hu, X., Luo, L., & Yang, C. (2024). Judgments of Learning Reactively Improve Memory by Enhancing Learning Engagement and Inducing Elaborative Processing : Evidence from an EEG Study. *Journal of Intelligence*, 12(4), Article 4. <https://doi.org/10.3390/jintelligence12040044>

Li, B., Zhao, W., Zheng, J., Hu, X., Su, N., Fan, T., Yin, Y., Liu, M., Yang, C., & Luo, L. (2022). Soliciting judgments of forgetting reactively enhances memory as well as making judgments of learning : Empirical and meta-analytic tests. *Memory & Cognition*, 50(5), 1061-1077. <https://doi.org/10.3758/s13421-021-01258-y>

Li, C.-H., Liu, C.-K., Yang, Y.-H., Chou, M.-C., Chen, C.-H., & Lai, C.-L. (2015). Adjunct effect of music therapy on cognition in Alzheimer's disease in Taiwan : A pilot study.

*Neuropsychiatric Disease and Treatment*, 11, 291-296.  
<https://doi.org/10.2147/NDT.S73928>

Maillet, D., & Schacter, D. L. (2016). From mind wandering to involuntary retrieval : Age-related differences in spontaneous cognitive processes. *Neuropsychologia*, 80, 142-156.  
<https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2015.11.017>

Mas-Herrero, E., Maini, L., Sescousse, G., & Zatorre, R. J. (2021). Common and distinct neural correlates of music and food-induced pleasure : A coordinate-based meta-analysis of neuroimaging studies. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 123, 61-71.  
<https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2020.12.008>

Maxwell, N. P., & Huff, M. J. (2022). Reactivity from judgments of learning is not only due to memory forecasting: Evidence from associative memory and frequency judgments. *Metacognition and Learning*, 17(2), 589-625. <https://doi.org/10.1007/s11409-022-09301-2>

Maxwell, N. P., & Huff, M. J. (2023). Is discriminability a requirement for reactivity? Comparing the effects of mixed vs. pure list presentations on judgment of learning reactivity. *Memory & Cognition*, 51(5), 1198-1213. <https://doi.org/10.3758/s13421-022-01381-4>

McDermott, O., Crellin, N., Ridder, H. M., & Orrell, M. (2013). Music therapy in dementia : A narrative synthesis systematic review. *International Journal of Geriatric Psychiatry*, 28(8), 781-794. <https://doi.org/10.1002/gps.3895>

McKhann, G. M., Knopman, D. S., Chertkow, H., Hyman, B. T., Jack Jr., C. R., Kawas, C. H., Klunk, W. E., Koroshetz, W. J., Manly, J. J., Mayeux, R., Mohs, R. C., Morris, J. C., Rossor, M. N., Scheltens, P., Carrillo, M. C., Thies, B., Weintraub, S., & Phelps, C. H. (2011). 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. *Alzheimer's & Dementia*, 7(3), 263-269.  
<https://doi.org/10.1016/j.jalz.2011.03.005>
- Mitchum, A. L., Kelley, C. M., & Fox, M. C. (2016). When asking the question changes the ultimate answer : Metamemory judgments change memory. *Journal of Experimental Psychology: General*, 145(2), 200-219. <https://doi.org/10.1037/a0039923>
- Moulin, C. J. A., Perfect, T. J., & Jones, R. W. (2000). Evidence for intact memory monitoring in Alzheimer's disease : Metamemory sensitivity at encoding. *Neuropsychologia*, 38(9), 1242-1250. [https://doi.org/10.1016/S0028-3932\(00\)00037-3](https://doi.org/10.1016/S0028-3932(00)00037-3)
- Moussard, A., Bigand, E., Belleville, S., & Peretz, I. (2014). Learning sung lyrics aids retention in normal ageing and Alzheimer's disease. *Neuropsychological Rehabilitation*, 24(6), 894-917. <https://doi.org/10.1080/09602011.2014.917982>
- Mueller, M. L., & Dunlosky, J. (2017). How beliefs can impact judgments of learning : Evaluating analytic processing theory with beliefs about fluency. *Journal of Memory and Language*, 93, 245-258. <https://doi.org/10.1016/j.jml.2016.10.008>
- Mueller, M. L., Dunlosky, J., Tauber, S. K., & Rhodes, M. G. (2014). The font-size effect on judgments of learning : Does it exemplify fluency effects or reflect people's beliefs about memory? *Journal of Memory and Language*, 70, 1-12.  
<https://doi.org/10.1016/j.jml.2013.09.007>
- Myers, S. J., Rhodes, M. G., & Hausman, H. E. (2020). Judgments of learning (JOLs) selectively improve memory depending on the type of test. *Memory & Cognition*, 48(5), 745-758.  
<https://doi.org/10.3758/s13421-020-01025-5>
- Nasreddine, Z. S., Phillips, N. A., Bédirian, V., Charbonneau, S., Whitehead, V., Collin, I., Cummings, J. L., & Chertkow, H. (2005). The Montreal Cognitive Assessment, MoCA: A

- brief screening tool for mild cognitive impairment. *Journal of the American Geriatrics Society*, 53(4), 695-699. <https://doi.org/10.1111/j.1532-5415.2005.53221.x>
- Nelson, T. O., & Narens, L. (1990). Metamemory : A theoretical framework and new findings. In G. Bower (Éd.), *The Psychology of Learning and Motivation : Advances in Research and Theory* (Vol. 26, p. 125-173). Elsevier. [https://doi.org/10.1016/S0079-7421\(08\)60053-5](https://doi.org/10.1016/S0079-7421(08)60053-5)
- Okely, J. A., Deary, I. J., & Overy, K. (2021). The Edinburgh Lifetime Musical Experience Questionnaire (ELMEQ) : Responses and non-musical correlates in the Lothian Birth Cohort 1936. *PLoS ONE*, 16(7), e0254176. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0254176>
- Organisation Mondiale de la Santé. (2023). *Dementia*. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/dementia>
- Paivio, A. (1967). Paired-Associate Learning and Free Recall of Nouns as a Function of Concreteness, Specificity, Imagery, and Meaningfulness. *Psychological Reports*, 20(1), 239-245. <https://doi.org/10.2466/pr0.1967.20.1.239>
- Palisson, J., Roussel-Baclet, C., Maillet, D., Belin, C., Ankri, J., & Narme, P. (2015). Music enhances verbal episodic memory in Alzheimer's disease. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 37(5), 503-517. <https://doi.org/10.1080/13803395.2015.1026802>
- Peirce, J., Gray, J. R., Simpson, S., MacAskill, M., Höchenberger, R., Sogo, H., Kastman, E., & Lindeløv, J. K. (2019). PsychoPy2 : Experiments in behavior made easy. *Behavior Research Methods*, 51(1), 195-203. <https://doi.org/10.3758/s13428-018-01193-y>
- Perrotin, A., Belleville, S., & Isingrini, M. (2007). Metamemory monitoring in mild cognitive impairment : Evidence of a less accurate episodic feeling-of-knowing. *Neuropsychologia*, 45(12), 2811-2826. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2007.05.003>

- Perrotin, A., & Isingrini, M. (2010). La métamémoire et sa fonction de monitoring dans le vieillissement normal et dans la maladie d'Alzheimer. *Revue de neuropsychologie*, 2(4), 299-309. <https://doi.org/10.1684/nrp.2010.0101>
- Petersen, R. C. (2004). Mild cognitive impairment as a diagnostic entity. *Journal of Internal Medicine*, 256(3), 183-194. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2796.2004.01388.x>
- Petersen, R. C., Doody, R., Kurz, A., Mohs, R., Morris, J., Rabins, P., Ritchie, K., Rossor, M., Thal, L., & Winblad, B. (2001). Current Concepts in Mild Cognitive Impairment. *Archives of neurology*, 58(12), 1985-1992. <https://doi.org/10.1001/archneur.58.12.1985>
- Petersen, R. C., Smith, G. E., Waring, S. C., Ivnik, R. J., Tangalos, E. G., & Kokmen, E. (1999). Mild cognitive impairment : Clinical characterization and outcome. *Archives of Neurology*, 56(3), 303-308. <https://doi.org/10.1001/archneur.56.3.303>
- Piras, F., Piras, F., Orfei, M. D., Caltagirone, C., & Spalletta, G. (2016). Self-awareness in Mild Cognitive Impairment : Quantitative evidence from systematic review and meta-analysis. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 61, 90-107. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2015.10.002>
- Prickett, C. A., & Moore, R. S. (1991). The use of music to aid memory of Alzheimer's patients. *Journal of Music Therapy*, 28(2), 101-110. <https://doi.org/10.1093/jmt/28.2.101>
- Qian, W., Schweizer, T., Munoz, D., & Fischer, C. E. (2016). Misdiagnosis of Alzheimer's Disease : Inconsistencies Between Clinical Diagnosis and Neuropathological Confirmation. *Alzheimer's & Dementia*, 12(7), 293-293. <https://doi.org/10.1016/j.jalz.2016.06.529>
- Ratovohery, S., Baudouin, A., Gachet, A., Palisson, J., & Narme, P. (2018). Is music a memory booster in normal aging? The influence of emotion. *Memory*, 26(10), 1344-1354. <https://doi.org/10.1080/09658211.2018.1475571>

- Ratovohery, S., Baudouin, A., Palisson, J., Maillet, D., Bailon, O., Belin, C., & Narme, P. (2019). Music as a mnemonic strategy to mitigate verbal episodic memory in Alzheimer's disease : Does musical valence matter? *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, *41*(10), 1060-1073. <https://doi.org/10.1080/13803395.2019.1650897>
- Rauscher, F. H., Shaw, G. L., & Ky, C. N. (1993). Music and spatial task performance. *Nature*, *365*(6447), 611-611. <https://doi.org/10.1038/365611a0>
- Reisberg, B., Ferris, S. H., de Leon, M. J., & Crook, T. (1982). The Global Deterioration Scale for assessment of primary degenerative dementia. *The American Journal of Psychiatry*, *139*(9), 1136-1139. <https://doi.org/10.1176/ajp.139.9.1136>
- Reisberg, B., & Gauthier, S. (2008). Current evidence for subjective cognitive impairment (SCI) as the pre-mild cognitive impairment (MCI) stage of subsequently manifest Alzheimer's disease. *International Psychogeriatrics*, *20*(1), 1-16. <https://doi.org/10.1017/S1041610207006412>
- Rhodes, M. G. (2016). Judgments of Learning : Methods, Data, and Theory. In J. Dunlosky & S. U. K. Tauber (Éds.), *The Oxford Handbook of Metamemory* (p. 65-80). Oxford University Press.
- Rhodes, M. G., & Castel, A. D. (2008). Memory predictions are influenced by perceptual information : Evidence for metacognitive illusions. *Journal of Experimental Psychology: General*, *137*(4), 615-625. <https://doi.org/10.1037/a0013684>
- Rhodes, M. G., & Castel, A. D. (2009). Metacognitive illusions for auditory information : Effects on monitoring and control. *Psychonomic Bulletin & Review*, *16*(3), 550-554. <https://doi.org/10.3758/PBR.16.3.550>
- Rivers, M. L., Janes, J. L., Dunlosky, J., Witherby, A. E., & Tauber, S. K. (2023). Exploring the Role of Attentional Reorienting in the Reactive Effects of Judgments of Learning on

- Memory Performance. *Journal of Intelligence*, 11(8), Article 8.  
<https://doi.org/10.3390/jintelligence11080164>
- Roberts, J. L., Clare, L., & Woods, R. T. (2009). Subjective memory complaints and awareness of memory functioning in mild cognitive impairment: A systematic review. *Dementia and Geriatric Cognitive Disorders*, 28(2), 95-109. <https://doi.org/10.1159/000234911>
- Rock, P. L., Roiser, J. P., Riedel, W. J., & Blackwell, A. D. (2014). Cognitive impairment in depression: A systematic review and meta-analysis. *Psychological Medicine*, 44(10), 2029-2040. <https://doi.org/10.1017/S0033291713002535>
- Röhr, S., Pabst, A., Riedel-Heller, S. G., Jessen, F., Turana, Y., Handajani, Y. S., Brayne, C., Matthews, F. E., Stephan, B. C. M., Lipton, R. B., Katz, M. J., Wang, C., Guerchet, M., Preux, P.-M., Mbelesso, P., Ritchie, K., Ancelin, M.-L., Carrière, I., Guaita, A., ... for Cohort Studies of Memory in an International Consortium (COSMIC). (2020). Estimating prevalence of subjective cognitive decline in and across international cohort studies of aging: A COSMIC study. *Alzheimer's Research & Therapy*, 12(167).  
<https://doi.org/10.1186/s13195-020-00734-y>
- Sahakyan, L., Delaney, P. F., & Kelley, C. M. (2004). Self-evaluation as a moderating factor of strategy change in directed forgetting benefits. *Psychonomic Bulletin & Review*, 11(1), 131-136. <https://doi.org/10.3758/BF03206472>
- Särkämö, T. (2018). Music for the ageing brain: Cognitive, emotional, social, and neural benefits of musical leisure activities in stroke and dementia. *Dementia*, 17(6), 670-685.  
<https://doi.org/10.1177/1471301217729237>
- Scharre, D. W. (2019). Preclinical, Prodromal, and Dementia Stages of Alzheimer's Disease: Identifying the correct stage of Alzheimer's disease helps in managing risk, diagnosis, and management decisions. *Practical Neurology*, 18(5).

<https://practicalneurology.com/articles/2019-june/preclinical-prodromal-and-dementia-stages-ofalzheimers-disease>

Scheltens, P., Blennow, K., Breteler, M. M. B., de Strooper, B., Frisoni, G. B., Salloway, S., & Van der Flier, W. M. (2016). Alzheimer's disease. *The Lancet*, *388*(10043), 505-517. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(15\)01124-1](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(15)01124-1)

Schielzeth, H., Dingemanse, N. J., Nakagawa, S., Westneat, D. F., Allogue, H., Teplitsky, C., Réale, D., Dochtermann, N. A., Garamszegi, L. Z., & Araya-Ajoy, Y. G. (2020). Robustness of linear mixed-effects models to violations of distributional assumptions. *Methods in Ecology and Evolution*, *11*(9), 1141-1152. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.13434>

Schoemaker, D., Gauthier, S., & Pruessner, J. C. (2014). Recollection and Familiarity in Aging Individuals with Mild Cognitive Impairment and Alzheimer's Disease : A Literature Review. *Neuropsychology Review*, *24*(3), 313-331. <https://doi.org/10.1007/s11065-014-9265-6>

Schweizer, S., Kievit, R. A., Emery, T., Cam-CAN, & Henson, R. N. (2018). Symptoms of depression in a large healthy population cohort are related to subjective memory complaints and memory performance in negative contexts. *Psychological Medicine*, *48*(1), 104-114. <https://doi.org/10.1017/S0033291717001519>

Serra, M. J., Dunlosky, J., & Hertzog, C. (2008). Do Older Adults Show Less Confidence in Their Monitoring of Learning? *Experimental Aging Research*, *34*(4), 379-391. <https://doi.org/10.1080/03610730802271898>

Sheikh, J. I., & Yesavage, J. A. (1986). Geriatric Depression Scale (GDS) : Recent Evidence and Development of a Shorter Version. *Clinical Gerontologist*, *5*(1-2), 165-173. [https://doi.org/10.1300/J018v05n01\\_09](https://doi.org/10.1300/J018v05n01_09)

- Shi, A., Xu, C., Zhao, W., Shanks, D. R., Hu, X., Luo, L., & Yang, C. (2023). Judgments of learning reactively facilitate visual memory by enhancing learning engagement. *Psychonomic Bulletin & Review*, *30*(2), 676-687. <https://doi.org/10.3758/s13423-022-02174-1>
- Simmons-Stern, N. R., Budson, A. E., & Ally, B. A. (2010). Music as a memory enhancer in patients with Alzheimer's disease. *Neuropsychologia*, *48*(10), 3164-3167. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2010.04.033>
- Simmons-Stern, N. R., Deason, R. G., Brandler, B. J., Frustace, B. S., O'Connor, M. K., Ally, B. A., & Budson, A. E. (2012). Music-based memory enhancement in Alzheimer's Disease : Promise and limitations. *Neuropsychologia*, *50*(14), 3295-3303. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2012.09.019>
- Simon, J., & Bastin, C. (2015). L'impact du trouble cognitif léger et de la maladie d'Alzheimer sur la recollection et la familiarité. *Revue de Neuropsychologie*, *7*(3), 177-188. <https://doi.org/10.3917/rne.073.0177>
- Smallwood, J., & Schooler, J. W. (2015). The Science of Mind Wandering : Empirically Navigating the Stream of Consciousness. *Annual Review of Psychology*, *66*, 487-518. <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-010814-015331>
- Soderstrom, N. C., Clark, C. T., Halamish, V., & Bjork, E. L. (2015). Judgments of learning as memory modifiers. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, *41*(2), 553-558. <https://doi.org/10.1037/a0038388>
- Souchay, C. (2007). Metamemory in Alzheimer's Disease. *Cortex*, *43*(7), 987-1003. [https://doi.org/10.1016/S0010-9452\(08\)70696-8](https://doi.org/10.1016/S0010-9452(08)70696-8)
- Souchay, C., & Isingrini, M. (2012). Are feeling-of-knowing and judgment-of-learning different? Evidence from older adults. *Acta Psychologica*, *139*(3), 458-464. <https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2012.01.007>

- Souchay, C., Isingrini, M., & Gil, R. (2002). Alzheimer's disease and feeling-of-knowing in episodic memory. *Neuropsychologia*, 40(13), 2386-2396. [https://doi.org/10.1016/S0028-3932\(02\)00075-1](https://doi.org/10.1016/S0028-3932(02)00075-1)
- Sperling, R. A., Aisen, P. S., Beckett, L. A., Bennett, D. A., Craft, S., Fagan, A. M., Iwatsubo, T., Jack Jr., C. R., Kaye, J., Montine, T. J., Park, D. C., Reiman, E. M., Rowe, C. C., Siemers, E., Stern, Y., Yaffe, K., Carrillo, M. C., Thies, B., Morrison-Bogorad, M., ... Phelps, C. H. (2011). Toward defining the preclinical stages of Alzheimer's disease : Recommendations from the National Institute on Aging-Alzheimer's Association workgroups on diagnostic guidelines for Alzheimer's disease. *Alzheimer's & Dementia*, 7(3), 280-292. <https://doi.org/10.1016/j.jalz.2011.03.003>
- Spielberger, C. D. (1983). State-trait anxiety inventory for adults (STAI-AD). *APA PsycTests*. <https://doi.org/10.1037/t06496-000>
- Squire, L. R., & Zola-Morgan, S. (1988). Memory : Brain systems and behavior. *Trends in Neurosciences*, 11(4), 170-175. [https://doi.org/10.1016/0166-2236\(88\)90144-0](https://doi.org/10.1016/0166-2236(88)90144-0)
- Stern, Y. (2002). What is cognitive reserve? Theory and research application of the reserve concept. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 8(3), 448-460. <https://doi.org/10.1017/S1355617702813248>
- Stites, S. D., Harkins, K., Rubright, J. D., & Karlawish, J. (2018). Relationships Between Cognitive Complaints and Quality of Life in Older Adults With Mild Cognitive Impairment, Mild Alzheimer Disease Dementia, and Normal Cognition. *Alzheimer Disease & Associated Disorders*, 32(4), 276. <https://doi.org/10.1097/WAD.0000000000000262>
- Stroop, J. R. (1935). Studies of interference in serial verbal reactions. *Journal of Experimental Psychology*, 18(6), 643-662. <https://doi.org/10.1037/h0054651>

- Sunderaraman, P., & Cosentino, S. (2017). Integrating the Constructs of Anosognosia and Metacognition: A Review of Recent Findings in Dementia. *Current Neurology and Neuroscience Reports*, 17(27). <https://doi.org/10.1007/s11910-017-0734-1>
- Tauber, S. K., & Rhodes, M. G. (2012). Measuring memory monitoring with judgements of retention (JORs). *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 65(7), 1376-1396. <https://doi.org/10.1080/17470218.2012.656665>
- Tauber, S. K., & Witherby, A. E. (2019). Do judgments of learning modify older adults' actual learning? *Psychology and Aging*, 34(6), 836-847. <https://doi.org/10.1037/pag0000376>
- Tekin, E., & Roediger, H. L. (2020). Reactivity of Judgments of Learning in a Levels-of-Processing Paradigm. *Zeitschrift für Psychologie*, 228(4), 278-290. <https://doi.org/10.1027/2151-2604/a000425>
- Thomas, A. K., Lee, M., & Balota, D. A. (2013). Metacognitive Monitoring and Dementia : How Intrinsic and Extrinsic Cues Influence Judgments of Learning in People with Alzheimer's disease. *Neuropsychology*, 27(4), 452-463. <https://doi.org/10.1037/a0033050>
- Tromp, D., Dufour, A., Lithfous, S., Pebayle, T., & Després, O. (2015). Episodic memory in normal aging and Alzheimer disease : Insights from imaging and behavioral studies. *Ageing Research Reviews*, 24, 232-262. <https://doi.org/10.1016/j.arr.2015.08.006>
- Tsoi, K. K. F., Chan, J. Y. C., Hirai, H. W., Wong, S. Y. S., & Kwok, T. C. Y. (2015). Cognitive Tests to Detect Dementia : A Systematic Review and Meta-analysis. *JAMA Internal Medicine*, 175(9), 1450-1458. <https://doi.org/10.1001/jamainternmed.2015.2152>
- Tulving, E. (1985). Memory and consciousness. *Canadian Psychology / Psychologie Canadienne*, 26(1), 1-12. <https://doi.org/10.1037/h0080017>

- Van der Linden, M. (2003). Une approche cognitive du fonctionnement de la mémoire épisodique et de la mémoire autobiographique. *Cliniques méditerranéennes*, 67(1), 53-66. <https://doi.org/10.3917/cm.067.0053>
- Van der Linden, M. (2014). L'évaluation de la mémoire épisodique, autobiographique et prospective. In M. Van der Linden & X. Seron (Éds.), *Traité de neuropsychologie clinique de l'adulte—Tome 1 : Evaluation* (2<sup>e</sup> éd., p. 211-248). De Boeck Solal.
- Van der Linden, M., Coyette, F., Poitrenaud, J., Kalafat, M., Calicis, F., Wyns, C., & Adam, S. (2004). L'épreuve de rappel libre / rappel indicé à 16 items (RL/RI-16). In M. Van der Linden, S. Adam, A. Agniel, C. Baisset Mouly, & membres du GREMEM (Éds.), *L'évaluation des troubles de la mémoire : Présentation de quatre tests de mémoire épisodique (avec leur étalonnage)*. (p. 25-47). Solal.
- Van der Steen, J. T., Smaling, H. J., Van der Wouden, J. C., Bruinsma, M. S., Scholten, R. J., & Vink, A. C. (2018). Music-based therapeutic interventions for people with dementia. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 7. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD003477.pub4>
- Vergheze, J., Lipton, R. B., Katz, M. J., Hall, C. B., Derby, C. A., Kuslansky, G., Ambrose, A. F., Sliwinski, M., & Buschke, H. (2003). Leisure Activities and the Risk of Dementia in the Elderly. *New England Journal of Medicine*, 348(25), 2508-2516. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa022252>
- Wancata, J., Alexandrowicz, R., Marquart, B., Weiss, M., & Friedrich, F. (2006). The criterion validity of the Geriatric Depression Scale : A systematic review. *Acta Psychiatrica Scandinavica*, 114(6), 398-410. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0447.2006.00888.x>
- Wechsler, D. (1997). *WMS-III: Wechsler memory scale administration and scoring manual* (3rd ed). Psychological Corporation.

- Witherby, A. E., & Tauber, S. K. (2017a). The concreteness effect on judgments of learning : Evaluating the contributions of fluency and beliefs. *Memory & Cognition*, *45*(4), 639-650. <https://doi.org/10.3758/s13421-016-0681-0>
- Witherby, A. E., & Tauber, S. K. (2017b). The influence of judgments of learning on long-term learning and short-term performance. *Journal of Applied Research in Memory and Cognition*, *6*(4), 496-503. <https://doi.org/10.1016/j.jarmac.2017.08.004>
- Yang, C., Yu, R., Hu, X., Luo, L., Huang, T. S.-T., & Shanks, D. R. (2021). How to assess the contributions of processing fluency and beliefs to the formation of judgments of learning : Methods and pitfalls. *Metacognition and Learning*, *16*(2), 319-343. <https://doi.org/10.1007/s11409-020-09254-4>
- Yonelinas, A. P. (2002). The Nature of Recollection and Familiarity : A Review of 30 Years of Research. *Journal of Memory and Language*, *46*(3), 441-517. <https://doi.org/10.1006/jmla.2002.2864>
- Zhao, W., Li, B., Shanks, D. R., Zhao, W., Zheng, J., Hu, X., Su, N., Fan, T., Yin, Y., Luo, L., & Yang, C. (2022). When judging what you know changes what you really know : Soliciting metamemory judgments reactively enhances children's learning. *Child Development*, *93*(2), 405-417. <https://doi.org/10.1111/cdev.13689>
- Zheng, J., Li, B., Zhao, W., Su, N., Fan, T., Yin, Y., Hu, Y., Hu, X., Yang, C., & Luo, L. (2024). Soliciting judgments of learning reactively facilitates both recollection- and familiarity-based recognition memory. *Metacognition and Learning*, *19*, 609-633. <https://doi.org/10.1007/s11409-024-09382-1>
- Zimprich, D., Martin, M., & Kliegel, M. (2003). Subjective Cognitive Complaints, Memory Performance, and Depressive Affect In Old Age : A Change-Oriented Approach. *The*

*International Journal of Aging and Human Development*, 57(4), 339-366.

<https://doi.org/10.2190/G0ER-ARNM-BQVU-YKJN>

## 8 ANNEXES

---

### Annexe 1. Flyer de recrutement pour le groupe contrôle



#### UTILISATION DE LA MUSIQUE COMME OUTIL DE RÉÉDUCATION DE LA MÉMOIRE

Le Centre de Recherche GIGA-CRC de l'Université de Liège recrute des personnes âgées de **65 ans ou plus** pour participer à une étude sur la mémoire.

Cette étude vise à explorer l'intérêt de la musique comme stratégie de mémorisation, exploitable dans le cadre d'une prise en charge chez les personnes exprimant des difficultés légères de mémoire.

##### CRITÈRES D'ÉLIGIBILITÉ

- Avoir 65 ans ou plus
- Être francophone
- Ne pas exprimer de plainte de mémoire particulière
- Ne pas avoir d'antécédent neurologique (par ex., AVC, traumatisme crânien)

##### INFORMATIONS

- Une séance de maximum 2 heures, selon vos disponibilités
- Au GIGA-CRC à l'Université de Liège (Sart-Tilman) ou à votre domicile
- [elisa.balthasart@student.uliege.be](mailto:elisa.balthasart@student.uliege.be)  
[redacted]
- [anais.servais@uliege.be](mailto:anais.servais@uliege.be)  
[redacted]

MERCI D'AVANCE POUR VOTRE AIDE !

## Annexe 2. Analyses aux épreuves et questionnaires

### Données démographiques et scores aux tests cognitifs et questionnaires

Le tableau 7 ci-dessous reprend la moyenne et l'écart-type des données démographiques et des résultats à l'ensemble des épreuves et questionnaires. Les deux groupes ont été comparés par des tests *t* de Student pour échantillons indépendants. Des tests *t* de Welch (dans le cas de violation de la condition d'égalité des variances selon le test de Levene) et des tests *U* de Mann-Whitney (dans le cas de violation de la condition de normalité de la distribution selon le test de Shapiro-Wilk) ont été réalisés. Les données manquantes sont affichées en italique dans la case correspondante. La taille de l'effet correspond au *d* de Cohen dans le cas des tests *t* de Student (avec l'intervalle de confiance à 95%) ou de Welch et à la corrélation entre rangs bisériés dans le cas des tests *U* de Mann-Whitney.

Tableau 7 Données démographiques et moyennes des scores aux tests cognitifs et questionnaires (arrondies à deux décimales).

	Moyenne et écart-type <b>Contrôles</b> (N=40)	Moyenne et écart-type <b>aMCI</b> (N=22)	Statistique	Valeur <i>p</i>	Taille de l'effet [IC <sub>95%</sub> ]
Age	72.1 (6.29)	70.4 (7.68)	<i>t</i> (60) = 0.95	.347	0.25 [-0.27 ; 0.77]
Années d'études	14.4 (3.09)	14.2 (2.94)	<i>t</i> (60) = 0.30	.764	0.08 [-0.44 ; 0.60]
MoCA	26.3 (2.61)	22.8 (3.66)	<i>t</i> (33) <sup>W</sup> = 3.97	< .001**	1.1
RI-48 <sub>Identification</sub>	48 (0)	48 (0.21)	<i>U</i> = 420	.189	0.04
RI-48 <sub>Rappel immédiat</sub> (RIM)	39.4 (4.87)	32.7 (8.71)	<i>U</i> = 239	.003*	0.46
RI-48 <sub>Rappel différé</sub> (RD)	29.2 (5.14)	18.1 (8.79)	<i>t</i> (29.1) <sup>W</sup> = 5.42	< .001**	1.57
RI-48 Intrusions RD	2.92 (1.86)	4.86 (4.79)	<i>U</i> = 349	.177	0.21
RI-48 <sub>RD</sub> score <i>z</i>	0.48 (1.06)	-1.8 (1.8)	<i>t</i> (29.2) <sup>W</sup> = 5.42	< .001**	1.54
RI-48 <sub>RD/RIM</sub> score <i>z</i>	0.51 (1.08)	-1.36 (1.56)	<i>t</i> (32.5) <sup>W</sup> = 4.996	< .001**	1.39
Mémoire logique <sub>RI</sub> item	14.6 (3.57) <i>I</i>	9.24 (5.23) <i>I</i>	<i>t</i> (58) = 4.69	< .001**	1.27 [0.66 ; 1.86]
Mémoire logique <sub>RI</sub> thème	6.08 (1.11) <i>I</i>	4.81 (1.86) <i>I</i>	<i>U</i> = 250	.010*	0.39
Mémoire logique <sub>RD</sub> item	13 (3.47) <i>I</i>	8.16 (5.51) 3	<i>t</i> (25.2) <sup>W</sup> = 3.49	.002*	1.05
Mémoire logique <sub>RD</sub> thème	5.85 (1.14) <i>I</i>	4.42 (2.61) 3	<i>U</i> = 263	.066	0.29

Stroop dénomination (temps en secondes)	68.7 (10.5) 2	74.2 (12.2) 3	U = 260	.089	0.28
Stroop dénomination (erreurs non corrigées)	0.158 (0.55) 2	0.105 (0.46) 3	U = 343	.546	0.05
Stroop lecture (temps en secondes)	49.1 (7.98) 2	49.2 (7.65) 3	U = 358	.959	0.01
Stroop lecture (erreurs non corrigées)	0 (0) 2	0 (0) 3			
Stroop interférence (temps en secondes)	122 (26.6) 2	133 (32.4) 3	U = 295	.267	0.18
Stroop interférence (erreurs non corrigées)	0.45 (0.69) 2	0.74 (1.48) 3	U = 359	.968	0.01
Stroop interférence-dénomination (temps en secondes)	53.2 (22.1) 2	58.8 (25.2) 3	U = 319	.482	0.12
Fluences phonémiques	24.9 (6.63) 1	24.7 (7.21) 1	t(59) = 0.09	.931	0.02 [-0.51 ; 0.55]
Fluences sémantiques	32.3 (8.63) 1	21.5 (7.02) 1	t(58) = 4.95	< .001**	1.34 [0.72 ; 1.94]
Dénomination d'images Lexis	57.9 (3.08) 1	54.8 (6.1) 1	U = 302	.072	0.28
Score IADL	7.69 (0.61) 1	6.95 (1.4) 1	U = 311	.03*	0.28
Score GDS-15	1.44 (1.89) 1	3.45 (1.96) 2	U = 143	< .001**	0.63
Score STAI-Y-A (état)	26 (6.12) 1	32.3 (9.39) 3	U = 194	.003*	0.48
Score STAI-Y-B (trait)	34.9 (8.44) 1	39.6 (9.43) 3	U = 261	.07	0.3

Note.  $H_a \mu_{\text{contrôle}} \neq \mu_{\text{AMCI}}$

\* test t de Welch

différence statistiquement significative si \* $p < .05$  ; \*\* $p < .001$

## Visualisations graphiques de la répartition des scores entre les groupes

### Comparaison entre les groupes des scores à l'échelle MoCA et au RI-48

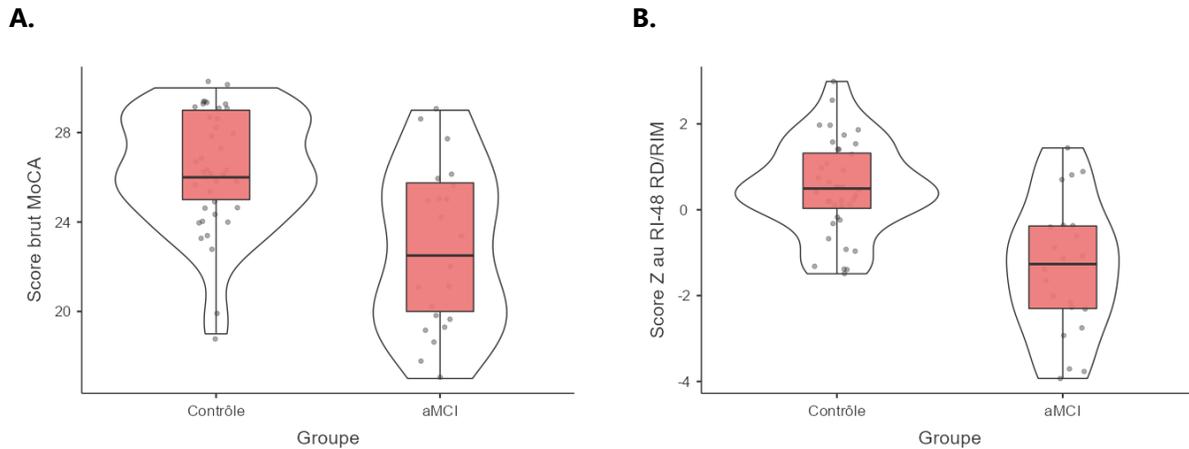


Figure 10 A. Comparaison de la médiane des scores bruts à l'échelle MoCA dans les groupes contrôle et aMCI avec la répartition des scores individuels. B. Comparaison de la médiane des scores z au RI-48 RD/RIM dans les groupes contrôle et aMCI avec la répartition des scores individuels.

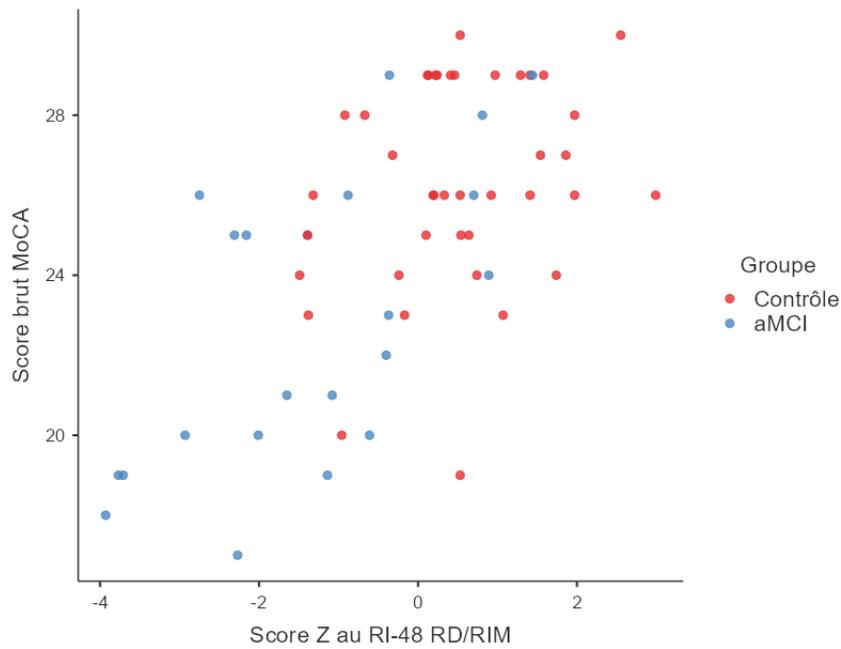
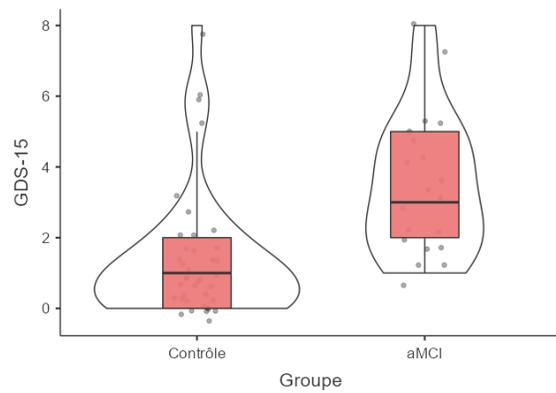


Figure 11 Nuage de points des scores bruts à l'échelle MoCA et des scores z au RI-48 RD/RIM des participants des groupes contrôle et aMCI.

## Comparaison entre les groupes des scores au GDS-15 et au STAI-Y-A

**A.**



**B.**

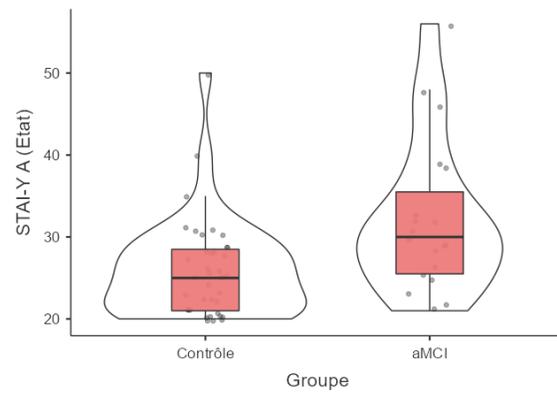


Figure 12 A. Comparaison de la médiane des scores bruts au GDS-15 dans les groupes contrôle et aMCI avec la répartition des scores individuels. B. Comparaison de la médiane des scores bruts au STAI-Y-A (anxiété-état) dans les groupes contrôle et aMCI avec la répartition des scores individuels.

# Annexe 3. Questionnaire d'expérience musicale

## Questionnaire sur votre expérience musicale

Ce questionnaire vise à évaluer votre expérience musicale. Pour chaque question, choisissez la réponse qui correspond le mieux à votre situation. Il n'y a pas de bonne ou mauvaise réponse.

1. Avez-vous appris à jouer d'un **instrument de musique** ? Oui - Non

*Si oui :*

- Avez-vous suivi des cours (groupe, conservatoire, etc.) ? Oui - Non
- Combien d'années avez-vous joué de cet instrument régulièrement (au moins une fois par semaine) ? ... ans
- Diriez-vous que vous êtes : Débutant - Intermédiaire - Professionnel

2. Avez-vous appris à **chanter** (groupe, chorale, cours de solfège, conservatoire, etc.) ? Oui - Non

*Si oui :*

- Avez-vous suivi des cours (groupe, chorale, conservatoire, etc.) ? Oui - Non
- Combien d'années avez-vous chanté régulièrement (au moins une fois par semaine) ? ... ans
- Diriez-vous que vous êtes : Débutant - Intermédiaire - Professionnel

3. À quelle fréquence **dancez**-vous ?

- Plusieurs heures par jour
- Un peu tous les jours
- Quelques fois par semaine
- Quelques fois par mois
- Uniquement aux occasions (mariage, fête, etc.)

Avez-vous pris des cours pour apprendre à danser ? Oui - Non

*Si oui :*

- Pendant combien d'années ? ... ans
- Diriez-vous que vous êtes : Débutant - Intermédiaire - Professionnel

4. À quelle fréquence **écoutez**-vous de la musique au quotidien (radio, stéréo, ordinateur, télévision, smartphone, etc.) ?

- Plusieurs heures par jour
- Un peu tous les jours
- Quelques fois par semaine
- Quelques fois par mois
- Uniquement aux occasions (mariage, fête, etc.)

5. À quel point appréciez-vous **écouter** de la musique (autrement dit, à quel point trouvez-vous cela agréable) ?

- Je n'aime pas du tout
- Je n'aime pas particulièrement
- Neutre
- J'aime assez
- J'aime beaucoup

## Annexe 4. Durée moyenne des stimuli par blocs

Afin de s'assurer du contre-balancement entre les quatre blocs selon la durée, mais aussi de l'équivalence de nos conditions chantée et parlée, nous avons mené une ANOVA factorielle 2 x (chanté vs. parlé) x 4 (bloc 1 vs. 2 vs. 3 vs. 4) sur la durée (en secondes) des stimuli. Il convient de noter qu'en dépit d'une violation de la condition de normalité, mais en l'absence d'équivalent non paramétrique, nous avons poursuivi cette analyse, bien que sa robustesse soit mise à l'épreuve.

Comme attendu, nous n'observons pas d'effet principal significatif du bloc sur la durée ( $F(3, 17.5) = 0.63, p = 0.595, \eta^2_p = 0.01$ ). L'analyse révèle cependant un effet principal significatif de la modalité ( $F(1, 60.3) = 6.55, p = 0.012, \eta^2_p = 0.04$ ), se traduisant par une durée moyenne plus longue pour les stimuli chantés ( $M = 17.6, SD = 3.16, IC_{95\%} = [16.9 ; 18.3]$ ) que parlés ( $M = 16.3, SD = 2.85, IC_{95\%} = [15.7 ; 17]$ ). L'effet d'interaction entre le numéro de bloc et la modalité n'est pas significatif ( $F(3, 13.7) = 0.487, p = 0.685, \eta^2_p = 0.01$ ), mais nous avons quand même procédé à des comparaisons post-hoc sur cette interaction. Le test HSD de Tukey ne montre aucune différence significative de durée des stimuli au sein de chaque bloc entre la modalité chantée et parlée, en dépit de la différence moyenne de 1.26 ( $d$  de Cohen = 0.42,  $IC_{95\%} = [0.09 ; 0.74]$ ) observée entre les extraits chantés et parlés (tableau 8 et figure 13).

Tableau 8 Moyennes et écarts-types de la durée (en secondes) des stimuli chantés et parlés pour chaque bloc avec les résultats aux comparaisons post-hoc du test HSD de Tukey.

	Chanté (N = 19)	Parlé (N = 19)	Différence moyenne	t(144)	p <sub>tukey</sub>	d de Cohen	IC <sub>95%</sub>
<b>Bloc 1</b>	18.4 (3.66)	16.2 (2.51)	2.14	2.18	0.373	0.71	[0.05 ; 1.36]
<b>Bloc 2</b>	16.6 (2.59)	16.2 (3.47)	0.46	0.49	1.00	0.15	[-0.49 ; 0.79]
<b>Bloc 3</b>	17.7 (2.74)	16.3 (3.30)	1.33	1.35	0.877	0.44	[-0.21 ; 1.08]
<b>Bloc 4</b>	17.7 (3.50)	16.6 (2.14)	1.10	1.12	0.951	0.36	[-0.28 ; 1.01]

Note. L'erreur standard de mesure est égale à 0.984 pour chaque comparaison.

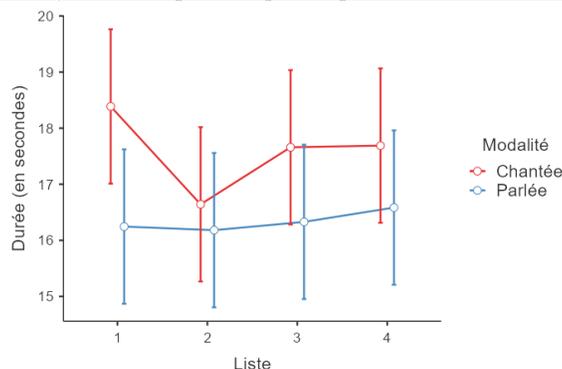


Figure 13 Durée moyenne des extraits chantés et parlés par bloc.

# Annexe 5. Consignes de la tâche expérimentale

## 1. Phase d'encodage

### a. Consignes orales fournies par l'expérimentateur

Dans la tâche que vous allez réaliser, vous allez entendre des extraits de situations de la vie quotidienne. Certains seront chantés, et d'autres simplement lus. Votre tâche consistera à écouter attentivement l'ensemble de ces extraits et tenter de les mémoriser.

[Uniquement si condition JOL] Après chaque extrait audio, une question apparaîtra à l'écran, vous demandant dans quelle mesure vous pensez vous rappeler de cet extrait plus tard. Vous aurez le choix entre « je suis certain que je ne m'en souviendrai pas », « il est possible que je ne m'en souviendrai pas », « je ne sais pas », « il est possible que je m'en souviendrai » ou « je suis certain de m'en souvenir ». Vous n'aurez que quelques secondes pour répondre. Répondez néanmoins de manière intuitive, cela ne devrait prendre qu'une à deux secondes. Il n'y a aucune ou mauvaise réponse à cette question, l'important ici est d'être honnête.

Avant de commencer réellement la tâche, nous allons procéder à un exemple pour vous familiariser avec le dispositif. [Lancer l'exemple].

Très bien, si le volume vous convient, et si vous êtes confortablement assis, nous allons donc commencer la tâche complète, qui se déroulera exactement de la même façon. Je vous rappelle donc que celles-ci sont à mémoriser, [uniquement pour condition JOL] et qu'une question vous interrompra après chaque extrait pour vous demander dans quelle mesure pensez-vous vous en souvenir. Vous n'aurez que quelques secondes pour répondre à cette question, dont l'importance est de répondre sur base de votre première impression, il n'y a aucune bonne ou mauvaise réponse. N'hésitez pas à me dire si le reste des choses qui ne vous semblent pas claires.

Nous allons maintenant démarrer la tâche. Elle ne pourra pas être arrêtée une fois lancée. Écoutez-bien les extraits audios, et essayez de les mémoriser du mieux que vous pouvez. Avez-vous une dernière question ? [Si ok, lancer la tâche].

### b. Consignes affichées à l'écran

Bienvenue dans cette séance d'écoute.

Vous allez entendre de courts extraits audios, soit parlés, soit chantés. Les paroles seront affichées à l'écran. Votre tâche consiste à les écouter attentivement et à essayer de les mémoriser.

Appuyez sur Espace pour continuer.

—

Après chaque extrait, une question s'affichera à l'écran, vous interrogeant sur la probabilité de vous rappeler de cet extrait plus tard.

Il vous suffira de choisir entre plusieurs propositions de réponse allant de « Je suis certain que je ne m'en souviendrai pas » à « Je suis certain que je m'en souviendrai ».

Vous n'aurez que quelques secondes pour y répondre.

Appuyez sur Espace pour continuer.

—

La tâche va bientôt commencer.

Appuyez sur Espace lorsque vous êtes prêt.

Bonne écoute !

## **2. Phase de reconnaissance immédiate**

### ***a. Consignes orales fournies par l'expérimentateur***

Maintenant, nous allons passer à l'épreuve de rappel.

Tout d'abord, des thèmes généraux s'afficheront à l'écran. Certains concernent les extraits que vous venez d'entendre, d'autres sont totalement nouveaux. Je vous demande donc de dire si oui ou non vous avez entendu des extraits abordant ces thèmes (par exemple, « faire du sport »).

Ensuite, pour chaque thème, vous devrez choisir parmi deux propositions de réponse celle qui représente l'action spécifique associée à ce thème (par exemple, « du basket » ou « du football »). Il se peut que le thème proposé ne fasse pas partie des extraits entendus précédemment. Dans ce cas, choisissez quand même une des deux actions proposées (celle que vous pourriez faire dans cette situation).

Avez-vous des questions particulières ? [Si ok, lancer la tâche].

### ***b. Consignes affichées à l'écran***

Vous venez d'écouter plusieurs extraits audios. Maintenant, deux questions vous seront posées : une sur le thème général et l'autre sur l'action spécifique liée à ce thème.

Parmi les thèmes que vous verrez à l'écran, certains feront référence aux extraits entendus, et d'autres seront nouveaux. Pour chacun d'entre eux, répondez « Oui » si vous pensez avoir entendu un extrait qui abordait ce thème et « Non » dans le cas contraire.

Appuyez sur Espace pour lire la suite.

—

Ensuite, il vous sera demandé de choisir parmi deux propositions quelle était l'action spécifique associée au thème. Il vous suffira d'appuyer sur « Haut » ou « Bas » selon l'action spécifique que vous choisirez.

Cette question vous sera posée pour l'ensemble des thèmes proposés, peu importe que l'extrait ait été entendu précédemment ou non. Si vous vous souvenez avoir entendu parler de ce thème, choisissez l'action qui était mentionnée dans le texte. Si c'est un thème que vous ne pensez pas avoir vu, répondez au hasard ou en fonction de ce que vous pourriez faire dans cette situation.

Appuyez sur Espace pour continuer.

—

L'épreuve va bientôt commencer.

Vous disposez du temps que vous voulez pour répondre.

Appuyez sur Espace lorsque vous êtes prêt.

## Annexe 6. Tableaux et figures additionnels

### Analyses principales relatives à la tâche expérimentale

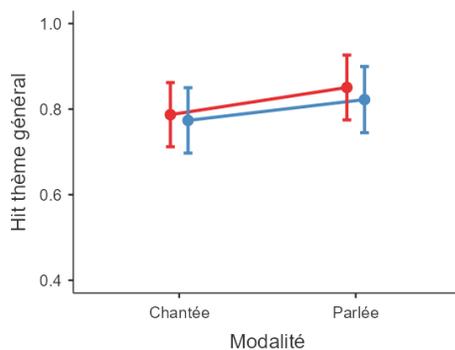
#### Performances de reconnaissance du contenu général

Tableau 9 Moyennes des hits aux questions sur le contenu général en fonction du groupe, de la modalité et du JOL.

Groupe	Modalité	JOL	Moyenne observée	Écart-type	Moyenne marginale estimée	Erreur standard	IC <sub>95%</sub>
Contrôle	Chantée	JOL	0.792	0.407	0.787	0.0378	[0.712 ; 0.862]
Contrôle	Chantée	No-JOL	0.778	0.416	0.774	0.0386	[0.697 ; 0.850]
Contrôle	Parlée	JOL	0.845	0.362	0.851	0.0382	[0.775 ; 0.926]
Contrôle	Parlée	No-JOL	0.818	0.387	0.822	0.039	[0.745 ; 0.899]
aMCI	Chantée	JOL	0.672	0.471	0.666	0.0488	[0.570 ; 0.763]
aMCI	Chantée	No-JOL	0.613	0.488	0.608	0.0469	[0.515 ; 0.701]
aMCI	Parlée	JOL	0.594	0.492	0.599	0.0494	[0.502 ; 0.697]
aMCI	Parlée	No-JOL	0.574	0.496	0.580	0.0475	[0.486 ; 0.674]

Note. Les moyennes marginales estimées sont des moyennes estimées sur des variables en interaction.

Groupe contrôle



Groupe aMCI

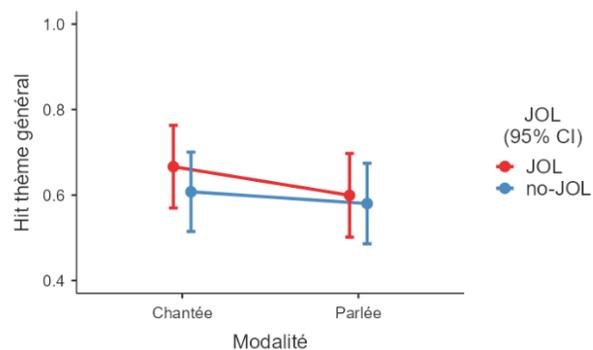


Figure 14 Pourcentages moyens des hits aux questions sur le contenu général en fonction du groupe, de la modalité et du JOL. Les barres d'erreur représentent l'intervalle de confiance à 95%.

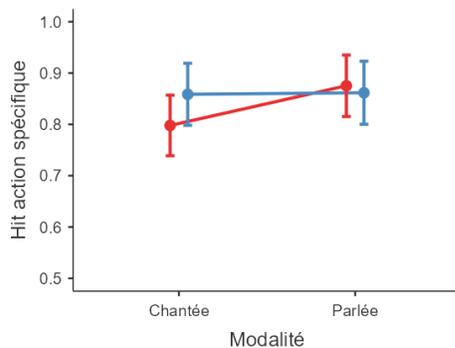
## Performances de reconnaissance du contenu spécifique

Tableau 10 Moyennes des hits aux questions sur le contenu spécifique en fonction du groupe, de la modalité et du JOL.

Groupe	Modalité	JOL	Moyenne observée	Écart-type	Moyenne marginale estimée	Erreur standard	IC <sub>95%</sub>
Contrôle	Chantée	JOL	0.800	0.401	0.798	0.0298	[0.739 ; 0.857]
Contrôle	Chantée	No-JOL	0.862	0.346	0.859	0.0305	[0.798 ; 0.191]
Contrôle	Parlée	JOL	0.872	0.335	0.875	0.0302	[0.815 ; 0.935]
Contrôle	Parlée	No-JOL	0.858	0.350	0.862	0.031	[0.800 ; 0.923]
aMCI	Chantée	JOL	0.729	0.446	0.728	0.04	[0.648 ; 0.807]
aMCI	Chantée	No-JOL	0.618	0.487	0.616	0.0383	[0.540 ; 0.692]
aMCI	Parlée	JOL	0.750	0.434	0.752	0.0407	[0.672 ; 0.833]
aMCI	Parlée	No-JOL	0.614	0.488	0.616	0.039	[0.539 ; 0.694]

Note. Les moyennes marginales estimées sont des moyennes estimées sur des variables en interaction.

### Groupe contrôle



### Groupe aMCI

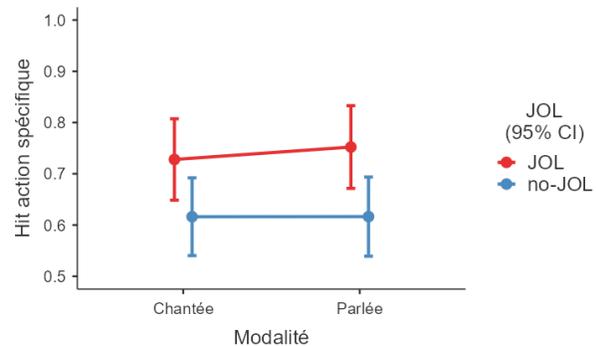


Figure 15 Pourcentages moyens des hits aux questions sur le contenu spécifique en fonction du groupe, de la modalité et du JOL. Les barres d'erreur représentent l'intervalle de confiance à 95%.

## Annexe 7. Analyses supplémentaires

### Lien entre la modalité des extraits et les JOLs

Nous avons réalisé des tests khi-carré d'indépendance pour chaque groupe afin d'explorer si la modalité des extraits (chantée vs. parlée) a une influence sur les réponses aux JOLs. Tant chez les participants contrôles ( $\chi^2(4, N = 708) = 1.86, p = .761$ , V de Cramer = 0.0513) que aMCI ( $\chi^2(4, N = 372) = 2.51, p = .642$ , V de Cramer = 0.0822), l'analyse ne révèle pas de lien significatif. La figure 16 illustre la répartition des différentes possibilités de réponses JOLs en fonction des groupes et selon la modalité des extraits entendus.

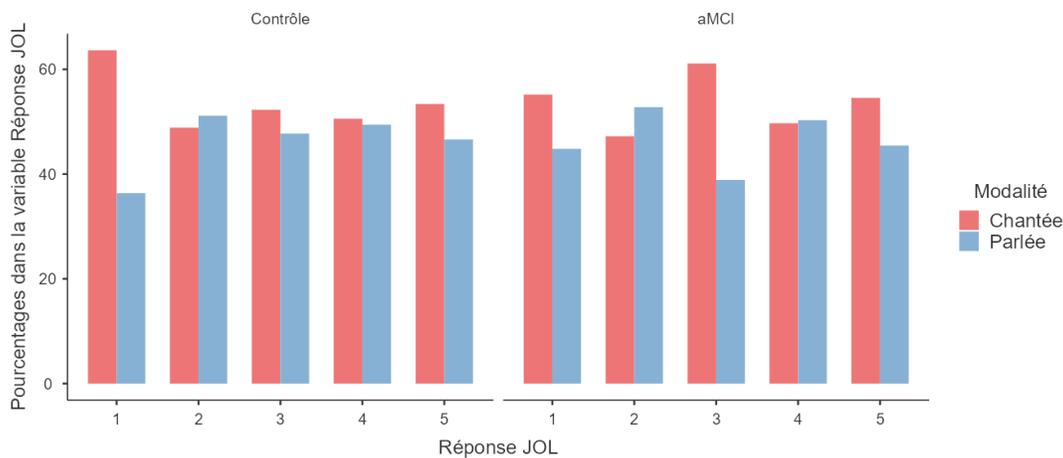


Figure 16 Pourcentage à chaque réponse JOL en fonction de la modalité des extraits.

### Effet de l'ordre de présentation des extraits lors de l'encodage sur les performances de reconnaissance du contenu général

À la recherche d'un éventuel effet de primauté ou de récence, nous avons réalisé une régression logistique binomiale pour investiguer le lien entre les performances de reconnaissance du contenu général et l'ordre de présentation des extraits lors de l'encodage. Pour tester cette hypothèse, nous avons segmenté la phase d'encodage en quartiles, regroupant ainsi les 9 premiers extraits, les 9 derniers et les 20 extraits du milieu (les 2<sup>ème</sup> et 3<sup>ème</sup> quartiles étant arrondis à 10).

Avec une variance expliquée à 0.145% ( $R^2$  de McFadden) et comme le montre la figure 17, aucun des quartiles n'est statistiquement différent des trois autres ( $Z_{1-2} = 1.32, p_{1-2} = .019$ ;  $Z_{1-3} = 1.55, p_{1-3} = .121$ ;  $Z_{1-4} = 1.72, p_{1-4} = .086$ ;  $Z_{2-3} = 0.24, p_{2-3} = .809$ ;  $Z_{2-4} = 0.44, p_{2-4} = .662$ ;  $Z_{3-4} = 0.2, p_{3-4} = .842$ ).

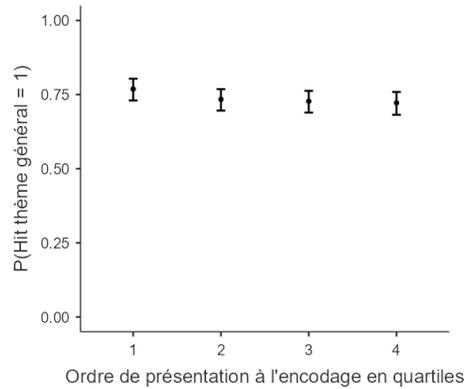


Figure 17 Moyenne des hits aux questions sur le contenu général selon l'ordre de présentation des extraits à l'encodage segmentés en quartiles. Les barres d'erreur représentent l'erreur standard de mesure autour de la moyenne.

## Effet de l'ordre de présentation des extraits lors de l'encodage sur les réponses aux JOLs

D'après les observations de Dunlosky & Matvey (2001), nous supposons que les JOLs en début de tâche seront plus élevés (i.e. réponses 4 ou 5) que les JOLs en fin de tâche. Nous avons réalisé des tests khi-carré d'indépendance pour chaque groupe en incluant les variables nominales de l'ordre à l'encodage (divisé en quartiles comme pour l'analyse supra) et de la réponse aux JOLs (échelle de Likert en 5 points allant de 1 pour « Certain que je ne m'en souviendrai pas » à 5 pour « Certain que je m'en souviendrai »).

Nous n'observons pas d'effet significatif de l'ordre sériel sur les JOLs, ni dans le groupe contrôle ( $\chi^2(12, N = 708) = 15.1, p = 0.238, V$  de Cramer = 0.08), ni dans le groupe aMCI ( $\chi^2(12, N = 372) = 14.2, p = 0.286, V$  de Cramer = 0.113) (figure 18).

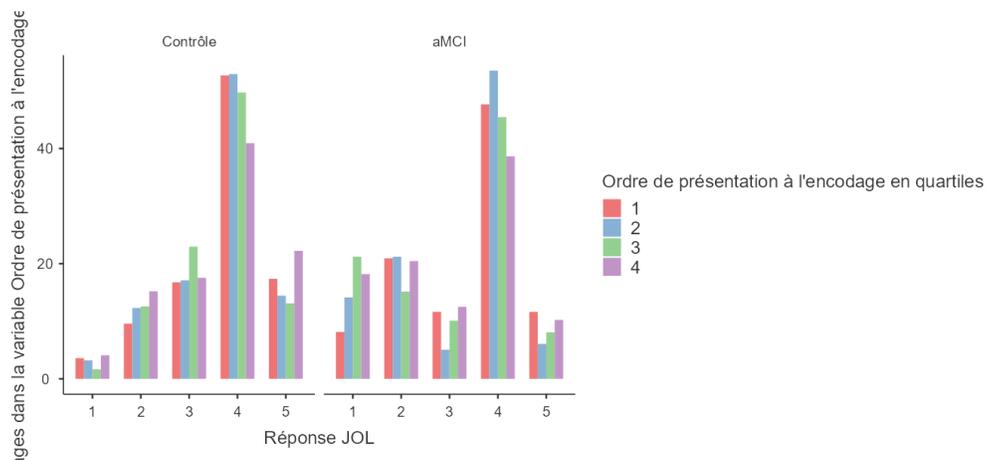


Figure 18 Pourcentage à chaque réponse aux JOLs en fonction de l'ordre de présentation des extraits à l'encodage segmentés en quartiles.

## Différence des temps de réponse aux JOLs entre les groupes

En moyenne, les temps de réponse (en secondes) du groupe aMCI ( $M = 6.02$ ,  $SD = 11$ ,  $IC_{95\%} = [4.89 ; 7.14]$ ) sont plus élevés que ceux du groupe contrôle ( $M = 4.15$ ,  $SD = 6.04$ ,  $IC_{95\%} = [3.71 ; 4.60]$ ) (figure 19). De fait, le test U de Mann-Whitney<sup>16</sup> met en évidence une différence significative des temps de réponse aux JOLs entre les groupes ( $W = 120819$ ,  $p = 0.026$ ), avec une différence moyenne de  $-0.283$  et une taille d'effet (corrélation entre rangs bisériés) de  $0.0825$ .

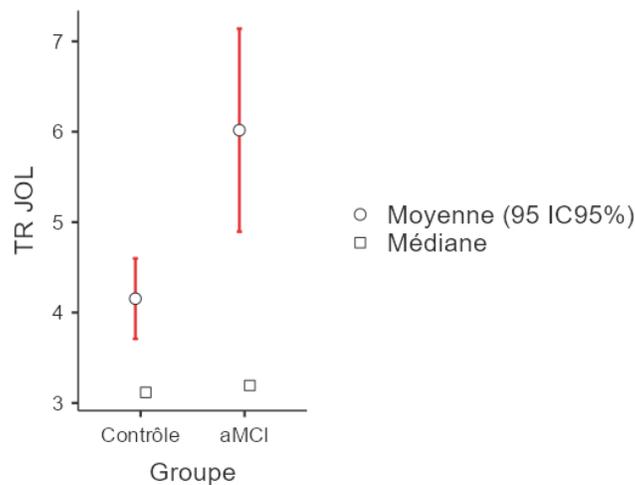


Figure 19 Moyenne et médiane des temps de réponse aux JOLs entre les groupes. Les barres d'erreur représentent l'intervalle de confiance à 95% autour de la moyenne.

<sup>16</sup> Équivalent non-paramétrique du test t de Student pour échantillons indépendants.

## 9 RÉSUMÉ

---

Le déclin mnésique est l'une des premières manifestations de la maladie d'Alzheimer, faisant ainsi la cible des interventions de rééducation le plus précocement possible. La présente étude vise à explorer l'intérêt de la musique et de la métacognition comme stratégies d'apprentissage innovantes et pragmatiques chez des patients diagnostiqués avec un trouble cognitif léger de type amnésique (aMCI pour « amnesic Mild Cognitive Impairment » en anglais).

Bien que les mnémoniques musicaux, c'est-à-dire la présentation chantée d'informations à mémoriser, soient documentés dans la maladie d'Alzheimer, leur effet dans les stades prodromiques reste peu étudié (Derks-Dijkman et al., 2023). De manière inédite, nous avons combiné cette approche musicale à une composante métacognitive. Plusieurs études ont démontré le bénéfice du jugement métamnésique sur la mémoire, appelé effet de réactivité positive (Double et al., 2018). Cependant, à ce jour, seule une étude s'est intéressée à cet effet dans la population gériatrique (Tauber & Witherby, 2019), et aucune ne l'a exploré dans la réhabilitation mnésique.

En s'inspirant du protocole de Simmons-Stern et al. (2012), nous avons invité un groupe de patients diagnostiqués avec un aMCI à la Clinique de la Mémoire (N = 22 actuellement sur 40 prévus) et un groupe contrôle de personnes âgées saines (N = 40) à écouter et mémoriser le contenu général et spécifique d'extraits de situations de la vie quotidienne, présentés soit en modalité chantée, soit en modalité parlée. Pour la moitié des participants, chaque extrait était immédiatement suivi d'un jugement métamnésique, ou « Judgment of Learning » (JOL). La phase d'encodage était ensuite suivie d'un test de reconnaissance immédiate du contenu général et spécifique.

Bien que ces résultats doivent s'interpréter avec prudence en raison d'un échantillon incomplet, le contenu général des extraits chantés est, en moyenne, mieux reconnu que celui des extraits parlés chez les patients présentant un aMCI, mais pas chez les personnes âgées saines. La différence entre les modalités chantée et parlée n'est cependant pas suffisante pour témoigner d'un réel effet positif des mnémoniques musicaux. De façon plus prononcée, le JOL semble également offrir un avantage au sein du groupe clinique, avec des performances moyennes supérieures dans la condition JOL par rapport à la condition sans JOL pour la reconnaissance du contenu spécifique, mais pas général.

Ces observations répondent partiellement à nos hypothèses initiales, et ne permettent pas de comprendre pleinement par quels mécanismes l'encodage musical et le jugement métamnésique peuvent améliorer la mémoire. Néanmoins, notre étude propose des pistes intéressantes pour les recherches futures et soutient le développement de nouvelles approches de rééducation mnésique.