

---

**Influence de la charge cognitive sur la précision phonologique et sémantique en mémoire de travail verbale. Sous-projet : aspects acoustico-phonologiques.**

**Auteur :** Lejeune, Zoé

**Promoteur(s) :** Majerus, Steve

**Faculté :** par Faculté de Psychologie, Logopédie et Sciences de l'Education

**Diplôme :** Master en sciences psychologiques, à finalité spécialisée

**Année académique :** 2024-2025

**URI/URL :** <http://hdl.handle.net/2268.2/24584>

---

*Avertissement à l'attention des usagers :*

*Tous les documents placés en accès ouvert sur le site le site MatheO sont protégés par le droit d'auteur. Conformément aux principes énoncés par la "Budapest Open Access Initiative"(BOAI, 2002), l'utilisateur du site peut lire, télécharger, copier, transmettre, imprimer, chercher ou faire un lien vers le texte intégral de ces documents, les disséquer pour les indexer, s'en servir de données pour un logiciel, ou s'en servir à toute autre fin légale (ou prévue par la réglementation relative au droit d'auteur). Toute utilisation du document à des fins commerciales est strictement interdite.*

*Par ailleurs, l'utilisateur s'engage à respecter les droits moraux de l'auteur, principalement le droit à l'intégrité de l'oeuvre et le droit de paternité et ce dans toute utilisation que l'utilisateur entreprend. Ainsi, à titre d'exemple, lorsqu'il reproduira un document par extrait ou dans son intégralité, l'utilisateur citera de manière complète les sources telles que mentionnées ci-dessus. Toute utilisation non explicitement autorisée ci-avant (telle que par exemple, la modification du document ou son résumé) nécessite l'autorisation préalable et expresse des auteurs ou de leurs ayants droit.*

---



Faculté de Psychologie, Logopédie et Sciences de l'Education

**Influence de la charge cognitive sur la précision phonologique  
et sémantique en mémoire de travail verbale  
Sous-projet : aspects acoustico-phonologiques**

Mémoire présenté par Zoé LEJEUNE,  
en vue de l'obtention du diplôme de Master en Sciences Psychologiques.

Promoteur : Steve MAJERUS  
Lectrices : Sylvie WILLEMS et Christine BASTIN

Année académique 2024-2025

## REMERCIEMENTS

Au terme de ce mémoire, je souhaite exprimer toute ma gratitude envers toutes les personnes qui, de près ou de loin, ont contribué à son élaboration.

Je tiens tout d'abord à remercier Monsieur Majerus pour sa supervision, ses relectures constructives et sa disponibilité, ainsi que pour m'avoir permis d'approfondir mes connaissances dans le domaine verbal de la mémoire de travail et de découvrir le domaine musical, qui m'était encore méconnu.

Je souhaite aussi remercier mes lectrices, Madame Willems et Madame Bastin pour le temps consacré à la lecture et l'intérêt porté à ce mémoire.

Un merci particulier à Madame Willems pour m'avoir fait découvrir la neuropsychologie, une discipline qui a éveillé en moi une véritable passion.

Je remercie également Aubry Robert pour ses explications, ses conseils et sa disponibilité.

À ma famille, je souhaite exprimer toute ma reconnaissance à ma maman, mon papa et mon beau-père pour leur soutien, leur confiance et leur amour inconditionnel.

À mes amis, en particulier Clémentine, Chloé, Elsa, Lilou et Louis, sans qui ces cinq années n'auraient pas été les mêmes. Merci pour tous ces moments partagés, pour tous les rires et, surtout, pour votre présence à mes côtés.

À Loris, qui me soutient au quotidien. Merci pour sa patience, sa compréhension et sa confiance. Merci de croire en moi et d'être toujours présent.

Enfin, je remercie chaleureusement tous les participants de cette recherche pour leur intérêt, leur temps et leur engagement. Leur contribution fut précieuse et leurs rencontres, enrichissantes.

À toutes et à tous, merci du fond du cœur.

## Table des matières

INTRODUCTION.....	1
REVUE DE LA LITTÉRATURE .....	3
1.    La mémoire de travail.....	3
1.1.    Définition et généralités.....	3
1.2.    Le modèle de Baddeley et Hitch.....	3
1.3.    Le traitement de l'ordre sériel.....	4
1.4.    L'intervention des processus langagiers .....	5
1.5.    Limites de la mémoire de travail .....	6
2.    Précision de la mémoire de travail .....	8
2.1.    Définition.....	8
2.2.    Les modèles explicatifs de l'effet de charge.....	8
2.3.    Précision dans la modalité visuospatiale .....	9
2.4.    Précision dans la modalité auditivo-verbale .....	11
3.    La précision de la mémoire de travail dans la modalité musicale .....	14
3.1.    La musique : définition et caractéristiques .....	14
3.2.    L'oreille absolue .....	15
3.3.    Influence de l'entraînement musical.....	16
3.4.    Mémoire de travail dans la modalité musicale .....	17
3.5.    Précision de la mémoire de travail musicale .....	19
OBJECTIFS ET HYPOTHESES .....	21
MÉTHODOLOGIE .....	23
1.    Participants .....	23
2.    Matériel .....	24
2.1.    Le questionnaire d'anamnèse .....	24
2.2.    Les tâches d'intelligence.....	25
2.3.    Les tâches de précision .....	26
2.4.    Les tâches de discrimination.....	31
3.    Procédure.....	33
4.    Analyses statistiques.....	34
RÉSULTATS .....	36
1.    Description de l'échantillon .....	36
2.    Tâches de précision .....	36
2.1.    Précision de la mémoire verbale.....	36
2.2.    Précision de la mémoire musicale .....	40
3.    Tâches de discrimination.....	43
3.1.    Discrimination verbale .....	43

3.2.    Discrimination musicale .....	46
DISCUSSION .....	48
1.    Rappel des objectifs et des hypothèses.....	48
2.    Synthèse des résultats.....	48
3.    Interprétation des résultats.....	49
3.1.    Hypothèse 1 : plus la charge augmente et plus les performances diminuent.....	49
3.2.    Hypothèse 2 : plus la similarité augmente et plus la précision diminue .....	50
3.3.    Hypothèse 3 : l'expertise musicale influence les performances .....	51
3.4.    Hypothèse 4 : convergence des effets entre modalités .....	52
4.    Limites.....	52
4.1.    Limites liées à l'échantillon.....	53
4.2.    Limites liées à la définition de l'expertise musicale.....	53
4.3.    Limites liées à la procédure quasi-expérimentale.....	53
5.    Implications cliniques.....	54
CONCLUSION ET PERSPECTIVES .....	56
BIBLIOGRAPHIE .....	58
ANNEXES .....	69

## INTRODUCTION

Ce mémoire a pour sujet la précision de la mémoire de travail, une fonction cognitive essentielle mais souvent méconnue en dehors des domaines des sciences cognitives et de la neuropsychologie. Pourtant, il s'agit d'un mécanisme que nous mobilisons en permanence, souvent sans en avoir conscience. La mémoire de travail permet d'intégrer les informations issues de notre environnement, de les retenir sur une courte durée et de les manipuler afin de réaliser une tâche ou de prendre une décision.

Dans notre quotidien, nous faisons appel à la mémoire de travail bien plus souvent qu'il n'y paraît. Retenir un numéro de téléphone le temps de le composer, garder à l'esprit les différentes étapes d'une recette, suivre le fil d'une conversation complexe, ou encore se rappeler l'endroit où l'on s'est arrêté en lisant un texte tout en réfléchissant à son contenu : toutes ces situations impliquent la mémoire de travail.

Cependant, cette mémoire n'est pas infaillible ; plusieurs facteurs contraignant peuvent réduire la qualité de l'encodage et du rappel des informations. Deux d'entre eux font l'objet de ce mémoire : la charge cognitive, c'est-à-dire le nombre d'éléments à traiter simultanément, et la similarité phonologique, qui peut entraîner des confusions lorsque les éléments se ressemblent trop. Ces effets se manifestent dans la vie de tous les jours : se rappeler une liste de dix articles est plus difficile qu'en mémoriser trois ou quatre, et il est plus facile de confondre deux mots qui riment (par exemple, *main* et *bain*) que des mots phonologiquement très différents (par exemple, *main* et *plante*).

Dans ce mémoire, nous examinerons l'impact de ces facteurs sur la précision de la mémoire de travail dans deux modalités auditives : verbale et musicale. Alors que la précision de la mémoire de travail verbale a été relativement peu étudiée, celle de la mémoire de travail musicale n'a, à notre connaissance, encore jamais été explorée (mis à part dans l'étude initiale à celle-ci).

Ce mémoire est structuré en plusieurs sections. Nous commencerons par une revue de littérature, afin de présenter les modèles théoriques de la mémoire de travail, ses composantes et ses limites connues. Nous aborderons également les recherches existantes sur la précision dans différentes modalités sensorielles, notamment visuelle, verbale et musicale. Nous décrirons ensuite la méthodologie utilisée pour notre étude, avant de présenter et d'analyser les

résultats. Enfin, nous discuterons ces résultats à la lumière des travaux existants et proposerons des perspectives pour de futures recherches.

Avant d'entrer dans le vif du sujet, il convient de préciser que ce mémoire s'inscrit dans la continuité d'un projet de recherche en cours, portant sur la précision de la mémoire de travail verbale et musicale. Ce projet a notamment été exploré dans le mémoire d'Aubry Robert, réalisé au cours de l'année académique 2022-2023 (Robert & Université de Liège > Master sc. psycho., 2023). Les données recueillies dans le cadre de la présente étude viendront compléter celles obtenues précédemment, et l'ensemble des analyses statistiques sera effectué sur l'échantillon global combinant les deux collectes.

## REVUE DE LA LITTÉRATURE

### 1. La mémoire de travail

#### 1.1. Définition et généralités

Selon Baddeley, la mémoire de travail est un système cérébral à capacité limitée permettant le stockage temporaire et la manipulation des informations nécessaires à l'exécution de fonctions cognitives complexes, telles que la compréhension du langage, l'apprentissage et le raisonnement (Baddeley, 1992). Elle comble le lien entre la perception, la mémoire à long terme et l'action (Baddeley, 2003) grâce à ses multiples composantes détaillées plus bas. La mémoire de travail peut être étudiée selon différentes modalités sensorielles, comme la modalité visuospatiale (ex. Bays et al., 2009; Luck & Vogel, 1997; Zokaei et al., 2011a) ou auditivo-verbale (ex. Joseph et al., 2015; Majerus, 2010; Majerus et al., 2009).

L'appellation « mémoire de travail » a évolué du terme « mémoire à court terme ». En 2012, Baddeley fait une distinction entre la mémoire à court terme, qui se réfère uniquement à la fonction de stockage, et la mémoire de travail, se référant à la combinaison des fonctions de stockage et de manipulation de l'information (Baddeley, 2012). C'est avec cette même logique que le terme mémoire de travail sera utilisé dans ce mémoire.

#### 1.2. Le modèle de Baddeley et Hitch

La mémoire suscite, depuis des décennies, de nombreuses recherches. Parmi les modèles les plus populaires des années 60, c'est celui d'Atkinson et Shiffrin (Atkinson & Shiffrin, 1968) qui était le plus affluent. Ces auteurs ont proposé un modèle à trois composantes, s'appelant le « modèle modal », qui suggérait que les informations passaient par une mémoire sensorielle, puis dans un stockage à court terme pour terminer dans un stockage à long terme (Baddeley, 1990). Cependant, celui-ci a rencontré des difficultés de nature neuropsychologique et n'expliquait pas certains phénomènes, notamment le fait de garder des capacités de mémoire à long terme intactes alors que la mémoire de travail était diminuée (Baddeley, 1992).

Afin de remédier à ces difficultés, Baddeley et Hitch ont proposé leur propre modèle en 1974. À l'époque, ce modèle était également constitué de trois différentes composantes ; un administrateur central et deux systèmes esclaves, à savoir un calepin visuospatial et une boucle phonologique (Baddeley & Hitch, 1974). L'administrateur central est un système de contrôle de l'attention qui a pour fonction de coordonner et de superviser les deux autres (A. Baddeley,

1992). Le calepin visuospatial, comme son nom l'indique, est chargé de traiter et de manipuler les informations visuelles et spatiales. La boucle phonologique a pour objectif de traiter l'information verbale. Elle est composée de deux sous-systèmes : un stock phonologique qui permet de retenir les informations de l'ordre de quelques secondes et d'une récapitulation articulatoire subvocale qui s'apparente à un « inner speech » (= dialogue intérieur) (A. Baddeley, 1992).

Au fur et à mesure de ses travaux de recherche, Baddeley a modifié et amélioré son modèle en ajoutant une quatrième composante : le buffer épisodique (A. Baddeley, 2000). Ce buffer épisodique a pour rôle de stocker temporairement des informations provenant de différentes sources ainsi que de les intégrer, et peut être vu comme un espace de travail pour l'administrateur central, supposé le réguler (A. Baddeley, 2000). Sa capacité est toutefois limitée.

Le modèle multicomposant de Baddeley et Hitch a servi de référence pendant des années. Cependant, celui-ci présente des lacunes. On ne retrouve notamment pas de distinction entre la mémoire de l'item (ex. retenir un élément d'une liste) et celle de sa position dans la séquence (Majerus, 2019). C'est pourquoi d'autres auteurs se sont également intéressés à la mémoire de travail et ont proposé leur propre modèle en ajoutant d'autres composantes. Ainsi, Majerus et ses collaborateurs (2009) ont proposé un modèle intégratif de la mémoire de travail verbale impliquant à nouveau trois composantes : le traitement de l'ordre sériel, l'attention sélective et les processus langagiers (Majerus, 2010; Majerus et al., 2009).

### 1.3. Le traitement de l'ordre sériel

Comme mentionné plus haut, une des fonctions de la mémoire de travail est le maintien des informations en mémoire pour pouvoir les utiliser. Ce maintien se rapporte autant au contenu des items qu'à leur ordre d'apparition dans la séquence. C'est le traitement de l'ordre sériel qui se réfère au rappel de la position des items dans une séquence (Majerus, 2013). Cette distinction entre contenu et position a notamment été observée chez des patients souffrant de démence séquentielle qui présentaient des difficultés dans le rappel du contenu, mais pas au niveau de la position sérielle des items (Majerus et al., 2007). Cette étude a démontré qu'avoir accès ou non aux niveaux lexico-sémantiques des mots n'a pas d'impact dans le rappel de la position sérielle des items, ce qui n'est pas le cas lors du rappel de leur contenu (Hulme et al., 1991; Majerus, 2013; Poirier & Saint-Aubin, 1996).

Un autre effet influençant le traitement de l'ordre sériel est l'effet de similarité phonologique. L'effet de similarité phonologique est présent lorsque les mots qui sonnent de façon similaire sont plus difficilement rappelés que les mots sonnant différemment (Fallon et al., 1999). En effet, divers auteurs ont constaté que lorsque les mots riment, le rappel de leur position sérielle est impacté négativement. En revanche, lorsque les mots ne riment pas, les performances en rappel de position sérielle sont meilleures (Fallon et al., 1999).

En examinant de plus près l'influence de l'ordre sériel des items, on constate que ceux présentés en début et en fin de séquence sont généralement mieux rappelés que ceux placés au milieu (Stephane et al., 2010). Ceci s'explique par l'effet de primauté et l'effet de récence, respectivement. Ces effets ont un impact important sur certaines activités cognitives complexes comme l'organisation de la pensée (Stephane et al., 2010). Afin d'observer ces effets, les études consistent à présenter différentes séquences d'items et puis de comparer l'ordre des items qui ont été les mieux rappelés pour chaque séquence. Ainsi, si on devait représenter ces résultats sur un graphique, on retrouverait généralement des performances en forme de U (Healy, 1974).

#### 1.4. L'intervention des processus langagiers

Dans le point précédent, nous avons évoqué qu'avoir accès aux informations lexico-sémantiques lors d'une tâche de rappel immédiat influence ce rappel (Hulme et al., 1991; Majerus, 2013; Poirier & Saint-Aubin, 1996). Ce phénomène est dû à l'activation des processus langagiers (et donc de la mémoire à long terme) lors du rappel en mémoire de travail (Hulme et al., 1991; Majerus, 2013). En effet, selon Majerus (2013), la mémoire de travail résulterait de l'activation temporaire des bases de connaissances de la mémoire à long terme dans les réseaux de traitement du langage, ainsi que des processus de sélection et de contrôle attentionnel (Cowan, 1995; Majerus, 2013; Postle, 2006). Le maintien de l'information en mémoire de travail partagerait notamment des réseaux neuronaux avec d'autres fonctions cognitives, comme les processus de langage (Cowan, 1995; Majerus, 2013; Postle, 2006).

L'intervention des processus langagiers entraîne divers effets sur le rappel en mémoire de travail (Camos et al., 2019). Parmi ceux-ci, nous pouvons citer l'effet de fréquence qui implique que les mots rencontrés le plus souvent dans le langage commun sont plus facilement rappelés que les mots moins souvent rencontrés (Morton, 1979; Watkins, 1977) (par exemple, « voiture » vs « truelle »). Dans une de ses études, Watkins a également trouvé que l'empan (=le nombre d'éléments) moyen en mémoire de travail est plus grand lors de la présentation de mots utilisés fréquemment comparés à des mots peu fréquents (Watkins, 1977). Nous retrouvons également

l'effet de lexicalité qui désigne l'augmentation des performances de rappel selon que les items sont des mots, comparés à des non-mots (Loaiza et al., 2015) (par exemple, « peinture » vs « tramo »). Un autre effet rencontré se nomme « l'effet de la longueur du mot » et signifie que les mots plus longs sont moins bien rappelés que les mots plus courts (Baddeley et al., 1975) (par exemple, « pluie » vs « hélicoptère »). Enfin, l'effet de similarité phonologique a également été observé en mémoire de travail (par exemple voir Baddeley, 1966) et implique que les mots sonnant de façon similaire (par exemple, « mie », « pie », « plie ») sont moins bien rappelés que des mots dissimilaires (par exemple, « porte », « bouteille », « crayon »). Ceci est notamment expliqué par la quantité des informations à retenir et par la capacité de répétition, mais nous y reviendrons plus tard. D'après Hulme (1991), ces effets indiquent l'existence d'un codage basé sur le langage dans les tâches de mémoire de travail. Ainsi, les effets qui favorisent la récupération en mémoire à long terme augmentent les performances de rappel en mémoire de travail (Camos et al., 2019).

Ces effets se manifestent davantage si les items présentés sont des mots plutôt que des non-mots. L'explication de ce phénomène est la différence de la force d'activation des processus lexico-sémantiques en mémoire à long terme (Lian et al., 2001). Dans le cadre de ce mémoire, nous allons utiliser des items composés de non-mots de même longueur. Par conséquent, l'effet qui retient le plus notre attention se trouve être l'effet de similarité phonologique. Comme mentionné auparavant, l'effet se produit quand des mots phonologiquement similaires (par exemple, « pain, bain, main ») sont plus difficilement rappelés que des mots dissimilaires (par exemple « tante, disque, poire ») (A. Baddeley, 2007; Camos et al., 2013). Il a été également retrouvé dans des études utilisant des lettres (Conrad & Hull, 1964) et des non-mots (Lian et al., 2001). Cet effet peut s'expliquer par une confusion entre des traces mnésiques ayant des représentations phonologiques similaires (Camos et al., 2013). Dans les études utilisant des non-mots, l'effet de similarité phonologique a plus de poids si ceux-ci ressemblent plus à de vrais mots que s'ils s'en écartent (Lian et al., 2001). Il est important de noter que cet effet n'est pas applicable si les items sont présentés visuellement et qu'une tâche de suppression articulatoire est présente, ce qui empêche le codage phonologique approprié (A. Baddeley, 2007).

### 1.5. Limites de la mémoire de travail

Selon Majerus (2023), tous les modèles actuels de la mémoire de travail se concentrent sur une dimension spécifique de celle-ci, alors qu'en réalité, ces dimensions interagissent et doivent

fonctionner ensemble de manière synchronisée. C'est cette caractéristique d'interaction et de multidimensionnalité qui explique la capacité limitée de la mémoire de travail (Majerus, 2023).

Comme mentionné avec l'effet de la longueur du mot, la limite principale de la mémoire de travail réside dans la quantité limitée d'informations qu'elle peut traiter simultanément (A. Baddeley, 2003). Cette capacité, mesurée avec l'empan, se réfère au nombre d'items pouvant être correctement retenus en mémoire de travail en une seule fois (Hepner & Nozari, 2019). Le nombre moyen de l'empan a fait débat dans la littérature, avec d'un côté Miller (1956) et son chiffre magique de  $7 + 2$  (Miller, 1956) et de l'autre, Cowan qui fixe la limite entre 3 et 5 *chunks* (Cowan, 2001). Miller (1956) souligne l'importance d'organiser et de regrouper les éléments en *chunks* (=groupements qui font sens), ce qui permet de retenir une quantité d'information plus grande. Par exemple, pour retenir un numéro de téléphone à 10 chiffres, il sera plus facile de combiner les chiffres deux à deux que de les retenir séparément. L'empan se mesure dans des tâches où l'objectif est de rappeler le plus d'items possible. Ceux-ci peuvent se composer de mots, de non-mots, de lettres et de chiffres. L'empan de mots est généralement plus bas que l'empan de chiffres (Majerus, 2010). Il faut noter que les études sur la mesure de l'empan peuvent se présenter autant sous la forme verbale que visuelle. Comme celle menée par Luke et Vogel (1997) où l'empan visuel trouvé était de 3 à 4. Ces auteurs ont également fait un rapprochement entre les *chunks* (de la modalité verbale) et la perception intégrative des items plutôt que leurs composantes prises une par une (exemple, leur couleur et leur forme) (Luck & Vogel, 1997). L'effet de la charge sera discuté en profondeur un peu plus loin.

Une autre limite de la mémoire de travail réside dans le besoin de répétition pour maintenir les informations, que ce soit mentalement ou à voix haute. Par conséquent, lorsque cette répétition n'est pas possible, phénomène appelé « suppression articulatoire », la mémoire de travail se voit impactée négativement (Hulme et al., 1991). En effet, étant donné les processus de production du langage requis dans la répétition, lorsqu'il est demandé aux individus de répéter oralement d'autres éléments que ceux à retenir, les performances se voient diminuées (A. Baddeley, 1986; Camos et al., 2019).

Les différents effets évoqués dans le point précédent (effets de fréquence, de lexicalité, de longueur du mot, de similarité) et les limites mentionnées plus haut (capacité réduite de stockage et besoin de répétition) illustrent bien la vulnérabilité de la mémoire de travail. En effet, une simple manipulation dans les caractéristiques des items peut altérer la précision de leur encodage. Dans la mesure où la précision de la mémoire de travail constitue le cœur de ce mémoire, la seconde partie de cette revue de la littérature lui sera entièrement consacrée.

## 2. Précision de la mémoire de travail

### 2.1. Définition

Comme mentionné plus haut, la charge correspond à la quantité d'items pouvant être retenus en mémoire de travail (Burnett Heyes et al., 2012; Cowan et al., 2005; Hepner & Nozari, 2019). La précision, quant à elle, correspond à la résolution des éléments retenus en mémoire de travail visuel (Burnett Heyes et al., 2012) ou encore au degré de détail avec lequel les informations verbales sont maintenues en mémoire de travail auditivo-verbale (Bouffier et al., 2022). En d'autres termes, elle se rapporte à la résolution ou à la fidélité de la représentation des éléments mémorisés (Bouffier et al., 2022; Joseph et al., 2015).

La précision a été largement étudiée dans la modalité visuelle, mais beaucoup moins dans la modalité verbale (Bouffier et al., 2022) et pas du tout dans la modalité musicale. Dans le cadre de ce mémoire, c'est la précision de la mémoire de travail verbale et musicale qui sera au cœur de la recherche, en tenant compte de certaines limites qu'elle peut rencontrer, en particulier l'effet de similarité phonologique et de la charge cognitive.

### 2.2. Les modèles explicatifs de l'effet de charge

La précision est liée à la charge, car plus cette dernière augmente, moins la rétention des items est précise (Bays et al., 2009; Bays & Husain, 2008; Burnett Heyes et al., 2012; Gorgoraptis et al., 2011). Cependant, deux modèles co-existent dans la littérature concernant l'explication de la capacité limitée de la mémoire de travail. Le premier, nommé « modèle d'emplacements », considère qu'un nombre limité d'items peut être retenu en mémoire (Cowan, 2001; Luck & Vogel, 1997; Miller, 1956; Zhang & Luck, 2008). Le second, appelé « modèle de ressources flexibles », estime que ce n'est pas tant le nombre d'items qui est limité, mais bien la quantité des ressources attentionnelles pouvant être apportée à chacun (Bays et al., 2009; Huang, 2010; Ma et al., 2014).

Les modèles d'emplacements (« *slot models* » en anglais) se rapprochent de la conception de Miller (1956) et de Cowan (2001) et suivent une règle de « tout ou rien » (Ma et al., 2014). Ce qui signifie qu'à partir du moment où le nombre d'items dépasse le nombre d'emplacements disponibles (= « *slots* »), les items ne sont pas du tout retenus. Ainsi, après présentation des éléments, ceux-ci sont soit retenus, soit oubliés (Bouffier et al., 2022). Cette vision est assez rigide, et ne prend pas réellement en compte la question de la précision. Ainsi, bien que la

théorie de l'emplacement prédomine dans la littérature, ce sont les modèles des ressources qui offrent les perspectives les plus intéressantes pour aborder la question de la précision (Bays & Husain, 2008).

En effet, selon le modèle des ressources, la précision des éléments retenus ne serait pas limitée par une quantité d'emplacements, mais plutôt par une quantité de ressources accordée à chaque élément (Ma et al., 2014). Ainsi, une quantité fixe de ressources représentationnelles peut être distribuée de manière flexible pour représenter soit une petite quantité d'items avec une haute précision, soit une grande quantité d'items avec une précision réduite (Bays & Husain, 2008; Frick, 1988; Huang, 2010), ce qui expliquerait que la capacité est limitée (Frick, 1988). Cette conception suppose que les représentations sont continues et que les items sont retenus selon des degrés de précision variables, sans nombre fixe d'éléments (Hepner & Nozari, 2019; Ma et al., 2014). Ainsi, la précision diminuerait progressivement avec l'augmentation des items, car les ressources allouées à la mémorisation se verrait divisées par le nombre d'éléments présentés (Bays et al., 2009). Selon cette perspective, pour mesurer les limites de la mémoire de travail, ce n'est pas la quantité d'éléments retenus qui importe, mais plutôt la précision avec laquelle ces éléments sont mémorisés (Ma et al., 2014).

### 2.3. Précision dans la modalité visuospatiale

Jusqu'à présent, la précision de la mémoire de travail a été principalement étudiée dans la modalité visuelle. Afin de mieux situer les recherches qui seront présentées ultérieurement en modalité verbale, il est pertinent de s'intéresser aux principales contributions théoriques issues de ces recherches, ainsi qu'aux méthodologies expérimentales employées pour étudier la précision dans la mémoire de travail visuospatiale.

Les études portant sur la modalité visuospatiale se présentent généralement comme ceci : un ou plusieurs ensembles d'items sont présentés, ceux-ci variant selon certaines caractéristiques comme la couleur (Bays et al., 2009; Zhang & Luck, 2008), leur déplacement (Bays & Husain, 2008; Zokaei et al., 2011b) ou encore leur direction (Bays & Husain, 2008). Ensuite, un ensemble d'items sondes sont présentés et les sujets doivent ajuster ceux-ci en fonction de l'item cible afin qu'il corresponde le plus possible avec ce dernier (Bouffier et al., 2022). La précision est alors mesurée à partir des écarts entre la réponse et l'item cible sur la dimension demandée (Bouffier et al., 2022).

Pour illustrer cette divergence entre le modèle des emplacements et celui des ressources, on peut citer une même étude dont l'interprétation varie selon les auteurs, certains privilégiant l'un,

d’autres défendant l’autre. Ainsi, Zhang et Luke (2008) ont étudié la précision de la mémoire de travail visuelle en proposant une tâche d’ajustement. Celle-ci consistait à montrer des planches composées de carrés de différentes couleurs et puis de remontrer une des planches sans les couleurs et avec un carré qui devenait la cible, car ses bords étaient plus foncés que les autres. Les sujets devaient alors choisir parmi un panel de couleur laquelle correspondait au carré cible. Ils ont réalisé l’expérience avec 3 et 6 carrés pour tester l’effet de la charge. Leur hypothèse était que si l’item avait été mémorisé, les sujets retrouveraient la bonne couleur, ou en tout cas une adjacente, sur le panel. À l’inverse, si l’item n’avait pas été mémorisé, le sujet n’aurait pas d’information concernant la couleur et sa réponse serait choisie aléatoirement (Zhang & Luck, 2008), suivant une logique de tout ou rien. Les résultats montrent un effet de la charge où la probabilité d’obtenir la bonne réponse était deux fois plus grande dans la condition 3 carrés que dans la condition 6 carrés. Ainsi qu’une précision fixe, qui ne variait pas lorsque l’item était correctement retenu. Il ressort clairement que ces résultats penchent pour l’hypothèse des modèles d’emplacements.

Cependant, en 2009, Bays et ses collaborateurs ont reproduit l’étude de Zhang et Luck en ajustant certains paramètres méthodologiques qui pouvaient biaiser les résultats initiaux. Ils ont notamment pris en compte la mémorisation de la position spatiale des items, et non uniquement leur couleur, et ont contrôlé le temps de présentation des stimuli en variant les durées des temps de fixation (Bays et al., 2009). Leurs résultats soutiennent les modèles de ressources, en montrant que la précision diminue de manière progressive à mesure que le nombre d’items augmente. Cette diminution se manifeste même lorsque le nombre d’items passe de 1 à 2, ce qui ne serait pas attendu si les items étaient représentés dans des « slots » (Bays et al., 2009), où la précision resterait constante tant que la capacité n’est pas dépassée. En effet, selon Bays et ses collaborateurs, les sujets ne sachant pas à l’avance quel item sera la cible, ils répartissent leurs ressources de manière égale entre tous les éléments. Ainsi, plus le nombre d’items à mémoriser augmente, plus les ressources disponibles pour chaque item diminuent, entraînant une baisse progressive de la précision.

Les recherches en mémoire de travail visuelle se sont également intéressées à l’effet de la similarité entre les items. Par exemple, Jackson et ses collaborateurs (2015) ont mené une expérience dans laquelle ils ont manipulé trois variables : la similarité (items similaires versus dissimilaires), la complexité (formes simples versus complexes) et la charge (un à quatre items). Dans cette étude, des formes étaient brièvement présentées à l’écran, puis un item test apparaissait. Les participants devaient indiquer, par une réponse binaire (oui ou non), si cet item

avait été vu dans la séquence précédente. Les résultats ont révélé un effet de similarité, avec des meilleures performances lorsque les items étaient dissimilaires. Un effet de la complexité a également été observé, les formes simples étant associées à une meilleure précision, lorsque les items sont dissimilaires (Jackson et al., 2015). Enfin, les performances diminuaient avec l'augmentation du nombre d'items, ce qui soutient les modèles des ressources (Bays & Husain, 2008; Ma et al., 2014).

Bien que ces études mettent en évidence l'absence de consensus quant aux mécanismes sous-jacents à l'effet de la charge en mémoire de travail visuospatiale, un accord émerge néanmoins concernant les outils méthodologiques les plus appropriés pour l'évaluer. Certain auteurs recommandent de délaisser les tâches dichotomiques, au profit des tâches de reproduction continue (Karabay et al., 2024). Ces tâches permettraient une évaluation plus fine de la qualité des représentations, et donc de la précision mnésique, tout en offrant une mesure moins sujette aux biais de réponse (Karabay et al., 2024).

Les études présentées dans cette section ont permis de mieux comprendre les mécanismes de la mémoire de travail visuelle, en identifiant plusieurs facteurs susceptibles d'influencer la qualité des représentations mnésiques. Deux d'entre eux ressortent particulièrement : la charge cognitive, dont l'augmentation tend à réduire la précision du rappel, et la similarité entre les items, qui complique la formation de représentations précises et distinctes. Il reste à déterminer si ces effets s'observent également dans le domaine de la mémoire de travail verbale.

#### 2.4. Précision dans la modalité auditivo-verbale

En ce qui concerne le versant auditivo-verbal, les mêmes interrogations subsistent quant au fonctionnement de la précision mnésique (Hepner & Nozari, 2019). Toutefois, comme évoqué précédemment, la littérature scientifique demeure encore limitée sur cette question spécifique dans la modalité verbale. Nous présenterons néanmoins certaines études existantes, en analysant leur méthodologie ainsi que les conclusions qui en ont été tirées. Ce mémoire vise ainsi à contribuer à une meilleure compréhension de cet aspect encore peu exploré de la mémoire de travail.

De manière générale, les tâches utilisées pour évaluer la mémoire verbale consistent en un rappel d'items présentés oralement (Joseph et al., 2015). Selon ces auteurs, ces tâches reposent sur une logique binaire, considérant qu'un item est soit correctement rappelé, soit totalement oublié. Toutefois, ils soulignent également qu'une représentation mnésique partielle ou

imprécise de l’item pourrait subsister, même en l’absence d’un rappel effectif. Ainsi, ce type de mesure ne permettrait pas de différencier clairement les modèles fondés sur un nombre fixe d’emplacements de ceux reposant sur un partage graduel des ressources attentionnelles (Hepner & Nozari, 2019).

La première étude que nous présentons porte sur la précision du rappel de phonèmes, c’est-à-dire les plus petites unités sonores permettant de distinguer les mots. Joseph et ses collaborateurs (2015) ont utilisé une tâche d’ajustement dans laquelle les participants devaient ajuster le son d’un item sonde, sur un cadran circulaire (représentant un continuum), afin de le faire correspondre à un item cible entendu précédemment. Ils ont utilisé ce dispositif dans le but d’éviter d’avoir des réponses binaires. Les items étaient constitués d’une voyelle (dont la qualité vocalique variait le long du cadran circulaire) et de la consonne /d/. Les auteurs ont également manipulé la charge cognitive et l’ordre sériel. À l’instar des travaux en modalité visuelle, la précision du rappel a été calculée à partir de la réciproque de l’écart-type des erreurs (Bays et al., 2009). Les résultats ont mis en évidence un effet de position sérielle, reflétant des effets classiques de primauté et de récence. Un effet de la charge a également été observé : la précision diminuait à mesure que le nombre d’items augmentait, y compris lors du passage d’un à deux items, ce qui soutient les modèles de ressources (Hepner & Nozari, 2019; Joseph et al., 2015). En ce qui concerne la précision des représentations, les participants semblaient conserver une représentation continue lorsque la charge était faible. En revanche, à mesure que la charge augmentait, ces représentations devenaient moins précises, s’appuyant sur des catégories phonologiques plus générales. Ces résultats suggèrent que les participants adoptaient une stratégie de catégorisation lorsque la quantité des informations à mémoriser augmentait. Ainsi, lorsque la représentation précise du stimulus s'estompe (qualité exacte de la voyelle sur le cadran), la représentation de la catégorie tend à persister (par exemple, se souvenir qu'il s'agissait d'un « a » ou d'un « e »). Par conséquent, la mémorisation de la catégorie serait moins sensible à l’interférence des autres items (Joseph et al., 2015).

Hepner et Nozari (2019) ont également essayé de comparer les paradigmes de précision de la mémoire visuelle avec ceux de la mémoire verbale. Toujours lors d’une tâche d’ajustement, ils ont présenté des syllabes composées d’une consonne et de la voyelle /a/. Lors de chaque présentation, le son faisait partie d’un continuum entre deux syllabes où les propriétés acoustiques de la consonne initiale étaient modifiées (exemple, un continuum entre /ba/ et /da/) et les sujets devaient alors pointer sur le continuum la position de la syllabe entendue. Ils ont manipulé la charge en présentant des séries de 1 à 4 items, ainsi que l’attention des sujets, en

donnant un indice avant ou après la présentation des items. Les résultats ont une fois de plus révélé un déclin des performances sous l'effet de l'augmentation du nombre d'items, soutenant ainsi la théorie d'allocation des ressources, comme observé dans la mémoire de travail visuelle (Bays et al., 2009). Concernant l'attention, les auteurs ont remarqué que signaler quel item deviendra la cible améliore les performances. Cela signifie que cette fonction attentionnelle exerce également un effet facilitateur sur la précision de la mémorisation des items. De plus, le même phénomène se manifeste lorsque l'indice est présenté ultérieurement, suggérant la flexibilité des ressources dans le maintien des informations (Hepner & Nozari, 2019).

Jusqu'à présent, les recherches ont manipulé des éléments phonologiques isolés, tels que les voyelles (Joseph et al., 2015) ou les consonnes (Hepner & Nozari, 2019) pour explorer la précision de la mémoire de travail verbale (Oberauer & Lin, 2023). Dans leur étude, Bouffier, Poncelet et Majerus (2022) ont adopté une approche différente en manipulant la similarité phonologique de mots entiers, afin d'examiner son influence sur la précision mnésique. Les auteurs se sont spécifiquement concentrés sur le niveau phonologique de la représentation (sans manipuler la charge), partant du principe que les représentations phonologiques jouent un rôle central en mémoire de travail, les codes phonologiques constituant le format principal de maintien de l'information verbale (Bouffier et al., 2022). Dans une tâche de reconnaissance, six items (des mots composés de quatre phonèmes) étaient présentés successivement, séparés par des délais d'une seconde. Un item sonde était ensuite présenté : celui-ci pouvait soit faire partie de la liste, soit chevaucher un item de celle-ci d'un, de deux ou de trois phonèmes, faisant ainsi varier la similarité phonologique de 25%, 50% ou 75%. Une tâche de suppression articulatoire était également introduite entre la présentation du dernier mot de la liste et celle de l'item sonde, afin de limiter la répétition mentale. La précision a été mesurée en calculant la déviation entre la réponse et l'item cible. Les résultats montrent que plus le chevauchement phonémique entre l'item sonde et l'item de la liste est élevé, plus la précision du rappel diminue, avec un effet particulièrement marqué lorsque les mots ne différaient que par un seul phonème. Ces observations suggèrent donc que la similarité phonologique influence négativement la précision de la mémoire de travail verbale (Bouffier et al., 2022).

En somme, comme pour la mémoire visuelle, les recherches récentes indiquent que la précision de la mémoire de travail verbale est influencée par deux facteurs majeurs : la charge mnésique et la similarité phonologique. L'augmentation du nombre d'items entraîne une baisse de précision, ce qui soutient les modèles de ressources, et plus le chevauchement phonémique

entre les items est important, plus leur mémorisation devient difficile, ce qui se traduit par une diminution de la précision.

### 3. La précision de la mémoire de travail dans la modalité musicale

#### 3.1. La musique : définition et caractéristiques

Ce mémoire abordant également la précision de la mémoire de travail dans le domaine musical, la section suivante est consacrée à cette thématique spécifique. La musique, bien que largement présente dans notre quotidien et en constante évolution, reste relativement peu explorée d'un point de vue théorique, notamment en ce qui concerne les mécanismes cognitifs impliqués dans sa mémorisation. Afin d'introduire cette partie consacrée à la mémoire musicale, et plus particulièrement à la question de sa précision, il convient tout d'abord de définir ce que recouvre la notion de musique.

Définir la musique n'est pas chose facile. Les auteurs n'ont pas l'air de se mettre d'accord sur une définition unique. Certains suggèrent une définition trop large et d'autres une définition trop restrictive (Davies, 2012). En effet, les manières de définir la musique sont diverses et peuvent se baser sur sa fonction, son histoire socioculturelle ou encore sur sa structure (Davies, 2012). Nous pouvons alors considérer la musique comme un art, un moyen d'expression qui a pour but de faire passer un message ou une émotion en rassemblant des sons pour former une mélodie. Terhardt la considère comme une forme de langage (Terhardt, 1978). Il est vrai que plusieurs parallèles peuvent être faits entre la musique et le langage (Fenk-Oczlon & Fenk, 2010) ; ils sont tous deux organisés selon une dimension temporelle, incluant des rythmes, des intonations et des séquences selon une structure syntaxique. Les deux permettent de générer un nombre illimité de combinaisons en associant leurs unités de base (Fenk-Oczlon & Fenk, 2010). De plus, selon Kraus et ses collaborateurs (2009), la musique et le langage partagent les trois composants de base qui peuvent être décomposés par l'oreille humaine (autant dans la musique que dans le langage), à savoir la hauteur, le timing et le timbre (Kraus et al., 2009). En outre, la musique et le traitement de la parole impliquent tous deux des fonctions cognitives communes comme la mémoire, l'attention et l'habileté à intégrer des unités dans un ensemble perceptif cohérent (Kraus & Chandrasekaran, 2010). Par conséquent, bien que la musique et le langage sont distincts, ils partagent des similitudes sur le plan acoustique et sur le plan cognitif (Kraus & Chandrasekaran, 2010).

La musique se compose donc de sons. Un son peut se définir par le résultat de vibrations répétées des molécules d'air. Les sons musicaux sont dits complexes en opposition avec les sons

purs. En effet, les sons purs correspondent à une onde sinusoïdale et se composent d'une oscillation simple vibrant à une période et une amplitude donnée (Ghio, 2007) (cf. son d'un diapason), ils ne se retrouvent que très peu dans la nature. Les sons complexes, quant à eux, se composent d'une superposition de vibrations simples avec des fréquences et des amplitudes différentes (Ghio, 2007). Comme mentionné, chaque son possède une hauteur, un timing et un timbre. La hauteur se réfère à l'organisation du son sur une échelle ordonnée et correspond à la perception subjective de la fréquence du son, le timing correspond à des repères spécifiques (ex. le début et la fin) et le timbre se réfère à la qualité sonore et permet de juger la distinction entre deux sons présentant la même durée, intensité et ton (Acoustic Society of America, sd). Par exemple, un instrument (ou une voix) peut être identifié grâce à son timbre (Schulze & Tillmann, 2013).

### 3.2. L'oreille absolue

Certaines personnes ont plus de facilité que d'autres pour reconnaître les notes de musique et pour jouer juste ; elles sont dotées de ce qu'on appelle « l'oreille absolue ». L'oreille absolue se réfère à la capacité de nommer ou de produire une note d'une certaine hauteur en l'absence d'une note de référence (Deutsch, 2013). Elle n'est pas à confondre avec l'oreille relative, qui, elle, consiste à identifier une note à partir d'une note de référence. Ces deux capacités se basent sur des processus différents. En effet, les possesseurs de l'oreille absolue se basent sur la hauteur de la note pour l'identifier alors que les possesseurs de l'oreille relative utilisent leurs connaissances sur les intervalles musicaux pour donner la note suivante (Levitin, 2004). Ainsi, si l'on présente deux notes (« La » et « Do »), un individu doté de l'oreille relative saura reconnaître le « Do » comme étant situé après le « La », à condition que la première note lui ait été explicitement donnée. En revanche, un individu possédant l'oreille absolue pourra identifier les deux notes, indépendamment de l'intervalle qui les sépare.

L'origine de l'acquisition de l'oreille absolue reposeraient sur deux hypothèses ; une portant sur des facteurs génétiques et l'autre sur des facteurs non génétiques (Baharloo et al., 1998; Deutsch et al., 2006). Ces derniers facteurs se composent d'une période critique (avant 6 ans) dans l'entraînement musical (Baharloo et al., 1998; Bairnsfather et al., 2022; Deutsch et al., 2006; Levitin, 2004) ou plutôt dans l'entraînement à nommer des notes (Levitin, 2004). Un autre facteur repose sur l'environnement. En effet, les possesseurs de l'oreille absolue se font rares dans les pays occidentaux et beaucoup plus nombreux en Asie (Deutsch et al., 2006). La différence se trouve notamment dans les styles de langues qui sont non tonales en occident et tonales en Asie. Les langues sont dites tonales, car elles reposent sur la hauteur de la

prononciation des mots pour accéder à leur sens. Ainsi, cette caractéristique langagière, combinée à la période critique durant l'enfance, expliquerait que l'acquisition de l'oreille absolue est plus importante dans les pays d'Asie (Deutsch et al., 2006). Les possesseurs de l'oreille absolue n'ont pas d'explication quant à leur habileté et celle-ci ne serait pas apprise explicitement (West Marvin et al., 2020).

Les possesseurs de l'oreille absolue auraient également des facilités dans d'autres domaines que l'identification de sons notamment dans la perception de sons musicaux et verbaux lors de situations bruyantes (Tseng & Hsieh, 2024) (cf. effet cocktail party) (Sayers & Cherry, 1957), dans certaines performances musicales (mémorisation, détection des erreurs, chanter juste...) (West Marvin et al., 2020) et bien sûr, dans la perception de la justesse des notes. Cependant, cette habileté peut également leur causer des difficultés notamment dans la transposition qui nécessite la connaissance des intervalles ou quand il faut jouer en groupe (West Marvin et al., 2020).

### 3.3. Influence de l'entraînement musical

Dans la littérature, la recherche sur les effets de la pratique d'un instrument de musique sur les fonctions cognitives et exécutives s'est principalement concentrée sur les enfants. (ex. François et al., 2013; James et al., 2024; Moreno et al., 2011). La principale raison est que les chercheurs ont voulu observer l'impact de la pratique d'un instrument sur le cerveau en développement. Ainsi, l'entraînement musical agit sur le développement du cerveau, notamment sur l'activité auditive du tronc cérébral (Skoe & Kraus, 2012) ou sur la plasticité cérébrale (Alain et al., 2019; Lappe et al., 2008). De plus, il agit positivement sur diverses fonctions cognitives comme le contrôle de l'inhibition (Moreno & Farzan, 2015) ou la flexibilité cognitive (Hao et al., 2023). Une explication pourrait être que la pratique d'un instrument engage une série de fonctions cognitives comme la mémoire, l'attention, l'apprentissage, la flexibilité ou encore l'inhibition (François et al., 2013; James et al., 2024). Les individus ayant reçu un entraînement musical perçoivent également mieux les discussions dans un environnement bruyant (Parbery-Clark et al., 2009), ce qui est pertinent dans la vie quotidienne (Schellenberg & W. Weiss, 2013).

Comme mentionné précédemment, la musique et le langage partagent des particularités communes. De ce fait, l'entraînement musical pourrait avoir des effets bénéfiques sur le traitement linguistique comme sur le développement du langage grâce à la segmentation (François et al., 2013) ou sur l'intelligence verbale (Moreno et al., 2011). De plus, les musiciens

sont généralement meilleurs dans la mémorisation de listes de mots (Ho et al., 2003) et de non-mots (Roden et al., 2014) et dans des tâches d'empan de chiffres (Y. Lee et al., 2007). En effet, les aspects cognitivo-sensoriels de l'entraînement musical favoriseraient la plasticité neuronale, ce qui améliorerait le traitement auditif de la musique ainsi que d'autres sons, tels que la parole (Kraus & Chandrasekaran, 2010).

Concernant la mémoire de travail, Suárez, Elangovan et Au (2016) ont mené une étude comparant des musiciens à des non-musiciens afin d'évaluer les effets de l'entraînement musical sur différents aspects de la mémoire de travail (Suárez et al., 2016). Le groupe de musiciens était défini comme ayant au moins cinq ans d'expérience en formation musicale sur un instrument quelconque, tandis que les non-musiciens étaient sélectionnés sans aucune expérience préalable en musique. L'étude comprenait six tâches ; deux impliquant l'administrateur central, deux impliquant le calepin visuospatial, et deux impliquant la boucle phonologique. De plus, une tâche de reconnaissance de notes de musique, « the AMMA test » (Advanced Measures of Music Audiation) (Gordon, 1989), a été administrée afin de confirmer les compétences musicales supérieures chez les musiciens. Les résultats ont montré que les musiciens surpassaient les non-musiciens dans les tâches liées à l'administrateur central, mais pas dans celles nécessitant la boucle phonologique. Les résultats étaient plus nuancés pour les tâches impliquant le calepin visuospatial, bien que les musiciens aient montré de meilleures performances dans la manipulation des représentations visuelles lorsque celles-ci étaient dynamiques (quand les items se déplaçaient sur le support). Le test de AMMA a été mieux réussi chez les musiciens que chez les non-musiciens, mettant en évidence leur capacité élevée à reconnaître les rythmes et les tonalités. Concernant la mémoire verbale, aucune différence significative n'a été trouvée entre les deux groupes. Ces deux derniers résultats suggèrent l'existence possible de systèmes distincts de stockage verbal et tonal, avec des processus de répétition articulatoire communs à la boucle phonologique (Williamson et al., 2010).

### 3.4. Mémoire de travail dans la modalité musicale

Beaucoup de chercheurs se sont intéressés à l'influence de l'entraînement musical sur diverses fonctions cognitives, y compris la mémoire de travail, mais peu ont réalisé des recherches sur une éventuelle mémoire musicale. Effectivement, le modèle de Baddeley et Hitch (Baddeley & Hitch, 1974) ne spécifie pas si la boucle phonologique traite également les informations non verbales ou si différents systèmes existent en supplément de cette boucle (Schulze & Tillmann, 2013) pour traiter, par exemple, les informations musicales. Néanmoins, l'objectif secondaire de ce mémoire est d'approfondir notre compréhension de la mémoire

musicale. La question qui se pose alors est de déterminer si la mémoire musicale est sujette aux mêmes effets que la mémoire verbale et de déterminer si la boucle phonologique traite également des stimuli musicaux (Suárez et al., 2016).

En 1995, Berz a proposé un modèle de la mémoire de travail musicale en adaptant le modèle de Baddeley (1990) et en y ajoutant une boucle pour la mémoire musicale, attachée à l'administrateur central, mais distincte de la boucle phonologique et qui interagirait avec une mémoire à long terme musicale. Cette boucle musicale comprend les mêmes composants que la boucle phonologique, à savoir un système de stockage et un système de répétition (A. Baddeley, 1992), cette fois-ci pour les informations musicales. Berz justifie cette distinction par les différences de conséquences entre l'« unattended music effect » et l'« unattended speech effect » sur les mêmes tâches. Ces effets se manifestent lorsque les individus réalisent des tâches avec un fond sonore composé soit de musique, soit de stimuli verbaux, comme de la musique avec des paroles ou simplement du langage. Les impacts sur les performances diffèrent. Par exemple, la musique en arrière-plan n'a pas d'effet négatif sur la compréhension de la lecture, contrairement aux stimuli verbaux (Martin et al., 1988). En revanche, dans une tâche d'identification musicale, la musique en arrière-plan a plus d'effets négatifs que la parole (Martin et al., 1988). Ainsi, d'après Berz, les différentes conséquences de ces effets suggéreraient l'existence de deux boucles distinctes, avec des processus communs aux deux. Williamson (2010), suggère également l'existence possible de systèmes distincts de stockage verbal et tonal, avec un processus de répétition articulatoire commun aux deux. Cependant, les représentations internes ne seraient pas identiques ; on retrouvait une parole subvocale dans la modalité verbale et un chant intérieur dans la modalité musicale (Schulze & Tillmann, 2013).

D'autres auteurs ont également cherché à définir les processus de la mémoire de travail musicale mais en utilisant des paradigmes de position sérielle. Il en ressort que les processus de l'ordre sériel en mémoire verbale pourraient s'étendre au domaine musical et que la dissociation entre l'item et sa position sérielle pourrait également s'appliquer dans la mémoire de travail musicale (Gorin et al., 2016). Gorin et Majerus (2019) ont réalisé une étude, impliquant l'ordre sériel, qui avait pour objectif d'explorer la structure cognitive de la mémoire de travail musicale en réalisant une comparaison directe entre des tâches de mémoire musicale et de mémoire verbale (Gorin & Majerus, 2019). Les participants avaient peu d'expertise musicale. Les items musicaux étaient composés de tons ou d'intervalles de tons et les items verbaux étaient composés de non-mots. Il y avait une tâche de répétition et une tâche de reconnaissance pour le versant du contenu de l'item, et des tâches de reconstruction sérielle, de discrimination ou de

reproduction pour observer les processus de position sérielle. Les résultats suggèrent que la mémoire verbale et la mémoire musicale se chevauchent en raison de processus communs dans la représentation des informations d'ordre sériel, tandis que les processus de rappel du contenu des éléments sont spécifiques à chaque domaine (Gorin & Majerus, 2019). De plus, la musique serait sujette aux mêmes effets que les stimuli verbaux comme l'effet de récence, la suppression articulatoire, la similarité acoustique et la longueur de la séquence (Berz, 1995; Suárez et al., 2016; Williamson et al., 2010).

En effet, Schulze et ses collaborateurs (2013) ont réalisé une étude en manipulant ces processus, toujours dans le cadre d'un paradigme de position sérielle et de reconnaissance, et ont mis en évidence des résultats différenciés selon la nature des stimuli présentés, le niveau d'expertise musicale des participants et la longueur des séquences. Plus précisément, les données montrent que certains stimuli auditifs, comme les mots et les hauteurs de ton, peuvent être répétés mentalement, alors que d'autres, comme le timbre, reposent davantage sur une trace sensorielle. Ce qui se traduirait notamment par un effet de la charge sur les mots et les hauteurs mais pas sur les timbres. Les auteurs proposent également que les mémoires de travail verbale et tonale s'appuient sur des mécanismes de répétition distincts, impliquant des représentations sensorimotrices différentes. Par ailleurs, ils montrent que la reconnaissance varie selon que la tâche exige une restitution en ordre direct ou inverse, et une formation musicale semble seulement améliorer les performances mnésiques pour les sons dans les tâches inversées, impliquant des processus de manipulation. Au vu de ces résultats et de ceux obtenus dans d'autres travaux, les auteurs suggèrent que la mémoire de travail auditive ne constituerait pas un système unitaire (Schulze & Tillmann, 2013).

### 3.5. Précision de la mémoire de travail musicale

Bien que les études portant sur la mémoire musicale soient rares, celles portant spécifiquement sur la précision musicale le sont encore plus. Pour mesurer la précision dans les modalités verbales et visuelles, les études utilisaient des paradigmes de manipulation de la charge et de la similarité. Concernant la modalité musicale, un effet de similarité et de la charge ont également été observé (Schulze & Tillmann, 2013; Williamson et al., 2010).

Dans leur étude menée en 2010, Williamson et ses collaborateurs indiquent que l'équivalent musical de l'effet de similarité phonologique se trouve être la proximité (ou similarité) tonale. Ils ont exploité cette caractéristique de la mémoire de travail verbale en raison de sa robustesse et de sa forte reproductibilité, ce qui en fait un outil approprié pour comparer la mémoire des

séquences verbales et musicales (Williamson et al., 2010). Ils se demandent si la boucle phonologique peut également traiter les stimuli musicaux. Alors, ils émettent l'hypothèse que si les systèmes de traitement de la parole et des sons musicaux partagent des mécanismes communs, alors la proximité tonale devrait altérer les performances de rappel de séquences de tons, à l'image de la similarité phonologique et le rappel de stimuli verbaux en modalité verbale. Ils ont manipulé la similarité (seulement deux niveaux : similaire et dissimilaire) et la charge (séries à 4, 5, 6, 7 et 8 items) dans des paradigmes de position sérielle et en utilisant des lettres et des notes de musique comme stimuli. Dans leur première expérience, ils montrent que, chez les non-musiciens, la similarité tonale et la longueur des séquences réduisent la performance, suggérant une capacité limitée du système de stockage en mémoire musicale, similaire à celle observée en mémoire verbale. Dans la deuxième partie, ils comparent les performances verbales et musicales de non-musiciens, et observent un effet délétère de la similarité dans les deux modalités, indiquant un chevauchement dans le stockage des deux types d'information. Enfin, la troisième partie compare des musiciens et des non-musiciens par rapport à l'expertise musicale. Si les deux groupes sont affectés par la similarité phonologique, seuls les non-musiciens subissent une baisse de performance en cas de similarité tonale. Les musiciens sembleraient s'appuyer sur différentes stratégies d'encodage (verbales, auditives et tactiles), ce qui les protégerait de l'effet de similarité tonale. Finalement, les auteurs proposent que, malgré des systèmes de stockage potentiellement distincts pour le langage et la musique, certaines ressources cognitives pourraient être partagées, comme les mécanismes de répétition mentale. Ils suggèrent que les similarités structurelles entre langage et musique (par exemple, le codage sensorimoteur) pourraient expliquer le chevauchement partiel, notamment chez les non-musiciens. Ainsi les théories de partage des ressources cognitives offriront un cadre explicatif pertinent pour comprendre les relations entre traitement musical et linguistique, tant au sein de la mémoire de travail que dans la cognition globale (Williamson et al., 2010).

Bien que ces travaux suggèrent que la mémoire musicale puisse être soumise à des effets similaires à ceux observés en mémoire verbale, ils se sont centrés sur le rappel de l'ordre sériel plutôt que sur la précision de la mémoire musicale. De plus, il n'ont pas exploré de manière fine la similarité (par exemple, en testant différents niveaux de similarité entre les stimuli), ce qui laisse ces effets à confirmer. En raison de l'absence d'études portant spécifiquement sur la précision de la mémoire de travail musicale, ce mémoire se propose d'examiner cette dimension en manipulant la charge et la similarité des stimuli musicaux, auprès de musiciens et de non-musiciens.

## OBJECTIFS ET HYPOTHESES

Comme mentionné précédemment, la précision de la mémoire de travail dans la modalité verbale n'a pas suscité autant d'intérêt que celle dans la modalité visuelle. Concernant la modalité musicale, les recherches sont quasiment inexistantes. Par conséquent, ce mémoire vise à approfondir notre compréhension de la précision de la mémoire de travail dans la modalité verbale et dans la modalité musicale. En particulier en ce qui concerne l'effet de la charge cognitive et de la similarité. Il convient de mentionner que le versant sériel de la mémoire de travail ne sera pas étudié dans le cadre de ce mémoire.

Le premier objectif de cette étude est d'examiner la précision en mémoire de travail verbale en manipulant la charge cognitive et la similarité phonologique et d'essayer de reproduire des résultats déjà observés (Bouffier et al., 2022; Hepner & Nozari, 2019; Joseph et al., 2015). Concernant les hypothèses, nous nous attendons à ce que la précision diminue avec l'augmentation de la charge et qu'elle soit plus faible dans le niveau de charge le plus élevé. Effectivement, la charge influençant la précision dans la mémoire de travail visuelle (Bays et al., 2009; Zhang & Luck, 2008), nous prévoyons des résultats similaires concernant la modalité verbale (Hepner & Nozari, 2019; Joseph et al., 2015). Ensuite, concernant la précision des représentations phonologiques, nous postulons que les performances d'encodage et de maintien diminueront à mesure que la similarité entre les items augmente, avec un déclin plus important dans la condition de similarité la plus élevée, comme déjà observé (Bouffier et al., 2022). En effet, plus les informations sont proches sur le plan phonologique, plus leur traitement nécessite la formation de représentations de plus en plus de précises. Ainsi, la mémorisation d'items fortement similaires mobiliserait davantage de ressources cognitives, ce qui se traduirait par une diminution des performances.

Le second objectif concerne la population de musiciens et consiste à étudier l'effet de l'expertise sur la mémoire de travail. Plus une personne est experte dans son domaine et plus sa précision devrait augmenter. Par conséquent, lors d'une tâche de mémoire de travail musicale, les musiciens devraient avoir de meilleures performances concernant la précision comparé aux non-musiciens. Nous aimerais également observer si cette expertise peut avoir un impact dans d'autres domaines auditifs comme le domaine auditivo-verbal. Nos hypothèses supposent donc que les musiciens montreront de meilleures performances grâce à leur expertise musicale, et ce, dans les deux types de tâches (verbale et musicale). La dernière hypothèse de ce mémoire suggère que la charge, la similarité et l'expertise musicale influenceront de la même

manière la précision verbale et la précision musicale. En d'autres termes, les mêmes effets seront retrouvés dans les deux modalités.

Enfin, nous espérons contribuer à alimenter le débat théorique opposant les modèles d'emplacements aux modèles de ressources en ce qui concerne la capacité de la mémoire de travail. Certains auteurs défendent l'idée d'un modèle fondé sur un nombre fixe d'emplacements, chacun pouvant contenir un item ; au-delà de cette limite, les items excédentaires ne seraient plus retenus, conduisant à un oubli total (Cowan, 2001; Luck & Vogel, 1997; Miller, 1956; Zhang & Luck, 2008). Ce type de modèle repose sur une logique de « tout ou rien » (Ma et al., 2014). À l'inverse, les modèles de ressources proposent que la mémoire de travail repose sur un réservoir de ressources attentionnelles limité, qui se répartissent entre les items à mémoriser (Bays et al., 2009; Ma et al., 2014). Ainsi, lorsqu'un seul item est présenté, l'ensemble des ressources peut lui être consacré. Cependant, à mesure que le nombre d'items augmente, ces ressources doivent être partagées, ce qui entraîne une baisse progressive de la précision de chaque représentation individuelle (Bays et al., 2009).

Concernant les tâches administrées pour tester nos hypothèses, celles-ci sont informatisées et se divisent en deux catégories : une tâche de précision et une tâche de discrimination, chacune déclinée dans les modalités verbale et musicale. Les items utilisés sont des non-mots pour le versant verbal et des notes de musique pour le versant musical. Les tâches de précision reposent sur un paradigme de reconnaissance de type oui-non, dans lequel un item cible est comparé à un item sonde au sein d'une séquence. Elles comprennent deux conditions de charge (trois items et cinq items) ainsi que quatre conditions de similarité : une condition positive, où l'item cible est identique à l'item sonde, et trois conditions négatives, dans lesquelles l'item cible diffère de l'item sonde mais partage des similarités phonologiques ou tonales plus ou moins marquées avec celui-ci. Les tâches de discrimination, également basées sur un paradigme de reconnaissance de type oui-non, demandent aux participants d'indiquer si deux items sont identiques ou non. Contrairement aux tâches de précision, la charge reste constante (deux items) et les quatre mêmes conditions de similarité s'appliquent (une condition positive et trois conditions négatives).

## MÉTHODOLOGIE

### 1. Participants

Ce mémoire s'inscrit dans la continuité d'un projet initié par Aubry Robert (2023) dans le cadre de son propre mémoire, au cours duquel un échantillon de 50 personnes avait été constitué. Dans ce mémoire, nous réutilisons les données issues de ces 50 participants et recrutons 50 personnes supplémentaires, portant ainsi l'échantillon total à 100 participants. Les statistiques ont été réalisées sur l'ensemble de ces données afin d'obtenir des effets plus robustes. Cette approche est rendue possible par l'utilisation des statistiques bayésiennes, qui autorisent la logique du *sequential sampling* : le recrutement peut être poursuivi jusqu'à atteindre un niveau de preuve jugé suffisant, défini par un critère préalable (Schönbrodt & Wagenmakers, 2018). Dans cette recherche, le critère fixé était un  $BF_{10} > 6$  pour tester l'hypothèse principale (présence de l'interaction charge\*similarité), ou un  $BF_{10} > 3$  pour indiquer l'absence de cette interaction.

Le recrutement de tous les participants a été effectué grâce à des annonces diffusées sur les réseaux sociaux et par le biais du bouche-à-oreille. Au total, 100 personnes originaires de la province de Liège se sont portées volontaires pour participer à l'étude. Parmi ces volontaires, nous avons pu former deux groupes : l'un composé de 50 musiciens et l'autre de 50 non-musiciens. Ces deux groupes constituent nos deux populations de comparaison ; le groupe des non-musiciens étant considéré comme notre groupe contrôle.

Concernant la composition des groupes, le groupe de musiciens compte 32 femmes et 18 hommes, et les âges vont de 18 à 62 ans (moyenne de 27 ans). Quant au groupe contrôle, nous comptons 28 femmes et 22 hommes, leur âge variant de 18 à 60 ans (moyenne de 25,14 ans). Nous comptons 3 gauchers dans le groupe de musiciens et 4 dans le groupe contrôle. Le niveau d'études va de l'obtention du CESS à l'obtention d'un diplôme de master dans les deux groupes. Plus précisément, il y a 15 obtentions du CESS, 27 obtentions d'un bachelier et 8 obtentions d'un master chez les musiciens contre 31 obtentions du CESS, 17 obtentions d'un bachelier et 2 obtentions d'un master chez les non-musiciens. Spécifiquement dans le groupe des musiciens, le nombre d'années de pratique musicale varie de 3 à 56 et le nombre d'heures de pratique par semaine varie de 0 (7 participants) à 42 heures.

Pour apprécier les sujets dans les différents groupes, nous avons repris l'échelle arbitraire créée par Robert (2023) dans le cadre de son mémoire. L'échelle est composée de 6 niveaux

selon l'expertise musicale : non-musicien et écoute rare de la musique (1) ; non-musicien et écoute fréquente de la musique et/ou connaissances sur la musique (2) ; musicien autodidacte (3) ; musicien amateur ayant terminé un enseignement académique et jouant régulièrement (4) ; musicien semi-professionnel ayant terminé un premier enseignement académique et suivant un cursus professionnel (5) ; musicien professionnel (6). Suivant ces critères, le groupe des non-musiciens compte 6 personnes n'écoulant pas de musique (niveau 1) et 44 écoutant de la musique sans jouer d'un instrument (niveau 2), tandis que le groupe des musiciens compte 36 amateurs (niveau 4), 11 semi-professionnels (niveau 5) et 3 professionnels (niveau 6). Préalablement à la recherche de musiciens, nous avons pris la décision d'écarter les autodidactes (niveau 3), car il est plus complexe d'évaluer leur niveau d'expertise. En effet, les formations académiques proposent des cours spécialisés sur l'apprentissage des notes de musique, ce qui pourrait constituer une différence significative en termes de compétences et d'approche de la pratique musicale. Parmi les instruments joués et le nombre de musiciens les pratiquant, nous retrouvons du piano (19), du chant (8), de la guitare et de la basse (5), de la batterie et des percussions (6), du violon et violoncelle (8), du saxophone (6), de la flute traversière et de la clarinette (7), de la trompette et du trombone (5), du ukulélé (1) et enfin, de l'accordéon (1). Au total, cela représente 20 instruments à clavier, 18 instruments à vent, 14 instruments à cordes, 8 instruments vocaux et 6 instruments à percussions.

L'expertise musicale est difficile à quantifier en raison de la diversité de critères impliqués, tels que le nombre d'instruments joués, le type d'instrument, les formations reçues, les heures de pratique, et le statut de professionnel ou d'amateur, entre autres. Afin de clarifier cette question, nous avons choisi de retenir le critère de la formation académique. Tous les musiciens du groupe ont obtenu un diplôme académique, bien que ce groupe comprenne aussi bien des personnes ayant cessé la pratique musicale que des professionnels actifs dans le domaine.

Parmi les autres critères d'exclusion, nous avons retenu le bilinguisme et la présence de troubles psychologiques, neurologiques et d'apprentissage. Avant de commencer la collecte de données, nous avons veillé à ce que les critères d'inclusion soient bien respectés, ce qui nous a permis de conserver l'intégralité de notre échantillon.

## 2. Matériel

### 2.1. Le questionnaire d'anamnèse

Le questionnaire d'anamnèse (voir en annexe) a permis de collecter les données des participants afin de les répartir entre les deux groupes. Nous avons interrogé les participants sur

l'âge, le genre, le nombre d'années d'études suivies ainsi que le diplôme obtenu le plus élevé. En plus des données démographiques, des données relatives à l'expertise musicale, à la latéralité et aux critères d'inclusion ont été récoltées. Comme mentionné précédemment, la vérification des critères d'inclusion en amont a permis de conserver l'intégralité de notre échantillon.

## 2.2. Les tâches d'intelligence

Les tâches d'intelligence ont été sélectionnées à partir de la version la plus récente de la batterie de tests d'intelligence de Wechsler, la WAIS-IV (*Wechsler Adult Intelligence Scale*) (Wechsler, 2011). Ces tâches standardisées ont été administrées afin d'effectuer une comparaison des deux groupes (musiciens et non-musiciens) et de mesurer d'éventuelles différences relatives à deux dimensions spécifiques de l'intelligence, sans recourir au quotient intellectuel total (calculé à partir de l'ensemble des subtests de la batterie). Les deux épreuves retenues sont les matrices, qui mesurent le raisonnement perceptif, et le vocabulaire, qui évalue la compréhension verbale. Après l'obtention du score brut, celui-ci a été converti en note standardisée en fonction de l'âge du participant. Cette transformation permet de comparer les performances des deux groupes sur une base équivalente, indépendamment des différences d'âge.

La tâche des matrices a pour objectif d'évaluer la capacité de raisonnement perceptif et de déduction de règle abstraite à partir d'informations visuelles. Lors de cette tâche, le participant doit compléter une matrice incomplète en choisissant, parmi cinq propositions, celle qui s'intègre logiquement dans un motif présenté. Chaque réponse est notée de 0 à 1, pour un total de 26 items. Après deux items d'exemples, les participants commencent directement à l'item 4. L'épreuve s'interrompt soit après trois erreurs consécutives, soit après complétion de l'ensemble des items.

Lors de la tâche de vocabulaire, le participant doit fournir une définition orale pour chacun des mots présentés verbalement. Les réponses sont notées de 0 à 2 selon leur précision et leur richesse, sur la base d'exemples fournis dans le manuel de correction. Dans certains cas, le participant peut être invité à compléter sa réponse comme indiqué (par un symbole spécifique) dans le manuel. L'épreuve comporte 30 mots pour un score maximal de 60 points. Le quatrième item est un item d'exemple et les participants commencent au cinquième mot. Comme pour les matrices, la tâche prend fin après trois réponses incorrectes consécutives ou lorsque tous les items sont complétés.

### 2.3. Les tâches de précision

Nous avons utilisé les tâches conçues par Aubry Robert (2023) dans le cadre de son mémoire, lui-même s'étant inspiré de la tâche informatisée développée par Bouffier et Majerus (Bouffier & Majerus, 2019). Cette tâche de reconnaissance consiste à présenter auditivement des séquences d'items (dans notre cas, des notes musicales ou des non-mots), suivie de la présentation d'un item cible. Les participants doivent alors indiquer si cet item était présent dans la séquence selon un paradigme oui-non.

Plus précisément, après un délai de 600 millisecondes pendant lequel un décompte visuel apparaît sur l'écran (« 3, 2, 1 »), les participants écoutent une série d'items (composée de 3 ou 5 items) comprenant un item sonde. Chaque item est présenté pendant une seconde. Une fois la série terminée, un délai de 2000 millisecondes est enclenché pour permettre la mémorisation. Ensuite, un point d'interrogation s'affiche et l'item cible est présenté 495 millisecondes plus tard. Les participants doivent répondre le plus rapidement possible, sans limite de temps. Pour répondre, il faut appuyer sur la touche « O » (oui) ou « N » (non) selon que l'item cible correspond ou non à l'item sonde.

Les données recueillies incluent l'exactitude des réponses (pourcentage de réponses correctes) ainsi que le temps de réponse (en milliseconde). Contrairement à l'étude précédente, réalisée avec une version plus ancienne du logiciel (version 3.3.11), nous avons utilisé OpenSesame version 4.0.24 (Mathôt et al., 2012). Le changement de version n'a eu que peu d'impact sur l'expérience, hormis une ligne de code adaptée pour assurer la lecture correcte des fichiers. Les fichiers d'items étaient en format .wav.

Avant de détailler davantage les tâches, il convient de revenir sur certains concepts abordés dans la première partie de ce mémoire, notamment l'effet de l'ordre sériel et les processus de répétition articulatoire. Pour simplifier l'expérience et éviter des tâches trop longues, nous avons choisi de ne pas inclure ces facteurs. Ainsi, il n'y avait pas de tâche de suppression articulatoire (Hulme et al., 1991), et seules les séries dont l'item sonde était en position du milieu ont été prises en compte dans les analyses (les autres séries s'appellent des « dummy trials »), afin de ne pas prendre en compte les effets de primauté et de récence (Stephane et al., 2010).

Nos deux variables indépendantes sont la charge (deux niveaux : des séries de trois ou cinq items), et la similarité (quatre conditions). Ces conditions de similarité se divisent en deux catégories : la condition dite « positive » (condition une), où l'item cible est identique à l'item

sonde, et les conditions dites « négatives » (conditions deux, trois et quatre), où ils diffèrent. Les conditions négatives varient en fonction du degré de similarité entre l’item cible et l’item sonde : la condition quatre présentant la similarité la plus faible, suivie des conditions trois et deux, cette dernière étant la plus subtile à distinguer. La description de ces conditions sera abordée ultérieurement afin de ne pas mêler les modalités verbales et musicales dans cette section.

Au total, notre dispositif comporte deux niveaux de charge, quatre conditions de similarité et deux modalités (verbale et musicale). Afin de limiter la durée des sessions, les tâches sont réparties en deux séances. Chaque modalité comprend deux parties : parties A et B pour les séries de trois items, parties C et D pour les séries de cinq items. Les modalités ne sont pas croisées au sein d’une même séance : soit la tâche commence par la modalité verbale (A et C) et se termine par la modalité musicale (B et D), soit l’inverse. Lors de la séance suivante, l’ordre est inversé pour contrebalancer les effets d’ordre. Ainsi, soit elle commence par la modalité musicale (A et C) et se termine par la modalité verbale (B et D), soit l’inverse. Finalement, deux versions de nos tâches ont été créées : la version  $\alpha$ , avec les deux niveaux de charge de la modalité verbale (A et C) puis les deux niveaux de charge de la modalité musicale (B et D), et la version  $\beta$ , avec les deux niveaux de charge de la modalité musicale (A et C) puis les deux niveaux de charge de la modalité verbale (B et D). L’alternance entre ces deux versions pour chaque tâche spécifique vise à prévenir tout effet susceptible d’influencer les performances, tel que l’effet de l’ordre de présentation ou l’effet d’entraînement. Dans chaque version et pour chacune des modalités, la partie comportant trois items est systématiquement présentée avant celle composée de cinq items. Chaque partie dure environ sept minutes, entrecoupée d’une pause de trois minutes pour limiter la fatigue. Cela correspond à une durée totale d’environ 37 minutes pour l’ensemble de la tâche. La répartition des participants, afin de savoir s’ils commencent par la version  $\alpha$  ou  $\beta$ , a été réalisée de manière aléatoire au sein de chaque groupe, tout en veillant à ce que le nombre de participants soit équilibré entre les deux versions.

Pour chaque modalité, la tâche de précision débutait par quatre séries d’entraînement à trois items, correspondant aux quatre conditions de similarité. Cette phase permettait aux participants de se familiariser avec la tâche et de mieux saisir les différences subtiles entre les conditions. La procédure restait identique à celle de l’épreuve principale. Lors de cette phase uniquement, un feedback était fourni après chaque réponse (« réponse correcte » ou « réponse incorrecte »). En cas d’erreur, la séquence était rejouée jusqu’à obtention d’une bonne réponse, afin que le participant puisse identifier son erreur.

### a) En modalité verbale

En modalité verbale, les items étaient constitués de non-mots. Ces derniers sont définis comme des combinaisons de lettres prononçables, dépourvues de signification sémantique, qui ne peuvent être lues ni à l'aide d'indices contextuels, ni par reconnaissance visuelle de mots familiers, mais qui restent déchiffrables et prononçables grâce au traitement phonologique et à la connaissance des correspondances graphème-phonème (Frederickson et al., 1997; Thomson et al., 2006). Le matériel a été conçu de manière électronique par Bouffier (2022), à partir d'items générés via la banque de données lexicales Lexique (New et al., 2004). Tous les non-mots comportaient quatre phonèmes et commençaient par une consonne. Ils ont été enregistrés avec la voix d'une locutrice francophone native, puis convertis en fichiers audios en format .wav.

Les 145 non-mots utilisés ont été répartis en deux catégories : 56 items cibles (ou sondes) et 89 items fillers. Seuls les items cibles présentés en position du milieu ont été pris en compte pour les analyses. Chaque item cible était apparié à un item sonde présentant un niveau de similarité variable. Les paires étaient croisées : l'item cible d'un essai devenait item sonde dans une autre, et inversement. En raison du nombre limité d'items disponibles, certains non-mots ont été utilisés comme cibles dans certains essais et comme fillers dans d'autres.

Au total, 144 essais ont été répartis équitablement entre les quatre parties, comprenant deux parties pour les séries de trois items et deux parties pour celles de cinq (comme expliqué précédemment). Concernant les conditions de similarité, la condition positive comprenait 48 séries, dont 16 « dummy trials » (non repris dans les analyses), tandis que les conditions négatives comportaient chacune 32 séries, incluant 8 « dummy trials ». Les séries ont été mélangées aléatoirement par ordinateur. Toutefois, les auteurs se sont assurés qu'aucune série ne suivait ou ne précédait une autre série contenant un non-mot identique ou très similaire. De plus, aucun item d'une même série ne présentait de ressemblance phonologique notable avec un autre, et chaque série comportait un même nombre de syllabes, afin de limiter les interférences (Robert, 2023).

Comme mentionné précédemment, les quatre niveaux de similarité diffèrent selon le degré de proximité phonologique entre l'item sonde et l'item cible. Dans la première condition (positive), les items sont identiques. Dans la deuxième condition (la plus subtile), la différence est uniquement phonétique, ce qui rend la perception ambiguë (par exemple, le non-mot « cholf » où le phonème /ch/ est légèrement modifié et rendu ambigu). La troisième condition

introduit une variation au niveau du trait de voisement (par exemple, /z/ et /s/ dans « zopre » et « sopre »). Enfin, dans la quatrième condition (la plus facile à distinguer), la différence concerne le premier phonème (par exemple, « chenant » et « benant »).

Les consignes de la tâche verbale étaient affichées à l'écran avant le début de la première partie (trois items). Les voici : « *Vous allez participer à une étude visant à investiguer la performance de la mémoire à court terme verbale. Lors de cette expérience, vous allez entendre des listes de non-mots. Les non-mots ressemblent à des mots mais n'existent pas dans la langue française. Chaque liste sera suivie d'un bref délai pendant lequel vous devrez maintenir la liste dans votre tête. Après ce délai, vous verrez apparaître un point d'interrogation, puis vous entendrez un non-mot isolé. Vous serez alors invité(e) à indiquer le plus vite possible si ce non-mot se trouvait ou non dans la liste. Vous pourrez répondre "Oui" en appuyant sur "O", et "Non" en appuyant sur "N". Attention ! Parfois, le non-mot isolé ne fera pas partie de la liste mais il partagera une certaine similarité avec un des non-mots présentés ! Vous devez répondre "oui" uniquement lorsque le non-mot isolé était présenté exactement de la même façon dans la liste. Vous allez commencer par un entraînement avec des listes de 3 non-mots* » (Robert, 2023).

### b) En modalité musicale

En modalité musicale, les items étaient constitués de notes de musique. Les tâches suivaient le même principe que celui des tâches de la modalité verbale. Les items et les tâches ont été construits par Aubry Robert dans le cadre de son mémoire (2023). Il a généré un ensemble de 22 notes appartenant à une même octave. Le choix de se limiter à une seule octave visait à éviter les doublons, car une même note apparaissant à l'octave inférieure ou supérieure conserve le même nom mais diffère uniquement en hauteur (elle peut donc être plus grave ou plus aigüe). Les 7 notes de base du système musical occidental ont été déclinées en demi-tons ou quarts de ton, afin de générer 15 sons supplémentaires. Le logiciel MuseScore (troisième édition) a été utilisé pour la génération des sons, lesquels ont été interprétés par un timbre de piano, jugé plus neutre (Robert, 2023). La décision de limiter le nombre de sons à 22 répondait à plusieurs objectifs. D'une part, cela visait à éviter que les participants s'appuient sur des stratégies de raisonnement basées sur de trop grands écarts de hauteur, susceptibles de faciliter la tâche indépendamment des capacités de mémoire. D'autre part, cette restriction permettait de réduire les risques de reconnaissance de motifs musicaux ou d'accords, notamment lorsque deux notes identiques, séparées d'une octave, pouvaient former un accord identifiable. Ce type d'indice non souhaité, en particulier pour les musiciens, aurait pu biaiser les résultats en facilitant la reconnaissance sans faire appel aux processus mnésiques ciblés.

Dans cette modalité, tous les items ont été utilisés dans les différentes positions (sondes, cibles et fillers). Comme dans la modalité verbale, les items ont été appariés et les paires croisées. L'apparition des paires n'était toutefois pas équilibrée, car il fallait s'assurer que les notes d'une même série étaient suffisamment différentes. En d'autres termes, chaque note devait être séparée des autres par un intervalle supérieur à un ton, afin d'éviter que certaines notes ne se ressemblent trop au sein d'une même séquence. Les notes apparaissaient entre 31 et 38 fois, à l'exception du *ré dièse*, présent 44 fois, en raison de sa facilité d'intégration dans les séquences en tant que note la plus aigüe de l'ensemble (Robert, 2023).

Au total, 152 séries ont été générées. Concernant les conditions de similarité, la condition positive comprenait 44 séries, dont 14 « dummy trials », tandis que les conditions négatives comportaient chacune 36 séries, incluant 10 « dummy trials ». Les séries ont été mélangées aléatoirement par ordinateur. Les auteurs ont veillé, dans la mesure du possible, à ce qu'aucune note ne soit trop similaire à celles présentées dans les séries précédentes et suivantes. De plus, au sein d'une même série, chaque note était séparée d'un intervalle supérieur à un ton pour limiter les interférences.

Les quatre niveaux de similarité étaient définis en fonction de la proximité tonale entre l'item sonde et l'item cible. Dans la première condition (positive), les deux items étaient identiques. Dans la deuxième condition (jugée la plus subtile), la différence entre les deux notes était d'un quart de ton. Les quarts de ton sont rarement utilisés dans la musique occidentale. La troisième condition impliquait une différence d'un demi-ton (par exemple, entre un *ré* et un *ré dièse*). Enfin, dans la quatrième condition, considérée comme la plus facile à distinguer, la distance entre les deux notes était d'un ton entier (par exemple, entre un *fa* et un *sol*).

Les consignes de la tâche musicale étaient affichées à l'écran avant le début de la première partie (trois items). Les voici : « *Vous allez participer à une étude visant à investiguer la performance de la mémoire à court terme auditive. Lors de cette expérience, vous allez entendre des listes de notes musicales. Chaque liste sera suivie d'un bref délai pendant lequel vous devrez maintenir les notes dans votre tête. Après ce délai, vous verrez apparaître un point d'interrogation, puis vous entendrez une note isolée. Vous serez alors invité(e) à indiquer le plus vite possible si cette note se trouvait ou non dans la liste. Vous pourrez répondre "Oui" en appuyant sur "O", et "Non" en appuyant sur "N". Attention ! Parfois, la note isolée ne fera pas partie de la liste mais elle partagera une certaine ressemblance avec une des notes présentées ! Vous devez répondre "oui" uniquement lorsque la même note se trouvait dans la liste* » (Robert, 2023).

## 2.4. Les tâches de discrimination

Afin de s'assurer que les performances observées dans les tâches de mémoire de travail ne résultait pas d'un déficit perceptif, mais relevaient bien des processus mnésiques, des tâches de discrimination ont été administrées en complément. Celles-ci visaient à vérifier que les participants étaient en mesure de percevoir et de distinguer correctement les items présentés, indépendamment des exigences de rappel en mémoire. Ainsi, ces tâches permettaient de garantir que d'éventuelles erreurs dans les tâches de précision ne s'expliquaient pas par une mauvaise identification des items, mais relevaient bien de processus de mémoire de travail.

Ces tâches ont également été construites par Aubry Robert (2023). La procédure de ces épreuves est similaire à celle des tâches de précision, à la différence près que les séries sont ici composées de paires d'items. La seule variable indépendante était la similarité, comprenant les quatre mêmes conditions. Les données recueillies incluaient également l'exactitude des réponses (pourcentage de réponses correctes) et le temps de réponse (en millisecondes). Contrairement à l'étude précédente, réalisée avec une version antérieure du logiciel (version 3.3.11), nous avons utilisé OpenSesame version 4.0.24 (Mathôt et al., 2012). Le changement de version n'a eu que peu d'impact sur le déroulement de l'expérience, hormis une ligne de code adaptée pour assurer la lecture correcte des fichiers. Les fichiers d'items étaient au format .wav.

Lors de cette tâche, une croix apparaissait pendant 495 millisecondes au centre de l'écran, suivie d'un point d'interrogation et de la présentation auditive d'une paire d'items, chaque présentation durant deux secondes (une seconde par item). Immédiatement après la présentation de la paire, les participants devaient indiquer si les deux items étaient identiques (touche « O ») ou différents (touche « N »). Les items utilisés étaient les mêmes que ceux présentés dans les épreuves de précision. Aucun entraînement préalable n'était prévu pour cette tâche.

Deux versions ont également été conçues pour cette épreuve : la version 1, dans laquelle les non-mots précèdent les notes musicales, et la version 2, où l'ordre est inversé. Le choix de la version attribuée à chaque participant était basé sur l'ordre des modalités présentées lors de la première séance de la tâche de précision. Ainsi, les participants ayant débuté par la version  $\alpha$  (non-mots puis notes de musique), se voyaient administrer la version 1 de la tâche de discrimination, tandis que ceux ayant commencé par la version  $\beta$  (notes puis non-mots) recevaient la version 2.

### a) En modalité verbale

En modalité verbale, le matériel comprenait 184 non-mots, répartis en 94 paires (ou séries). La répartition par condition était la suivante : 20 paires pour la condition positive, 40 pour la deuxième condition et 16 pour les conditions 3 et 4. Un plus grand nombre de paires a été attribuée à la condition 2, jugée plus subtile et donc la moins susceptible d'être correctement discriminée. Pour les conditions négatives, les paires ont été présentées en format croisé, de manière à équilibrer l'ordre de présentation des items.

Les consignes de la tâche de discrimination verbale étaient affichées à l'écran avant le début de la tâche. Les voici : « *Lors de cette tâche, vous allez entendre des paires de non-mots. Après chaque présentation auditive, vous serez invité(e) à indiquer le plus vite possible si ces non-mots étaient identiques ou pas. Pour certaines paires, les différences seront très subtiles. Il est donc important de bien écouter chaque non-mot. Si les non-mots sont identiques, vous devrez répondre "Oui" en appuyant sur "O". S'ils sont différents, vous devrez répondre "Non" en appuyant sur "N". Un point d'interrogation apparaîtra après l'écoute des 2 non-mots* » (Robert, 2023).

### b) En modalité musicale

En modalité musicale, le matériel comprenait 66 paires de notes : 22 pour la condition positive, 18 pour les conditions 2 et 3, et 8 pour la quatrième condition. Cette dernière condition a été moins représentée dans l'ensemble du matériel car elle ne comprenait que 4 paires de notes distinctes. Comme pour la modalité verbale, les paires ont été présentées de manière croisée dans les conditions négatives, afin d'équilibrer la position des items au sein des séries.

Les consignes de la tâche de discrimination musicale étaient affichées à l'écran avant le début de la tâche. Les voici : « *Lors de cette tâche, vous allez entendre des paires de notes. Après chaque présentation auditive, vous serez invité(e) à indiquer le plus vite possible si ces notes étaient identiques ou pas. Pour certaines paires, les différences seront très subtiles. Il est donc important de bien écouter chaque note. Si les notes sont identiques, vous devrez répondre "Oui" en appuyant sur "O". S'ils sont différents, vous devrez répondre "Non" en appuyant sur "N". Un point d'interrogation apparaîtra après l'écoute des 2 non-mots* » (Robert, 2023).

### 3. Procédure

La récolte des données s'est déroulée en deux séances d'approximativement une heure chacune. Bien que nous ayons cherché à respecter un intervalle de sept jours entre les deux séances, cet intervalle a varié de quatre à douze jours (avec une moyenne de 7,52 jours). Les séances se sont tenues dans des environnements calmes (idéalement les plus silencieux possible), soit dans les salles de test du Sart-Tilman, soit au domicile du participant ou au nôtre, en fonction des disponibilités de chacun. Lors de la première séance, le participant recevait un formulaire d'information, puis il lui était demandé de signer un formulaire de consentement éclairé. Des informations supplémentaires concernant le déroulement de l'étude ainsi que son objectif principal lui étaient également fournies oralement. Avant de réaliser les différentes tâches, les participants remplissaient le questionnaire d'anamnèse.

Lors des deux séances, les participants devaient réaliser une tâche de précision ainsi qu'une des deux tâches de la WAIS mentionnées précédemment. De plus, lors de la dernière séance, ils devaient réaliser la tâche de discrimination. L'ordre d'administration des versions,  $\alpha$  ou  $\beta$ , a été assigné aléatoirement, en veillant à équilibrer le nombre de participants pour chaque version au sein de chaque groupe. Si la version  $\alpha$  de la tâche de précision était administrée en premier, le participant complétait ensuite le test des matrices (Wechsler, 2011), réalisait la version  $\beta$  lors de la deuxième séance, suivie du test de vocabulaire (Wechsler, 2011) et terminait par la tâche de discrimination version 1. En revanche, si la version  $\beta$  de la tâche de précision était administrée en premier, le participant effectuait le test de vocabulaire (Wechsler, 2011) et, lors de la deuxième séance, réalisait la version  $\alpha$ , suivie du test des matrices (Wechsler, 2011), avant de finir par la tâche de discrimination de la version 2. La tâche de discrimination a toujours été réalisée lors de la deuxième séance, après la complétion des tâches de précision, afin de prévenir tout effet d'entrainement ou d'habituation.

Dans l'étude initiale (Robert, 2023), la logique derrière ce groupement visait à éviter un éventuel effet d'interférence entre les mots de la tâche de vocabulaire et les non-mots présentés en premier dans la version  $\alpha$ , car les auteurs commençaient par administrer la tâche de la WAIS-IV avant les autres tâches. Nous avons choisi de faire passer les tâches de la WAIS-IV en dernier pour deux raisons ; d'une part, pour éviter cet effet d'interférence et, d'autre part, pour prévenir un effet de fatigue qui pourrait influencer les performances des tâches spécifiques à l'étude.

#### 4. Analyses statistiques

Dans le cadre de ce mémoire, nous avons choisi d'utiliser la statistique bayésienne pour analyser les données, car elle offre une approche probabiliste directement centrée sur la comparaison des hypothèses. Contrairement à la statistique fréquentiste qui se limite à estimer la probabilité d'observer les données sous l'hypothèse nulle (via la p-value), la statistique bayésienne permet d'actualiser nos connaissances a priori à partir des données pour obtenir des probabilités a posteriori. Un outil central de cette approche est le Bays Factor (BF), qui quantifie la force de la preuve apportée par les données en faveur d'une hypothèse comparée à une autre. Le  $BF_{10}$  exprime combien les données sont plus probables sous l'hypothèse alternative ( $H_1$ ) que sous l'hypothèse nulle ( $H_0$ ). Par exemple, un  $BF_{10}=6$  signifie que les données sont six fois plus probables si  $H_1$  est vraie que si  $H_0$  l'est. À l'inverse, le  $BF_{01}$ , qui est simplement l'inverse du  $BF_{10}$  ( $BF_{01}=1/ BF_{10}$ ), indique combien les données sont plus probables sous  $H_0$  que sous  $H_1$ . L'usage combiné de  $BF_{10}$  et  $BF_{01}$  permet donc d'évaluer symétriquement la plausibilité des deux hypothèses, offrant une lecture plus riche et nuancée des résultats que le simple rejet ou non-rejet de  $H_0$ . Concernant les seuils d'interprétation, un  $BF_{10}$  entre 1 et 3 signifie des preuves anecdotiques en faveur de  $H_1$ , un  $BF_{10}$  entre 3 et 10 signifie des preuves modérées en faveur de  $H_1$ , un  $BF_{10}$  entre 10 et 30 signifie des preuves fortes en faveur de  $H_1$ , un  $BF_{10}$  entre 30 et 100 signifie des preuves très fortes en faveur de  $H_1$  et un  $BF_{10}>100$  représente des preuves extrêmes en faveur de  $H_1$  (M. D. Lee & Wagenmakers, 2014).

Concernant les tests statistiques, nous réaliserons plusieurs ANOVA bayésiennes à mesures répétées, où la variable inter-sujets sera le groupe, et les mesures répétées (intra-sujets) porteront sur la charge (deux niveaux) et la similarité (une condition positive et trois conditions négatives). Les tests statistiques réalisés considéreront des résultats allant dans le sens de l'hypothèse alternative, et rapporteront ainsi les valeurs de  $BF_{10}$ . Afin de calculer les tailles d'effet des variables, nous recourrons à des statistiques fréquentistes, les statistiques bayésiennes ne permettant malheureusement pas d'estimer ces tailles d'effet.

Plus précisément, et afin de faciliter la présentation les résultats, nous avons choisi de séparer les analyses non seulement selon la modalité (verbale et musicale), mais également en fonction des conditions de similarité négatives et positives, comme cela a déjà été réalisé dans d'autres études (Bouffier et al., 2022). Ainsi, nous analyserons d'une part les tests dits négatifs (conditions de similarité deux, trois et quatre) où les items sondes et cibles diffèrent, et d'autre part les tests positifs (condition de similarité une) où les items sondes et cibles sont similaires. Des ANOVA bayésiennes à mesures répétées seront réalisées pour les conditions négatives et

positives, afin d'évaluer à la fois l'exactitude et les temps de réponse. Pour les tests de discrimination, la même procédure sera adoptée, à l'exception des analyses concernant les conditions de similarité positive, pour lesquelles des tests *t* bayésien pour échantillons indépendants seront employés afin de comparer les deux groupes.

En ce qui concerne les analyses visant à déterminer les caractéristiques des deux échantillons, nous utiliserons des statistiques descriptives et un test *t* de Student bayésien. Pour rappel, les données démographiques récoltées comprennent l'âge et le nombre d'années d'études, ainsi que les scores standardisés obtenus aux tests de vocabulaire et aux matrices de la WAIS-IV.

La section suivante est consacrée à la présentation détaillée des résultats obtenus. Ceux-ci seront ensuite analysés et interprétés dans la section discussion, afin d'en dégager les implications théoriques et méthodologiques, ainsi que les pistes qu'ils ouvrent pour de futures recherches.

## RÉSULTATS

### 1. Description de l'échantillon

Des tests  $t$  bayésiens pour échantillons indépendants ont été réalisés afin de comparer les groupes sur les variables démographiques et cognitives. Les résultats n'ont pas mis en évidence de différences notables pour l'âge ( $BF_{10} = 0.30$ ,  $BF_{01} = 3.28$ ), le vocabulaire ( $BF_{10} = 0.26$ ,  $BF_{01} = 3.85$ ) et les matrices ( $BF_{10} = 0.22$ ,  $BF_{01} = 4.57$ ), les facteurs de Bayes indiquant plutôt un léger soutien en faveur de l'absence de différence entre les groupes pour ces variables. En revanche, les analyses ont indiqué des preuves très fortes en faveur d'une différence entre les groupes en termes d'années d'éducation ( $BF_{10} = 57.01$ ), suggérant que les participants du groupe des musiciens ont en moyenne suivi un cursus plus long que ceux du groupe contrôle. Les données ont été regroupées dans le tableau un.

*Tableau 1 : Caractéristiques des participants (statistiques descriptives)*

	Groupe	Moyenne	Ecart-type	Minimum	Maximum	$BF_{10}$
Age	C	25.14	9.15	18	60	0.30
	M	27	11.20	18	62	
Education	C	14.18	1.77	12	18	57.01
	M	15.48	1.82	12	22	
Vocabulaire	C	12.24	2.77	8	17	0.26
	M	12.60	2.47	8	18	
Matrice	C	11.70	2.44	6	17	0.22
	M	11.56	2.39	7	17	

Note : C = groupe contrôle, M = groupe musiciens ;  $BF_{10}$  = poids des preuves en faveur de l'hypothèse alternative par rapport à l'hypothèse nulle

### 2. Tâches de précision

#### 2.1. Précision de la mémoire verbale

##### a) Condition positive

L'ANOVA bayésienne à mesures répétées sur les variables de la charge, du groupe et de la condition positive de similarité a montré un soutien extrêmement fort pour le modèle incluant uniquement l'effet principal de la charge ( $BF_{10} = 5.08 \times 10^8$ ). Bien que les modèles incluant les deux facteurs principaux du groupe, de la charge et de leur interaction aient également été fortement soutenus, le modèle le plus parcimonieux (charge seule) a obtenu la probabilité a

posteriori la plus élevée. Le facteur charge explique 37% de la variance intra-sujets ( $\eta^2_p = .37$ ). Les résultats de l'ANOVA bayésienne sont repris dans le tableau deux et les moyennes dans le graphique un. Des comparaisons post hoc bayésiennes ont confirmé une preuve extrêmement forte en faveur d'une différence entre les deux niveaux de charge ( $BF_{10} = 4.58 \times 10^8$ ).

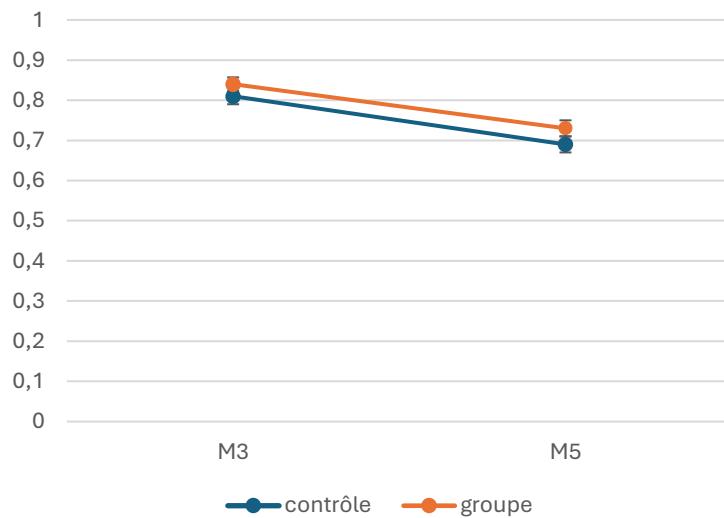
L'analyse des temps de réponse a montré des preuves extrêmes en faveur du modèle incluant uniquement l'effet principal de la charge ( $BF_{10} = 3.35 \times 10^4$ ;  $\eta^2_p = .23$ ). Les tableaux et graphiques relatifs aux temps de réponse sont repris dans les annexes.

*Tableau 2 : Résultats de l'ANOVA bayésienne à mesures répétées de la tâche de précision verbale, condition de similarité positive*

Modèles	P(M)	P(M data)	BF <sub>M</sub>	BF <sub>10</sub>	% d'erreur
Modèle nul	0.20	1.22x10 <sup>-9</sup>	4.89x10 <sup>-9</sup>	1.00	
<b>Charge</b>	<b>0.20</b>	<b>0.62</b>	<b>6.56</b>	<b>5.08x10<sup>8</sup></b>	<b>1.24</b>
Charge + Groupe	0.20	0.31	1.78	2.52x10 <sup>8</sup>	1.78
Charge + Groupe + Charge*Groupe	0.20	0.071	0.31	5.08x10 <sup>7</sup>	3.84
Groupe	0.20	5.29x10 <sup>-10</sup>	2.12x10 <sup>-9</sup>	0.43	3.54

Note : ce sont les 5 meilleurs modèles explicatifs, avec le meilleur mis en évidence (en gras) ; l'astérisque (\*) représente les interactions entre les facteurs. P(M) = probabilité du modèle avant les données ; P(M|data) = probabilité du modèle après les données ; BF<sub>M</sub> = poids des preuves en faveur du modèle par rapport au nul ; BF<sub>10</sub> = poids des preuves en faveur de l'hypothèse alternative par rapport à l'hypothèse nulle ; % d'erreur = erreur d'approximation.

*Graphique 1 : moyennes obtenues dans les deux groupes en fonction de la condition de similarité positive et des deux niveaux de charge dans les tâches de précision verbale*



Note : M3 = séries à 3 items, M5 = séries à 5 items ; barres d'erreur

### b) Conditions négatives

L'ANOVA bayésienne à mesures répétées sur les variables de la charge, du groupe et des conditions négatives de similarité a révélé un soutien extrême en faveur du modèle incluant les effets principaux de la charge, de la similarité et du groupe, ainsi que des interactions deux à deux ( $BF_{10} = 5.99 \times 10^{18}$ ) (voir le tableau trois pour les autres modèles). Les analyses post hoc ont révélé des preuves extrêmes en faveur d'une différence entre les deux niveaux de charge ( $BF_{10} = 7.68 \times 10^3$ ), entre les conditions de similarité deux et quatre ( $BF_{10} = 1.16 \times 10^{11}$ ) et entre les conditions quatre et trois ( $BF_{10} = 4.99 \times 10^4$ ). La différence entre les conditions deux et trois était modérée ( $BF_{10} = 7.36$ ). Concernant les tailles d'effet, la similarité explique 26% de la variance ( $\eta^2_p = .26$ ), la charge explique 19% ( $\eta^2_p = .19$ ), l'interaction entre la charge et la similarité explique 15% ( $\eta^2_p = .15$ ), l'interaction entre la charge et le groupe explique 5% ( $\eta^2_p = .05$ ) et l'interaction entre la similarité et le groupe explique 8% de la variance ( $\eta^2_p = .08$ ). Les moyennes sont reprises dans les graphiques deux et trois.

En ce qui concerne les temps de réponse, les analyses ont indiqué un soutien extrêmement fort pour le modèle incluant la charge et la similarité ( $BF_{10} = 2.04 \times 10^5$ ). Les résultats sont regroupés dans les annexes. L'analyse des tailles d'effet indique que la charge explique 22% de la variance des temps de réponse ( $\eta^2_p = .22$ ) et l'effet principal de la similarité représente 8% de la variance ( $\eta^2_p = .08$ ). Les analyses post hoc bayésiennes ont révélé une preuve extrêmement forte pour une différence entre les niveaux de charge ( $BF_{10} = 7.10 \times 10^5$ ). Concernant l'effet de la similarité, une preuve très forte a été observée pour une différence entre les niveaux deux et quatre ( $BF_{10} = 51.18$ ). En revanche, les comparaisons entre les niveaux deux et trois ( $BF_{10} = 1.24$ ) ainsi qu'entre les niveaux trois et quatre ( $BF_{10} = 0.21$ ) n'ont fourni aucune preuve concluante en faveur d'une différence.

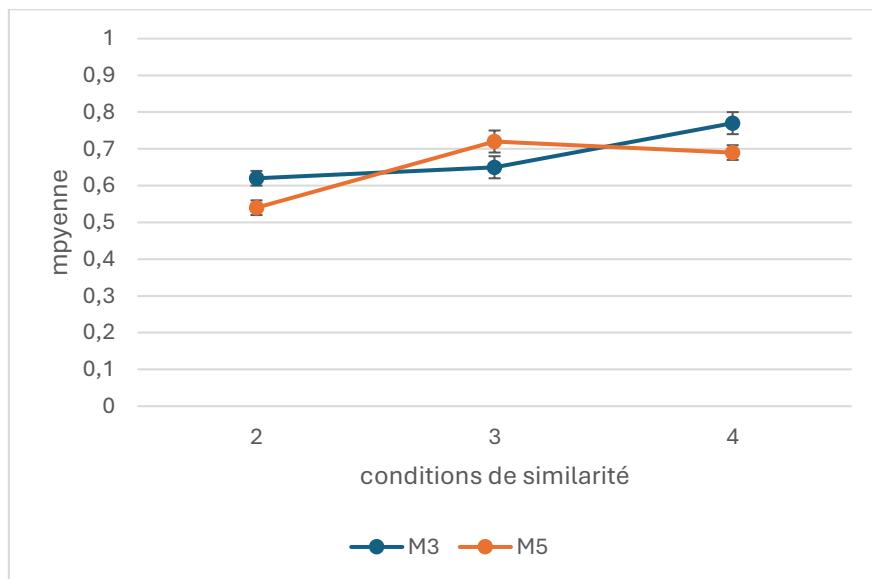
*Tableau 3 : résultats de l'ANOVA bayésienne à mesures répétées de la tâche de précision verbale, conditions de similarité négatives*

Modèles	P(M)	P(M data)	BF <sub>M</sub>	BF <sub>10</sub>	%d'erreur
Modèle nul	0.053	$7.95 \times 10^{-20}$	$1.44 \times 10^{-18}$	1.00	
Charge + Similarité + Groupe +					
Charge*Similarité + Charge*Groupe +	<b>0.053</b>	<b>0.48</b>	<b>16.37</b>	<b><math>5.99 \times 10^{18}</math></b>	<b>6.09</b>
Similarité* Groupe					
Charge + Similarité + Groupe +					3.09
Charge*Similarité + Similarité*Groupe	0.053	0.37	10.74	$4.70 \times 10^{18}$	
Charge + Similarité + Groupe +					
Charge*Similarité + Charge*Groupe +					

Similarité*Groupe +	0.053	0.10	1.95	$1.23 \times 10^{18}$	4.26
Charge*Similarité*Groupe					
Charge + Similarité + Charge*Similarité	0.053	0.04	0.68	$4.59 \times 10^{17}$	4.78
Charge + Similarité + Groupe +					
Charge*Similarité + Charge*Groupe	0.053	0.01	0.16	$1.09 \times 10^{17}$	3.73
Charge + Similarité + Groupe +					
Charge*Similarité	0.053	0.01	0.13	$9.30 \times 10^{16}$	3.07
Charge + Similarité + Groupe +					
Charge*Groupe + Similarité*Groupe	0.053	$1.41 \times 10^{-6}$	$2.53 \times 10^{-5}$	$1.77 \times 10^{13}$	3.64
Charge + Similarité + Groupe +					
Similarité*Groupe	0.053	$1.33 \times 10^{-6}$	$2.39 \times 10^{-5}$	$1.67 \times 10^{13}$	2.82
Charge + Similarité	0.053	$1.55 \times 10^{-7}$	$2.78 \times 10^{-6}$	$1.94 \times 10^{12}$	2.21

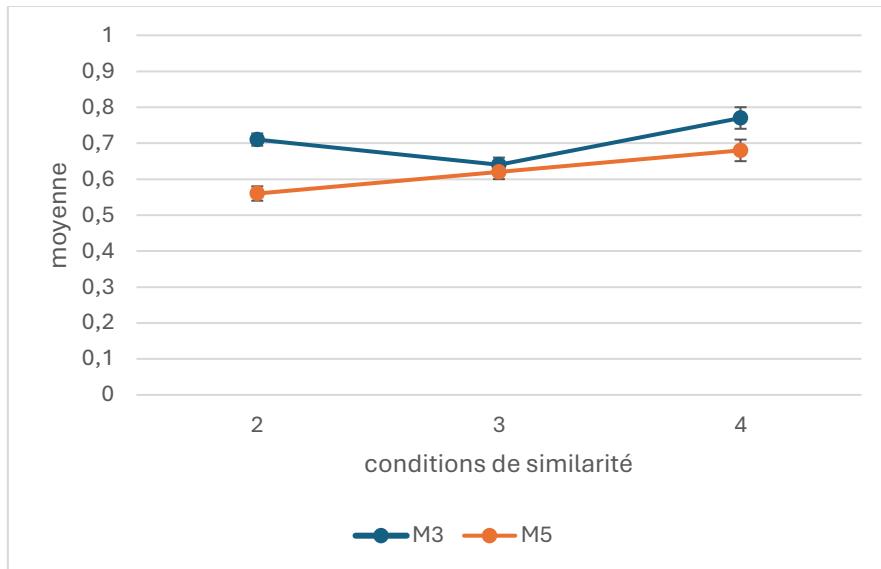
Note : ce sont les 10 meilleurs modèles explicatifs, avec le meilleur mis en évidence (en gras) ; l'astérisque (\*) représente les interactions entre les facteurs.  $P(M)$  = probabilité du modèle avant les données ;  $P(M|data)$  = probabilité du modèle après les données ;  $BF_M$  = poids des preuves en faveur du modèle par rapport au nul ;  $BF_{10}$  = poids des preuves en faveur de l'hypothèse alternative par rapport à l'hypothèse nulle ; % d'erreur = erreur d'approximation.

Graphique 2 : moyennes obtenues dans le groupe contrôle en fonction des conditions de similarité négatives et des deux niveaux de charge dans les tâches de précision verbale



Note : 2 = condition de similarité 2 (différence par ambiguïté phonétique), 3 = condition de similarité 3 (différence au niveau du trait de voisement), 4 = condition de similarité 4 (phonème différent) ; M3 = séries à 3 items, M5 = séries à 5 items ; barres d'erreur

*Graphique 3 : moyennes obtenues dans le groupe des musiciens en fonction des conditions de similarité négatives et des deux niveaux de charge dans les tâches de précision verbale*



Note : 2 = condition de similarité 2 (différence par ambiguïté phonétique), 3 = condition de similarité 3 (différence au niveau du trait de voisement), 4 = condition de similarité 4 (phonème différent) ; M3 = séries à 3 items, M5 = séries à 5 items ; barres d'erreur

## 2.2. Précision de la mémoire musicale

### a) Condition positive

L'ANOVA bayésienne à mesures répétées sur les variables de la charge, du groupe et de la condition positive de similarité a révélé qu'aucun modèle ne bénéficiait d'un soutien empirique nettement supérieur à celui du modèle nul ( $BF_{10} = 1$ ) (voir tableau quatre). Ainsi les données ne fournissent pas de preuve solide en faveur d'un effet principal de la charge ou du groupe, ni de leur interaction. Les moyennes sont reprises dans le graphique quatre.

En ce qui concerne les temps de réponse, les analyses ont également montré que les données favorisaient le modèle nul ( $BF_{10} = 1$ ), indiquant qu'aucune des variables (charge, groupe ou leur interaction) n'apportait d'explication significative supplémentaire. Les tableaux et graphiques relatifs aux temps de réponse sont repris dans les annexes.

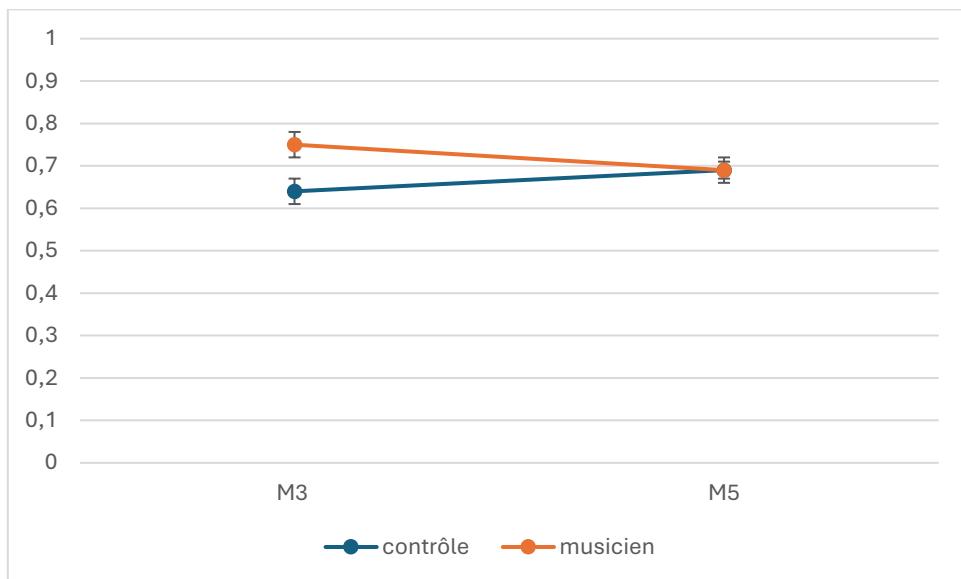
*Tableau 4 : Résultats de l'ANOVA bayésienne à mesures répétées de la tâche de précision musicale, condition de similarité positive*

Modèles	P(M)	P(M data)	BF <sub>M</sub>	BF <sub>10</sub>	% d'erreur
<b>Modèle nul</b>	<b>0.20</b>	<b>0.34</b>	<b>2.04</b>	<b>1.00</b>	
Charge + Groupe + Charge*Groupe	0.20	0.32	1.92	0.96	2.43
Groupe	0.20	0.25	1.33	0.74	1.93
Charge	0.20	0.05	0.22	0.15	1.25

Charge + Groupe	0.20	0.04	0.16	0.11	1.48
-----------------	------	------	------	------	------

Note : ce sont les 5 meilleurs modèles explicatifs, avec le meilleur mis en évidence (en gras) ; l'astérisque (\*) représente les interactions entre les facteurs.  $P(M)$  = probabilité du modèle avant les données ;  $P(M|data)$  = probabilité du modèle après les données ;  $BF_M$  = poids des preuves en faveur du modèle par rapport au nul ;  $BF_{10}$  = poids des preuves en faveur de l'hypothèse alternative par rapport à l'hypothèse nulle ; % d'erreur = erreur d'approximation.

Graphique 4 : moyennes obtenues dans les deux groupes en fonction de la condition de similarité positive et des deux niveaux de charge dans les tâches de précision musicale



Note : M3 = séries à 3 items, M5 = séries à 5 items ; barres d'erreur

### b) Conditions négatives

L'ANOVA bayésienne à mesures répétées sur les variables du groupe, de la charge et des conditions négatives de similarité a indiqué que le meilleur modèle explicatif incluait les trois effets principaux de la charge ( $\eta^2_p = .41$ ), de la similarité ( $\eta^2_p = .62$ ), du groupe ( $\eta^2_p = .22$ ), ainsi que l'interaction similarité\*groupe ( $\eta^2_p = .14$ ). Le facteur de Bayes associé à ce modèle ( $BF_{10} = 2.7 \times 10^{53}$ ) indique des preuves extrêmement fortes. Les comparaisons post hoc ont révélé des preuves extrêmement fortes en faveur d'une différence entre les deux niveaux de charge ( $BF_{10} = 3.99 \times 10^{15}$ ), entre les niveaux de similarité deux et trois ( $BF_{10} = 3.69 \times 10^{24}$ ), entre les niveaux deux et quatre ( $BF_{10} = 2.60 \times 10^{39}$ ) et entre les niveaux trois et quatre ( $BF_{10} = 4.1 \times 10^4$ ). Enfin, une preuve extrêmement forte a été trouvée en faveur d'une différence entre les groupes ( $BF_{10} = 7.62 \times 10^{11}$ ). Les résultats de l'analyse bayésienne sont repris dans le tableau cinq et les moyennes sont reprises dans les graphiques cinq et six.

En ce qui concerne les temps de réponse, l'analyse a révélé que le modèle incluant les effets principaux de la charge ( $\eta^2_p = .24$ ), de la similarité ( $\eta^2_p = .11$ ), et du groupe ( $\eta^2_p = >.001$ ), ainsi

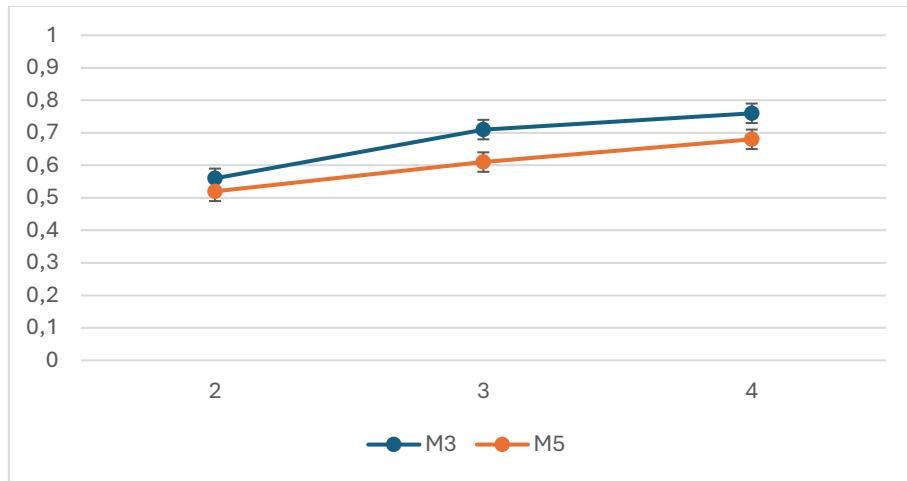
que les interactions charge\*similarité ( $\eta^2_p = .05$ ) et similarité\*groupe ( $\eta^2_p = .08$ ), bénéficiait d'un soutien extrêmement fort ( $BF_{10} = 1.5 \times 10^9$ ). Les analyses post hoc ont précisé ces résultats. Une différence extrêmement forte a été observée entre les niveaux de charge ( $BF_{10} = 7.18 \times 10^7$ ). Concernant la similarité, des différences extrêmement fortes ont été trouvées entre les niveaux deux et trois ( $BF_{10} = 280.03$ ) ainsi qu'entre les niveaux deux et quatre ( $BF_{10} = 4.9 \times 10^3$ ). En revanche, aucune différence n'a été mise en évidence entre les niveaux trois et quatre ( $BF_{10} = 0.13$ ). Enfin, la comparaison entre les groupes n'a pas révélé d'effet notable ( $BF_{10} = 0.01$ ). Les tableaux et graphiques relatifs aux temps de réponse se trouvent dans les annexes.

*Tableau 5 : Résultats de l'ANOVA bayésienne à mesures de la tâche de précision musicale, conditions de similarité négatives*

Modèles	P(M)	P(M data)	BF <sub>M</sub>	BF <sub>10</sub>	%d'erreur
Modèle nul	0.053	1.39 x 10 <sup>-54</sup>	2.51 x 10 <sup>-53</sup>	1.00	
<b>Charge + Similarité + Groupe +</b>	<b>0.053</b>	<b>0.38</b>	<b>10.83</b>	<b>2.7 x 10<sup>53</sup></b>	<b>3.89</b>
<b>Similarité*Groupe</b>					
Charge + Similarité + Groupe +	0.053	0.25	6.03	<b>1.8 x 10<sup>53</sup></b>	3.69
Charge*Similarité + Similarité*Groupe					
Charge + Similarité + Groupe +	0.053	0.2	4.5	<b>1.4 x 10<sup>53</sup></b>	4.46
Charge*Groupe + Similarité*Groupe					
Charge + Similarité + Groupe +	0.053	0.15	3.1	<b>1.1 x 10<sup>53</sup></b>	4.89
Charge*Similarité + Charge*Groupe +					
Similarité*Groupe +					
Charge + Similarité + Groupe +	0.053	0.03	0.51	<b>2.0 x 10<sup>52</sup></b>	4.58
Charge*Similarité + Charge*Groupe +					
Similarité*Groupe +					
Charge*Similarité*Groupe					
Charge + Similarité + Groupe	0.053	1.56 x 10 <sup>-5</sup>	2.8 x 10 <sup>-4</sup>	<b>1.12 x 10<sup>49</sup></b>	2.61
Charge + Similarité + Groupe +	0.053	1.11 x 10 <sup>-5</sup>	2.0 x 10 <sup>-4</sup>	<b>7.99 x 10<sup>48</sup></b>	3.22
Charge*Similarité					
Charge + Similarité + Groupe +	0.053	9.02 x 10 <sup>-6</sup>	1.62 x 10 <sup>-4</sup>	<b>6.47 x 10<sup>48</sup></b>	3.66
Charge*Groupe					
Charge + Similarité + Groupe +	0.053	7.94 x 10 <sup>-6</sup>	1.43 x 10 <sup>-4</sup>	<b>5.7 x 10<sup>48</sup></b>	15.72
Charge*Similarité + Charge*Groupe					

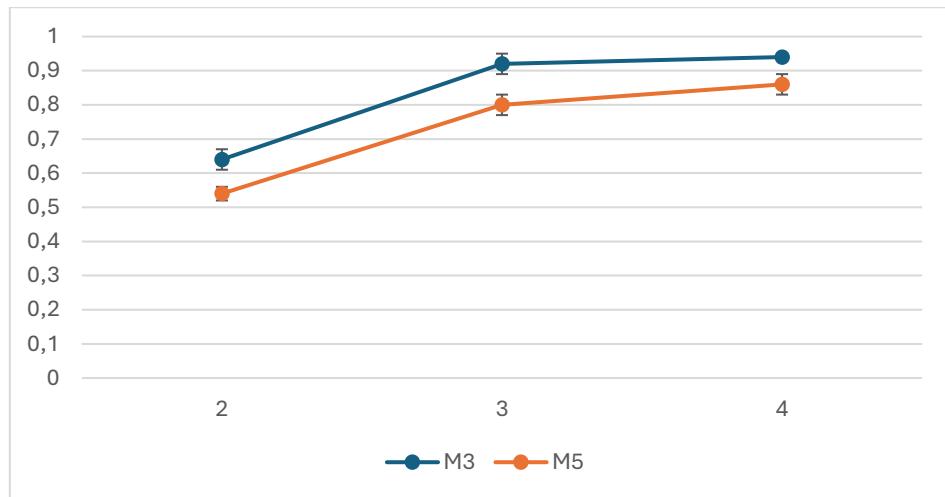
Note : ce sont les 10 meilleurs modèles explicatifs, avec le meilleur mis en évidence (en gras) ; l'astérisque (\*) représente les interactions entre les facteurs. P(M) = probabilité du modèle avant les données ; P(M|data) = probabilité du modèle après les données ; BF<sub>M</sub> = poids des preuves en faveur du modèle par rapport au nul ; BF<sub>10</sub> = poids des preuves en faveur de l'hypothèse alternative par rapport à l'hypothèse nulle ; % d'erreur = erreur d'approximation.

*Graphique 5 : moyennes obtenues dans le groupe contrôle en fonction des conditions de similarité négatives et des deux niveaux de charge dans les tâches de précision musicale*



Note : 2 = condition de similarité 2 (différence d'un quart de ton), 3 = condition de similarité 3 (différence d'un demi-ton), 4 = condition de similarité 4 (différence d'un ton) ; M3 = séries à 3 items, M5 = séries à 5 items ; barres d'erreur

*Graphique 6 : moyennes obtenues dans le groupe des musiciens en fonction des conditions de similarité négatives et des deux niveaux de charge dans les tâches de précision musicale*



Note : 2 = condition de similarité 2 (différence d'un quart de ton), 3 = condition de similarité 3 (différence d'un demi-ton), 4 = condition de similarité 4 (différence d'un ton) ; M3 = séries à 3 items, M5 = séries à 5 items ; barres d'erreur

### 3. Tâches de discrimination

#### 3.1. Discrimination verbale

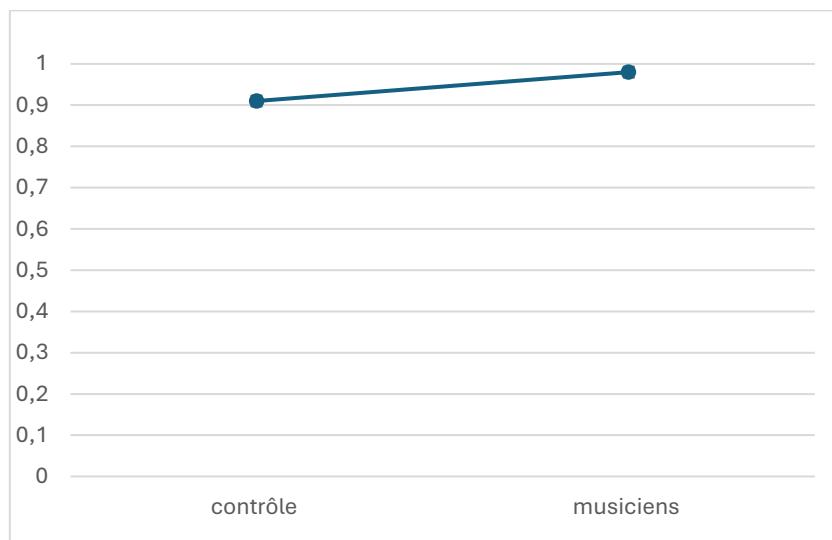
##### a) Condition positive

L'analyse, réalisée à partir d'un test *t* bayésien pour échantillons indépendants sur les variables du groupe et de la condition positive de similarité, a révélé un soutien extrême en faveur d'une différence entre les groupes ( $BF_{10} = 1.47 \times 10^4$ ). En raison de la distribution anormale, un test non paramétrique de Mann-Whitney a été privilégié afin de calculer la taille

d'effet. Celui-ci a mis en évidence que 6% de la variance est expliquée par des différences entre les groupes ( $r = .06$ ). Les données sont reprises dans le graphique sept.

En ce qui concerne les temps de réponse, le facteur de Bayes ( $BF_{10} = 0.21$ ,  $BF_{01} = 4.73$ ) indique des preuves modérées en faveur de l'hypothèse nulle, suggérant qu'il n'existe probablement pas de différence entre les groupes. Un test non paramétrique de Mann-Whitney a également été privilégié afin de calculer la taille d'effet. La valeur de cette dernière est de  $r = .27$ . Le graphique des moyennes se trouve dans les annexes.

*Graphique 7 : moyennes des deux groupes en fonction de la condition de similarité positive dans la tâche de discrimination verbale*



### b) Conditions négatives

L'ANOVA bayésienne à mesures répétées sur les variables du groupe et des conditions négatives de similarité a révélé que le meilleur modèle comprenait les effets principaux de la similarité et du groupe, ainsi que leur interaction, avec un facteur de Bayes indiquant des preuves extrêmement fortes ( $BF_{10} = 8.94 \times 10^{33}$ ). Les analyses post-hoc ont également montré des preuves extrêmement fortes pour des différences entre les niveaux de similarité deux et trois ( $BF_{10} = 1.13 \times 10^{13}$ ) et entre les niveaux deux et quatre ( $BF_{10} = 6.15 \times 10^{12}$ ), tandis qu'une preuve anecdotique a été mise en évidence entre les niveaux trois et quatre ( $BF_{10} = 1.50$ ). La comparaison entre les groupes a fourni des preuves modérées en faveur d'une différence ( $BF_{10} = 6.89$ ). L'analyse des tailles d'effet indique que l'effet principal de la similarité explique 51% de la variance ( $\eta^2_p = .51$ ), l'effet principal du groupe représente 11% ( $\eta^2_p = .11$ ) et l'interaction entre les deux explique 12% de la variance ( $\eta^2_p = .12$ ). Les résultats de l'analyse bayésienne se trouvent dans le tableau six et les moyennes sont reprises dans le graphique huit.

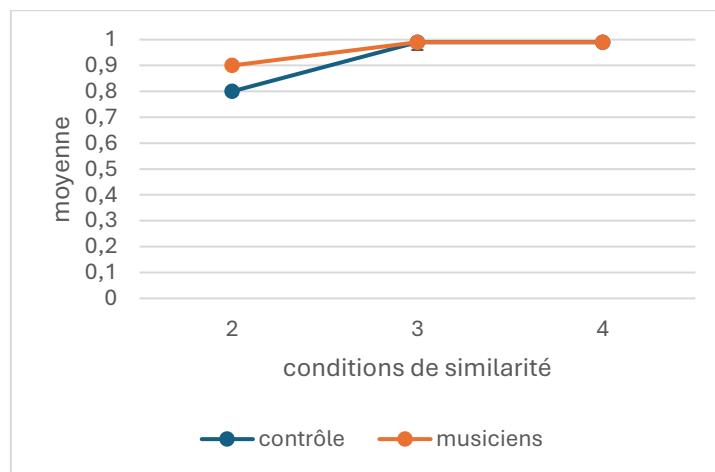
En ce qui concerne les temps de réponse, le modèle le mieux soutenu par les données inclut uniquement l'effet principal de la similarité ( $BF_{10} = 125.07$ ), indiquant des preuves extrêmes en faveur d'un effet de la similarité sur les temps de réaction. Les comparaisons post-hoc bayésiennes ont révélé des preuves très fortes en faveur d'une différence entre les niveaux de similarité deux et trois ( $BF_{10} = 97.59$ ) et entre les niveaux deux et quatre ( $BF_{10} = 52.78$ ). En revanche, la comparaison entre les niveaux trois et quatre ( $BF_{10} = 0.11$ ) n'a apporté aucune preuve significative de différence. L'effet principal de la similarité explique 9% de la variance ( $\eta^2_p = .09$ ). Les tableaux et graphiques se trouvent dans les annexes.

*Tableau 6 : Résultats de l'ANOVA bayésienne à mesures répétées de la discrimination verbale, conditions de similarité négatives*

Modèles	P(M)	P(M data)	BF <sub>M</sub>	BF <sub>10</sub>	%d'erreur
Modèle nul	0.20	1.12 x 10 <sup>-34</sup>	4.47 x 10 <sup>-34</sup>	1.00	
<b>Similarité + Groupe +</b>	<b>0.20</b>	<b>1.00</b>	<b>3.63 x 10<sup>4</sup></b>	<b>8.94 x 10<sup>33</sup></b>	<b>4.25</b>
<b>Similarité*Groupe</b>					
Similarité + Groupe	0.20	1.04 x 10 <sup>-4</sup>	4.15 x 10 <sup>-4</sup>	9.27 x 10 <sup>29</sup>	9.91
Similarité	0.20	6.56 x 10 <sup>-6</sup>	2.62 x 10 <sup>-5</sup>	5.86 x 10 <sup>28</sup>	1.01
Groupe	0.20	3.85 x 10 <sup>-34</sup>	1.54 x 10 <sup>-33</sup>	3.44	1.14

Note : ce sont les 5 meilleurs modèles explicatifs, avec le meilleur mis en évidence (en gras) ; l'astérisque (\*) représente les interactions entre les facteurs. P(M) = probabilité du modèle avant les données ; P(M|data) = probabilité du modèle après les données ; BF<sub>M</sub> = poids des preuves en faveur du modèle par rapport au nul ; BF<sub>10</sub> = poids des preuves en faveur de l'hypothèse alternative par rapport à l'hypothèse nulle ; % d'erreur = erreur d'approximation.

*Graphique 8 : moyennes des deux groupes en fonction des conditions de similarité négatives dans la tâche de discrimination verbale*



Note : 2 = condition de similarité 2 (différence par ambiguïté phonétique), 3 = condition de similarité 3 (différence au niveau du trait de voisement), 4 = condition de similarité 4 (phonème différent) ; barres d'erreur

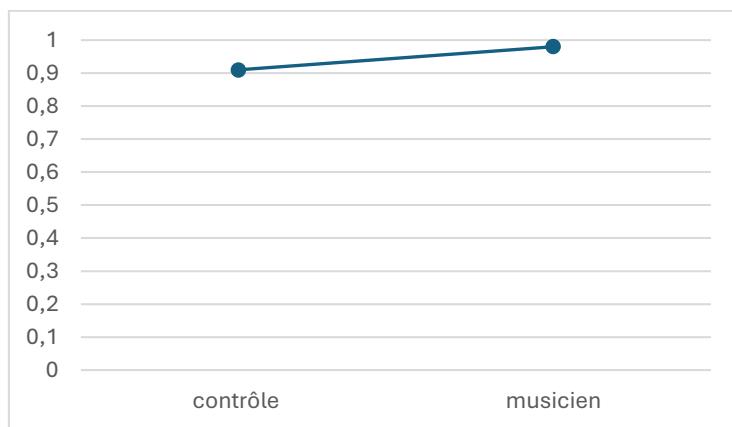
### 3.2. Discrimination musicale

#### a) Condition positive

L'analyse, réalisée à partir d'un test *t* bayésien pour échantillons indépendants sur les variables du groupe et de la condition positive de similarité, a révélé une preuve extrêmement forte en faveur d'une différence entre les groupes ( $BF_{10} = 1.47 \times 10^4$ ). Les données se trouvent dans le graphique six. Afin de calculer les tailles d'effet, un test non paramétrique de Mann-Whitney a été conduit en raison d'une violation de la normalité des données. Celui-ci a montré une taille d'effet de  $r = -.52$ . Les moyennes sont reprises dans le graphique neuf.

En ce qui concerne les temps de réponse, les analyses ont révélé une preuve anecdote en faveur d'une différence entre les groupes ( $BF_{10} = 1.72$ ). Le test de Mann-Whitney a indiqué une taille d'effet de  $r = .27$ . Les graphiques relatifs aux temps de réponse se trouvent dans les annexes.

*Graphique 9 : moyennes des deux groupes en fonction de la condition de similarité positive dans la tâche de discrimination musicale*



#### b) Conditions négatives

L'ANOVA bayésienne à mesures répétées sur les variables du groupe et des conditions négatives de similarité a indiqué un soutien extrêmement fort en faveur du modèle incluant les effets principaux de la similarité et du groupe ainsi que leur interaction ( $BF_{10} = 4.59 \times 10^{34}$ ). L'effet de similarité explique 48% de la variance ( $\eta^2_p = .48$ ), l'effet du groupe explique 32% ( $\eta^2_p = .32$ ) et leur interaction représente 17% de la variance ( $\eta^2_p = .17$ ). Les analyses post hoc bayésiennes ont révélé des preuves extrêmement fortes pour des différences entre les niveaux de similarité deux et trois ( $BF_{10} = 6.28 \times 10^{12}$ ) ainsi qu'entre les niveaux deux et quatre ( $BF_{10} = 1.4 \times 10^{12}$ ). Une différence modérée a également été observée entre les niveaux trois et quatre ( $BF_{10} = 5.81$ ). Concernant le facteur groupe, la comparaison a montré une preuve extrêmement

forte en faveur d'une différence entre les groupes ( $BF_{10} = 3.87 \times 10^{10}$ ). Les résultats de l'analyse bayésienne se trouvent dans le tableau sept et les moyennes sont reprises dans le graphique dix.

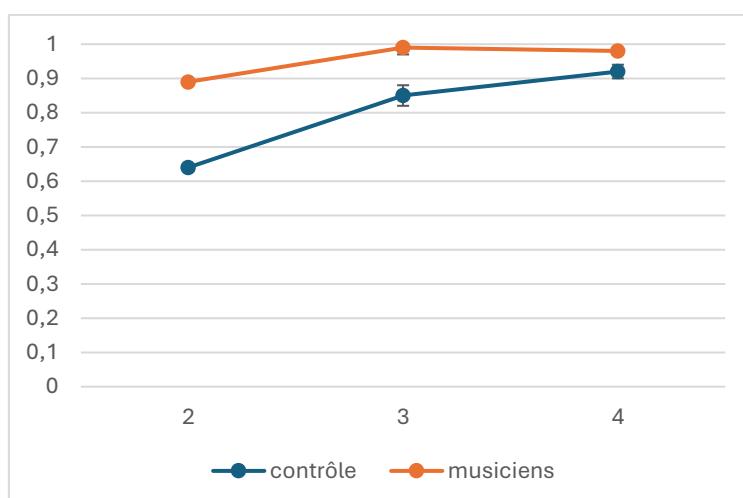
En ce qui concerne les temps de réponse, le meilleur modèle inclue seulement l'effet principal de la similarité ( $\eta^2_p = .13$ ), fournissant des preuves extrêmement fortes en faveur d'un effet de ce facteur ( $BF_{10} = 1.34 \times 10^4$ ). Les analyses post-hoc bayésiennes ont montré des preuves extrêmement fortes en faveur d'une différence entre les niveaux de similarité deux et trois ( $BF_{10} = 565.78$ ) et entre les niveaux deux et quatre ( $BF_{10} = 1.38 \times 10^3$ ). Aucune différence notable n'a été observée entre les niveaux trois et quatre ( $BF_{10} = 0.3$ ). Enfin, la comparaison entre les groupes a montré une preuve anecdotique en faveur d'une différence ( $BF_{10} = 2.68$ ). Les tableaux et graphiques relatifs aux temps de réponse se trouvent dans les annexes.

*Tableau 7 : Résultats de l'ANOVA bayésienne à mesures répétées de la discrimination musicale, conditions de similarité négatives*

Modèles	P(M)	P(M data)	BF <sub>M</sub>	BF <sub>10</sub>	%d'erreur
Modèle nul	0.20	2.18x10 <sup>-35</sup>	8.71x10 <sup>-35</sup>	1.00	
<b>Similarité + Groupe +</b>	<b>0.20</b>	<b>1.00</b>	<b>2.0x10<sup>6</sup></b>	<b>4.59x10<sup>34</sup></b>	<b>1.62</b>
<b>Similarité*Groupe</b>					
Similarité + Groupe	0.20	2.0x10 <sup>-6</sup>	8.01x10 <sup>-6</sup>	9.19x10 <sup>28</sup>	1.39
Similarité	0.20	2.48x10 <sup>-13</sup>	9.3x10 <sup>-13</sup>	1.4x10 <sup>22</sup>	1.25
Groupe	0.20	1.02x10 <sup>-28</sup>	4.1x10 <sup>-28</sup>	4.7x10 <sup>6</sup>	1.57

Note : ce sont les 5 meilleurs modèles explicatifs, avec le meilleur mis en évidence (en gras) ; l'astérisque (\*) représente les interactions entre les facteurs. P(M) = probabilité du modèle avant les données ; P(M|data) = probabilité du modèle après les données ; BF<sub>M</sub> = poids des preuves en faveur du modèle par rapport au nul ; BF<sub>10</sub> = poids des preuves en faveur de l'hypothèse alternative par rapport à l'hypothèse nulle ; % d'erreur = erreur d'approximation.

*Graphique 10 : moyennes des deux groupes en fonction des conditions de similarité négatives dans la tâche de discrimination musicale*



Note : 2 = condition de similarité 2 (différence d'un quart de ton) 3 = condition de similarité 3 (différence d'un demi-ton), 4 = condition de similarité 4 (différence d'un ton) ; barres d'erreur

## DISCUSSION

Dans cette section, nous rappellerons les objectifs et hypothèses de cette étude et reviendrons rapidement sur les résultats obtenus. Ensuite, nous détaillerons les résultats, en les analysant et en les confrontant à la littérature existante. Nous les mettrons également en lien avec nos hypothèses. Enfin, nous discuterons des limites de cette étude et des perspectives de recherche à envisager pour de futures investigations.

### 1. Rappel des objectifs et des hypothèses

Dans cette étude, nous avons examiné la précision de la mémoire de travail en manipulant deux variables : la similarité phonologique entre les items et le nombre d'items à mémoriser. L'objectif était, d'une part, de vérifier si la mémoire verbale est soumise aux mêmes contraintes que celles observées en modalité visuelle, à savoir la baisse de précision liée à l'augmentation de la charge cognitive et de la similarité, et d'autre part, de contribuer au débat théorique opposant d'une part, le modèle des emplacements, qui postule une capacité fixe, et d'autre part, le modèle des ressources partagées, selon lequel la précision diminue progressivement à mesure que le nombre d'items augmente. En introduisant des stimuli musicaux, et en comparant les performances de musiciens et de non-musiciens, nous avons également cherché à explorer la précision de la mémoire de travail musicale, encore peu documentée. Cette démarche visait à déterminer si la mémoire musicale est soumise aux mêmes contraintes que les autres modalités (verbale et visuelle), et si l'expertise musicale influence les performances non seulement dans la modalité musicale, mais également dans la modalité verbale.

Concernant les hypothèses, nous anticipions un effet de la charge cognitive, avec une diminution des performances à mesure que le nombre d'items à mémoriser augmente, ainsi qu'un effet de la similarité phonologique, réduisant la précision lorsque les items se ressemblent davantage. Nous prévoyions aussi un effet de l'expertise musicale, les musiciens devant surpasser les non-musiciens, surtout lors des tâches musicales, et nous supposions que ces effets se manifesteraient de façon similaire dans les modalités verbale et musicale.

### 2. Synthèse des résultats

Concernant les tâches de précision verbale, un effet de la charge a été observé de manière systématique dans l'ensemble des épreuves, qu'il s'agisse des conditions positives, négatives ou des temps de réponse, indiquant des performances significativement différentes entre les séries de trois et de cinq items. De plus, dans les conditions négatives des épreuves, des effets

de la similarité et du groupe ont été relevés, ainsi que des interactions deux à deux entre les trois variables principales.

Dans les tâches de précision musicale, les résultats apparaissent plus nuancés. En condition positive, aucun effet n'a été mis en évidence, autant dans les tâches de précision que de temps de réponse. En revanche, dans les conditions négatives, des effets significatifs ont été relevés pour la charge, le groupe, la similarité, ainsi que pour l'interaction entre le groupe et la similarité. Les temps de réponse ont reflété ces résultats, avec des effets significatifs pour les trois facteurs principaux, ainsi que des interactions entre le groupe et la similarité, et entre la charge et la similarité.

Concernant les tâches de discrimination verbale, une différence significative entre les groupes a été observée dans les conditions positives, mais aucun effet n'a été mis en évidence concernant les temps de réponse. En conditions négatives, des effets significatifs ont été trouvés pour la similarité et le groupe, ainsi que leur interaction. En ce qui concerne les temps de réponse, seul un effet de similarité a été mis en évidence.

Dans les tâches de discrimination musicale, les résultats montrent qu'en condition positive, seule une différence entre les groupes a été observée. Les temps de réponse ont également révélé un effet du groupe, quoique peu prononcé. En conditions négatives, des effets significatifs ont été relevés pour la similarité, le groupe, et leur interaction, tandis que les temps de réponse ont mis en évidence un effet de similarité uniquement.

Les épreuves de discrimination ont toutes été mieux réussies que les tâches de précision, ce qui indique que les participants étaient en mesure de discriminer correctement les non-mots et les notes de musique. Cela suggère que les performances observées dans les tâches de mémoire de travail relèvent bien de compétences mnésiques, et non d'un déficit perceptif.

### 3. Interprétation des résultats

#### 3.1. Hypothèse 1 : plus la charge augmente et plus les performances diminuent

Un effet de la charge a été observé dans les épreuves de mémoire de travail verbale, et partiellement dans les épreuves de mémoire de travail musicale. Les résultats indiquent que les performances diminuent lorsque le nombre d'items augmente, avec des scores plus faibles dans les séries à cinq items en comparaison à celles de trois items. Ces observations semblent confirmer notre hypothèse liée à la charge cognitive. Les données s'inscrivent dans la continuité d'autres travaux portant sur la précision de la mémoire de travail verbale (Hepner & Nozari,

2019; Joseph et al., 2015; Schulze & Tillmann, 2013). Ces résultats sont également cohérents avec les données issues de la mémoire de travail visuospatiale (par exemple, Bays et al., 2009; Zhang & Luck, 2008). Concernant les modèles explicatifs de la capacité limitée de la mémoire de travail, nos résultats soutiennent davantage le modèle des ressources. En effet, l'augmentation de la charge semble entraîner une diminution progressive des performances, et donc des ressources attentionnelles disponibles pour chaque item, même lorsque nombre d'items n'augmente que légèrement, à savoir de deux éléments (Hepner & Nozari, 2019).

Notre étude fait partie des premières à explorer la précision de la mémoire de travail musicale. Les résultats montrent également un effet de la charge, mais celui-ci n'apparaît pas dans toutes les conditions. Plus précisément, un effet significatif n'a été observé que dans les conditions de similarité négatives, et non dans les conditions positives. Au vu des graphiques reprenant les moyennes, nous observons un effet de la charge chez les musiciens, mais pas chez les non-musiciens. Ces résultats divergent par rapport à ceux observés dans la modalité verbale de cette étude. Néanmoins, nos données confirment l'existence d'un effet de la charge sur la mémoire musicale, ce qui corrobore les résultats de recherches antérieures (Schulze & Tillmann, 2013; Williamson et al., 2010). Comme en modalité verbale et visuelle, les performances en modalité musicale tendent à diminuer de manière progressive avec l'augmentation de la charge, soutenant ainsi, le modèle de ressources.

### 3.2. Hypothèse 2 : plus la similarité augmente et plus la précision diminue

Nos résultats ont mis en évidence un effet de la similarité en mémoire de travail verbale, conformément à d'autres travaux antérieurs (Bouffier et al., 2022; Williamson et al., 2010), indiquant que plus les items sont phonologiquement similaires, plus il est difficile de les mémoriser précisément. Ce phénomène est également observé en modalité visuelle (Jackson et al., 2015), ce qui suggère l'existence de mécanismes communs entre les différentes modalités. Dans le cas de la mémoire verbale, cet effet est généralement attribué au fonctionnement de la boucle phonologique (Baddeley & Hitch, 1974), car toutes les informations verbales y sont traitées (Hanley & Bakopoulou, 2003). Il est en effet proposé que les items phonologiquement proches interfèrent les uns avec les autres au sein du registre phonologique, entraînant ainsi une dégradation de leur maintien en mémoire (Hanley & Bakopoulou, 2003), ce qui expliquerait la baisse de précision lorsque les items sont phonologiquement similaires.

Concernant la modalité musicale, nos résultats mettent en évidence un effet de la similarité tonale. De plus, ils indiquent une interaction entre la similarité et le groupe. En effet, l'expertise

musicale semble moduler l'effet de similarité sur les performances en mémoire de travail musicale (voir section suivante). Cet effet de similarité présente des points communs avec ceux observés dans les modalités verbales (Bouffier et al., 2022; Williamson et al., 2010) et visuelles (Jackson et al., 2015). Une autre étude a également montré un effet de similarité tonale sur des non-musiciens, mais l'effet n'était pas significatif sur les musiciens (Williamson et al., 2010). Cependant, cette étude portait sur le rappel en ordre sériel et ne manipulait pas divers niveaux de similarité, seuls des items similaires et dissimilaires étaient utilisés, ce qui diffère grandement de notre étude.

De plus, notre étude étant l'une des premières à explorer spécifiquement la mémoire de travail musicale, la question demeure ouverte : cet effet reflète-t-il un traitement impliquant la boucle phonologique, comme c'est le cas pour la modalité verbale (Baddeley & Hitch, 1974), ou suggère-t-il l'existence d'un système distinct spécialisé dans le traitement des sons musicaux (Berz, 1995; Williamson et al., 2010) ?

### 3.3. Hypothèse 3 : l'expertise musicale influence les performances

Dans la modalité verbale, l'expertise musicale a eu un effet significatif sur les performances mais il serait surtout expliqué par les interactions avec la charge et avec la similarité. Dans nos données, ce sont principalement les effets de la charge et de la similarité qui expliquent les différences observées dans les conditions verbales, et ce, au sein des deux groupes. En comparaison avec la littérature, ces résultats concordent avec certaines études ne montrant pas d'effet de l'expertise sur du matériel verbal (Schulze & Tillmann, 2013; Williamson et al., 2010). Cependant, nos résultats diffèrent d'autres travaux ayant mis en évidence un effet de taille modérée (Talamini et al., 2017). Ainsi, bien que les conclusions de la littérature soient partagées, nos données tendent à soutenir l'absence d'effet de l'expertise musicale sur la mémoire de travail verbale, ce qui suggère que cette expertise ne se généralise pas à ce domaine.

En modalité musicale, un effet significatif de l'expertise musicale a été observé, accompagné d'une interaction avec la similarité. L'effet de la charge semble avoir davantage influencé les musiciens que les non-musiciens, et il en va de même pour la similarité. Ainsi, les performances diffèrent selon les effets considérés, les musiciens apparaissant globalement plus sensibles aux variations de charge et de similarité. Par exemple, au sein du groupe des musiciens, les performances étaient nettement plus faibles dans la deuxième condition de similarité (quarts de ton), une distinction rare dans la musique occidentale, ce qui pourrait expliquer cette baisse de performance. Une interprétation possible réside dans les compétences

de discrimination : selon nos données, les musiciens présentent de meilleures capacités perspectives et détectent plus finement les différences de hauteur. Cette sensibilité pourrait également les rendre plus réceptifs aux effets de similarité, alors que les non-musiciens, percevant moins ces nuances, seraient moins affectés par ces variations. Dans l'ensemble, les musiciens surpassent les non-musiciens en mémoire musicale, ce qui rejoint les conclusions d'études antérieures (Talamini et al., 2017; Williamson et al., 2010). D'après la méta-analyse de Talamini et al. (2017), cet avantage pourrait refléter un effet spécifique au domaine musical, les musiciens étant plus fréquemment confrontés avec ce type de stimuli. Reste à déterminer si cette supériorité provient d'un processus de sélection, c'est-à-dire si les personnes ayant naturellement une meilleure mémoire de travail sont plus enclines à pratiquer un instrument, ou si elle résulte directement de la pratique instrumentale. Cette dernière hypothèse suppose que la pratique permet de développer des stratégies d'encodage optimales, telles que le chunking ou l'encodage multisensoriel (auditif, verbal, moteur) (Talamini et al., 2017), ce qui expliquerait les performances supérieures des musiciens.

### 3.4. Hypothèse 4 : convergence des effets entre modalités

Nous anticipions que les effets de charge et de similarité, largement documentés en mémoire de travail visuelle, se retrouveraient également dans les modalités verbales et musicales. Les résultats confirment cette prédiction pour la modalité verbale, où ces effets sont observés, ainsi que pour la modalité musicale, où l'effet de similarité est marqué tandis que l'effet de la charge se manifeste de façon moins systématique, n'apparaissant pas dans les conditions positives. L'expertise musicale influence également les performances dans la modalité musicale, avec de meilleurs résultats chez les musiciens, tandis qu'aucun effet comparable n'est observé en modalité verbale.

Ces données suggèrent que les mécanismes de limitation des ressources mnésiques (réduction de précision avec l'augmentation du nombre d'items, augmentation des interférences avec la similarité) sont communs aux trois modalités, mais que l'expertise exerce un effet spécifique au domaine dans lequel elle est acquise.

## 4. Limites

Comme toute étude, cette recherche présente certaines limites qu'il est important de considérer. Leur identification permet de mieux interpréter les résultats et d'envisager des pistes d'amélioration pour les études futures.

#### 4.1. Limites liées à l'échantillon

Concernant notre échantillon, plusieurs limites méthodologiques doivent être soulignées. Tout d'abord, une différence de niveau d'études a été observée entre les groupes, le groupe de musiciens présentant un niveau supérieur au groupe contrôle. Or, des études antérieures ont mis en évidence un lien entre le niveau d'études et les performances en mémoire de travail (Orsini et al., 1986), suggérant que cette variable pourrait avoir influencé les résultats. Enfin, le mode de recrutement des participants, basé sur les réseaux sociaux et le bouche-à-oreille, introduit un biais de sélection potentiel : les personnes volontaires étaient peut-être déjà sensibles aux thématiques musicales ou aux questions cognitives, ce qui pourrait avoir influencé leur engagement et leurs performances. Ceci nous amène à considérer ces points dans de futures études.

#### 4.2. Limites liées à la définition de l'expertise musicale

Une limite concerne la composition hétérogène du groupe des musiciens. Les participants différaient considérablement en termes de nombre d'heures de pratique hebdomadaire, d'années de pratique, de nombre d'instruments joués et de type d'instruments pratiqués. Or, ces variables sont susceptibles d'influencer les performances aux tâches de mémoire, ce qui introduit une importante variabilité intra-groupe. Par ailleurs, les stimuli musicaux utilisés dans les tâches étaient des notes de musique jouées au piano, ce qui pourrait avoir avantagé les pianistes par effet de familiarité. À l'inverse, certains instruments, comme les percussions, ne reposent pas sur une hauteur définie (Weatherhead, 2024), ce qui signifie que les musiciens qui jouent ce type d'instrument n'utilisent pas les notes tonales de classique (do, ré, mi, etc.). Ce décalage pourrait donc constituer un désavantage pour ces participants dans les tâches musicales basées sur la reconnaissance de la hauteur, notre échantillon en comptant cinq.

#### 4.3. Limites liées à la procédure quasi-expérimentale

La procédure quasi-expérimentale de cette étude présente plusieurs limites susceptibles d'avoir influencé les performances des participants. Tout d'abord, les lieux de passation variaient considérablement : certaines séances se sont déroulées dans des salles standardisées, tandis que d'autres ont eu lieu au domicile du participant ou de l'expérimentateur. Cette hétérogénéité des contextes pourrait avoir introduit des variations environnementales (bruits ambients, distractions, confort, etc.) influençant la concentration des participants et les résultats. Ensuite, l'intervalle entre les deux séances, bien qu'en moyenne conforme aux recommandations d'une semaine (7,52 jours), n'a pas été strictement contrôlé, oscillant entre 4

et 12 jours. Cette variabilité temporelle pourrait avoir affecté l'effet d'entraînement, en introduisant des différences interindividuelles dans la continuité cognitive du protocole. De plus, malgré la mise en place de contrebancements rigoureux entre les versions des tâches ( $\alpha$  et  $\beta$ ), la durée totale de la passation (près de 40 minutes par séance) reste relativement longue, exposant les participants à un risque de fatigue cognitive. Enfin, une autre limite importante du protocole concerne la tâche musicale, qui ne comportait que 22 notes issues d'une seule octave. Si cette restriction visait à éviter les effets de reconnaissance d'accord ou d'intervalles trop marqués, elle réduit cependant la richesse sonore de la tâche et peut favoriser des effets de familiarité.

De plus, il aurait été pertinent de vérifier au préalable les capacités auditives des participants, afin d'exclure toute altération sensorielle susceptible d'influencer les performances aux tâches musicales et verbales. De même, la passation d'un test standard d'empan aurait permis de s'assurer que chaque participant disposait d'une capacité minimale de stockage en mémoire de travail, correspondant au moins à cinq éléments, garantissant ainsi que d'éventuelles contre-performances ne soient pas attribuables à une limitation générale de la capacité mnésique.

## 5. Implications cliniques

Les résultats de cette étude présentent plusieurs implications cliniques potentiellement pertinentes pour l'évaluation et la prise en charge neuropsychologique des troubles de la mémoire de travail.

Premièrement, la précision de la mémoire de travail est rarement évaluée dans les pratiques cliniques courantes. La sensibilité des performances à la charge cognitive et à la similarité phonologique ou tonale met en évidence l'intérêt d'intégrer, dans les bilans neuropsychologiques, des tâches allant au-delà de la simple mesure de l'empan, afin d'obtenir une analyse plus fine de la précision mnésique. Des épreuves manipulant ces deux variables pourraient permettre de détecter des difficultés subtiles, que les tests classiques ne mettent pas toujours en évidence. Une telle approche serait particulièrement pertinente non seulement pour viser une meilleure compréhension du profil cognitif du patient mais également proposer, si possible, une prise en charge adaptée.

Deuxièmement, les résultats relatifs à la mémoire de travail musicale ouvrent des perspectives d'utilisation de cette modalité comme outil d'évaluation complémentaire, notamment dans des populations ciblées, comme chez les musiciens. Tester spécifiquement la

mémoire musicale pourrait permettre d'avoir une meilleure appréciation des capacités mnésiques touchées ou préservées. En effet, leur expertise pourrait masquer ou, au contraire, révéler certaines fragilités mnésiques non détectées par des tâches verbales ou visuo-spatiales classiques. Un protocole intégrant la mémoire musicale permettrait donc de dresser un profil plus complet des capacités mnésiques, en tenant compte des spécificités liées à l'expérience musicale.

Troisièmement, l'effet observé de l'expertise musicale sur la mémoire de travail musicale invite à considérer la pratique instrumentale ou vocale comme une piste potentielle de revalidation cognitive. Des programmes d'entraînement basés sur la pratique musicale pourraient être conçus pour renforcer la mémoire auditive et la précision mnésique.

Enfin, cette étude souligne l'importance de prendre en compte le parcours musical des patients lors de l'interprétation des résultats. Une expertise musicale peut influencer les performances, tant positivement (avantage lié à l'entraînement) que négativement (sensibilité aux interférences tonales). Il apparaît donc essentiel d'inclure dans l'anamnèse clinique des informations sur la pratique musicale (par exemple, durée et intensité de la pratique, instrument joué, etc.), afin de contextualiser correctement les performances obtenues et d'éviter les conclusions erronées fondées sur des normes qui ne tiennent pas compte de ce domaine d'expertise.

En résumé, l'évaluation neuropsychologique pourrait bénéficier d'approches intégrant la mémoire musicale, en particulier chez les musiciens, tant pour affiner le diagnostic que pour concevoir des programmes de remédiation adaptés.

## CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Cette étude a contribué à enrichir les connaissances existantes sur la mémoire de travail verbale, tout en explorant la précision de la mémoire musicale, un domaine encore très peu investigué, à l'exception de l'étude initiale à cette recherche (Robert, 2023). Nos résultats confirment l'influence de la charge cognitive et de la similarité phonologique sur la mémoire verbale, et suggèrent un appui en faveur du modèle des ressources pour expliquer la capacité limitée de la mémoire de travail : plus le nombre d'items augmente, plus la précision diminue de façon progressive (Bays & Husain, 2008; Ma et al., 2014).

Concernant la mémoire musicale, des effets similaires ont été observés. De manière générale, ces données confirment la présence de processus communs entre les modalités verbales, musicales et visuelles, cette dernière modalité étant déjà largement étudiée dans la littérature (par exemple, Bays et al., 2009; Jackson et al., 2015; Zhang & Luck, 2008). Par ailleurs, l'expertise musicale a eu un impact positif sur les performances dans les tâches musicales, mais pas dans les tâches verbales, suggérant que l'effet de l'expertise reste spécifique au domaine concerné. Enfin, malgré l'intérêt des données obtenues, cette étude reste exploratoire et il n'est pas encore possible d'en conclure l'existence de deux boucles phonologiques distinctes, contrairement à ce que proposent certains auteurs. (Berz, 1995; Schulze & Tillmann, 2013; Williamson et al., 2010).

Concernant les perspectives pour de futures recherches, et au regard des résultats de cette étude et de travaux antérieurs, plusieurs recommandations peuvent être formulées. La première concerne le type de populations étudiées. Étant donné les limites observées dans nos deux groupes, comparer différents profils de musiciens pourrait fournir des données plus riches sur la précision de la mémoire de travail musicale. Ces groupes pourraient être différenciés selon le niveau d'expertise (par exemple, trois groupes : amateurs, semi-professionnels, professionnels) ou selon le type d'instrument pratiqué (par exemple, comparer les joueurs d'instruments à vent, à cordes et à percussion).

La deuxième porte sur la nature des stimuli présentés. Il serait pertinent de varier les stimuli sonores, en comparant par exemple des notes produites par un piano, un violon ou même par la voix humaine avec des notes chantées. Cette diversification permettrait de limiter un biais lié à la familiarité instrumentale et d'assurer des tâches plus équitables pour tous les participants, quel que soit leur instrument principal.

Par ailleurs, explorer d'autres composantes musicales, telles que le timbre, pourrait approfondir la compréhension des processus mnésiques impliqués. De telles manipulations permettraient de répliquer et d'étendre les résultats obtenus par d'autres études (Schulze & Tillmann, 2013), et d'apporter des éléments de réponse à certaines questions encore ouvertes, comme l'existence possible d'un système mnésique distinct pour les informations musicales (Berz, 1995), qui partagerait néanmoins certains processus avec la mémoire verbale, notamment la répétition articulatoire (Williamson et al., 2010).

Enfin, l'adoption de méthodologies plus sensibles, telles que les tâches de reproduction continue ou d'ajustement (Bays et al., 2009; Hepner & Nozari, 2019; Joseph et al., 2015; Zhang & Luck, 2008), pourrait permettre une évaluation plus fine de la précision mnésique (Karabay et al., 2024). Récemment, Karabay et al. (2024) ont développé une méthode pour évaluer la mémoire auditive : l'« Auditory Reproduction Task » (ART), basée sur des rapports circulaires continus. Cette approche présente l'avantage de s'affranchir des limites des tâches traditionnelles, en offrant une mesure plus précise et continue des représentations mnésiques. Il serait pertinent d'approfondir l'exploration de cette méthode et d'examiner les preuves empiriques qui la soutiennent. Son application à d'autres modalités, notamment verbales et musicales, constituerait une perspective prometteuse pour l'évaluation de la précision de la mémoire de travail. Elle pourrait également être envisagée dans un contexte clinique, afin de compléter les mesures traditionnelles d'empan et offrir une analyse plus fine des performances mnésiques.

## BIBLIOGRAPHIE

Acoustic Society of America. (sd). Timbre. *Welcome to ASA Standards*.

<https://asastandards.org/Terms/timbre/>

Alain, C., Moussard, A., Singer, J., Lee, Y., Bidelman, G., & Moreno, S. (2019). Music and Visual Art

Training Modulate Brain Activity in Older Adults. *Frontiers in Neuroscience*, 13, 182.

<https://doi.org/10.3389/fnins.2019.00182>

Atkinson, R. C., & Shiffrin, R. M. (1968). Human Memory : A Proposed System and its Control

Processes1. In K. W. Spence & J. T. Spence (Éds.), *Psychology of Learning and Motivation* (Vol. 2, p. 89-195). Academic Press. [https://doi.org/10.1016/S0079-7421\(08\)60422-3](https://doi.org/10.1016/S0079-7421(08)60422-3)

Baddeley, A. (1986). *Working memory* (p. xi, 289). Clarendon Press/Oxford University Press.

Baddeley, A. (1992). Working Memory. *Science*, 255(5044), 556-559.

Baddeley, A. (2000). The episodic buffer : A new component of working memory? *Trends in Cognitive Sciences*, 4(11), 417-423. Scopus. [https://doi.org/10.1016/S1364-6613\(00\)01538-2](https://doi.org/10.1016/S1364-6613(00)01538-2)

Baddeley, A. (2003). Working memory : Looking back and looking forward. *Nature Reviews Neuroscience*, 4(10), 829-839. <https://doi.org/10.1038/nrn1201>

Baddeley, A. (2007). *Working Memory, Thought, and Action*.

<https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780198528012.001.0001>

Baddeley, A. (2012). Working Memory : Theories, Models, and Controversies. *Annual Review of Psychology*, 63(1), 1-29. <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-120710-100422>

Baddeley, A. D. (1966). Short-term memory for word sequences as a function of acoustic, semantic and formal similarity. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 18(4), 362-365.

<https://doi.org/10.1080/14640746608400055>

Baddeley, A. D. (1990). The development of the concept of working memory : Implications and contributions of neuropsychology. In G. Vallar & T. Shallice (Éds.), *Neuropsychological Impairments of Short-Term Memory* (1<sup>re</sup> éd., p. 54-73). Cambridge University Press.

<https://doi.org/10.1017/CBO9780511665547.004>

Baddeley, A. D., & Hitch, G. (1974). Working memory. *Psychology of Learning and Motivation - Advances in Research and Theory*, 8(C), 47-89. Scopus. [https://doi.org/10.1016/S0079-7421\(08\)60452-1](https://doi.org/10.1016/S0079-7421(08)60452-1)

Baddeley, A. D., Thomson, N., & Buchanan, M. (1975). Word length and the structure of short-term memory. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 14(6), 575-589. [https://doi.org/10.1016/S0022-5371\(75\)80045-4](https://doi.org/10.1016/S0022-5371(75)80045-4)

Baharloo, S., Johnston, P. A., Service, S. K., Gitschier, J., & Freimer, N. B. (1998). Absolute Pitch : An Approach for Identification of Genetic and Nongenetic Components. *The American Journal of Human Genetics*, 62(2), 224-231. <https://doi.org/10.1086/301704>

Bairnsfather, J. E., Ullén, F., Osborne, M. S., Wilson, S. J., & Mosing, M. A. (2022). Investigating the Relationship Between Childhood Music Practice and Pitch-Naming Ability in Professional Musicians and a Population-Based Twin Sample. *Twin Research and Human Genetics*, 25(3), 140-148. <https://doi.org/10.1017/thg.2022.29>

Bays, P. M., Catalao, R. F. G., & Husain, M. (2009). The precision of visual working memory is set by allocation of a shared resource. *Journal of Vision*, 9(10). Scopus. <https://doi.org/10.1167/9.10.7>

Bays, P. M., & Husain, M. (2008). Dynamic Shifts of Limited Working Memory Resources in Human Vision. *Science*, 321(5890), 851-854. <https://doi.org/10.1126/science.1158023>

Berz, W. L. (1995). Working Memory in Music : A Theoretical Model. *Music Perception: An Interdisciplinary Journal*, 12(3), 353-364. <https://doi.org/10.2307/40286188>

Bouffier, M., & Majerus, S. (2019, décembre 10). *Evaluation de la précision de la mémoire de travail phonologique dans une population bilingue*. Réunion de groupe de contact de Psycholinguistique et Neurolinguistique (GCPN). <https://orbi.uliege.be/handle/2268/242187>

Bouffier, M., Poncelet, M., & Majerus, S. (2022). The linguistic constraints of precision of verbal working memory. *Memory and Cognition*, 50(7), 1464-1485. Scopus. <https://doi.org/10.3758/s13421-022-01283-5>

- Burnett Heyes, S., Zokaei, N., van der Staaij, I., Bays, P. M., & Husain, M. (2012). Development of visual working memory precision in childhood. *Developmental Science*, 15(4), 528-539.  
<https://doi.org/10.1111/j.1467-7687.2012.01148.x>
- Camos, V., Mora, G., & Barrouillet, P. (2013). Phonological Similarity Effect in Complex Span Task. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 66(10), 1927-1950.  
<https://doi.org/10.1080/17470218.2013.768275>
- Camos, V., Mora, G., Oftinger, A.-L., Mariz Elsig, S., Schneider, P., & Vergauwe, E. (2019). Does semantic long-term memory impact refreshing in verbal working memory? *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 45(9), 1664-1682.  
<https://doi.org/10.1037/xlm0000657>
- Conrad, R., & Hull, A. J. (1964). Information, acoustic confusion and memory span. *British Journal of Psychology*, 55(4), 429-432. <https://doi.org/10.1111/j.2044-8295.1964.tb00928.x>
- Cowan, N. (1995). *Attention and memory : An integrated framework* (p. xv, 321). Oxford University Press.
- Cowan, N. (2001). The magical number 4 in short-term memory : A reconsideration of mental storage capacity. *Behavioral and Brain Sciences*, 24(1), 87-114. Scopus.  
<https://doi.org/10.1017/S0140525X01003922>
- Cowan, N., Elliott, E. M., Scott Saults, J., Morey, C. C., Mattox, S., Hismajatullina, A., & Conway, A. R. A. (2005). On the capacity of attention : Its estimation and its role in working memory and cognitive aptitudes. *Cognitive Psychology*, 51(1), 42-100.  
<https://doi.org/10.1016/j.cogpsych.2004.12.001>
- Davies, S. (2012). On Defining Music. *Monist*, 95, 535-555. <https://doi.org/10.5840/monist201295427>
- Deutsch, D. (2013). 5—Absolute Pitch. In D. Deutsch (Éd.), *The Psychology of Music (Third Edition)* (p. 141-182). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-381460-9.00005-5>
- Deutsch, D., Henthorn, T., Marvin, E., & Xu, H. (2006). Absolute pitch among American and Chinese conservatory students : Prevalence differences, and evidence for a speech-related critical perioda). *The Journal of the Acoustical Society of America*, 119(2), 719-722.  
<https://doi.org/10.1121/1.2151799>

- Fallon, A. B., Groves, K., & Tehan, G. (1999). Phonological similarity and trace degradation in the serial recall task : When CAT helps RAT, but not MAN. *International Journal of Psychology*, 34(5-6), 301-307. <https://doi.org/10.1080/00207599399602>
- Fenk-Oczlon, G., & Fenk, A. (2010). Parallèles entre langage et musique : Perspective cognitive et évolutionnaire. In *Musique et évolution* (p. 171-186). Mardaga.
- <https://doi.org/10.3917/mard.delie.2010.01.0171>
- François, C., Chobert, J., Besson, M., & Schön, D. (2013). Music training for the development of speech segmentation. *Cerebral Cortex*, 23(9), 2038-2043. Scopus.
- <https://doi.org/10.1093/cercor/bhs180>
- Frederickson, N., Frith, U., & Reason, R. (1997). *Frederickson, N., Frith, U., & Reason, R. (1997). Phonological Assessment Battery (PhAB)*. Windsor NFER-Nelson. - References—Scientific Research Publishing. <https://www.scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=2747363>
- Frick, R. W. (1988). Issues of representation and limited capacity in the visuospatial sketchpad. *British Journal of Psychology (London, England: 1953)*, 79 ( Pt 3), 289-308.
- <https://doi.org/10.1111/j.2044-8295.1988.tb02289.x>
- Ghio, A. (2007). L'onde sonore : Réalités physiques et perception. In A. P. ; R. V. ; P. S. ; O. C (Éd.), *Les dysarthries*. Solal. <https://hal.science/hal-01616690>
- Gordon, E. E. (1989). *Advanced Measures of Music Audiation—Complete Kit*. GIA Publications.
- <https://giamusic.com/resource/advanced-measures-of-music-audiation-grade-7-adult-complete-kit-amma-g3372k>
- Gorgoraptis, N., Catalao, R. F. G., Bays, P. M., & Husain, M. (2011). Dynamic updating of working memory resources for visual objects. *The Journal of Neuroscience: The Official Journal of the Society for Neuroscience*, 31(23), 8502-8511. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.0208-11.2011>
- Gorin, S., Kowialiewski, B., & Majerus, S. (2016). Domain-generality of timing-based serial order processes in short-term memory : New insights from musical and verbal domains. *PLoS ONE*, 11(12). Scopus. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0168699>

- Gorin, S., & Majerus, S. (2019). Verbal and Musical Short-Term Memory : Evidence for Shared Serial Order Processes? *Psychologica Belgica*, 59(1), 177-205. <https://doi.org/10.5334/pb.426>
- Hanley, J. R., & Bakopoulou, E. (2003). Irrelevant speech, articulatory suppression, and phonological similarity : A test of the phonological loop model and the feature model. *Psychonomic Bulletin & Review*, 10(2), 435-444. <https://doi.org/10.3758/bf03196503>
- Hao, J., Zhong, Y., Pang, Y., Jing, Y., Liu, Y., Li, H., Li, J., & Zheng, M. (2023). The relationship between music training and cognitive flexibility : An ERP study. *Frontiers in Psychology*, 14. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2023.1276752>
- Healy, A. F. (1974). Separating item from order information in short-term memory. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 13(6), 644-655. [https://doi.org/10.1016/S0022-5371\(74\)80052-6](https://doi.org/10.1016/S0022-5371(74)80052-6)
- Hepner, C. R., & Nozari, N. (2019). Resource allocation in phonological working memory : Same or different principles from vision? *Journal of Memory and Language*, 106, 172-188. <https://doi.org/10.1016/j.jml.2019.03.003>
- Ho, Y.-C., Cheung, M.-C., & Chan, A. S. (2003). Music training improves verbal but not visual memory : Cross-sectional and longitudinal explorations in children. *Neuropsychology*, 17(3), 439-450. <https://doi.org/10.1037/0894-4105.17.3.439>
- Huang, L. (2010). Visual working memory is better characterized as a distributed resource rather than discrete slots. *Journal of Vision*, 10(14), 8. <https://doi.org/10.1167/10.14.8>
- Hulme, C., Maughan, S., & Brown, G. D. A. (1991). Memory for familiar and unfamiliar words : Evidence for a long-term memory contribution to short-term memory span. *Journal of Memory and Language*, 30(6), 685-701. [https://doi.org/10.1016/0749-596X\(91\)90032-F](https://doi.org/10.1016/0749-596X(91)90032-F)
- Jackson, M. C., Linden, D. E. J., Roberts, M. V., Kriegeskorte, N., & Haenschel, C. (2015). Similarity, not complexity, determines visual working memory performance. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 41(6), 1884-1892. <https://doi.org/10.1037/xlm0000125>
- James, C. E., Tingaud, M., Laera, G., Guedj, C., Zuber, S., Diambrini Palazzo, R., Vukovic, S., Richiardi, J., Kliegel, M., & Marie, D. (2024). Cognitive enrichment through art : A

- randomized controlled trial on the effect of music or visual arts group practice on cognitive and brain development of young children. *BMC Complementary Medicine and Therapies*, 24(1). Scopus. <https://doi.org/10.1186/s12906-024-04433-1>
- Joseph, S., Iverson, P., Manohar, S., Fox, Z., Scott, S. K., & Husain, M. (2015). Precision of working memory for speech sounds. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 68(10), 2022-2040. Scopus. <https://doi.org/10.1080/17470218.2014.1002799>
- Karabay, A., Nijenkamp, R., Sarampalis, A., & Fougnie, D. (2024). Introducing ART : A new method for testing auditory memory with circular reproduction tasks. *Behavior Research Methods*, 56(8), 8330-8348. <https://doi.org/10.3758/s13428-024-02477-2>
- Kraus, N., & Chandrasekaran, B. (2010). Music training for the development of auditory skills. *Nature Reviews Neuroscience*, 11(8), 599-605. <https://doi.org/10.1038/nrn2882>
- Kraus, N., Skoe, E., Parbery-Clark, A., & Ashley, R. (2009). Experience-induced malleability in neural encoding of pitch, timbre, and timing. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1169, 543-557. <https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.2009.04549.x>
- Lappe, C., Herholz, S., Trainor, L., & Pantev, C. (2008). Cortical Plasticity Induced by Short-Term Unimodal and Multimodal Musical Training. *The Journal of neuroscience : the official journal of the Society for Neuroscience*, 28, 9632-9639.  
<https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.2254-08.2008>
- Lee, M. D., & Wagenmakers, E.-J. (2014). *Bayesian Cognitive Modeling : A Practical Course*. Cambridge University Press.
- Lee, Y., Lu, M., & Ko, H. (2007). Effects of skill training on working memory capacity. *Learning and Instruction*, 17(3), 336-344. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2007.02.010>
- Levitin, D. J. (2004). L'oreille absolue : Autoréférencement et mémoire. *L'Année psychologique*, 104(1), 103-120. <https://doi.org/10.3406/psy.2004.3930>
- Lian, A., Karisen, P. J., & Winsvold, B. (2001). A re-evaluation of the phonological similarity effect in adults' short-term memory of words and nonwords. *Memory (Hove, England)*, 9(4-6), 281-299. <https://doi.org/10.1080/09658210143000074>

- Loaiza, V. M., Duperreault, K. A., Rhodes, M. G., & McCabe, D. P. (2015). Long-term semantic representations moderate the effect of attentional refreshing on episodic memory. *Psychonomic Bulletin & Review*, 22(1), 274-280. <https://doi.org/10.3758/s13423-014-0673-7>
- Luck, S. J., & Vogel, E. K. (1997). The capacity of visual working memory for features and conjunctions. *Nature*, 390(6657), 279-281. <https://doi.org/10.1038/36846>
- Ma, W. J., Husain, M., & Bays, P. M. (2014). Changing concepts of working memory. *Nature Neuroscience*, 17(3), 347-356. <https://doi.org/10.1038/nn.3655>
- Majerus, S. (2010). Les multiples déterminants de la mémoire à court terme verbale : Implications théoriques et évaluatives. *Développements*, 4(1), 5-15. <https://doi.org/10.3917/devel.004.0005>
- Majerus, S. (2013). Language repetition and short-term memory : An integrative framework. *Frontiers in Human Neuroscience*, 7. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2013.00357>
- Majerus, S. (2019). Verbal working memory and the phonological buffer : The question of serial order. *Cortex*, 112, 122-133. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2018.04.016>
- Majerus, S. (2023). Les troubles de la rétention en mémoire à court terme/ mémoire de travail. In *Traité de neuropsychologie clinique de l'adulte* (De Broek Supérieur, p. 215-304).
- Majerus, S., Heiligenstein, L., Gautherot, N., Poncelet, M., & Linden, M. V. der. (2009). Impact of auditory selective attention on verbal short-term memory and vocabulary development. *Journal of Experimental Child Psychology*, 103(1), 66-86. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2008.07.004>
- Majerus, S., Norris, D., & Patterson, K. (2007). What does a patient with semantic dementia remember in verbal short-term memory? Order and sound but not words. *Cognitive Neuropsychology*, 24(2), 131-151. <https://doi.org/10.1080/02643290600989376>
- Mathôt, S., Schreij, D., & Theeuwes, J. (2012). OpenSesame : An open-source, graphical experiment builder for the social sciences. *Behavior Research Methods*, 44(2), 314-324. <https://doi.org/10.3758/s13428-011-0168-7>
- Miller, G. A. (1956). The magical number seven, plus or minus two : Some limits on our capacity for processing information. *Psychological Review*, 63(2), 81-97. <https://doi.org/10.1037/h0043158>

- Moreno, S., Bialystok, E., Barac, R., Schellenberg, E. G., Cepeda, N. J., & Chau, T. (2011). Short-Term Music Training Enhances Verbal Intelligence and Executive Function. *Psychological science*, 22(11), 1425-1433. <https://doi.org/10.1177/0956797611416999>
- Moreno, S., & Farzan, F. (2015). Music training and inhibitory control : A multidimensional model. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1337(1), 147-152. <https://doi.org/10.1111/nyas.12674>
- Morton, J. (1979). Word recognition. *Psycholinguistics 2: Structures and Processes*, 107-156.
- New, B., Pallier, C., Brysbaert, M., & Ferrand, L. (2004). Lexique 2 : A new French lexical database. *Behavior Research Methods, Instruments, & Computers*, 36(3), 516-524. <https://doi.org/10.3758/BF03195598>
- Oberauer, K., & Lin, H.-Y. (2023). An Interference Model for Visual and Verbal Working Memory. *Journal of Experimental Psychology: Learning Memory and Cognition*. Scopus. <https://doi.org/10.1037/xlm0001303>
- Orsini, A., Chiacchio, L., Cinque, M., Cocchiaro, C., Schiappa, O., & Grossi, D. (1986). Effects of Age, Education and Sex on Two Tests of Immediate Memory : A Study of Normal Subjects from 20 to 99 Years of Age. *Perceptual and Motor Skills*, 63(2), 727-732. <https://doi.org/10.2466/pms.1986.63.2.727>
- Parbery-Clark, A., Skoe, E., Lam, C., & Kraus, N. (2009). Musician Enhancement for Speech-In-Noise. *Ear and Hearing*, 30(6), 653. <https://doi.org/10.1097/AUD.0b013e3181b412e9>
- Poirier, M., & Saint-Aubin, J. (1996). Immediate serial recall, word frequency, item identity and item position. *Canadian Journal of Experimental Psychology / Revue canadienne de psychologie expérimentale*, 50(4), 408-412. <https://doi.org/10.1037/1196-1961.50.4.408>
- Postle, B. R. (2006). Working memory as an emergent property of the mind and brain. *Neuroscience*, 139(1), 23-38. <https://doi.org/10.1016/j.neuroscience.2005.06.005>
- Robert, A., & Université de Liège > Master sc. psycho., À. F. (2023). *Influence de la charge cognitive sur la précision phonologique et sémantique en mémoire de travail verbale. Sous-projet : Aspects acoustico-phonologiques*. <https://matheo.uliege.be/handle/2268.2/19311>

- Roden, I., Grube, D., Bongard, S., & Kreutz, G. (2014). Does music training enhance working memory performance? Findings from a quasi-experimental longitudinal study. *Psychology of Music*, 42(2), 284-298. <https://doi.org/10.1177/0305735612471239>
- Sayers, B. M., & Cherry, E. C. (1957). Mechanism of Binaural Fusion in the Hearing of Speech. *Journal of the Acoustical Society of America*, 29(9), 973-987. Scopus. <https://doi.org/10.1121/1.1914990>
- Schellenberg, E. G., & W. Weiss, M. (2013). 12—Music and Cognitive Abilities. In D. Deutsch (Ed.), *The Psychology of Music (Third Edition)* (p. 499-550). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-381460-9.00012-2>
- Schönbrodt, F. D., & Wagenmakers, E.-J. (2018). Bayes factor design analysis : Planning for compelling evidence. *Psychonomic Bulletin & Review*, 25(1), 128-142. <https://doi.org/10.3758/s13423-017-1230-y>
- Schulze, K., & Tillmann, B. (2013). Working memory for pitch, timbre, and words. *Memory*, 21(3), 377-395. <https://doi.org/10.1080/09658211.2012.731070>
- Skoe, E., & Kraus, N. (2012). A Little Goes a Long Way : How the Adult Brain Is Shaped by Musical Training in Childhood. *Journal of Neuroscience*, 32(34), 11507-11510. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.1949-12.2012>
- Stephane, M., Ince, N. F., Kuskowski, M., Leuthold, A., Tewfik, A. H., Nelson, K., McClannahan, K., Fletcher, C. R., & Tadipatri, V. A. (2010). Neural oscillations associated with the primacy and recency effects of verbal working memory. *Neuroscience Letters*, 473(3), 172-177. <https://doi.org/10.1016/j.neulet.2010.02.025>
- Suárez, L., Elangovan, S., & Au, A. (2016). Cross-sectional study on the relationship between music training and working memory in adults. *Australian Journal of Psychology*, 68(1), 38-46. <https://doi.org/10.1111/ajpy.12087>
- Talamini, F., Altoè, G., Carretti, B., & Grassi, M. (2017). Musicians have better memory than nonmusicians : A meta-analysis. *PLOS ONE*, 12(10), e0186773. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0186773>

- Terhardt, E. (1978). Psychoacoustic evaluation of musical sounds. *Perception & Psychophysics*, 23(6), 483-492. <https://doi.org/10.3758/BF03199523>
- Thomson, B., Crewther, D. P., & Crewther, S. G. (2006). Wots that werd? Pseudowords (non-words) may be a misleading measure of phonological skills in young learner readers. *Dyslexia*, 12(4), 289-299. <https://doi.org/10.1002/dys.328>
- Tseng, H.-C., & Hsieh, I.-H. (2024). Effects of absolute pitch on brain activation and functional connectivity during hearing-in-noise perception. *Cortex*, 174, 1-18.  
<https://doi.org/10.1016/j.cortex.2024.02.011>
- Watkins, M. J. (1977). The intricacy of memory span. *Memory & Cognition*, 5(5), 529-534.  
<https://doi.org/10.3758/BF03197396>
- Weatherhead, A. (2024). Types of Percussion Instruments : A Full List. *Drummerworld Articles*.  
<https://www.drummerworld.com/articles/news/types-of-percussion-instruments/>
- Wechsler, D. (2011). *Échelle d'intelligence de Wechsler pour adultes—Quatrième édition (WAIS-IV)*. Les Éditions du Centre de Psychologie Appliquée.
- West Marvin, E., VanderStel, J., & Siu, J. C.-S. (2020). In their own words : Analyzing the extents and origins of absolute pitch. *Psychology of Music*, 48(6), 808-823.  
<https://doi.org/10.1177/0305735619832959>
- Williamson, V. J., Baddeley, A. D., & Hitch, G. J. (2010). Musicians' and nonmusicians' short-term memory for verbal and musical sequences : Comparing phonological similarity and pitch proximity. *Memory and Cognition*, 38(2), 163-175. Scopus.  
<https://doi.org/10.3758/MC.38.2.163>
- Zhang, W., & Luck, S. J. (2008). Discrete fixed-resolution representations in visual working memory. *Nature*, 453(7192), 233-235. <https://doi.org/10.1038/nature06860>
- Zokaei, N., Gorgoraptis, N., Bahrami, B., Bays, P. M., & Husain, M. (2011a). Precision of working memory for visual motion sequences and transparent motion surfaces. *Journal of Vision*, 11(14), 2. <https://doi.org/10.1167/11.14.2>

Zokaei, N., Gorgoraptis, N., Bahrami, B., Bays, P. M., & Husain, M. (2011b). Precision of working memory for visual motion sequences and transparent motion surfaces. *Journal of Vision*, 11(14), 2. <https://doi.org/10.1167/11.14.2>

## ANNEXES

### A. Questionnaire d'anamnèse (Robert, 2023)

Sujet :	Note Standard Vocabulaire :
Date :	Note Standard Matrices :
Anamnèse	
Age (années + mois) :	.....
Sexe :	.....
Profession :	.....
Années d'études ( primaire + secondaire + supérieur ) :	.....
Dernier diplôme obtenu :	.....
Langue maternelle :	.....
Parlez-vous couramment d'autres langues ? Oui - Non	
Si oui, la(les)quelle(s) ?	.....
Latéralité : Droite – Gauche – Ambidextre	
Souffrez-vous de problèmes d'auditions ? Oui – Non	
Si oui, lesquels ?	.....
Souffrez-vous ou avez-vous souffert de troubles neurologiques, psychiatriques ou d'apprentissage (dyslexie) ? Oui – Non	
Si oui, lesquels ?	.....
A quel niveau estimez-vous votre expertise musicale ?	
1) Je ne suis pas musicien et j'écoute peu de musique ou je n'aime pas la musique.	
2) Je ne suis pas musicien mais j'écoute beaucoup de musique et/ou j'ai des connaissances musicales.	
3) Je suis musicien autodidacte, j'ai appris à jouer de la musique par moi-même et je n'ai suivi aucun enseignement académique.	
4) Je suis musicien amateur, j'ai suivi un enseignement académique et je joue régulièrement.	
5) Je suis musicien semi-professionnel, j'ai suivi un enseignement et j'aspire à me perfectionner et à faire de la musique mon métier.	
6) Je suis musicien professionnel, la musique est mon métier.	
Quelle activité musicale pratiquez-vous ou avez-vous pratiquée ?	.....
Depuis combien de temps pratiquez-vous de la musique ?	.....
Combien d'heures par semaines pratiquez-vous actuellement ?	.....

## B. Résultats des analyses des temps de réponse

### Tâches verbales

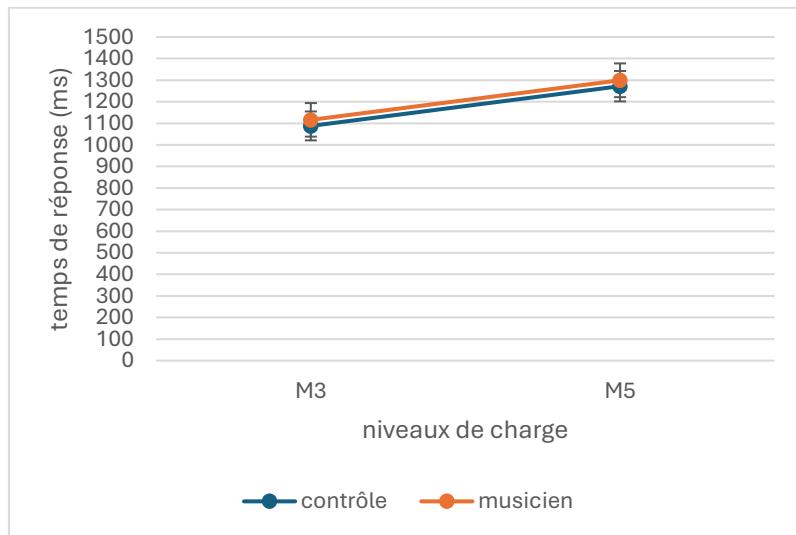
- Temps de réponse de la condition de similarité positive, tâches de précision verbale

*Tableau 8 : Résultats de l'ANOVA bayésienne à mesures répétées des temps de réponse en modalité verbale, condition de similarité positive*

Modèles	P(M)	P(M data)	BF <sub>M</sub>	BF <sub>10</sub>	% d'erreur
Modèle nul	0.20	2.04x10 <sup>-5</sup>	8.15x10 <sup>-5</sup>	1.00	
<b>Charge</b>	<b>0.20</b>	<b>0.68</b>	<b>8.63</b>	<b>3.35x10<sup>4</sup></b>	<b>0.96</b>
Charge + Groupe	0.20	0.26	1.4	1.27x10 <sup>4</sup>	3.20
Charge + Groupe + Charge*Groupe	0.20	0.06	0.24	2.82x10 <sup>3</sup>	3.89
Groupe	0.20	6.92x10 <sup>-6</sup>	2.77x10 <sup>-5</sup>	0.34	2.73

Note : ce sont les 5 meilleurs modèles explicatifs, avec le meilleur mis en évidence (en gras) ; l'astérisque (\*) représente les interactions entre les facteurs. P(M) = probabilité du modèle avant les données ; P(M|data) = probabilité du modèle après les données ; BF<sub>M</sub> = poids des preuves en faveur du modèle par rapport au nul ; BF<sub>10</sub> = poids des preuves en faveur de l'hypothèse alternative par rapport à l'hypothèse nulle ; % d'erreur = erreur d'approximation.

*Graphique 11 : moyennes des temps de réponse dans les deux groupes en fonction de la condition de similarité positive et des deux niveaux de charge dans les tâches de précision verbale*



Note : M3 = séries à 3 items, M5 = séries à 5 items ; barres d'erreur

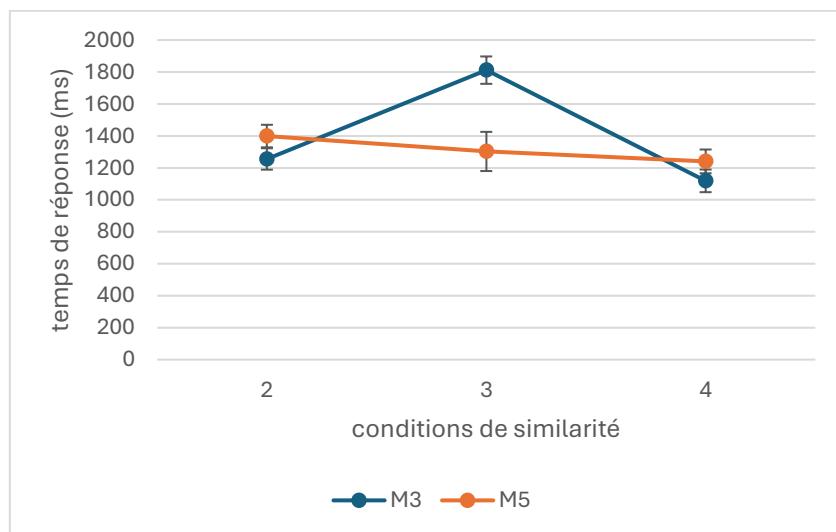
- Temps de réponse des conditions de similarité négatives, tâche de précision verbale

Tableau 9 : Résultats de l'ANOVA bayésienne à mesures répétées des temps de réponse en modalité verbale, conditions de similarités négatives

Modèles	P(M)	P(M data)	BF <sub>M</sub>	BF <sub>10</sub>	%d'erreur
Modèle nul	0.053	2.74x10 <sup>-6</sup>	4.93x10 <sup>-5</sup>	1.00	
<b>Charge + Similarité</b>	<b>0.053</b>	<b>0.56</b>	<b>22.78</b>	<b>2.04x10<sup>5</sup></b>	<b>2.10</b>
Charge + Similarité + Groupe	0.053	0.21	4.67	7.5x10 <sup>4</sup>	4.17
Charge + Similarité + Groupe + Charge*Groupe	0.053	0.16	3.35	5.7x10 <sup>4</sup>	43.74
Charge	0.053	0.02	0.41	8.1x10 <sup>3</sup>	1.7
Charge + Similarité + Charge*Similarité	0.053	0.02	0.36	7.2x10 <sup>3</sup>	2.04
Charge + Similarité + Groupe + Similarité*Groupe	0.053	0.01	0.16	3.2x10 <sup>3</sup>	6.37
Charge + Groupe	0.053	0.01	0.15	2.92x10 <sup>3</sup>	3.45
Charge + Similarité + Groupe + Charge*Similarité	0.053	0.01	0.12	2.49x10 <sup>3</sup>	5.42
Charge + Similarité + Groupe + Charge*Groupe + Similarité*Groupe	0.053	0.01	0.09	1.9x10 <sup>3</sup>	86.09

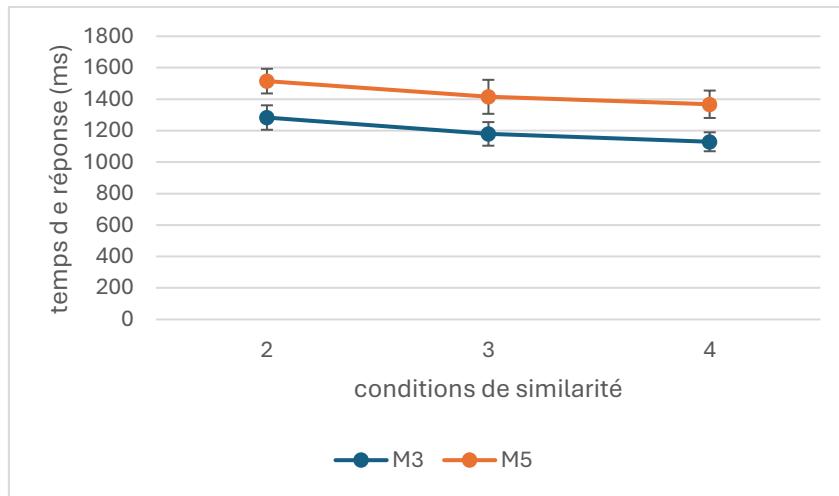
Note : ce sont les 10 meilleurs modèles explicatifs, avec le meilleur mis en évidence (en gras) ; l'astérisque (\*) représente les interactions entre les facteurs. P(M) = probabilité du modèle avant les données ; P(M|data) = probabilité du modèle après les données ; BF<sub>M</sub> = poids des preuves en faveur du modèle par rapport au nul ; BF<sub>10</sub> = poids des preuves en faveur de l'hypothèse alternative par rapport à l'hypothèse nulle ; % d'erreur = erreur d'approximation.

Graphique 12 : moyennes des temps de réponse dans le groupe contrôle en fonction des conditions de similarité négatives et des deux niveaux de charge dans les tâches de précision verbale



Note : temps de réponse (ms) ; 2 = condition de similarité 2 (différence par ambiguïté phonétique), 3 = condition de similarité 3 (différence au niveau du trait de voisement), 4 = condition de similarité 4 (phonème différent) ; M3 = séries à 3 items, M5 = séries à 5 items ; barres d'erreur

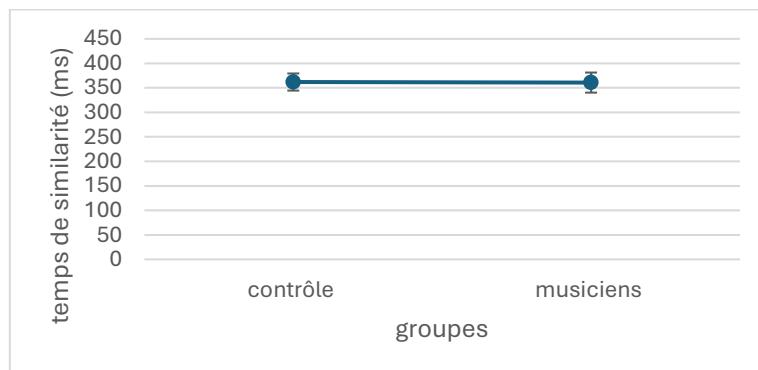
*Graphique 13 : moyennes des temps de réponse dans le groupe des musiciens en fonction des conditions de similarité négatives et des deux niveaux de charge dans les tâches de précision verbale*



Note : 2 = condition de similarité 2 (différence par ambiguïté phonétique), 3 = condition de similarité 3 (différence au niveau du trait de voisement), 4 = condition de similarité 4 (phonème différent) ; M3 = séries à 3 items, M5 = séries à 5 items ; barres d'erreur

- Temps de réponse de la condition de similarité positive, tâche de discrimination verbale

*Graphique 14 : moyenne des temps de réponse des deux groupes en fonction de la condition de similarité dans la tâche de discrimination musicale*



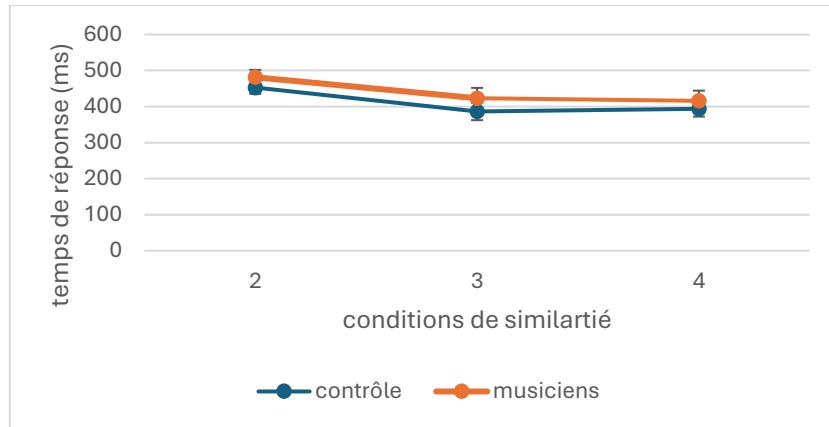
- Temps de réponse des conditions de similarité négatives, tâche de discrimination verbale

*Tableau 10 : Résultats de l'ANOVA bayésienne à mesures répétées des temps de réponse de la discrimination verbale, conditions de similarité négatives*

Modèles	P(M)	P(M data)	BF <sub>M</sub>	BF <sub>10</sub>	%d'erreur
Modèle nul	0.20	0.01	0.02	1.00	
<b>Similarité</b>	<b>0.20</b>	<b>0.71</b>	<b>9.84</b>	<b>125.07</b>	<b>2.57</b>
Similarité + Groupe	0.20	0.26	1.43	46.23	1.49
Groupe	0.20	0.02	0.07	3.21	1.24
Similarité + Groupe + Similarité*Groupe	0.20	0.002	0.01	0.38	2.03

Note : ce sont les 5 meilleurs modèles explicatifs, avec le meilleur mis en évidence (en gras) ; l'astérisque (\*) représente les interactions entre les facteurs.  $P(M)$  = probabilité du modèle avant les données ;  $P(M|data)$  = probabilité du modèle après les données ;  $BF_M$  = poids des preuves en faveur du modèle par rapport au nul ;  $BF_{10}$  = poids des preuves en faveur de l'hypothèse alternative par rapport à l'hypothèse nulle ; % d'erreur = erreur d'approximation.

Graphique 15 : moyenne des temps de réponse des deux groupes en fonction des conditions de similarité négatives dans la tâche de discrimination verbale



Note : 2 = condition de similarité 2 (différence par ambiguïté phonétique), 3 = condition de similarité 3 (différence au niveau du trait de voisement), 4 = condition de similarité 4 (phonème différent) ; barres d'erreur

## Tâches musicales

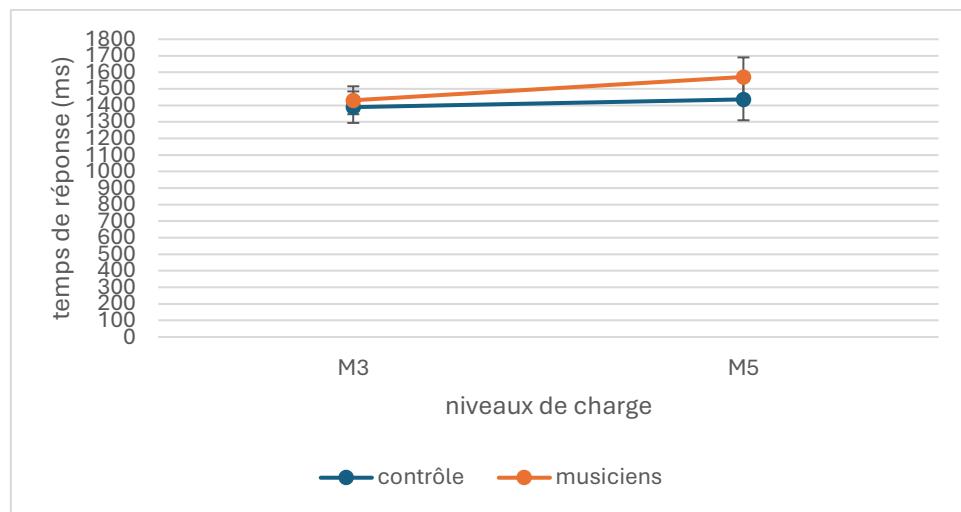
- Temps de réponse de la condition de similarité positive, tâche de précision musicale

Tableau 11 : Résultats de l'ANOVA bayésienne à mesures répétées des temps de réponse en modalité musicale, condition de similarité positive

Modèles	$P(M)$	$P(M data)$	$BF_M$	$BF_{10}$	% d'erreur
<b>Modèle nul</b>	<b>0.20</b>	<b>0.45</b>	<b>3.25</b>	<b>1.00</b>	
Charge	0.20	0.25	1.32	0.55	1.43
Groupe	0.20	0.18	0.87	0.40	2.59
Charge + Groupe	0.20	0.10	0.44	0.22	3.14
Charge + Groupe + Charge*Groupe	0.20	0.03	0.11	0.06	4.03

Note : ce sont les 5 meilleurs modèles explicatifs, avec le meilleur mis en évidence (en gras) ; l'astérisque (\*) représente les interactions entre les facteurs.  $P(M)$  = probabilité du modèle avant les données ;  $P(M|data)$  = probabilité du modèle après les données ;  $BF_M$  = poids des preuves en faveur du modèle par rapport au nul ;  $BF_{10}$  = poids des preuves en faveur de l'hypothèse alternative par rapport à l'hypothèse nulle ; % d'erreur = erreur d'approximation.

*Graphique 16 : moyennes des temps de réponse dans les deux groupes en fonction de la condition de similarité positive et des deux niveaux de charge dans les tâches de précision musicale*



Note : M3 = séries à 3 items, M5 = séries à 5 items ; barres d'erreur

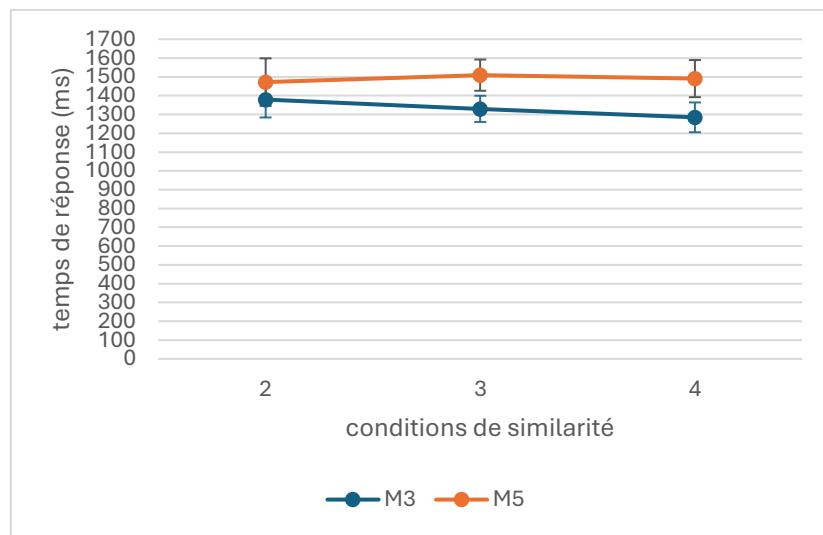
- Temps de réponse des conditions de similarité négatives, tâche de précision musicale

*Tableau 12 : Résultats de l'ANOVA bayésienne à mesures répétées des temps de réponse en modalité musicale, conditions de similarité négatives*

Modèles	P(M)	P(M data)	BF <sub>M</sub>	BF <sub>10</sub>	%d'erreur
Modèle nul	0.053	2.85x10 <sup>-10</sup>	5.13x10 <sup>-9</sup>	1.00	
Charge + Similarité + Groupe +	<b>0.053</b>	<b>0.43</b>	<b>13.37</b>	<b>1.5x10<sup>9</sup></b>	<b>40.94</b>
Charge*Similarité + Similarité*Groupe					
Charge + Similarité + Groupe +	0.053	0.25	5.85	8.61x10 <sup>8</sup>	51.34
Charge*Similarité + Charge*Groupe +					
Similarité*Groupe					
Charge + Similarité + Groupe +	0.053	0.24	5.52	8.23x10 <sup>8</sup>	23.71
Similarité*Groupe					
Charge + Similarité + Groupe +	0.053	0.04	0.73	1.37x10 <sup>8</sup>	50.79
Charge*Groupe + Similarité*Groupe					
Charge + Similarité + Groupe +	0.053	0.03	0.52	9.76x10 <sup>7</sup>	38.88
Charge*Similarité + Charge*Groupe +					
Similarité*Groupe +					
Charge*Similarité*Groupe					
Charge + Similarité + Charge*Similarité	0.053	0.01	0.23	4.34x10 <sup>7</sup>	6.82
Charge + Similarité + Groupe +	0.053	0.01	0.11	2.05x10 <sup>7</sup>	29.63
Charge*Similarité					
Charge + Similarité	0.053	0.01	0.09	1.76x10 <sup>7</sup>	6.01
Charge + Similarité + Groupe +	0.053	0.002	0.04	8.37x10 <sup>6</sup>	41.65
Charge*Similarité + Charge*Groupe					

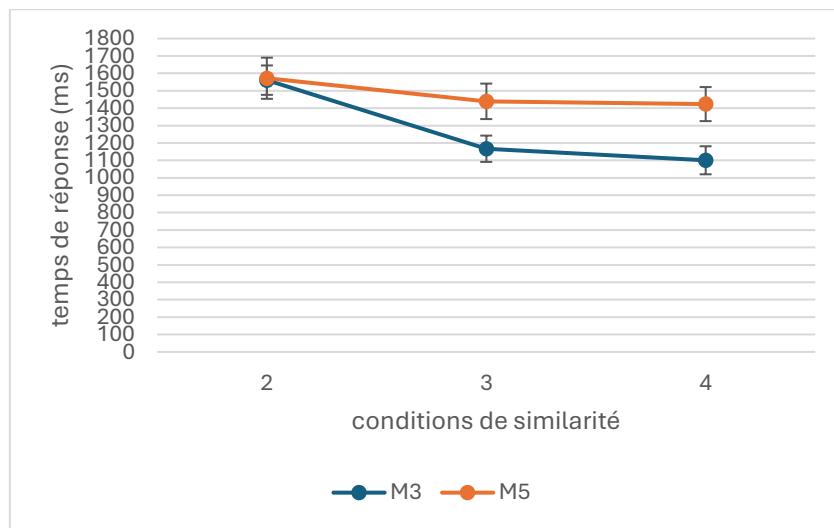
Note : ce sont les 10 meilleurs modèles explicatifs, avec le meilleur mis en évidence (en gras) ; l'astérisque (\*) représente les interactions entre les facteurs. P(M) = probabilité du modèle avant les données ; P(M|data) = probabilité du modèle après les données ; BF<sub>M</sub> = poids des preuves en faveur du modèle par rapport au nul ; BF<sub>10</sub> = poids des preuves en faveur de l'hypothèse alternative par rapport à l'hypothèse nulle ; % d'erreur = erreur d'approximation.

*Graphique 17 : moyennes des temps de réponse dans le groupe contrôle en fonction des conditions de similarité négatives et des deux niveaux de charge dans les tâches de précision musicale*



Note : temps de réponse (ms) ; 2 = condition de similarité 2 (différence d'un quart de ton), 3 = condition de similarité 3 (différence d'un demi-ton), 4 = condition de similarité 4 (différence d'un ton) ; M3 = séries à 3 items, M5 = séries à 5 items ; barres d'erreur

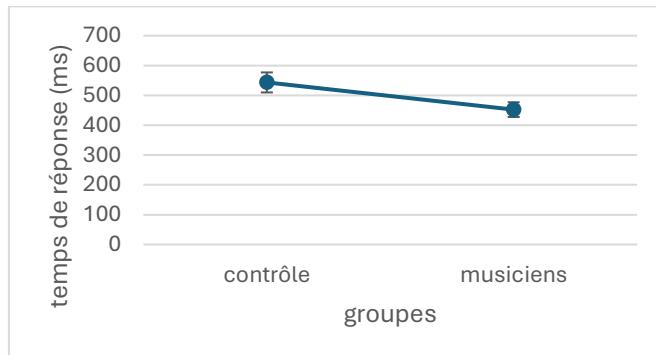
*Graphique 18 : moyennes des temps de réponse dans le groupe des musiciens en fonction des conditions de similarité négatives et des deux niveaux de charge dans les tâches de précision musicale*



Note : temps de réponse (ms) ; 2 = condition de similarité 2 (différence d'un quart de ton), 3 = condition de similarité 3 (différence d'un demi-ton), 4 = condition de similarité 4 (différence d'un ton) ; M3 = séries à 3 items, M5 = séries à 5 items ; barres d'erreur

- Temps de réponse de la condition de similarité positive, tâche de discrimination musicale

*Graphique 19 : moyenne des temps de réponse des deux groupes en fonction de la condition de similarité positive dans la tâche de discrimination musicale*



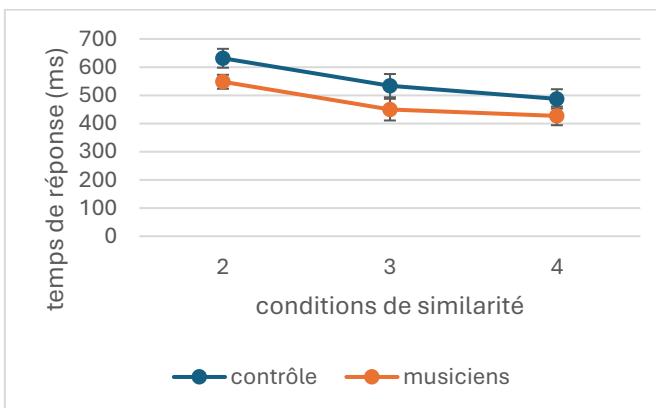
- Temps de réponse des conditions de similarité négatives, tâche de discrimination musicale

*Tableau 13 : Résultats de l'ANOVA bayésienne à mesures répétées des temps de réponse de la discrimination musicale, conditions de similarité négatives*

Modèles	P(M)	P(M data)	BF <sub>M</sub>	BF <sub>10</sub>	%d'erreur
Modèle nul	0.20	3.53x10 <sup>-5</sup>	1.41 x10 <sup>-4</sup>	1.00	
<b>Similarité</b>	<b>0.20</b>	<b>0.49</b>	<b>3.83</b>	<b>1.39x10<sup>4</sup></b>	<b>1.44</b>
Similarité + Groupe	0.20	0.48	3.61	1.35x10 <sup>4</sup>	1.5
Similarité + Groupe +	0.20	0.04	0.15	1.02x10 <sup>3</sup>	2.46
Similarité*Groupe					
Groupe	0.20	3.36x10 <sup>-5</sup>	1.34x10 <sup>-4</sup>	0.95	1.08

Note : ce sont les 5 meilleurs modèles explicatifs, avec le meilleur mis en évidence (en gras) ; l'astérisque (\*) représente les interactions entre les facteurs. P(M) = probabilité du modèle avant les données ; P(M|data) = probabilité du modèle après les données ; BF<sub>M</sub> = poids des preuves en faveur du modèle par rapport au nul ; BF<sub>10</sub> = poids des preuves en faveur de l'hypothèse alternative par rapport à l'hypothèse nulle ; % d'erreur = erreur d'approximation.

*Graphique 20 : moyenne des temps de réponse des deux groupes en fonction des conditions de similarité négatives dans la tâche de discrimination musicale*



Note : temps de réponse (ms) ; 2 = condition de similarité 2 (différence d'un quart de ton), 3 = condition de similarité 3 (différence d'un demi-ton), 4 = condition de similarité 4 (différence d'un ton) ; barres d'erreur

### C. Tâches de précision : quelques exemples des listes (Robert, 2023)

Modalité verbale 3 items :

Item 1	Item 2	Item 3	Cible	Similarité
pogme	chlese	<b>tivre</b>	<b>tivre</b>	1
<b>vescles</b>	squgue	dedre	<b>necles</b>	4
<b>cholf_amb</b>	vadre	dibres	<b>jolf</b>	2
jautre	<b>subge</b>	plande	<b>zubge</b>	3

Note : La condition 1 de similarité est positive (item 1 = item 2). Les autres conditions sont négatives (item 1 ≠ item 2) avec des contrastes différents au niveau du premier phonème (2 = ambiguïté phonétique ; 3 = modification du trait de voisement ; 4 = phonème différent). Les essais étaient présentés aléatoirement par OpenSesame.

Modalité verbale 5 items :

Item 1	Item 2	Item 3	Item 4	Item 5	Cible	Similarité
dorgue	touge	<b>cucré</b>	juits	chesait	<b>cucré</b>	1
fouile	jolf	<b>tefre</b>	douac	fadre	<b>refre</b>	4
reclle	tedre	<b>vadre</b>	qiande	louple	<b>fadre_amb</b>	2
flauge	chuvis	<b>dedre</b>	psuee	svanque	<b>tedre</b>	3

Note : La condition 1 de similarité est positive (item 1 = item 2). Les autres conditions sont négatives (item 1 ≠ item 2) avec des contrastes différents au niveau du premier phonème (2 = ambiguïté phonétique ; 3 = modification du trait de voisement ; 4 = phonème différent). Les essais étaient présentés aléatoirement par OpenSesame.

Modalité musicale 3 items :

Item 1	Item 2	Item 3	Cible	Similarité
re_qh	<b>fa</b>	do_qh	<b>fa</b>	1
mi	<b>sol</b>	re_qb	<b>la</b>	4
sol_qh	<b>si_qb</b>	mi	<b>si</b>	2
sol_#	mi	<b>do_#</b>	<b>re</b>	3

Note : La condition 1 de similarité est positive (item 1 = item 2). Les autres conditions sont négatives (item 1 ≠ item 2) avec des intervalles différents (2 = quart de ton, 3 = demi-ton ; 4 = ton). Les essais étaient présentés aléatoirement par OpenSesame. # = plus haut d'un demi-ton ; qh = plus haut d'un quart de ton ; qb = plus bas d'un quart de ton

Modalité musicale 5 items :

Item 1	Item 2	Item 3	Item 4	Item 5	Cible	Similarité
re_qh	mi_qh	<b>si_qh</b>	do_qh	fa_#	<b>si_qh</b>	1
re_#	si_qh	<b>la</b>	mi_qh	do_qh	<b>sol</b>	4
sol_qb	la_#	fa_qh	<b>si_qh</b>	mi_qh	<b>si</b>	2
sol_#	mi_qb	<b>re_#</b>	la_#	fa_qh	<b>re</b>	3

Note : La condition 1 de similarité est positive (item 1 = item 2). Les autres conditions sont négatives (item 1 ≠ item 2) avec des intervalles différents (2 = quart de ton, 3 = demi-ton ; 4 = ton). Les essais étaient présentés aléatoirement par OpenSesame. # = plus haut d'un demi-ton ; qh = plus haut d'un quart de ton ; qb = plus bas d'un quart de ton

## D. Tâches de discrimination : quelques exemples des listes (Robert, 2023)

Discrimination verbale :

Item 1	Item 2	Similarité
fouile	fouile	1
scroue	scroue	1
fadre	fadre_amb	2
cisc	cisc_amb	2
gucre	cucré	3
tronze	dronze	3
puvis	chuvis	4
nimple	guimble	4

Note : La condition 1 de similarité est positive (item 1 = item 2). Les autres conditions sont négatives (item 1 ≠ item 2) avec des contrastes différents au niveau du premier phonème (2 = ambiguïté phonétique ; 3 = modification du trait de voisement ; 4 = phonème différent). Les essais étaient présentés aléatoirement par OpenSesame.

Discrimination musicale :

Item 1	Item 2	Similarité
mi_qb	mi_qb	1
fa	fa	1
si	si_qb	2
fa_qh	fa	2
re	do_#	3
sol	sol_#	3
si	La	4
do	re	4

Note : La condition 1 de similarité est positive (item 1 = item 2). Les autres conditions sont négatives (item 1 ≠ item 2) avec des intervalles différents (2 = quart de ton, 3 = demi-ton ; 4 = ton). Les essais étaient présentés aléatoirement par OpenSesame. # = plus haut d'un demi-ton ; qh = plus haut d'un quart de ton ; qb = plus bas d'un quart de ton