

## **Effet du vieillissement normal sur l'inhibition cognitive en mémoire de travail : un déclin spécifique à la modalité de l'information inhibée ?**

**Auteur :** Rifon, Lucas

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

**Faculté :** Faculté de Psychologie, Logopédie et Sciences de l'Éducation

**Diplôme :** Master en sciences psychologiques, à finalité spécialisée en neuroscience cognitive et comportement

**Année académique :** 2022-2023

**URI/URL :** <http://hdl.handle.net/2268.2/19303>

---

### *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'éducation  
Mémoire présenté en vue de l'obtention du grade de Master en  
Sciences psychologiques

*Effet du vieillissement normal sur l'inhibition cognitive  
en mémoire de travail : un déclin spécifique à la  
modalité de l'information inhibée ?*

---

Lucas Rifon

Matricule : S211172

Promoteur : Steve Majerus

Encadrante : Coline Grégoire

Lecteurs : Thierry Meulemans et David Stawarczyk

Année académique 2022-2023

## **Remerciements**

Merci à Coline Grégoire pour son travail titanesque durant ces deux années. Je te souhaite bonne route, le monde de la recherche se porte mieux grâce à des personnes comme toi. J'espère sincèrement pouvoir suivre tes traces et mériter, tout comme toi, le titre de Docteur.

Merci au professeur Steve Majerus, grâce à qui j'ai pu avoir gagné en rigueur scientifique, notamment grâce à ses cours magistraux. J'espère que cela se reflètera dans le mémoire présenté ci-après.

Merci infiniment à mes proches, c'est-à-dire ma famille et mes ami(e)s. Vous m'avez donné une force incommensurable.

Enfin, merci aux participant(e)s de cette étude sans qui elle n'existerait pas. N'oublions pas que la recherche en psychologie concerne avant tout des individus, des vies et leurs particularités. Mention spéciale pour l'U3A de Liège et ses membres qui m'ont accueilli à de nombreuses occasions et qui étaient toujours remplis de bienveillance. J'espère que ces données serviront à rendre leur vie un peu meilleure à l'avenir.

## Table Des Matières

<b>Table des Abréviations.....</b>	
<b>Résumé .....</b>	<b>- 1 -</b>
<b>Introduction .....</b>	<b>- 2 -</b>
L'Inhibition.....	- 2 -
<i>Définition .....</i>	<i>- 2 -</i>
<i>L'Inhibition Verbale.....</i>	<i>- 2 -</i>
<i>L'Inhibition Visuelle .....</i>	<i>- 3 -</i>
<i>Bases Neuroanatomiques de l'Inhibition.....</i>	<i>- 4 -</i>
<i>Conclusion Intermédiaire .....</i>	<i>- 5 -</i>
La Mémoire de Travail .....	- 5 -
<i>Définition et Modélisation .....</i>	<i>- 5 -</i>
<i>L'Inhibition et la Mémoire de Travail .....</i>	<i>- 7 -</i>
<i>Conclusion Intermédiaire .....</i>	<i>- 9 -</i>
Le Vieillessement Normal.....	- 10 -
<i>Vieillessement et Cognition : Données Comportementales et Neuroscientifiques.....</i>	<i>- 10 -</i>
<i>L'Inhibition en Mémoire de Travail dans le Vieillessement Normal .....</i>	<i>- 11 -</i>
<i>Conclusion Intermédiaire .....</i>	<i>- 13 -</i>
Objectifs, Problématique et Hypothèses.....	- 13 -
<b>Méthodologie.....</b>	<b>- 15 -</b>
Participants .....	- 15 -
Matériel .....	- 16 -
<i>Tâche Principale en Scanner IRMf.....</i>	<i>- 16 -</i>
<i>Mesures Complémentaires lors de l'Entretien Préliminaire .....</i>	<i>- 18 -</i>
Procédure .....	- 19 -
Acquisition des Données de Neuroimagerie.....	- 21 -
Analyses Statistiques Prévues.....	- 22 -
<i>Analyses Comportementales .....</i>	<i>- 22 -</i>
<i>Analyses des Données de Neuroimagerie .....</i>	<i>- 23 -</i>
<b>Résultats .....</b>	<b>- 25 -</b>
Analyses Comportementales .....	- 25 -
<i>Proportion de Bonnes Réponses .....</i>	<i>- 25 -</i>
<i>Temps de Réponse.....</i>	<i>- 27 -</i>
<i>Score d'Interférence sur la Proportion de Bonnes Réponses .....</i>	<i>- 29 -</i>
<i>Score d'Interférence sur le Temps de Réponse .....</i>	<i>- 30 -</i>
Analyses des Données de Neuroimagerie .....	- 32 -
<i>Analyses Univariées.....</i>	<i>- 32 -</i>
<i>Analyses Multivariées .....</i>	<i>- 45 -</i>
<b>Discussion .....</b>	<b>- 50 -</b>
Mise en Parallèle des Données Récoltées avec les Hypothèses de Recherche .....	- 50 -
L'Inhibition en Mdt : un Mécanisme Spécifique à Chaque Modalité ? .....	- 51 -
L'Inhibition en Mdt : Quelle Évolution au Cours du Vieillessement Normal ? .....	- 52 -

Limitations.....	- 54 -
Perspectives Futures .....	- 56 -
Conclusions .....	- 56 -
<b>Bibliographie.....</b>	<b>- 57 -</b>
<b>Annexes .....</b>	<b>- 71 -</b>

### **Table des Abréviations**

BF : Facteur bayésien

CFI : Cortex frontal inférieur

MdT : Mémoire de travail

IRMf (scanner) : Imagerie par Résonance Magnétique fonctionnelle

SIP : Sillon intrapariétal

## Résumé

L'inhibition est une fonction essentielle au fonctionnement cognitif qui permet, en mémoire de travail, de supprimer les représentations qui ne sont pas pertinentes par rapport à une tâche en cours. Cependant, la question se pose encore de savoir si des processus similaires ou distincts traitent les informations représentées dans la modalité phonologique, la modalité sémantique ou la modalité visuelle. De plus, les régions cérébrales à la base de l'inhibition en mémoire de travail sont peu explorées. Enfin, les données concernant les effets du vieillissement normal sur le fonctionnement de l'inhibition en mémoire de travail, à un niveau comportemental et cérébral, sont quasi inexistantes. Dans cette étude, 34 sujets adultes jeunes et 28 sujets adultes âgés ont été comparés dans une tâche de jugement de similarité comprenant des stimuli présentés dans la modalité phonologique, sémantique ou visuelle. Au cours de certains essais, une amorce distractive devait être inhibée en mémoire de travail afin de choisir la bonne réponse. L'activité cérébrale des sujets était enregistrée via un scanner IRMf. Au niveau comportemental, l'inhibition d'amorces présentées dans la modalité phonologique a produit un temps de réponse en moyenne similaire à l'inhibition d'amorces présentées dans la modalité visuelle. Toutefois, les données de neuroimagerie ont démontré que l'inhibition en mémoire de travail était associée à des régions cérébrales distinctes selon que les stimuli étaient présentés dans la modalité phonologique, sémantique ou visuelle. Les analyses multivariées (i.e., MVPA) n'ont pas non plus permis de prédire un pattern cérébral d'une modalité à l'autre. Chez les sujets âgés, cette distinction des régions cérébrales restait similaire à celles des sujets jeunes. En revanche, les sujets âgés ont moins bien performé que les sujets jeunes lors des essais avec des amorces distractrices présentées dans la modalité visuelle. Les données récoltées prouvent ainsi la distinctivité des mécanismes d'inhibition en mémoire de travail en fonction de la modalité des stimuli traités, peu importe l'âge des individus. Le vieillissement normal, quant à lui, n'affecte que l'efficacité des mécanismes d'inhibition dans la modalité visuelle, sans toucher à la localisation des régions cérébrales à la base de l'inhibition en mémoire de travail.

## **Introduction**

### **L’Inhibition**

#### ***Définition***

Parmi les nombreuses tentatives de définition de l’inhibition, un critère commun est la suppression de représentations et d’actions inappropriées par rapport à une situation donnée (Juhel et al., 1999 ; Harnishfeger, 1995 ; Miyake et al., 2000 ; Weeks et al., 2020) en faveur de la sélection de représentations et d’actions jugées plus pertinentes (Redick et al., 2007). L’inhibition fait partie des fonctions exécutives (Bernal & Altman, 2009 ; Faust & Balota, 2007) et assure l’efficacité du comportement (Hasher, 2007 ; Hung et al., 2018). Lorsque les capacités cognitives sont limitées et que les diverses représentations ou réponses sont en compétition, le bon fonctionnement de ce mécanisme est crucial (Hung et al., 2018). Par exemple, dans une tâche de Stroop où la couleur de l’encre d’un mot (e.g., rouge) doit être énoncée le plus rapidement possible, au détriment du mot à lire (e.g., « bleu »), le mécanisme d’inhibition permettrait d’empêcher la réponse automatique de « lire le mot » et de correctement énoncer la couleur de l’encre dans laquelle il est écrit (Banich, 2009).

#### ***L’Inhibition Verbale***

L’inhibition verbale peut se définir comme la suppression active de représentations, appartenant au domaine du langage, jugées inappropriées (Shao et al., 2013). De nombreuses tâches permettent d’évaluer son fonctionnement, comme les tâches de fluence verbale (e.g., Henry et al., 2015), qui mesurent la quantité de mots différents produits durant un certain laps de temps et évaluent la capacité à inhiber les mots à ne plus prononcer. Les paradigmes d’interférence image-mot (e.g., Lupker, 1979) consistent, quant à eux, à devoir nommer une image tout en faisant abstraction d’un mot perçu en parallèle. Les tâches d’interférence en mémoire à court-terme (e.g., tâche de *recent negatives* de Hamilton & Martin, 2007) exigent des sujets d’inhiber en mémoire de travail (MdT) des représentations verbales jugées inappropriées, ou devenues obsolètes au cours du temps. Enfin, les tâches de jugement de similarité (e.g., Noonan et al., 2010) demandent de comparer des représentations verbales et d’inhiber celles qui ne sont pas jugées pertinentes.



Deux formes de représentations peuvent être traitées au sein de l'inhibition verbale : les représentations sémantiques et les représentations phonologiques. La sémantique assure « l'élaboration du sens » (Gineste, 2003). L'inhibition sémantique intervient, notamment, dans le cas des mots polysémiques. Par exemple, pour comprendre le mot « grenade » comme étant un fruit, la représentation d'une arme explosive doit être inhibée. La phonologie, quant à elle, se focalise sur « l'apparition [des sons produits par la langue] et de leur fonction dans les mots d'une langue particulière où ils forment système » (Duchet, 1998, p.9). Les individus ont recours à l'inhibition phonologique afin d'empêcher la sélection de mots inappropriés mais qui commencent par le bon phonème (e.g. sélectionner « luge » plutôt que « lutte », commençant tous les deux par [l]). L'inhibition sémantique et l'inhibition phonologique se définiraient alors comme la suppression de représentations issues de modalités distinctes ; cependant, la question d'une dissociation de ces deux fonctions au sein du langage est toujours sujet à débat dans la littérature, notamment en ce qui concerne l'inhibition en MdT (voir section II.b.).

### ***L'Inhibition Visuelle***

L'inhibition visuelle, selon Chelazzi et al. (2019), est la suppression active des représentations issues de la modalité visuelle et jugées non pertinentes par rapport à la tâche en cours. Par exemple, la représentation d'un triangle rouge peut être inhibée si l'individu cherche un carré de la même couleur. L'inhibition visuelle peut être étudiée, notamment, au moyen d'une tâche de recherche visuelle, comme le « *additional singleton paradigm* » (e.g., Gaspelin & Luck, 2018) où un stimulus visuel capturant automatiquement l'attention doit être inhibé au profit de la sélection d'une cible non saillante et « perdue » parmi d'autres stimuli. Cette fonction peut également être évaluée au travers de la tâche de fluence visuoconstructive (e.g., Tucha et al., 2005) où les sujets, pour dessiner un maximum de figures géométriques différentes durant un temps imparti, doivent inhiber de leur éventail de possibilités les figures déjà produites. Enfin, cette fonction cognitive peut être étudiée via la tâche d'interférence en mémoire à court-terme (e.g., Makovski & Jiang, 2008), où des représentations visuelles doivent être mémorisées tout en prévenant l'intrusion d'items visuels jugés non pertinents ou devenus obsolètes. A priori, puisque l'inhibition visuelle consiste à supprimer des représentations visuelles plutôt que des représentations langagières, cette fonction devrait se distinguer de l'inhibition verbale ; mais jusqu'à présent, cette question n'a pas encore été résolue, particulièrement en ce qui concerne l'inhibition en MdT (voir section II.b.).

## ***Bases Neuroanatomiques de l'Inhibition***

L'inhibition repose sur un très large ensemble de régions cérébrales. Par exemple, selon une méta-analyse de Hung et al. (2018), l'inhibition de processus cognitifs (ou inhibition cognitive) est sous-tendue par un réseau frontal dorsal, l'inhibition des réponses motrices par un réseau fronto-strié et l'inhibition des émotions par un réseau ventro-frontal. Ces réseaux se recouvrent en partie : par exemple, l'insula antérieure est systématiquement activée dans toute tâche évaluant l'inhibition.

Au sein de l'inhibition cognitive, les régions cérébrales impliquées dans l'inhibition sémantique et l'inhibition phonologique ne font pas encore consensus. Par exemple, Snyder et al. (2007) stipulent, sur base d'une tâche de jugement de similarité, que le cortex frontal inférieur (CFI) gauche postérieur sous-tend l'inhibition phonologique et le CFI gauche antérieur l'inhibition sémantique. D'un autre côté, Gold et al. (2005) ont comparé la performance de sujets dans des tâches mesurant l'inhibition sémantique et l'inhibition phonologique. D'abord, les sujets ont réalisé une tâche de génération sémantique où ils devaient trouver un mot en relation avec un mot-cible (e.g., « *cat* » avec « *feline* »). Ensuite, ils ont réalisé une « *first/last letter task* » où ils devaient déterminer quelle lettre, entre la première et la dernière d'un mot-cible, apparaissait en premier dans l'ordre alphabétique (e.g., « *e* » pour « *wine* »). Enfin, ils ont répondu à une tâche de régularisation phonologique, où ils devaient prononcer un mot de telle sorte qu'il rime avec un autre (e.g., « *pint* » et « *mint* »). Sur base des données de neuroimagerie récoltées, ils ont considéré que le cortex frontal inférieur (CFI) gauche postérieur et le CFI gauche antérieur sont responsables tant de l'inhibition sémantique que de l'inhibition phonologique.

En ce qui concerne la distinction entre l'inhibition verbale (i.e., l'inhibition phonologique et l'inhibition sémantique) et l'inhibition visuelle, les données sont également conflictuelles. Par exemple, selon Chelazzi et al. (2019), l'inhibition visuelle repose spécifiquement sur le gyrus frontal moyen droit mais pour Whitwell et al. (2021), l'inhibition visuelle recrute en plus le « *Multiple-Demand Network* » via la partie verticale du faisceau arqué supérieur postérieur, un réseau impliqué dans l'inhibition sémantique (Jackson et al., 2021) et qui comprend le sillon frontal inférieur, l'insula antérieure, le CFI, l'aire motrice pré-supplémentaire, le cortex cingulaire antérieur, le sillon intrapariétal (SIP) et le pôle frontal.

## ***Conclusion Intermédiaire***

L'inhibition est une fonction exécutive essentielle car elle permet de faire abstraction des représentations et des réponses inappropriées par rapport à une tâche en cours. Cette fonction repose sur un très large ensemble de régions cérébrales. En revanche, au sein de l'inhibition cognitive, la question d'une distinctivité des processus en fonction de la modalité – sémantique, phonologique ou visuelle – des représentations traitées est encore en suspens. Cela pourrait s'expliquer en partie par l'hétérogénéité des tâches employées, qui ne sont pas construites à l'aide d'un même design expérimental ou qui impliquent des fonctions cognitives distinctes (récupération en mémoire à long-terme, flexibilité cognitive, etc.). Dès lors, il convient de situer l'étude de l'inhibition cognitive dans la perspective d'une même fonction : la mémoire de travail.

## **La Mémoire de Travail**

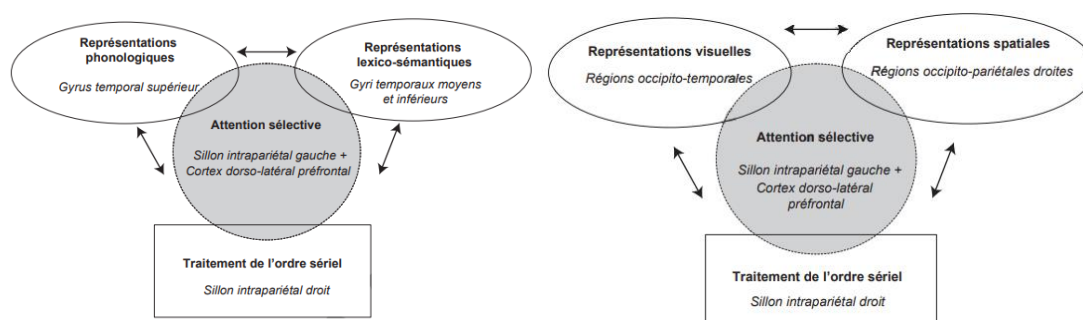
### ***Définition et Modélisation***

La MdT est la capacité à stocker et manipuler une quantité limitée d'informations afin de parvenir à un but (Ricker et al., 2010 ; Oberauer, 2019). Cette fonction peut se concevoir comme une coopération entre un système de contrôle de la cognition et des systèmes ayant la capacité de stocker des représentations propres à une certaine modalité (D'Esposito & Postle, 2015 ; Emrich et al., 2013 ; Kowialiewski et al., 2020 ; Majerus et al., 2018 ; Panichello & Buschman, 2021). L'un des premiers modèles de ce type remonte à Baddeley et Hitch (1974 ; puis Baddeley, 2000). Dans celui-ci, la MdT est divisée en deux composantes : l'administrateur central et les systèmes-esclaves. L'administrateur central manipule les informations contenues dans les systèmes-esclaves via des mécanismes attentionnels (Baddeley & Hitch, 1974). De ce fait, les systèmes-esclaves n'ont pour rôle que de stocker passivement les informations à court-terme. Ceux-ci peuvent être divisés en trois sous-composantes, selon la modalité de l'information qui y est gardée (Baddeley, 2000) : la boucle phonologique stocke l'information verbale ; le calepin visuospatial enregistre les informations visuelles et spatiales ; le buffer épisodique contient des informations stockées dans des modalités diverses et met en lien la MdT avec la mémoire à long terme.

Ce modèle connaît néanmoins certaines limites, telle que l'impossibilité de savoir comment l'ordre sériel des informations est encodé (Burgess & Hitch, 1999) ou l'exclusion de la possibilité que des mécanismes attentionnels interviennent dans le simple stockage des représentations à court-terme – hypothèse réfutée par Todd et al. (2005). En partant entre autres de ces limites, Majerus et al. (2010) ont proposé le modèle « Attention-Order-Short Term Memory » (**A-O-STM**). Celui-ci stipule que c'est grâce à l'interaction entre l'attention, l'ordre sériel et les informations mémorisées à long-terme que des informations sont stockées et manipulées en MdT (voir Figure 1). Ce modèle attribue ensuite à certaines régions cérébrales des rôles plus précis. D'un côté, un réseau cérébello-fronto-pariétal, centré autour du SIP gauche, traite des processus exécutifs et attentionnels impliqués dans la rétention et la manipulation des représentations à court-terme. De l'autre, les régions traitant spécifiquement de la représentation de l'information dans une certaine modalité – comme la perception visuelle dans les régions occipito-temporales – maintiennent temporairement les représentations en mémoire. Enfin, un réseau cérébello-fronto-pariétal, centré autour du SIP droit, encode l'ordre sériel de ces représentations.

**Figure 1.**

*Modèle A-O-STM (Majerus, in Seron, Van der Linden & Martial, 2014, p.172).*



**Légende.** (à gauche) MdT verbale. (à droite) MdT visuospatiale.

D'autres modèles de la MdT ont encore été proposés afin de mieux saisir certains mécanismes précis, tel que le rafraîchissement des représentations mémorisées (Camos, 2018). Une question s'est posée dans la littérature concernant la spécificité des mécanismes assurant le maintien et la manipulation des représentations en MdT. Deux hypothèses s'opposent dans la littérature : d'un côté, l'existence de multiples systèmes de stockage et de manipulation des représentations à court-terme – soit une conception « *domain-specific* » de la MdT (Baddely & Hitch, 1974 ; Camos, 2017 ; Cocchini et al., 2002), de l'autre, l'utilisation d'un système

commun de stockage et de manipulation de ces représentations – soit une conception « *domain-general* » de la MdT (Li et al., 2014 ; Majerus et al., 2010 ; Morey & Cowan, 2004 ; Oberauer et al., 2012). Ce débat dans la littérature ne s'est, pour l'instant, que peu transposé dans le domaine de l'inhibition, traduisant ainsi la complexité de la place qu'occupe ce mécanisme en MdT et dans ses différentes conceptions. Par exemple, le modèle **A-O-STM** de Majerus et al. (2010), qui dépasse le modèle multi-composante de Baddeley & Hitch (1974 ; puis Baddeley, 2000) sur certains points, ne précise pourtant pas comment des représentations sont inhibées en MdT.

### ***L'Inhibition et la Mémoire de Travail***

L'inhibition en MdT filtre les représentations qui y sont stockées (Hasher et al., 1999 ; Friedman & Miyake, 2004). D'une part, l'inhibition empêche la survenue d'informations non pertinentes en son stock et, d'autre part, elle supprime les représentations devenues obsolètes par rapport à la tâche en cours. C'est pourquoi les capacités de rétention à court-terme et d'inhibition sont liées (Engle & Kane, 2004 ; Geng, 2014 ; mais voir Oberauer et al., 2004).

Quelques études ont, tout d'abord, investigué la possibilité d'une distinction entre l'inhibition sémantique et l'inhibition phonologique en MdT. Barde et al. (2010), par exemple, ont demandé à des patients aphasiques présentant un déficit de la MdT soit phonologique, soit sémantique, de réaliser une tâche d'interférence en mémoire à court-terme. Les sujets devaient mémoriser une liste de mots puis indiquer si un mot-cible y appartenait, avant d'oublier ladite liste et d'encoder la suivante. Certains mots-cibles ressemblaient, phonologiquement ou sémantiquement, aux mots contenus dans les listes précédentes, gênant ainsi le sujet s'il avait encore trace de la liste en question. Une double dissociation des performances, en fonction de la spécificité du déficit touchant les sujets et des mots-cibles présentés, pouvait être constatée : les sujets avec un déficit phonologique avaient plus de difficultés à répondre si les mots-cibles rimaient avec l'un des mots des séries précédentes – par exemple, « *sign* » avec « *wine* », tandis que les sujets avec un déficit sémantique n'éprouvaient des difficultés que lorsque ces mots appartenaient à la même catégorie – par exemple, « *shoe* » et « *sock* », qui sont des vêtements. Pour Barde et al. (2010), c'est une distinction entre l'inhibition sémantique et l'inhibition phonologique en MdT qui explique cette double dissociation des performances des sujets recrutés. McCall et al. (2022), ensuite, ont exploré les relations entre inhibition phonologique

et sémantique, auprès de patients aphasiques. Ces derniers devaient soit sélectionner répétitivement un mot sur un écran parmi d'autres mots, soit alterner entre des mots différents. Les mots changeaient systématiquement de localisation et pouvaient se ressembler sémantiquement – en appartenant à la même catégorie de mots – ou phonologiquement – en débutant par la même lettre. Afin de répondre correctement, les sujets devaient donc mémoriser des mots-cibles et supprimer ceux qui n'allaient pas (ou plus) être sélectionnés à l'écran. Les résultats ont montré que, chez les sujets du groupe contrôle et uniquement lors des essais requérant de ne sélectionner qu'un seul mot, l'augmentation du temps de réponse à cause de la présence de distracteurs sémantiques n'était corrélée qu'avec celle causée par la présence de distracteurs phonologiques. Chez les sujets aphasiques, aucune corrélation significative n'est ressortie. De plus, certains sujets aphasiques performaient très bien lors des essais sémantiques mais très mal dans les essais phonologiques, et inversement. Pour les auteurs, ces données démontrent que l'inhibition sémantique est dissociée de l'inhibition phonologique. Attout et al. (2022), enfin, ont demandé à des sujets âgés tout-venants de réaliser une tâche de jugement de similarité dans un scanner d'imagerie par résonnement magnétique fonctionnelle (IRMf) avec des mots ou des pseudo-mots<sup>1</sup>. Avant de pouvoir répondre, une amorce était présentée au sujet et ressemblait sémantiquement – en étant de la même catégorie – ou phonologiquement – en possédant des mêmes phonèmes – à l'un des futurs choix de réponse ; ces amorces infiltrées en MdT guidaient soit vers la mauvaise réponse et devaient donc être inhibées, soit vers la bonne réponse et facilitaient le choix des sujets. Les résultats ont montré, tout d'abord, qu'une amorce distractive sémantique ralentissait la réponse des sujets et les rendait moins précis, par rapport à une amorce facilitatrice sémantique. Une amorce distractive phonologique ne produisait pas d'effet sur le temps de réponse des sujets. Ensuite, l'activité des régions cérébrales étudiées – le gyrus angulaire, le gyrus temporal moyen et le CFI – augmentait en présence d'une amorce distractive sémantique, par rapport à la présence d'une amorce facilitatrice sémantique. Une amorce phonologique ne produisait pas cette modulation d'activité cérébrale. Pour finir, les auteurs ont entraîné un classificateur de patterns (MVPA) dans le but de déterminer, sur base de la cohérence de leur activité cérébrale, si une amorce distractive ou facilitatrice avait été présentée aux sujets. L'activité produite, lors des essais sémantiques, par l'ensemble des régions cérébrales étudiées, permettait de correctement déterminer le type d'amorce. Pour les essais phonologiques, seule l'activité produite dans le gyrus temporal moyen droit et le CFI *pars*

---

<sup>1</sup>Selon le *APA Dictionary of Psychology* en ligne (s.d.), un pseudo-mot est une agrégation de caractères qui ressemble à un mot de la langue, mais qui n'en fait pas partie. Par exemple, en Français : « fimo ».

*triangularis* permettait de déterminer cela. Enfin, si le classificateur était entraîné sur base de l'activité cérébrale produite dans une modalité afin de prédire le type d'amorce dans une autre modalité, il ne performait pas mieux que le hasard. Sur base de ces résultats, Attout et al. (2022) ont donc conclu qu'en MdT, l'inhibition sémantique et l'inhibition phonologique reposent sur des régions similaires – ici, le gyrus temporal moyen et le CFI *pars triangularis* – mais sur des mécanismes distincts.

Pour finir, Shivde et Anderson (2011) ont investigué l'éventuelle distinction entre inhibition sémantique, inhibition phonologique et inhibition visuelle. Les auteurs ont eu recours à une tâche de mémoire à court-terme, où les sujets, tout en réalisant une tâche de décision lexicale, devaient retenir un mot afin de le comparer avec une cible survenant en cours d'essai. Lors des différents essais, la comparaison se situait au niveau de la signification, de la prononciation ou de la police du mot retenu. Durant la tâche de décision lexicale, les stimuli pouvaient ressembler phonologiquement ou sémantiquement au mot qui devait être mémorisé à court-terme et, donc, s'introduire en MdT. Afin de pouvoir répondre à la tâche de décision lexicale, ces stimuli devaient être inhibés. Les données ont démontré que lorsque les sujets devaient retenir la signification du mot, ils étaient plus lents pour répondre à la tâche de décision lexicale si l'item lui ressemblait sémantiquement. Si les sujets devaient retenir la prononciation du mot et que l'item lui ressemblait phonologiquement, ils étaient, également, plus lents pour répondre à la tâche de décision lexicale. De plus, lorsque les sujets devaient mémoriser la police du mot, ils n'étaient pas ralentis lors de la tâche de décision lexicale malgré la présence d'items ressemblant sémantiquement au mot à retenir. Bien que Shivde et Anderson (2011) n'ont pas manipulé la police des items de la tâche de décision lexicale, ces données suggèrent que l'inhibition sémantique, l'inhibition phonologique et l'inhibition visuelle sont des processus distincts.

### ***Conclusion Intermédiaire***

L'inhibition occupe une place importante dans le fonctionnement de la MdT. La plupart des études portant sur la distinction éventuelle des mécanismes d'inhibition en MdT ont comparé le traitement de représentations sémantiques avec celui de représentations phonologiques et suggèrent que ces deux mécanismes sont dissociés. Une seule étude (Shivde & Anderson, 2011) a investigué la différence entre inhibition verbale et inhibition visuelle et

rapporte également une dissociation entre ces deux fonctions, en plus d'une différence entre inhibition sémantique et inhibition phonologique. Malgré ces études, l'éventuelle distinctivité des mécanismes d'inhibition en MdT et leur cartographie cérébrale restent encore mal explorés. Afin de mieux étudier l'inhibition et ses sous-composantes, Attout et al. (2022) ont suggéré de s'intéresser à son évolution dans le vieillissement normal, étant donné que les différences d'activation cérébrale sont plus facilement détectables chez les personnes âgées que chez des jeunes adultes.

## **Le Vieillissement Normal**

### ***Vieillissement et Cognition : Données Comportementales et Neuroscientifiques***

De nombreuses habiletés, comme la vitesse de traitement de l'information, l'inhibition ou les fonctions exécutives, déclinent au cours du vieillissement normal (Borella et al., 2008 ; Hasher et al., 1999 ; Salthouse, 2010). Ce déclin cognitif peut être mis en lien avec des changements cérébraux. En effet, la matière grise et, surtout, la matière blanche, se dégradent (Murman, 2015), particulièrement dans les régions corticales antérieures du cerveau et le corps calleux, perturbant ainsi la connectivité cérébello-fronto-pariétale (Fjell & Walhovd, 2010 ; Harada et al., 2013). De plus, les récepteurs dopaminergiques essentiels aux fonctions attentionnelles et exécutives, à l'inhibition et à la mémoire à court-terme, se raréfient (Braver & Barch, 2002 ; Li et al., 2001). Enfin, le déclin des projections dopaminergiques et cholinergiques dans le cortex préfrontal réduit l'activité du cortex pariétal et de l'aire oculomotrice, tandis que la quantité d'épines dendritiques, essentielles au fonctionnement de la MdT, se réduit (Froudish-Walsh et al., 2018).

Pour Moroni et Bayard (2009), qui ont voulu investiguer l'effet du vieillissement sur l'inhibition, le déclin cognitif n'est pas linéaire car il est source d'adaptation pour les sujets âgés. Dans la tâche de Stroop réalisée par les sujets âgés recrutés, le temps d'exécution ralentissait, tandis que le nombre d'erreurs interférentes augmentait avec l'avancée en âge. En revanche, le ratio entre nombre d'erreurs interférentes et vitesse d'exécution ne semblait pas différer, en fonction de l'âge des sujets. Ces données laissent penser que les sujets âgés se sont servis d'une stratégie visant à répondre mieux, quitte à être plus lents dans l'exécution de la tâche ; une stratégie qui ne permet toutefois pas de lutter indéfiniment contre le déclin cognitif.



Mather (2010) et Grady (2008) ont également remarqué que l'activité des sujets âgés pouvait augmenter dans les régions préfrontales et pariétales, afin de compenser le déclin des régions sensorielles et de mieux filtrer les informations en MdT qui n'auraient pas été supprimées à temps lors des étapes précoces de la perception (Gazzaley et al., 2008 ; mais voir Morcom & Henson, 2018). De plus, l'activité cérébrale peut également se bilatéraliser, selon le modèle « **HAROLD** » (Cabeza, 2002), afin de recruter des régions supplémentaires pour supporter un processus en cours. Le modèle « **STAC** » (Park & Reuter-Lorenz, 2009), pour finir, propose que le cerveau puisse générer des réseaux de neurones « secondaires » sur lesquels s'appuyer lorsque le déclin cognitif se manifeste.

En revanche, selon le modèle « **CRUNCH** » révisé par Reuter-Lorenz et Park (2010), cette compensation deviendrait insuffisante lorsque la charge mentale est trop importante. Un problème d'inhibition des représentations et des processus non pertinents, ou encore une perte d'efficacité du réseau de neurones, peuvent aussi être à l'origine de l'augmentation d'activité neuronale (Colcombe et al., 2005 ; Reuter-Lorenz & Lustig, 2005). La bilatéralisation de l'activité cérébrale peut également signifier une dés spécification des régions cérébrales (Mather, 2010) et une perte de la distinctivité des représentations produites par les réseaux de neurones (Li et al., 2001). Enfin, l'activité cérébrale des sujets âgés peut simplement diminuer sans être compensée par une autre région. (Jonides et al., 2000). L'utilisation d'une grille d'analyse, telle que proposée par Grady (2008), permet dès lors de mieux juger si des différences fonctionnelles sont à l'origine d'un mécanisme de compensation ou d'un déclin.

### ***L'Inhibition en Mémoire de Travail dans le Vieillessement Normal***

La diminution des capacités d'inhibition en MdT des sujets âgés explique une part importante des effets du vieillissement normal sur la diminution des capacités de la MdT (Zuber et al., 2019). Les sujets âgés ont ainsi plus de difficultés à supprimer les représentations en MdT devenues obsolètes (De Beni & Palladino, 2004) et à bloquer les stimuli distracteurs qui viennent interférer avec les représentations maintenues en MdT (McNab et al., 2015). Rey-Mermet et al. (2018) ont cependant souligné que cette différence de capacités d'inhibition, entre sujets jeunes et âgés, n'était pas toujours présente. Toutefois, ces auteurs n'ont pas utilisé de tâche mesurant spécifiquement les capacités d'inhibition en MdT (e.g., la tâche de « Go/No Go », qui mesure plutôt l'inhibition des réponses motrices) et n'ont pas été attentifs à la modalité des stimuli employés.

Certaines études ont exploré les effets du vieillissement normal sur le déclin de l'inhibition sémantique et de l'inhibition phonologique, en MdT. Henry et Phillips (2006), tout d'abord, se sont intéressés à l'effet du vieillissement normal sur la performance dans des tâches de fluence verbale. Les sujets, jeunes et âgés, devaient alterner entre différentes catégories de mots, en fonction de la lettre par laquelle ils devaient débiter ou de la catégorie à laquelle ils devaient appartenir. En tenant compte des effets du déclin cognitif global – par exemple, sur la vitesse de traitement –, l'effet de l'âge sur la performance dans l'une ou l'autre version de la tâche était équivalent. Pour les auteurs, cela signifie que le vieillissement normal n'impacte pas de manière spécifique l'inhibition sémantique ou l'inhibition phonologique en MdT. Diaz et al. (2019), ensuite, ont comparé des sujets jeunes et âgés dans une tâche de jugement de similarité, lors d'un scan IRMf. La tâche consistait à indiquer si deux photos d'objets répondaient au même critère sémantique – par exemple, « est-ce que deux objets sont comestibles ? » – ou phonologique – par exemple, « est-ce que deux objets commencent par la lettre P ? » – alors qu'un mot était présenté entre les deux photos. Celui-ci devait être ignoré car il pouvait perturber la comparaison des objets maintenus et manipulés en MdT à cause de sa ressemblance, sémantique ou phonologique, avec ces objets. Durant la tâche, les sujets âgés performaient moins bien que les sujets jeunes, tant pour les essais phonologiques que sémantiques. L'activité cérébrale des sujets âgés était plus importante mais, pour les essais phonologiques et contrairement aux sujets jeunes, n'était pas corrélée avec leur performance dans la tâche. Pour Diaz et al. (2019), le vieillissement normal affecte donc spécifiquement l'efficacité des réseaux de neurones supportant l'inhibition phonologique en MdT.

Pour finir, certaines études ont investigué les effets du vieillissement normal sur l'inhibition verbale et l'inhibition visuelle en MdT. Carretti et al. (2012), tout d'abord, ont demandé à des sujets jeunes et plus ou moins âgés de réaliser une tâche de mémorisation à court-terme de mots et d'items visuels. Leur quantité était croissante ou décroissante, afin d'augmenter ou de réduire la difficulté des essais. Les auteurs ont observé que les sujets plus âgés commettaient plus d'erreurs d'intrusion – c'est-à-dire, rappeler un mot ou un item visuel devenu obsolète car provenant d'un essai précédent – que les sujets plus jeunes. De plus, le bénéfice d'une baisse de la difficulté des essais sur la réduction du nombre d'erreurs d'intrusion des sujets plus âgés était plus important pour les essais avec des mots qu'avec des items visuels. Pour les auteurs, ces données impliquent que le vieillissement normal affecte de façon plus importante l'inhibition verbale que l'inhibition visuelle, en MdT. Rose et al. (2009), d'un autre

côté, ont demandé à des sujets jeunes et âgés d'effectuer une tâche de mémorisation à court-terme verbale (avec des chiffres et des lettres) et une tâche de mémorisation à court-terme visuospatiale (avec des croix, ou des flèches, apparaissant dans une grille). En même temps que les sujets devaient mémoriser et/ou manipuler ces stimuli, ils devaient appuyer, dans un certain ordre et pour la moitié des essais, sur une rangée de touches de clavier à leur disposition. Les stimuli retenus et manipulés dans les deux tâches rentraient en concurrence et les sujets devaient, donc, parvenir à inhiber les stimuli venant interférer avec la réponse dans l'une ou l'autre tâche. Les résultats ont démontré que la performance des sujets jeunes et des sujets âgés était affectée à un degré similaire, dans les tâches de mémorisation à court-terme, par la réalisation de la tâche concurrente. Les auteurs ont donc conclu que le vieillissement normal affecte de façon équivalente l'inhibition verbale et l'inhibition visuelle, en MdT.

### ***Conclusion Intermédiaire***

Les capacités d'inhibition en MdT sont réduites au cours du vieillissement normal. Les données publiées jusqu'à présent suggèrent que les réseaux de neurones supportant l'inhibition phonologique subissent plus les effets du vieillissement normal que ceux supportant l'inhibition sémantique, mais sans conséquence au niveau comportemental. L'inhibition visuelle, ensuite, serait encore mieux préservée de ces effets que l'inhibition verbale (i.e., l'inhibition phonologique et l'inhibition sémantique). Néanmoins, aucune étude n'a comparé ensemble ces trois formes d'inhibition en MdT chez des sujets âgés tout-venants et dans des tâches comparables. De plus, quasiment aucune étude ne s'est intéressée aux effets du vieillissement normal sur le fonctionnement de ces différentes formes d'inhibition à un niveau cérébral, sauf Diaz et al. (2019), qui ne se sont intéressés qu'à l'inhibition verbale en MdT.

### **Objectifs, Problématique et Hypothèses**

Le présent mémoire vise à mieux comprendre le fonctionnement de l'inhibition en MdT, d'un point de vue comportemental et cérébral, en investiguant trois modalités (i.e., sémantique, phonologique et visuelle) ainsi que le fonctionnement de l'inhibition en MdT au cours du vieillissement normal. La littérature actuelle possède toutefois certaines limites : les études publiées à ce jour ne comparent pas la façon dont la modalité – phonologique, sémantique ou visuelle – des stimuli présentés interagit avec les processus d'inhibition en MdT (pour une revue

de littérature, voir Grégoire et Majerus, 2023). De plus, celles-ci ne complètent que rarement les données comportementales avec des données neuroscientifiques améliorant leur interprétation (Grady, 2008).

Afin de remédier à cette problématique, des sujets jeunes et âgés ont été invités à participer à une tâche de jugement de similarité. D'abord, un stimulus, servant d'amorce, leur était présenté. Ensuite, deux autres stimuli-cibles, partageant tous les deux un point commun, apparaissaient. Puis, deux autres stimuli, dont l'un d'entre eux partageait un point commun avec les deux stimuli-cibles, étaient rajoutés. Suite à cela, les sujets devaient répondre en choisissant le stimulus partageant ce point commun avec les deux stimuli-cibles. Dans une condition « difficile », l'amorce présentée induisait les sujets en erreur (Carlisle & Kristjánsson, 2018) et les obligeait à l'inhiber afin de sélectionner la bonne réponse. Cette amorce était donc considérée comme distractrice. Dans une condition « facile », l'amorce présentée guidait les sujets vers la bonne réponse et facilitait leur prise de décision. Cette amorce était donc considérée comme facilitatrice. L'ensemble des stimuli se présentait soit dans la modalité visuelle (i.e., des formes géométriques colorées), soit dans la modalité phonologique (i.e., des pseudo-mots), soit dans la modalité sémantique (i.e., des mots de la langue française). Enfin, l'activité cérébrale des sujets était enregistrée à l'aide d'un scanner IRMf.

Sur base des données actuelles de la littérature, nous pouvons faire certaines hypothèses. Tout d'abord, nous nous attendons évidemment à ce que les sujets performant en moyenne moins bien dans la condition difficile que dans la condition facile, à cause de la présence de l'amorce distractrice guidant vers la mauvaise réponse et devant être inhibée. Ensuite, si les mécanismes d'inhibition en MdT diffèrent selon que la modalité des stimuli présentés soit phonologique, sémantique ou visuelle, alors la différence de performance entre les essais faciles et difficiles devrait dépendre de la modalité des stimuli présentés. De plus, l'activité cérébrale des sujets devrait différer, lors des essais difficiles, en fonction de la modalité des stimuli présentés. Ensuite, le vieillissement normal pourrait affecter ces mécanismes d'inhibition de deux manières. D'une part, l'écart de performance attendu entre sujets âgés et sujets jeunes pourrait être conditionné par la modalité dans laquelle les stimuli se présentent, en particulier lors des essais difficiles. Lors des essais faciles, les sujets ne doivent en effet pas recourir à leurs mécanismes d'inhibition en MdT. D'autre part, les sujets âgés pourraient présenter une activité cérébrale différente des sujets jeunes. Par exemple, alors que chez les sujets jeunes, les essais difficiles reposant sur l'inhibition phonologique et ceux reposant sur l'inhibition

sémantique activent deux ensembles distincts de régions cérébrales, chez les sujets âgés, ces régions pourraient se recouvrir totalement.

## **Méthodologie**

### **Participants**

37 sujets adultes âgés et 37 sujets adultes jeunes étaient prévus pour cette étude, selon une analyse de puissance statistique prospective : pour une comparaison de taux de classification issus d'analyses Multivoxel Pattern Analysis, par rapport à un taux de classification au hasard (i.e., 50%), 37 sujets seraient nécessaires pour une puissance d'au moins .80, une taille d'effet d'au moins  $d = .50$  et un risque d'erreur alpha de .05. Cette taille d'effet a été estimée sur base d'études ayant utilisé des méthodologies de classification multivariées similaires à la présente étude (Correia et al., 2014). 28 sujets âgés (âge moyen = 67 ans, SD = 4.66 ans) et 34 sujets jeunes (âge moyen = 25 ans, SD = 2.37) francophones droitiers composent l'échantillon final. Celui-ci fut récolté au travers de divers moyens : via la base de données du Centre de Recherche du Cyclotron (GIGA-CRC In vivo Imaging), le flyer, la pose d'affiches de recrutement, la publicité au sein d'institutions telles que l'Université du Troisième Âge de Liège, l'utilisation des réseaux sociaux sur Internet ou encore le bouche-à-oreille. Les sujets recrutés ne présentaient aucun trouble neurologique, psychologique ou de l'apprentissage ni aucune maladie pouvant être source de biais dans la récolte des données (e.g., hypertension artérielle), étaient monolingues et étaient autorisés à réaliser une expérience en scanner IRMf (e.g., pas de pacemaker). Le Tableau 1 reprend différentes caractéristiques de l'échantillon.

La présente étude a reçu l'accord du comité hospitalo-facultaire l'Université de Liège n°B707201939419. Les sujets étaient invités à remplir par écrit un formulaire de consentement libre et éclairé lors d'un entretien préliminaire, ainsi qu'un addendum de procédure Covid-19. En raison du contexte sanitaire, des précautions lors de la passation de l'entretien préliminaire et de l'expérience en scanner IRMf, notamment la désinfection des surfaces et le port du masque buccal, furent prises. Les sujets ont été défrayés de 10 euros pour leur participation par virement bancaire et sont passés par le protocole « metal check » pour s'assurer de leur sécurité et de celle des expérimentateurs.

**Tableau 1.***Caractéristiques de l'échantillon récolté.*

<i>Variable</i>	<i>Sujets jeunes</i> ( <i>n</i> = 34)	<i>Sujets âgés</i> ( <i>n</i> = 28)	<i>Test t pour deux</i> <i>échantillons</i> <i>indépendants</i>	<i>BF<sub>10</sub></i>
	<i>M (SD)</i>	<i>M (SD)</i>		
<i>Âge</i>	25 (2.37)	67 (4.66)	/	/
<i>Sexe</i>	F = 15 / M = 19	F = 16 / M = 12	/	/
<i>MoCA</i>	/	26.96 (1.40)	/	/
<i>Niveau d'études</i>	15.44 (1.62)	14.77 (1.26)	1.21	0.48
<i>MillHill</i>	24.47 (2.30)	28.161 (2.67)	-6.06	112705
<i>XO</i>	35.94 (3.58)	27.68 (5.50)	7.51	2.01×10 <sup>7</sup>

**Légende.** (*MoCA*) Score à la Montreal Cognitive Assessment. (*MillHill*) Score au test de vocabulaire MillHill. (*XO*) Score au test de vitesse de traitement XO.

**Note.** Un sujet jeune et deux sujets âgés ont été exclus des analyses comportementales car ils n'ont pas répondu correctement à la tâche principale en scanner IRMf.

## Matériel

### *Tâche Principale en Scanner IRMf*

**Inhibition Phonologique.** Afin d'étudier les mécanismes d'inhibition phonologique en MdT, les sujets devaient réaliser, dans un scanner IRMf, une tâche de jugement de similarité semblable à celle de Attout et al. (2022). Le plus rapidement et le plus précisément possible, les sujets devaient comparer et sélectionner, parmi deux non-mots, lequel ressemblait le plus avec deux autres non-mots-cibles, i.e., partageant la même voyelle à la même place. Par exemple, *fimo* ressemble à *zaro* et *tafo* car il finit aussi par « o ». Dans la condition « Inhibition » (voir Figure 2A), une amorce (un non-mot énoncé dans le casque audio du scanner IRMf) était présentée afin d'interférer avec le fonctionnement de la MdT et la prise de décision des sujets, car elle les orientait vers la mauvaise réponse (Carlisle & Kristjánsson, 2018). Pour répondre correctement, les sujets devaient donc supprimer cette amorce de leur MdT. Par exemple, dans

un essai avec une amorce « *zomu* », des non-mots-cibles « *zomé* » et « *vofé* » et des possibilités de réponse « *zémo* » et « *kilé* », la bonne réponse est « *kilé* » puisque ce non-mots partage avec « *zomé* » et « *vofé* » la voyelle « *é* » en dernière position. Néanmoins, l'amorce « *zomu* » stockée en MdT partage aussi les lettres « *z* », « *o* » et « *m* » avec « *zomu* », ce qui pousse à choisir la mauvaise réponse « *zomu* ». La suppression de l'amorce permet donc de réorienter son attention vers la bonne possibilité de réponse : « *kilé* ». Dans la condition « Facilitation » (voir Figure 2B), l'amorce orientait le sujet, à l'inverse, vers la réponse correcte. Par exemple, pour des non-mots-cibles « *zaro* » et « *tafo* » et des possibilités de réponse « *vubé* » et « *fimo* », une amorce « *kivo* » placée en MdT oriente l'attention vers la réponse « *fimo* », car ces deux non-mots partagent la lettre « *o* » en dernière position. C'est la réponse correcte car « *o* » se trouve également en dernière position chez « *zaro* » et « *tafo* ». Enfin, une condition contrôle, permettant de s'assurer que les sujets répondaient correctement, comprenait des non-mots identiques mais ne se distinguant que par la police d'écriture – plus précisément, par l'emploi de majuscules ou de minuscules. Les stimuli utilisés provenaient d'un échantillon de 63 non-mots extrait de Attout et al. (2022) et suivant une morphologie de type « consonne-voyelle-consonne-voyelle ».

**Inhibition Sémantique.** Pour étudier les mécanismes d'inhibition sémantique en MdT, les sujets ont réalisé une tâche identique à la tâche d'inhibition phonologique. Plutôt que des non-mots, les stimuli employés étaient des mots de la langue française. Les sujets devaient répondre sur base de la catégorie sémantique des mots plutôt que les voyelles les constituant. Dans la condition « Inhibition », l'amorce encodée en MdT orientait les sujets vers la mauvaise réponse car, ici, elle appartenait à la même catégorie sémantique. Par exemple, pour une amorce « *tétine* », des mots-cibles « *sucette* » et « *caramel* » et des possibilités de réponse « *biberon* » et « *dragée* », l'amorce oriente vers « *biberon* » car ces deux mots ont pour point commun d'évoquer le nouveau-né, dont la tétine et le biberon sont des attributs. La bonne réponse est « *dragée* » qui, comme « *caramel* » et « *sucette* », appartient à la catégorie des sucreries. Faire abstraction de la catégorie sémantique « *tétine* » permet donc de sélectionner la bonne réponse. Enfin, la condition « Facilitation » et la condition contrôle étaient semblables à la tâche d'inhibition phonologique, la distinction s'opérant sur l'utilisation de mots plutôt que de non-mots. Les 118 mots sélectionnés à l'aide de la base de données Lexique (New et al., 2001 ; New et al., 2004) et d'une base de données de Grégoire et al. (in press) pour constituer les stimuli ont été contrôlés pour leur caractère concret, leur niveau d'imageabilité, leur fréquence, leur nombre de lettres et de syllabes, leur nombre de voisins phonologiques et orthographiques. Les

points d'unicité des mots étaient équivalents entre les conditions « Inhibition » et « Facilitation » ( $BF_{10} = [.21 ; 1.1]$ ,  $BF_{01} = [1.09 ; 4.83]$ ).

**Inhibition Visuelle.** Pour étudier les mécanismes d'inhibition visuelle en MdT, les sujets ont réalisé une tâche similaire à la tâche d'inhibition phonologique et la tâche d'inhibition sémantique. Les stimuli utilisés étaient des figures géométriques colorées, avec une figure englobant l'autre, plus petite. Les sujets devaient indiquer, parmi deux figures, laquelle ressemblait le plus à deux figures-cibles, en fonction de la forme et/ou de la couleur des figures. L'amorce présentée, constituée d'une seule figure géométrique, orientait les sujets vers l'une ou l'autre possibilité de réponse car elle possédait la même forme et/ou la même couleur qu'une des deux figures géométriques constituant les possibilités de réponse. Par exemple, dans une condition « Inhibition » avec une amorce faite d'un losange rouge, des figures-cibles constituées d'un cercle blanc dans un losange rouge et d'un cercle vert dans un carré jaune et des possibilités de réponse comprenant un triangle blanc dans un losange rouge et un cercle bleu dans un hexagone blanc, la bonne réponse est le cercle bleu dans l'hexagone blanc. En effet, ces trois stimuli ont pour point commun de présenter un cercle. En revanche, l'amorce présentée et stockée en MdT pousse à sélectionner le triangle blanc dans le losange rouge car les deux stimuli comportent un losange rouge. Pour répondre correctement, la représentation d'un losange rouge en MdT doit donc être inhibée. La condition contrôle était similaire aux deux autres tâches d'inhibition, sauf que la taille des figures – plutôt que la police des lettres – variait. Les stimuli dans cette tâche étaient construits à l'aide de six figures géométriques (cercle, heptagramme, hexagone, losange, carré ou triangle) et de cinq couleurs (blanc, rouge, bleu, jaune ou vert).

### ***Mesures Complémentaires lors de l'Entretien Préliminaire***

**Montreal Cognitive Assessment.** Les sujets âgés ont passé la version francophone de la Montreal Cognitive Assessment « Full » (Nasreddine et al., 2005) sur papier. Ce test a permis d'évaluer les capacités de MdT, les habiletés visuospatiales, les fonctions exécutives, l'attention et la concentration, les habiletés langagières et l'orientation spatiotemporelle des sujets. Ce test était coté sur 30 points, avec des capacités considérées comme « normales » à partir de 26 points. Les sujets devaient réaliser une tâche d'alternance conceptuelle pour un point, deux épreuves de capacités visuoconstructives pour un et trois points, une tâche de dénomination d'images pour trois points, une tâche de rappel différé pour cinq points, une tâche d'empan



numérique et une tâche d'empan numérique inversé pour un point chacune, une tâche d'attention soutenue pour un point, une tâche de calcul sérié pour trois points, une tâche de répétition de phrase pour deux points, une tâche de fluence verbale pour un point, une tâche de jugement de similitudes pour deux points et une tâche d'orientation spatiotemporelle pour six points. Si la scolarité de la personne était inférieure à 12 années et si son score total ne dépassait pas 29 sur 30 points, elle recevait un point supplémentaire.

**Mill-Hill.** Le niveau de vocabulaire des sujets a été mesuré au moyen de la version francophone de la Mill Hill, traduite par Deltour (1993). Les sujets devaient sélectionner, parmi six mots, celui considéré comme étant un synonyme du mot-cible placé au-dessus des choix de réponses. Ce questionnaire à choix multiples était coté sur 33 avec un point par bonne réponse. Un exemple était donné au tout début de la série.

**X-O.** Pour rendre compte de leur vitesse de traitement, les sujets ont pris part au test de vitesse de traitement XO de Salthouse (2000). 54 paires de lettres (des « X » et des « O ») qui pouvaient être soit identiques (« XX » ou « OO »), soit différentes (« XO » ou « OX ») étaient imprimées sur une feuille. 30 secondes étaient données pour décider le plus vite possible si chaque paire était composée de lettres identiques ou différentes, à l'aide de cases à cocher, disposées à côté de chaque paire et étiquetées « Identique » ou « Différent ». Un point était alloué par bonne réponse.

## **Procédure**

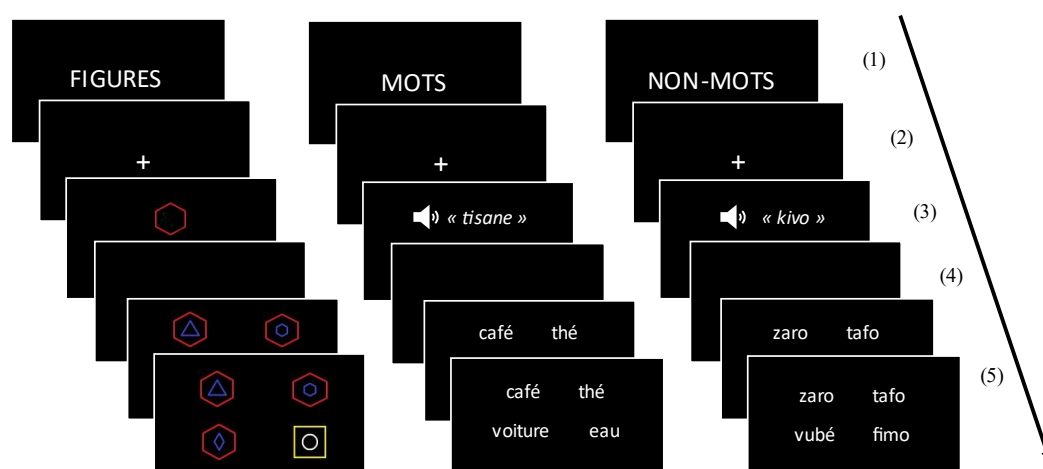
Lors d'un entretien préliminaire, chaque sujet a exprimé par écrit son consentement à la participation à l'étude, a rempli une première partie du « *metal check* » et a réalisé les divers tests complémentaires, ainsi qu'un premier entraînement aux trois tâches d'inhibition. Ensuite, lors d'un second rendez-vous, les sujets ont passé la seconde partie du « *metal check* » et un deuxième entraînement aux trois tâches d'inhibition, avant de passer dans le scanner IRMf. Lors de l'entraînement, les sujets avaient droit à 10 essais par tâche d'inhibition – phonologique, sémantique et visuelle – et 10 essais contrôles, randomisés et présentés à leur rythme grâce à un format PowerPoint. Lors de la vraie passation dans le scanner IRMf, l'activité cérébrale, le

temps et la précision des réponses des sujets étaient enregistrés pendant qu'ils réalisaient la tâche en cours (voir Figure 2), à l'aide d'un écran visible grâce à un miroir et d'un boîtier de réponse compatible pour le scanner IRMf. Les essais des trois tâches – phonologique, sémantique et visuelle – générés par Matlab 2015 et Cogent (UCL, <http://www.vislab.ucl.ac.uk/cogent.php>) étaient randomisées et comprenaient 26 essais « Inhibition », 26 essais « Facilitation » et 10 essais contrôles. Avant chaque essai, la modalité des stimuli employés était annoncée sur l'écran du scanner IRMf : « Non-mots » pour les essais phonologiques, « Mots » pour les essais sémantiques et « Figures » pour les essais visuels. Après l'affichage d'une croix de fixation, l'amorce – présentée dans le casque audio ou sur l'écran du scanner IRMf – apparaissait durant 2000 ms puis laissait place aux deux stimuli-cibles. Après 2000 ms, les deux possibilités de réponse étaient ajoutées en bas de l'écran. À cet instant, les sujets disposaient de 8000 ms pour indiquer, à l'aide du boîtier de réponse, s'ils sélectionnaient la réponse de gauche (via le bouton gauche) ou de droite (via le bouton droite). Passé ce délai, l'essai était comptabilisé comme une « non réponse » et l'essai suivant démarrait. La probabilité que la bonne réponse se retrouve à gauche ou à droite était identique. L'intervalle entre chaque essai était aléatoire, mais suivait une distribution normale de 7000+/- 1000 ms et s'adaptait au temps de réponse du sujet, puisque les stimuli affichés disparaissaient dès le choix d'une réponse à l'aide du boîtier. Après la tâche, l'image structurale *T1* du cerveau du sujet était acquise (voir section IV).

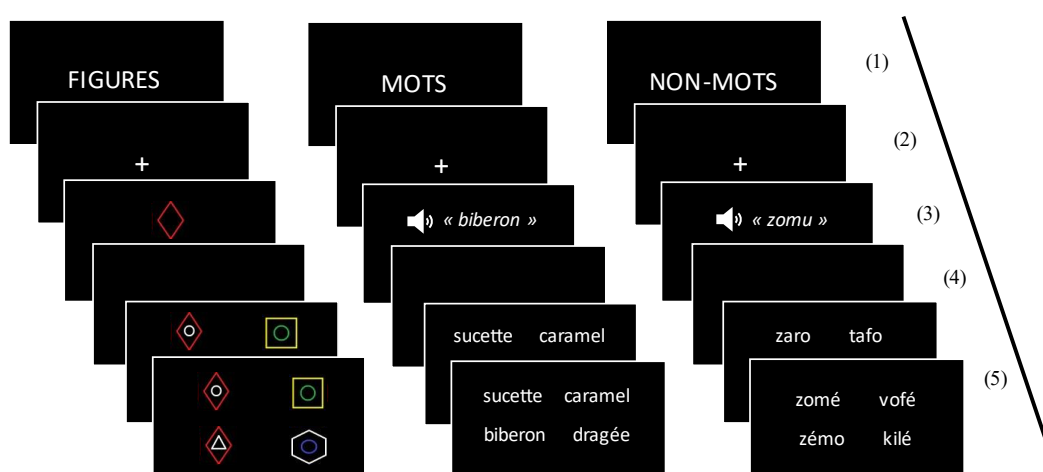
**Figure 2.**

*Représentation schématique de la tâche principale en scanner IRMf.*

**A) Condition « Inhibition »**



**B) Condition « Facilitation »**



**Légende.** (1) Annonce de la modalité des stimuli employés lors de l’essai. (2) Croix de fixation. (3) Présentation de l’amorce. (4) Apparition des stimuli-cibles. (5) Ajout des possibilités de réponse.

**Acquisition de Données de Neuroimagerie**

L’acquisition de données de neuroimagerie, à l’aide d’un scanner IRMf, était identique à celle de Attout et al. (2022). Les séries d’images « *whole-brain* » ont été extraites à l’aide d’une sonde à 20 canaux et d’un scanner 3T (Magnetom Prisma, Siemens Medical Solutions, Erlangen, Allemagne) situé au campus du Sart-Tilman de l’Université de Liège. L’orientation

de la coupe axiale a permis d'extraire des images fonctionnelles « multicoupes » du cerveau et pondérées en  $T2^*$ , couvrant ainsi 32 coupes avec un facteur « *multiband* » de 2, un champ de vision de  $192 \times 192 \text{ mm}^2$  une taille de voxels de  $3 \times 3 \times 3 \text{ mm}^3$ , un espace de 25% entre les coupes, une taille de matrice de  $64 \times 64 \times 32$ , un  $TR$  de 1170 ms, un  $TE$  de 30 ms et un angle de rotation de  $90^\circ$ . Les cinq premiers volumes ont été supprimés pour minimiser les effets de saturation  $T1$ . Pour corriger les distorsions, une séquence de rappel de gradient a été utilisée afin d'obtenir deux images complexes avec des temps d'écho différents (respectivement 10.00 ms et 12.46 ms), qui ont ensuite permis de générer des cartographies du champ magnétique servant à la correction des distorsions des  $EPI$ . Les références anatomiques des sujets ont été obtenues à l'aide d'images de haute résolution et pondérées en  $T1$ , en utilisant une séquence *MPRAGE* avec un  $TR$  de 1900 ms, un  $TE$  de 2.19 ms, un  $TI$  de 900 ms, un champ de vision de  $256 \times 240 \text{ mm}^2$ , une taille de matrice de  $256 \times 240 \times 224$  et une taille de voxel de  $1 \times 1 \times 1 \text{ mm}^3$ . Chaque image fonctionnelle a été réalignée et corrigée pour les mouvements de tête des sujets dans le scanner. Lors de la tâche principale, entre 2059 et 2537 volumes fonctionnels ont été acquis ( $M = 2237.69$  volumes,  $SD = 108.94$  volumes).

## **Analyses Statistiques Prévues**

### ***Analyses Comportementales***

**Variables d'Intérêt.** Les analyses comportementales ont porté sur la proportion de bonnes réponses (en pourcent) des sujets, leur temps de réponse (pour les bonnes réponses uniquement) et deux scores d'interférence – sur la proportion de bonnes réponses et sur le temps de réponse. Les scores d'interférence ont été calculés comme la différence de proportion de bonnes réponses/de temps de réponse entre les essais « Facilitation » et les essais « Inhibition », divisée par la proportion de bonnes réponses/le temps de réponse au sein des essais « Facilitation ».

**Méthode d'Analyse des Données.** Les analyses ont été réalisées à l'aide de la version 0.17.3 du logiciel JASP (JASP Team, 2023 ; <http://jasp-stats.org/>) et d'un cadre statistique bayésien. L'utilisation de statistiques bayésiennes permet de quantifier l'évidence en faveur de l'hypothèse alternative ou de l'hypothèse nulle, à l'aide d'un « facteur bayésien » ( $BF$ ) –  $BF_{10}$  pour l'évidence en faveur de l'hypothèse alternative et  $BF_{01}$  pour l'hypothèse nulle – qui se

définit comme la vraisemblance d'une hypothèse, par rapport à une hypothèse concurrente, sur base des données récoltées (Wagenmakers, 2007 ; Grégoire, 2019). L'importance de ce facteur bayésien a été interprété sur base de la classification de Lee et Wagenmakers (2014) : un *BF* égal à 1 ne permet pas de privilégier une hypothèse en particulier ; un *BF* entre 1 et 3 signifie que l'évidence est « anecdotique » ; un *BF* entre 3 et 10 signifie que l'évidence est « modérée » ; un *BF* entre 10 et 30 signifie que l'évidence est « forte » ; un *BF* entre 30 et 100 signifie que l'évidence est « très forte » ; et un *BF* supérieur à 100 signifie que l'évidence est « extrême/décisive ». Cette méthode d'analyse statistique, enfin, présente un risque d'erreur alpha plus faible que la méthode basée sur la p-valeur (Schönbrodt et al., 2017). La probabilité *a priori* (ou « *priors* ») que l'hypothèse nulle ou alternative soit vraie suivait une distribution de Cauchy avec les paramètres fournis par défaut par JASP : un paramètre *r scale* de .71 pour les tests *t* et de .50, 1 et .35 pour les effets fixes, les effets aléatoires et les effets des covariables, respectivement, pour les ANOVA. Pour les ANOVA et ANCOVA, différents modèles incluant différents effets étaient mis en concurrence afin d'expliquer au mieux les données. Le facteur bayésien du meilleur modèle est celui quantifiant l'évidence que ce modèle soit le plus vraisemblable, par rapport à un modèle nul (i.e., n'incluant aucun effet). La correction des « *priors* » selon la méthode de Westfall et al. (1997) a été utilisée pour les tests post-hoc multiples et, comme suggéré par van den Bergh et al. (2020), la probabilité *a posteriori* d'une différence entre deux groupes ou de leur absence – notée *o* – et le facteur bayésien sans correction de Westfall et al. (1997) – noté *BF<sub>U</sub>* – ont été rapportés conjointement pour ces tests. Les différentes données récoltées lors de l'entretien préliminaire étant considérées comme issues de variables potentiellement confondante, des tests *t* bayésiens pour deux échantillons indépendants ont été réalisés afin de tenir compte des différences inhérentes entre les groupes lors de l'interprétation des résultats (voir Tableau 1).

### ***Analyses des Données de Neuroimagerie***

**Analyses Univariées.** Le signal *BOLD* des cerveaux des sujets a été analysé séparément en fonction des conditions de la tâche principale, afin d'isoler les signaux spécifiques à la condition « Inhibition ». Ce signal a été estimé sur base de chaque voxel à l'aide d'un modèle linéaire général combinant des régressions « *epoch* » et « *event-related* », ainsi que la réponse hémodynamique « canonique ». L'intervalle comprenant le signal débutait lors de l'apparition des deux possibilités de réponses sur l'écran et se terminait lorsque le sujet avait sélectionné sa réponse à l'aide du boîtier qui lui était donné. Pour analyser les signaux des deux conditions

expérimentales, deux contrastes linéaires ont été produits pour chacune de celles-ci. Leur matrice de design comprenait également les paramètres de réaligement des images afin de contrôler tout effet résiduel des mouvements de tête des sujets. Un filtre passe-haut de 128 s était implémenté afin d'éliminer des analyses les changements de signal *BOLD* de basse fréquence. Des autocorrélations sérielles ont été estimées à l'aide d'un algorithme de maximum de vraisemblance restreint et d'un modèle d'autorégression d'ordre 1. Après lissage des voxels à l'aide d'un kernel gaussien *FWHM* de 6 mm, les contrastes d'images ont ensuite été traités à l'aide d'une analyse de second niveau, comprenant des effets aléatoires. Un test *t* pour un échantillon indépendant (ou *one sample t test*) était ensuite effectué pour évaluer la significativité, au seuil alpha global de 5%, des effets de la condition « Inhibition » (contrastée avec la condition « Facilitation ») sur le signal *BOLD*. Enfin, une analyse de conjonction (Friston et al., 2005) a été réalisée afin d'explorer plus en détails les régions recrutées lors de la présence de stimuli dans l'une ou l'autre modalité et chez l'un ou l'autre groupe de sujets. Ces analyses ont été réalisées sur l'ensemble du cerveau (analyses « Cerveau entier ») et, par la suite, dans trois régions spécifiques (*CFI pars triangularis*, *pars orbitalis* et *pars opercularis*, droit et gauche; analyses « Régions d'intérêt »), à l'aide du programme SPM (<https://www.fil.ion.ucl.ac.uk/spm>) supporté par Matlab 2015b (<https://www.mathworks.com/matlab.html>).

**Analyses Multivariées.** Comme chez Attout et al. (2022), les analyses multivariées ont été réalisées à l'aide du logiciel PRoNTTo (Schrouff et al. 2013 ; [www.mlml.cs.ucl.ac.uk/pronto](http://www.mlml.cs.ucl.ac.uk/pronto)) dans le but d'évaluer les similarités et différences de patterns d'activité cérébrale à la base des mécanismes d'inhibition visuelle, d'inhibition phonologique et d'inhibition sémantique en MdT. Tout d'abord, des patterns de voxels (issus des volumes fonctionnels ayant subi un pré-traitement et un lissage de 4 mm) ont été sélectionnés afin de discriminer les conditions expérimentales « Facilitation » et « Inhibition » de la tâche principale, pour chaque essai et chaque sujet. Ensuite, un classificateur de patterns a été entraîné à distinguer les patterns d'activité de ces voxels, en fonction de la condition expérimentale de la tâche principale et à l'aide d'un séparateur à vaste marge (Burges, 1998). Le classificateur était entraîné avec des essais contenant des stimuli d'une certaine modalité (e.g., des essais visuels) et devait ensuite deviner la condition expérimentale d'un essai contenant des stimuli présentés dans la même modalité (e.g., un essai visuel ; méthode de « classification ») ou dans une modalité différente (e.g., un essai phonologique ; méthode de « prédiction »). Dans ce cas, la procédure de

validation croisée de « un contre tous » était employée. Le pourcentage de classification et le pourcentage de prédiction ont, eux aussi, été analysés à l'aide du cadre statistique bayésien.

## Résultats

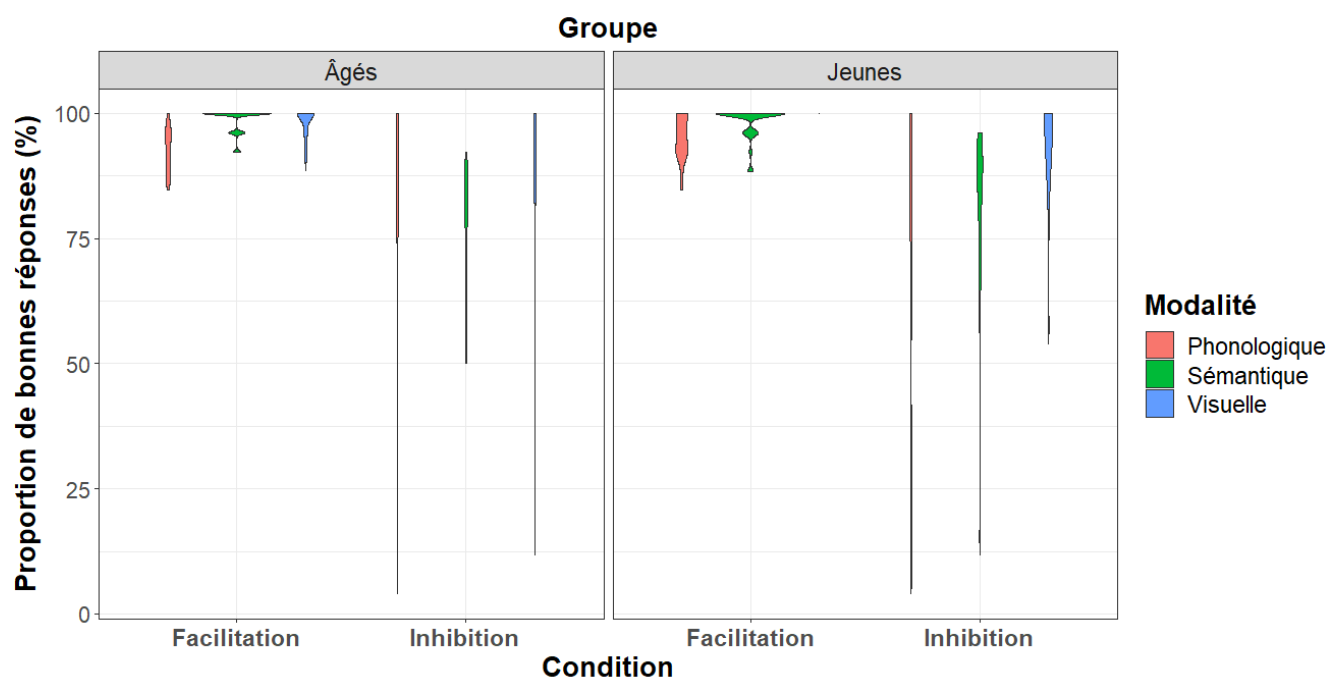
### Analyses Comportementales

#### *Proportion de Bonnes Réponses*

La proportion de bonnes réponses des sujets a été analysée à l'aide d'une ANOVA bayésienne 2 (groupes)  $\times$  3 (modalités)  $\times$  2 (conditions). Le modèle expliquant le mieux les données ( $BF_{10} = 2.96 \times 10^{10}$ ; *Model Averaged  $R^2$*  = .37, *IC95* = [0.32 ; 0.42]) est celui comprenant un effet de la modalité des stimuli employés ( $\eta^2 = .02$ ) et de la condition expérimentale ( $\eta^2 = .21$ ). Les 10 meilleurs modèles retenus sont disponibles en Annexe 1. Les analyses *post hoc* ont montré que les sujets fournissaient moins de bonnes réponses ( $BF_{10} = 9.94 \times 10^{15}$ ) en condition « Inhibition » ( $M = 80.54$  ;  $SD = 16.30$ ) qu'en condition « Facilitation » ( $M = 97.29$  ;  $SD = 3.32$ ). Leur performance était également meilleure ( $o = 7.64$  ;  $BF_{10,U} = 13.00$ ) pour les essais dans la modalité visuelle ( $M = 92.75\%$  ;  $SD = 9.38\%$ ) que dans la modalité phonologique ( $M = 85.37\%$  ;  $SD = 14.15\%$ ). Il n'y a pas assez d'évidence ( $o = 0.90$  ;  $BF_{10,U} = 1.53$ ) pour conclure en faveur ou contre une différence de proportion de bonnes réponses entre la modalité visuelle et la modalité sémantique ( $M = 88.80\%$  ;  $SD = 10.85\%$ ), ni entre la modalité sémantique et la modalité phonologique ( $o = 3.47$  ;  $BF_{01,U} = 2.04$ ). Les Figures 3 et 4 représentent graphiquement la proportion de bonnes réponses des sujets en fonction de la condition expérimentale, du groupe de sujets et de la modalité des stimuli employés.

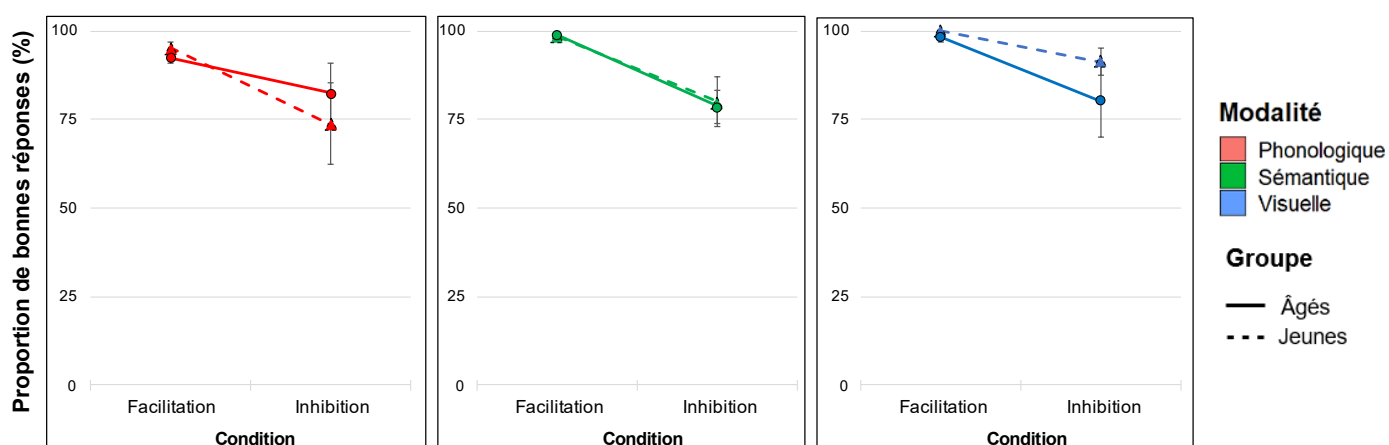
**Figure 3.**

*Proportion de bonnes réponses des sujets en fonction de la condition expérimentale, du groupe de sujets et de la modalité des stimuli employés.*



**Figure 4.**

*Proportion moyenne de bonnes réponses des sujets en fonction de la condition expérimentale, de la modalité des stimuli employés et du groupe de sujets.*



**Note.** Les barres d'erreurs représentent un intervalle crédible à 95% sur les moyennes.

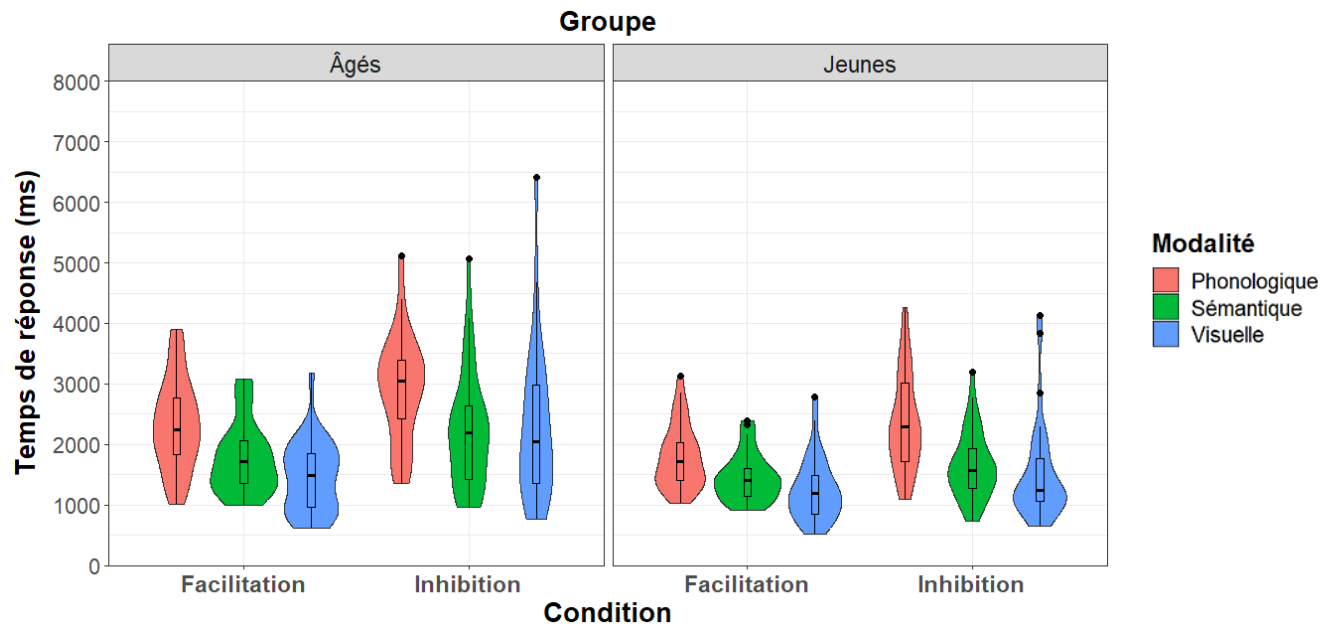


## *Temps de Réponse*

Les données ont été analysées à l'aide d'une ANCOVA bayésienne 2 (groupes)  $\times$  3 (modalités)  $\times$  2 (conditions), le score au test XO servant de covariable. Un sujet jeune supplémentaire a dû être exclu des analyses car il n'avait pas complété le test XO. Les analyses ont indiqué que le meilleur modèle ( $BF_{10} = 1.23 \times 10^{29}$  ; *Model Averaged*  $R^2 = .70$ ,  $IC95 = [.63 ; .75]$ ) est celui incluant un effet de la modalité des stimuli employés ( $\eta^2 < .01$ ), de la condition expérimentale ( $\eta^2 < .01$ ), du score au test XO ( $\eta^2 = .05$ ), du groupe de sujets ( $\eta^2 < .01$ ) ainsi qu'un effet d'interaction entre modalité et condition ( $\eta^2 < .01$ ) et entre condition et groupe de sujets ( $\eta^2 < .01$ ). Ce modèle est 1.6 fois plus probable qu'un modèle incluant ces effets ainsi qu'une interaction entre modalité, condition et groupe et une interaction entre modalité et groupe. Les 10 meilleurs modèles retenus sont disponibles en Annexe 2. Les analyses *post hoc* ont indiqué que les sujets jeunes ( $M = 1662.01$  ;  $SD = 537.88$ ) répondaient plus rapidement que les sujets âgés ( $M = 2163.68$  ms ;  $SD = 772.94$  ms), même en contrôlant pour l'effet de la vitesse de traitement ( $BF_{10} = 728525.41$ ). Les sujets répondaient plus lentement ( $BF_{10} = 3.56 \times 10^{17}$ ) lors des essais « Inhibition » ( $M = 2123.01$  ms ;  $SD = 516.45$  ms) que lors des essais « Facilitation » ( $M = 1656.17$  ms ;  $SD = 794.18$  ms). Enfin, les essais visuels ( $M = 1591.14$  ms ;  $SD = 641.80$  ms) étaient plus rapidement répondus ( $o = 4.89 \times 10^{19}$  ;  $BF_{10,U} = 8.32 \times 10^{19}$ ) que les essais phonologiques ( $M = 2317.50$  ms ;  $SD = 684.60$  ms) et plus rapidement répondus ( $o = 95.92$  ;  $BF_{10,U} = 163.30$ ) que les essais sémantiques ( $M = 1758.98$  ms ;  $SD = 529.73$  ms). Les essais sémantiques, quant à eux, étaient plus rapidement répondus que les essais phonologiques ( $o = 1.99 \times 10^{13}$  ;  $BF_{10,U} = 3.39 \times 10^{13}$ ). L'interaction entre modalité des stimuli employés et condition expérimentale se traduit par une différence entre essais dans la condition « Facilitation » et dans la condition « Inhibition » moins importante pour les essais sémantiques ( $M = 323.60$  ms ;  $SD = 445.23$  ms), par rapport aux essais phonologiques ( $M = 492.59$  ms ;  $SD = 731.45$  ms) et visuels ( $M = 481.60$  ms ;  $SD = 757.40$  ms). L'interaction entre condition et groupe de sujets se manifeste par une plus grande différence entre essais « Facilitation » et « Inhibition » pour les sujets âgés. Les Figures 5 et 6 représentent graphiquement le temps de réponse des sujets en fonction de la condition expérimentale, de la modalité des stimuli employés et du groupe de sujets.

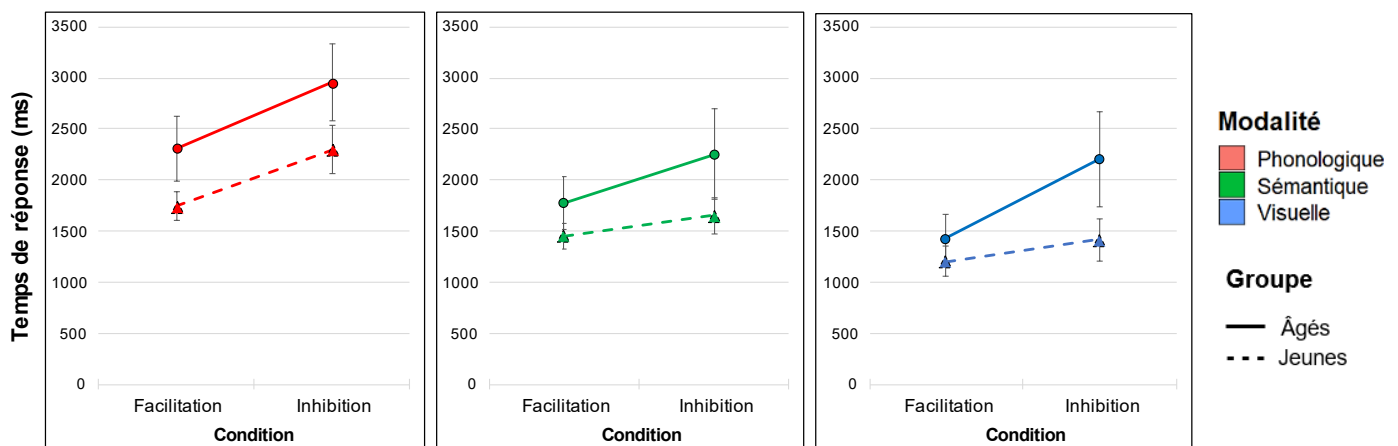
**Figure 5.**

*Temps de réponse (en millisecondes) des sujets en fonction de la condition expérimentale, de la modalité des stimuli employés et du groupe de sujets.*



**Figure 6.**

*Temps moyen de réponse des sujets en fonction de la condition expérimentale, de la modalité des stimuli employés et du groupe de sujets.*



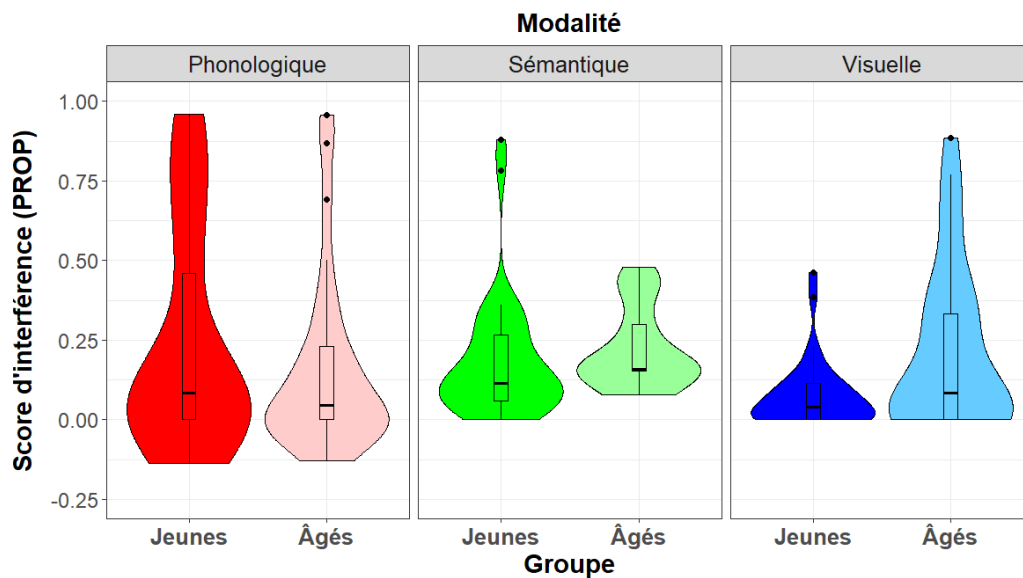
**Note.** Les barres d'erreur représentent un intervalle crédible à 95% sur les moyennes.

### ***Score d'Interférence sur la Proportion de Bonnes Réponses***

Les données ont été analysées à l'aide d'une ANOVA mixte bayésienne 2 (groupes) × 3 (modalités). Les données récoltées ne sont pas mieux expliquées par un modèle incluant certains effets que par un modèle nul (i.e., n'incluant aucun effet). Le modèle incluant un effet de la modalité des stimuli employés, du groupe de sujets et de l'interaction entre ces deux variables est 6.19 fois moins probable que le modèle nul. Les modèles testés sont disponibles à l'Annexe 4. Les Figures 7 et 8 représentent graphiquement le score d'interférence sur la proportion de bonnes réponses des sujets en fonction de la modalité des stimuli employés et du groupe de sujets.

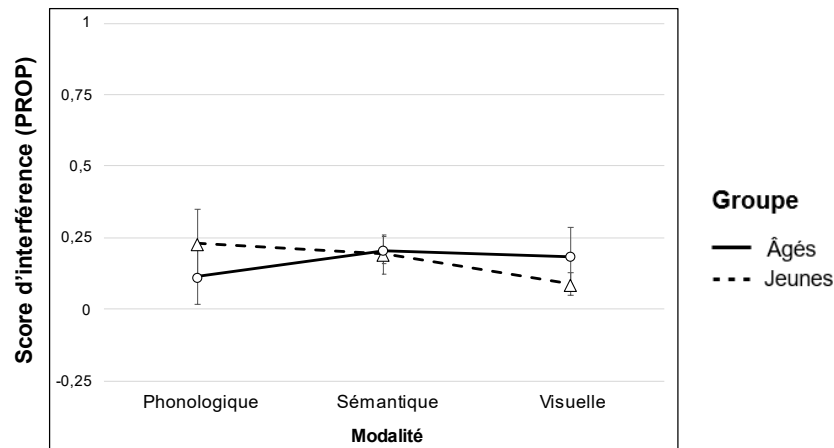
**Figure 7.**

*Score d'interférence sur la proportion de bonnes réponses des sujets en fonction du groupe de sujets et de la modalité des stimuli employés.*



**Figure 8.**

*Score moyen d'interférence sur la proportion de bonnes réponses des sujets en fonction de la modalité des stimuli employés et du groupe de sujets.*



*Note.* Les barres d'erreurs représentent un intervalle crédible à 95% sur les moyennes.

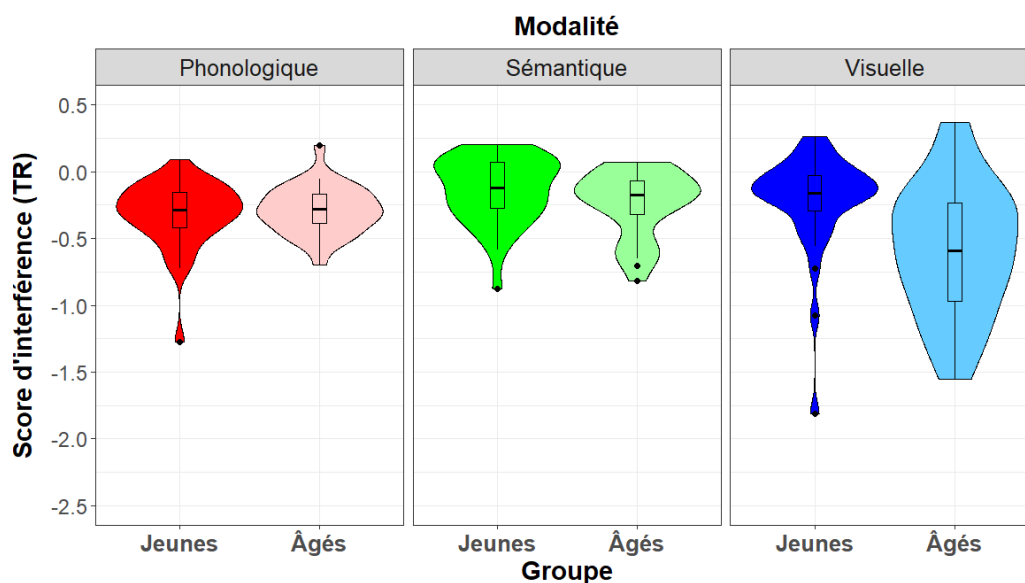
### ***Score d'Interférence sur le Temps de Réponse***

Les données ont été analysées via une ANOVA bayésienne 2 (groupes)  $\times$  3 (modalités). Le modèle qui explique le mieux les données ( $BF_{10} = 140.26$  ;  $Model Averaged R^2 = .22$ ,  $IC95 = [.15 ; .29]$ ) est celui incluant un effet du groupe de sujets ( $\eta^2 = .04$ ) et de la modalité des stimuli employés ( $\eta^2 = .06$ ), ainsi qu'un effet d'interaction entre groupe et modalité ( $\eta^2 = .05$ ). L'ensemble des modèles testés sont disponibles en Annexe 3. Les analyses post-hoc ont mis en évidence que les sujets âgés ( $M = -.34$  ;  $SD = .27$ ) recevaient un score d'interférence sur le temps de réponse plus important ( $BF_{10} = 5.14$ ) que les sujets jeunes ( $M = -.22$  ;  $SD = .21$ ). Les essais visuels ( $M = -.37$  ;  $SD = .36$ ) produisaient un score d'interférence sur le temps de réponse similaire ( $o = 8.46$  ;  $BF_{01,U} = 4.97$ ) aux essais phonologiques ( $M = -.31$  ;  $SD = .16$ ), mais plus élevé ( $o = 8.71$  ;  $BF_{10,U} = 14.82$ ) que les essais sémantiques ( $M = -.18$  ;  $SD = .20$ ). Les essais phonologiques étaient accompagnés d'un score d'interférence plus élevé ( $o = 3.74$  ;  $BF_{10,U} = 6.37$ ) que les essais sémantiques. L'effet d'interaction entre groupe de sujets et modalité des stimuli employés se manifeste par une différence entre sujets âgés ( $M = -.56$  ;  $SD = .40$ ) et sujets jeunes ( $M = -.22$  ;  $SD = .25$ ) uniquement pour les essais visuels ( $BF_{10} = 10.49$ ). Les Figures 9

et 10 représentent graphiquement le score d'interférence sur le temps de réponses des sujets en fonction de la modalité des stimuli employés et du groupe de sujets.

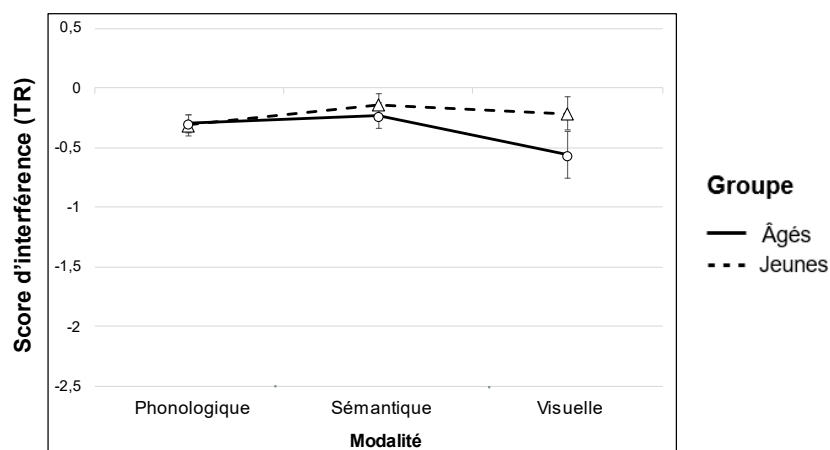
**Figure 9.**

*Score d'interférence sur le temps de réponse des sujets en fonction du groupe de sujets et de la modalité des stimuli employés.*



**Figure 10.**

*Score moyen d'interférence sur les temps de réponses des sujets en fonction de la modalité des stimuli employés et du groupe de sujets.*



**Note.** Les barres d'erreurs représentent un intervalle crédible à 95% sur les moyennes.

## Analyses des Données de Neuroimagerie

### *Analyses Univariées*

Une ANOVA fréquentiste 3 (modalités) x 2 (groupes) a été réalisée sur les signaux *BOLD* des sujets afin de relever les pics d'activité associés à la condition « Inhibition », en fonction de la modalité des stimuli employés – phonologique, sémantique et visuelle – et du groupe de sujets – jeunes et âgés – (voir Tableau 2). L'effet de la modalité était associé avec une différence d'activité dans le gyrus frontal inférieur *pars opercularis* bilatéral, le gyrus frontal inférieur *pars triangularis* gauche, le cortex dorsolatéral préfrontal droit, le gyrus frontal médial gauche, le gyrus frontal moyen bilatéral, le gyrus temporal moyen bilatéral, l'insula bilatérale, l'aire oculomotrice droite, le gyrus supramarginal droit, le lobule pariétal supérieur gauche et inférieur gauche, le cortex somesthésique droit, le précuneus droit, le noyau caudé droit et le cortex visuel secondaire droit. L'activité associée à chaque modalité a ensuite été explorée plus en détails grâce à la méthode de conjonction nulle (voir Tableau 3). Les essais phonologiques étaient associés à de l'activité dans le lobule pariétal supérieur droit et le gyrus lingual droit. Les essais sémantiques étaient associés à de l'activité dans le gyrus frontal inférieur *pars triangularis* droit, le cortex préfrontal dorsolatéral droit, le gyrus frontal moyen bilatéral, l'insula droite, l'aire oculomotrice gauche, le gyrus temporal gauche, le lobule pariétal supérieur droit, le lobule pariétal inférieur gauche, le cortex somesthésique, le précuneus droit, le gyrus lingual gauche et le noyau caudé bilatéral. Les essais visuels étaient associés à de l'activité dans le gyrus frontal inférieur droit, le gyrus frontal moyen bilatéral, le cortex préfrontal dorsolatéral gauche, le lobule pariétal inférieur gauche, le cortex somesthésique gauche, le précuneus droit, le gyrus lingual droit et le cervelet droit. Un test de contraste a enfin indiqué que les essais dans la modalité visuelle étaient associés à une activité plus importante, par rapport aux essais dans la modalité phonologique, dans le lobule pariétal inférieur droit.

L'effet du groupe était associé avec une différence d'activité dans le gyrus frontal inférieur *pars opercularis* droit, le gyrus frontal inférieur *pars orbitalis* gauche, le gyrus temporal supérieur droit, le lobule pariétal inférieur droit, le gyrus frontal médial droit, le cortex visuel secondaire gauche et le noyau caudé droit (voir Tableau 2). L'activité spécifique au groupe de sujets jeunes se situait dans le gyrus frontal inférieur bilatéral, l'insula gauche, le lobule pariétal inférieur bilatéral, le lobule pariétal supérieur bilatéral, le gyrus cingulaire

gauche et le gyrus lingual bilatéral (voir Tableau 3). L'activité spécifique au groupe de sujets âgés se trouvait dans le lobule pariétal supérieur gauche, le lobule pariétal inférieur droit, le gyrus angulaire droit et le gyrus occipital moyen droit (voir Tableau 3). Pour finir, les analyses n'ont révélé aucun effet d'interaction entre modalité et groupe.

Les Figures 11 et 12 représentent les différentes régions associées aux effets de l'inhibition dans une certaine modalité – phonologique, sémantique et visuelle – et du groupe de sujets – jeunes et âgés.

**Tableau 2.**

*Liste des différences de pics d'activité BOLD relevés en fonction de chaque effet. ANOVA.*

<b>ANOVA</b>								
	<i>Hémisphère</i>	<i>Aire de Brodmann</i>	<i>Nombre de voxels (<math>k &gt; 10</math>)</i>	<i>X</i>	<i>Y</i>	<i>Z</i>	<i>SPM valeur {Z}</i>	<i>F</i>
<b><i>Effet principal de la modalité</i></b>								
Gyrus frontal inférieur <i>pars opercularis</i>	Gauche	9	100	-34	12	28	*5.03	16.53
	Droit	8	24	42	10	36	*4.20	11.93
Gyrus frontal inférieur <i>Pars Triangularis</i>	Gauche	44	132	-42	18	28	*5.35	18.59
Insula	Gauche	44	79	-32	24	-4	4.49	13.44
Cortex préfrontal dorsolatéral	Droit	9	67	44	10	48	4.97	16.22
Gyrus frontal médial	Gauche	6	245	-2	12	52	4.52	13.59
Gyrus frontal moyen	Gauche	44	483	-42	18	28	5.35	18.59
Gyrus temporal moyen	Droit	21	231	64	-18	-12	5.54	19.88



<i>ANOVA</i>								
	<i>Hémisphère</i>	<i>Aire de Brodmann</i>	<i>Nombre de voxels (k &gt; 10)</i>	<i>X</i>	<i>Y</i>	<i>Z</i>	<i>SPM valeur {Z}</i>	<i>F</i>
	Gauche	21	130	-50	-40	4	4.55	13.76
		21	67	-58	-28	-4	4.45	13.25
Aire oculomotrice	Droit	8	105	42	10	36	4.20	11.93
Gyrus supramarginal	Droit	40	1081	60	-56	24	5.34	18.57
Lobule pariétal supérieur	Gauche	6	1709	-28	-58	48	5.30	18.29
Lobule pariétal inférieur	Gauche	39	133	-48	-56	38	5.13	17.17
		6	224	-26	2	50	4.45	13.25
	Droit	6	186	26	2	50	4.46	13.30
Cortex	Droit	7	53	50	2	4	4.15	11.71
Somesthésique								
	Droit	6	59	30	-66	36	4.14	11.64
Cortex visuel secondaire	Droit	18	352	30	-88	-8	4.65	14.32
Noyau caudé	Droit	/	82	14	6	14	4.32	12.55
	Droit	13	66	32	26	-2	4.29	12.39
<i>Effet principal du groupe</i>								
Gyrus frontal inférieur <i>pars opercularis</i>	Droit	1	18	50	16	38	*4.10	19.11

	ANOVA							
	Hémisphère	Aire de Brodmann	Nombre de voxels ( <i>k</i> > 10)	X	Y	Z	SPM valeur {Z}	F
Gyrus frontal inférieur <i>pars orbitalis</i>	Gauche	46	23	-46	16	-10	*4.10	19.11
Gyrus frontal médial	Droit	6	71	4	-4	52	4.10	19.11
Lobule pariétal inférieur	Droit	41	102	46	-38	44	4.93	27.61
Gyrus temporal supérieur	Droit	7	22	54	-2	4	4.47	22.65
Cortex visuel secondaire	Gauche	7	55	-42	-80	14	3.93	17.60
Noyau caudé	Droit	/	61	12	16	4	3.72	15.85
Interaction	Aucun voxel n’a survécu à <i>p</i> < .05							
modalité*groupe								
Note. *Small Volume Correction <i>p</i> < .05.								

**Tableau 3.**

*Liste des différences de pics d'activité BOLD relevés en fonction de chaque effet. Méthode de conjonction nulle.*

<i>Conjonction nulle</i>								
	<i>Hémisphère</i>	<i>Aire de Brodmann</i>	<i>Nombre de voxels</i> <i>(k &gt; 10)</i>	<i>X</i>	<i>Y</i>	<i>Z</i>	<i>SPM valeur {Z}</i>	<i>F</i>
<i>Effet simple de l'inhibition sémantique</i>								
Gyrus frontal inférieur <i>pars opercularis</i>	Droit	45	126	40	14	30	4.04	*4.13
Gyrus frontal inférieur <i>pars orbitalis</i>	Droit	13	20	34	22	-8	4.02	*4.11
Gyrus frontal inférieur <i>pars triangularis</i>	Droit	9	47	46	26	24	4.34	*4.46
	Gauche	44	39	-40	18	28	4.06	*4.16
Insula	Droit	47	77	30	22	-10	4.36	4.48
Cortex préfrontal dorsolatéral	Droit	9	67	46	26	24	4.34	4.46

<i>Conjonction nulle</i>								
	<i>Hémisphère</i>	<i>Aire de Brodmann</i>	<i>Nombre de voxels</i> <i>(k &gt; 10)</i>	<i>X</i>	<i>Y</i>	<i>Z</i>	<i>SPM valeur {Z}</i>	<i>F</i>
Gyrus frontal moyen	Gauche	6	108	-38	2	60	4.35	4.48
	Droit	8	66	42	8	48	4.54	4.68
Gyrus temporal moyen	Gauche	21	94	-66	-38	-2	4.30	4.42
Aire oculomotrice	Gauche	8	98	-40	18	28	4.06	4.16
Lobule pariétal supérieur	Droit	7	930	34	-68	48	5.62	5.88
Lobule pariétal inférieur	Gauche	39	567	-34	-58	44	4.44	4.57
Cortex somesthésique	/	7	499	0	14	58	4.92	5.09
Précuneus	Droit	7	327	4	-70	48	4.42	4.55
Gyrus lingual	Gauche	19	96	-14	-92	-12	4.32	4.44
Noyau caudé	Gauche	/	93	-14	6	14	5.26	5.47
	Droit	/	137	12	8	14	5.17	5.37
<i>Effet simple de l'inhibition phonologique</i>								

<i>Conjonction nulle</i>								
	<i>Hémisphère</i>	<i>Aire de Brodmann</i>	<i>Nombre de voxels (k &gt; 10)</i>	<i>X</i>	<i>Y</i>	<i>Z</i>	<i>SPM valeur {Z}</i>	<i>F</i>
Lobule pariétal supérieur	Droit	39	66	28	-68	44	3.65	3.73
Gyrus lingual	Droit	18	87	18	-86	-6	4.18	4.29
<i>Effet simple de l'inhibition visuelle</i>								
Gyrus frontal inférieur	Droit	Indéterminé	133	34	26	-2	4.59	4.73
Gyrus frontal inférieur <i>pars opercularis</i>	Gauche	45	100	-46	16	32	4.31	*4.43
	Droit	27	27	38	4	34	4.07	*4.17
Gyrus frontal inférieur <i>pars triangularis</i>	Gauche	44	142	-46	16	30	4.99	*5.17
Gyrus frontal moyen	Gauche	6	461	-2	14	52	5.13	5.33
	Droit	6	278	26	-2	48	4.92	5.09
Cortex préfrontal dorsolatéral	Gauche	13	149	-30	24	0	4.46	4.59
Lobule pariétal inférieur	Gauche	39	1540	-30	-58	46	5.68	5.94
Cortex somesthésique	Gauche	19	1349	-30	-84	-12	5.49	5.73

<i>Conjonction nulle</i>								
	<i>Hémisphère</i>	<i>Aire de Brodmann</i>	<i>Nombre de voxels</i> <i>(k &gt; 10)</i>	<i>X</i>	<i>Y</i>	<i>Z</i>	<i>SPM valeur {Z}</i>	<i>F</i>
Précuneus	Droit	6	751	30	-66	36	5.29	5.50
	Gauche	7	953	-26	-4	52	5.10	5.30
Gyrus lingual	Droit	18	615	18	-86	-8	5.00	5.18
Cérébellum	Droit	1	94	34	-60	-28	4.65	4.80
		8	156	46	8	34	4.51	4.65
<i>Effet simple du groupe « jeunes »</i>								
Gyrus frontal inférieur	Droit	9	221	46	10	32	4.54	4.68
		47	158	36	18	-2	4.47	4.60
	Gauche	6	143	-42	4	34	4.26	4.37
Gyrus frontal inférieur	Droit	44	120	46	10	32	4.54	*4.68
<i>pars opercularis</i>								
	Gauche	7	22	-40	6	38	3.90	*3.99
Gyrus frontal inférieur	Droit	8	49	44	22	30	3.80	*3.89
<i>pars triangularis</i>								
Insula	Gauche	13	86	-30	26	2	4.11	4.21

<i>Conjonction nulle</i>								
	<i>Hémisphère</i>	<i>Aire de Brodmann</i>	<i>Nombre de voxels</i> <i>(k &gt; 10)</i>	<i>X</i>	<i>Y</i>	<i>Z</i>	<i>SPM valeur {Z}</i>	<i>F</i>
Lobule pariétal inférieur	Droit	41	352	46	-36	44	5.60	5.85
	Gauche	41	181	-40	-46	40	4.42	4.55
Lobe pariétal supérieur	Droit	6	102	30	-72	48	4.21	4.32
	Gauche	6	68	-28	-66	48	4.14	4.24
Gyrus cingulaire	Gauche	32	337	-4	22	44	4.26	4.38
Gyrus lingual	Droit	18	94	18	-90	-6	4.28	4.39
Gyrus lingual	Gauche	19	119	-12	-92	-8	4.13	4.23
<i>Effet simple du groupe « âgés »</i>								
Lobule pariétal inférieur	Droit	38	93	34	-58	46	4.04	4.13
Lobule pariétal supérieur	Gauche	7	76	-22	-64	46	3.95	4.04
Gyrus angulaire	Droit	39	72	32	-68	32	4.31	4.43
Gyrus occipital moyen	Droit	19	78	36	-84	4	4.17	4.28

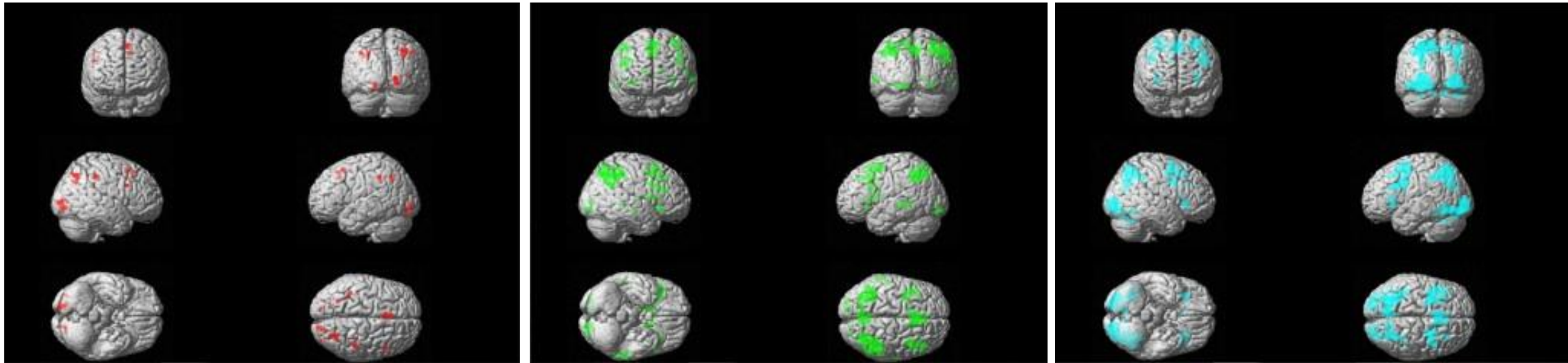
<i>Conjonction nulle</i>								
	<i>Hémisphère</i>	<i>Aire de Brodmann</i>	<i>Nombre de voxels</i> <i>(k &gt; 10)</i>	<i>X</i>	<i>Y</i>	<i>Z</i>	<i>SPM valeur {Z}</i>	<i>F</i>
<i>Inhibition sémantique&gt;</i>								
<i>Inhibition phonologique</i>			Aucun voxel n'a survécu à $p < .05$					
<i>Inhibition phonologique&gt;</i>			Aucun voxel n'a survécu à $p < .05$					
<i>Inhibition sémantique</i>			Aucun voxel n'a survécu à $p < .05$					
<i>Inhibition visuelle&gt;</i>			Aucun voxel n'a survécu à $p < .05$					
<i>Inhibition sémantique</i>			Aucun voxel n'a survécu à $p < .05$					
<i>Inhibition sémantique&gt;</i>			Aucun voxel n'a survécu à $p < .05$					
<i>Inhibition visuelle</i>			Aucun voxel n'a survécu à $p < .05$					
<i>Inhibition visuelle&gt;</i>			Aucun voxel n'a survécu à $p < .05$					
<i>Inhibition phonologique</i>			Aucun voxel n'a survécu à $p < .05$					
Lobule pariétal supérieur	Gauche	6	120	-28	-58	48	4.12	4.22

*Note.* \*Small Volume Correction  $p < .05$ .



**Figure 11.**

*Régions activées en fonction de chaque modalité. Méthode de conjonction nulle.*

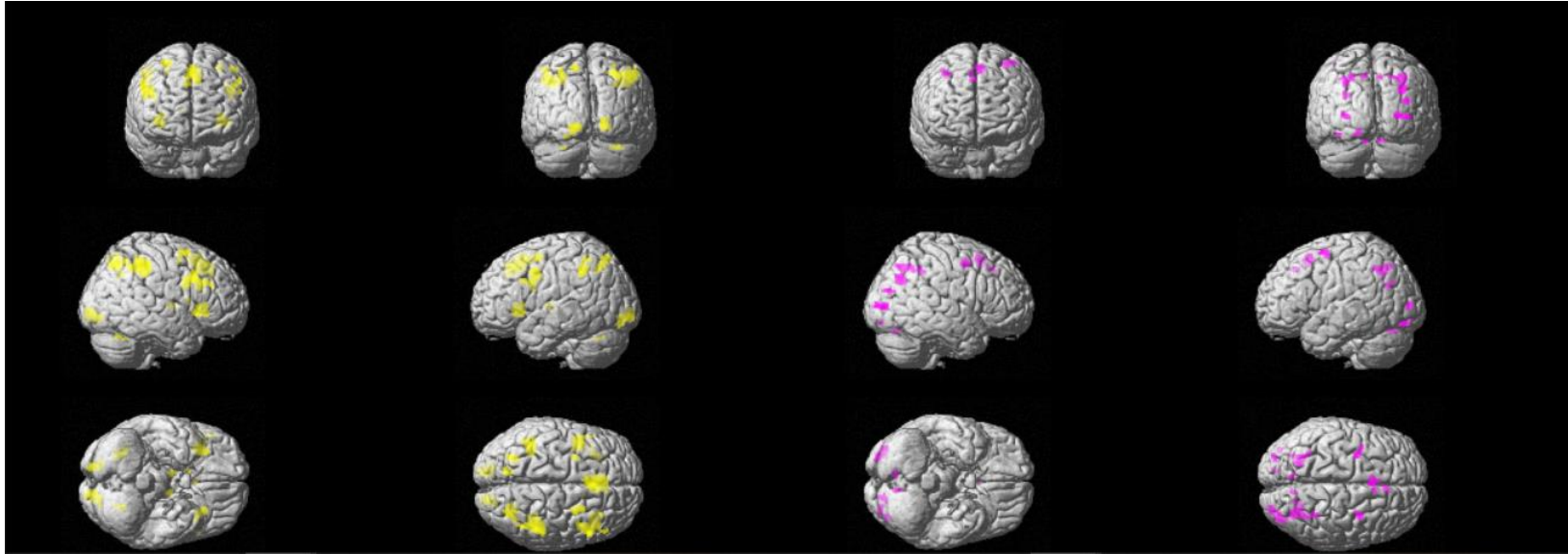


**Légende.** (rouge) Effet simple de l'inhibition phonologique. (vert) Effet simple de l'inhibition sémantique. (bleu) Effet simple de l'inhibition visuelle.

**Note.** Les régions sont affichées à  $p < .001$  suivant une conjonction nulle sur les contrastes pertinents dans les deux groupes et des *clusters* de  $k > 10$  voxels.

**Figure 12.**

*Régions activées en fonction de chaque groupe. Méthode de conjonction nulle.*



**Légende.** (jaune) Effet simple du groupe « jeunes ». (rose) Effet simple du groupe « âgés ».

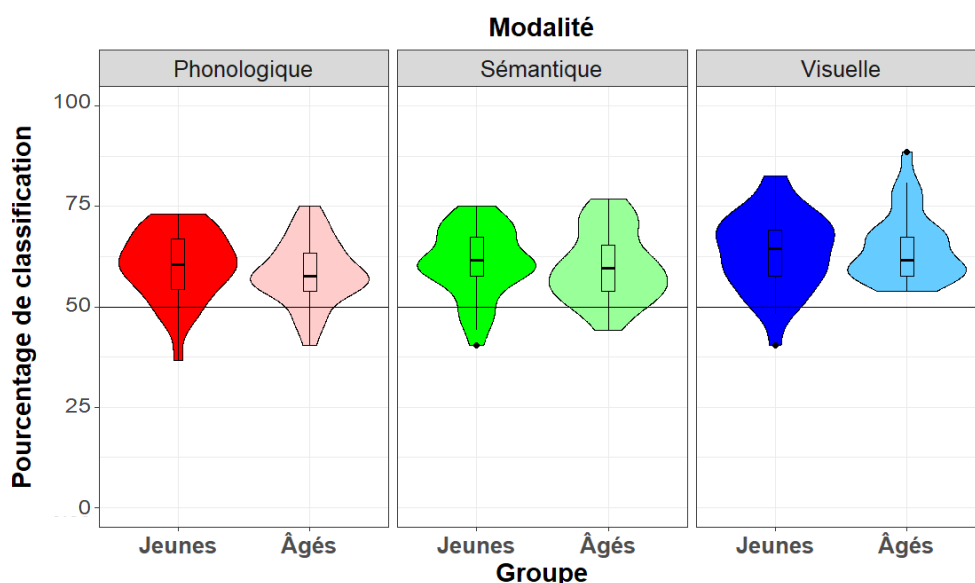
**Note.** Les régions sont affichées à  $p < .001$  suivant une conjonction nulle sur les contrastes pertinents dans les trois modalités et des *clusters* de  $k > 10$  voxels.

## *Analyses Multivariées*

**ANALYSES « CERVEAU ENTIER » : CLASSIFICATION.** Des tests  $t$  sur un échantillon indépendant (ou *one sample t tests*) bayésiens ont été appliqués sur les pourcentages de classification entre conditions « Facilitation » et « Inhibition » pour chaque groupe (i.e., jeunes et âgés) séparément. Les résultats ont montré que les pourcentages de classification étaient au-dessus du hasard (i.e., au-dessus de 50%) pour l'ensemble des trois modalités, pour les sujets jeunes ( $BF_{10, \text{visuel}} = 1.72 \times 10^7$  ;  $BF_{10, \text{phonologique}} = 712763.30$  ;  $BF_{10, \text{sémantique}} = 1.36 \times 10^6$ ) comme pour les sujets âgés ( $BF_{10, \text{visuel}} = 4.40 \times 10^7$  ;  $BF_{10, \text{phonologique}} = 9854.01$  ;  $BF_{10, \text{sémantique}} = 30244.35$ ). Ensuite, une ANOVA mixte bayésienne a indiqué que le modèle prédisant le mieux les données est celui incluant l'effet de la modalité uniquement ( $BF_{10} = 10.06$  ; *Model averaged*  $R^2 = 0.20$ ,  $IC95 = [0.14 ; 0.27]$ ), l'effet du groupe ( $BF_{01} = 4.95$  ;  $\eta^2 < .01$ ) et de l'interaction ( $BF_{01} = 6.76$  ;  $\eta^2 = 0.01$ ) étant absents. Les tests post hoc ont indiqué que les pourcentages de classification étaient plus élevés au sein des essais visuels qu'au sein des essais phonologiques ( $BF_{10} = 9.52$ ). L'évidence d'une meilleure classification au sein des essais visuels, par rapport aux essais sémantiques, est anecdotique ( $BF_{10} = 2.44$ ). Enfin, les pourcentages de classification étaient équivalents entre essais phonologiques et sémantiques ( $BF_{01} = 5.79$ ). L'Annexe 5 reprend l'ensemble des modèles testés. La Figure 13 représente le pourcentage de classification en fonction de la modalité des stimuli employés et du groupe de sujets.

**Figure 13.**

*Pourcentage de classification « Cerveau entier » entre les conditions « Inhibition » et « Facilitation », en fonction de la modalité des stimuli employés et du groupe de sujets.*



**Note.** La barre horizontale représente le niveau du hasard (i.e., 50%).

**ANALYSES « RÉGIONS D'INTÉRÊT » : CLASSIFICATION.** Des tests  $t$  sur un échantillon indépendant bayésiens ont été appliqués sur les pourcentages de classification entre conditions « Facilitation » et « Inhibition » pour chaque groupe (i.e., jeunes et âgés) et chaque région d'intérêt (*pars orbitalis*, *pars triangularis* et *pars opercularis*, droit et gauche) séparément. Les résultats ont démontré que les pourcentages de classification étaient tous au-dessus du hasard (i.e., 50%) pour l'ensemble des modalités, pour les sujets jeunes ( $BF_{10} > 3$ ) comme pour les sujets âgés ( $BF_{10} > 3$ ), sauf pour les essais dans la modalité sémantique dans la région *pars orbitalis* droite chez ces derniers ( $BF_{10} = 1.56$ ). Les ANOVA bayésiennes 2 (groupes)  $\times$  3 (modalités)  $\times$  2 (hémisphères) effectuées pour chaque région d'intérêt n'ont pas montré d'évidence pour un quelconque modèle incluant des effets en particulier, par rapport à un modèle n'en incluant aucun ( $BF_{10} < 3$ ). Le Tableau 4 contient le pourcentage de classification en fonction de la modalité des stimuli employés, du groupe de sujets et de chaque région d'intérêt, ainsi que les tests  $t$  associés. Les Annexes 6 à 8 reprennent les dix meilleurs modèles testés pour chaque ensemble de régions d'intérêt (i.e., *pars orbitalis*, *pars triangularis* et *pars opercularis*).

**Tableau 4.**

*Facteurs bayésiens des tests  $t$  sur les pourcentages de classification entre les conditions « Inhibition » et « Facilitation », en fonction de la modalité de stimuli employés, du groupe de sujets et de chaque région d'intérêt.*

<i>Région</i>	<i>Hémisphère</i>	<i>Modalité</i>	<i>Jeunes</i>	<i>Âgés</i>
<i>BF<sub>10</sub></i>				
<i>Pars triangularis</i>	Gauche	Visuelle	<b>32249.50</b>	<b>1675.04</b>
		Phonologique	<b>315.10</b>	<b>131.22</b>
		Sémantique	<b>3134.80</b>	<b>78</b>
	Droite	Visuelle	<b>142.77</b>	<b>47301.85</b>
		Phonologique	<b>162.02</b>	<b>48.67</b>
		Sémantique	<b>1948.24</b>	<b>12.75</b>
<i>Pars orbitalis</i>	Gauche	Visuelle	<b>439.36</b>	<b>193.12</b>
		Phonologique	<b>37.43</b>	<b>24.70</b>
		Sémantique	<b>1.95×10<sup>6</sup></b>	<b>39.60</b>
	Droite	Visuelle	<b>180.05</b>	<b>32470.13</b>
		Phonologique	<b>230</b>	<b>30.88</b>
		Sémantique	<b>2000.19</b>	<b>1.56</b>
<i>Pars opercularis</i>	Gauche	Visuelle	<b>2113.47</b>	<b>21852.69</b>
		Phonologique	<b>44.44</b>	<b>77.68</b>
		Sémantique	<b>331.88</b>	<b>40.03</b>
	Droite	Visuelle	<b>801.73</b>	<b>6173.44</b>
		Phonologique	<b>8459.68</b>	<b>38.29</b>
		Sémantique	<b>503.19</b>	<b>1317.32</b>

*Note.* Les tests  $t$  pour lesquels le  $BF_{10} > 3$  sont en gras.

**ANALYSES « CERVEAU ENTIER » ET « RÉGIONS D'INTÉRÊT » : PRÉDICTION.** Des tests  $t$  sur un échantillon indépendant bayésiens ont été appliqués sur les pourcentages de prédiction d'une modalité à l'autre. Pour rappel, le pourcentage de prédiction est la capacité du classificateur, entraîné avec des essais contenant des stimuli d'une certaine modalité (e.g., visuels), à deviner au-delà du hasard (i.e., 50%) la condition expérimentale d'un essai contenant des stimuli présentés dans une modalité distincte (e.g., un essai phonologique ; cf Méthodologie, section V.b. : Analyses multivariées) et ce, à l'échelle du cerveau entier et

dans certaines régions d'intérêt (i.e., *pars orbitalis*, *pars triangularis* et *pars opercularis*, droit et gauche). Les données récoltées n'ont montré aucune évidence suffisante en faveur de l'hypothèse alternative chez les sujets jeunes comme chez les sujets âgés ( $BF_{10} < 3$ ). Les tests ont plutôt montré une évidence en faveur de l'hypothèse nulle ( $BF_{01} > 3$ ). Ces résultats ont également été observés dans l'ensemble des régions d'intérêt ( $BF_{01} > 3$ ), sauf huit exceptions pour lesquelles aucune évidence en faveur d'une ou l'autre hypothèse ne subsiste (voir Tableau 5). Il est à noter que chez les sujets jeunes, une prédiction de visuelle à sémantique dans les régions gauches *pars orbitalis* ( $BF_{10} = 7.36$ ) et *pars triangularis* ( $BF_{10} = 9.47$ ) était observée. Le Tableau 5 contient les facteurs bayésiens en fonction de la modalité de stimuli employés et du groupe de sujets pour la méthode « Cerveau entier » d'une part et en fonction de la modalité de stimuli employés, du groupe de sujets et de chaque région d'intérêt, d'autre part.

**Tableau 5.**

*Facteurs bayésiens associés aux pourcentages de prédiction en fonction du groupe de sujets et de la modalité des stimuli employés. Analyses « Cerveau entier » et « Régions d'intérêt ».*

<i>Région</i>	<i>Hémisphère</i>	<i>Modalité entraînée</i>	<i>Modalité testée</i>	<i>Jeunes</i>	<i>Âgés</i>
				<i>BF<sub>01</sub></i>	
Cerveau entier	/	Visuelle	Phonologique	<b>120.57</b>	<b>79.92</b>
		Phonologique	Sémantique	<b>99.23</b>	<b>102.82</b>
		Sémantique	Visuelle	<b>5.26</b>	<b>10.41</b>
		Phonologique	Visuelle	<b>52.63</b>	<b>20.15</b>
		Sémantique	Phonologique	<b>162.93</b>	<b>153.18</b>
		Visuelle	Sémantique	<b>17.92</b>	<b>5.07</b>
<i>Pars triangularis</i>	Gauche	Visuelle	Phonologique	<b>100.36</b>	<b>59.24</b>
		Phonologique	Sémantique	<b>135.50</b>	<b>111.38</b>
		Sémantique	Visuelle	<b>18.23</b>	<b>12.37</b>
		Phonologique	Visuelle	<b>16.72</b>	<b>16.93</b>
		Sémantique	Phonologique	<b>181.44</b>	<b>168.81</b>
		Visuelle	Sémantique	<sup>a</sup> 0.11	0.48
	Droite	Visuelle	Phonologique	<b>25.94</b>	<b>16.92</b>

<i>Région</i>	<i>Hémisphère</i>	<i>Modalité entraînée</i>	<i>Modalité testée</i>	<i>Jeunes</i>	<i>Âgés</i>
<i>Pars orbitalis</i>	Gauche	Phonologique	Sémantique	<b>80.12</b>	<b>88.11</b>
		Sémantique	Visuelle	<b>11.53</b>	<b>8.97</b>
		Phonologique	Visuelle	<b>17.30</b>	<b>17.06</b>
		Sémantique	Phonologique	<b>89.50</b>	<b>106.74</b>
		Visuelle	Sémantique	<b>2.06</b>	<b>8.01</b>
		Visuelle	Phonologique	<b>67.80</b>	<b>21.90</b>
		Phonologique	Sémantique	<b>125.21</b>	<b>96.12</b>
		Sémantique	Visuelle	<b>10.19</b>	<b>9.65</b>
	Droite	Phonologique	Visuelle	<b>17.91</b>	<b>9.64</b>
		Sémantique	Phonologique	<b>146.12</b>	<b>99.18</b>
		Visuelle	Sémantique	<sup>a</sup> 0.14	0.35
		Visuelle	Phonologique	<b>20.70</b>	<b>20.81</b>
		Phonologique	Sémantique	<b>47.61</b>	<b>61.54</b>
		Sémantique	Visuelle	<b>13.95</b>	<b>10.33</b>
		Phonologique	Visuelle	<b>8.14</b>	<b>8.45</b>
		Sémantique	Phonologique	<b>24.97</b>	<b>80.95</b>
<i>Pars opercularis</i>	Gauche	Visuelle	Sémantique	1.46	<b>2.96</b>
		Visuelle	Phonologique	<b>92.68</b>	<b>61.66</b>
		Phonologique	Sémantique	<b>80.72</b>	<b>111.37</b>
		Sémantique	Visuelle	<b>17.66</b>	<b>9.67</b>
		Phonologique	Visuelle	<b>22.76</b>	<b>21.54</b>
		Sémantique	Phonologique	<b>119.45</b>	<b>119.86</b>
	Droite	Visuelle	Sémantique	1.57	0.42
		Visuelle	Phonologique	<b>13.81</b>	<b>10.13</b>
		Phonologique	Sémantique	<b>101.31</b>	<b>94.37</b>
		Sémantique	Visuelle	<b>6.37</b>	<b>10.69</b>
		Phonologique	Visuelle	<b>12.44</b>	<b>6.22</b>
		Sémantique	Phonologique	<b>100.37</b>	<b>114.99</b>
		Visuelle	Sémantique	2.33	<b>6.27</b>

**Note.** <sup>a</sup> Taux de prédiction pour lesquels le  $BF_{10} > 3$ . Pour rappel, le facteur  $BF_{10}$  est calculé comme l'inverse du facteur  $BF_{01}$  (i.e.,  $1/BF_{01}$ ).

Les tests  $t$  pour lesquels le  $BF_{01} > 3$  sont en gras.

## Discussion

### Mise en Parallèle des Données Récoltées avec les Hypothèses de Recherche

Sur base des données actuelles de la littérature, nous avons formulé plusieurs hypothèses. Tout d'abord, nous nous attendions à ce que les sujets performant en moyenne moins bien lors des essais dans la condition « Inhibition », par rapport à ceux dans la condition « Facilitation ». Les sujets répondaient en effet moins vite et avec moins de précision suite à la présentation d'une amorce distractive, par rapport à celle d'une amorce facilitatrice. Cela indique que les sujets ont bien eu recours à des mécanismes d'inhibition en MdT pour répondre correctement. Ensuite, nous nous attendions à ce que la performance des sujets, ainsi que leur activité cérébrale, puissent différer en fonction de la modalité de l'amorce qu'ils devaient inhiber, lors de la tâche principale. Les résultats ont démontré, tout d'abord, que les sujets étaient ralentis à un degré similaire lors des essais « Inhibition », par rapport aux essais « Facilitation », lorsque l'amorce à inhiber était présentée dans la modalité phonologique ou dans la modalité visuelle. En revanche, les résultats ont montré une absence de différence pour la proportion de bonnes réponses et le score d'interférence sur la proportion de bonnes réponses. De plus, l'activité cérébrale des sujets a indiqué une distinction des processus d'inhibition selon chaque modalité, tant à un niveau univarié que multivarié. Chaque modalité était associée à un ensemble distinct de régions cérébrales, d'une part. D'autre part, les analyses de prédiction ne permettaient pas de déterminer avec suffisamment de certitude le type d'amorce – facilitatrice ou distractive – d'une modalité à l'autre. Pour finir, nous faisons l'hypothèse que la différence de performance et d'activité cérébrale, en fonction de la modalité de l'amorce à inhiber, puisse dépendre du groupe de sujets, jeunes et âgés. Concernant le temps de réponse, les données n'ont pas permis de décider si le groupe de sujets modulait, ou non, la différence entre essais « Facilitation » et essais « Inhibition » selon la modalité des stimuli employés. Les données n'ont pas, non plus, démontré que le groupe de sujets ne modulait pas la différence de moyennes entre essais « Facilitation » et essais « Inhibition » selon la modalité des stimuli employés, au niveau de la proportion de bonnes réponses et du score d'interférence sur la proportion de bonnes réponses. Toutefois, les sujets âgés avaient un score d'interférence sur le temps de réponse plus élevé que les sujets jeunes lors des essais « Inhibition », par rapport aux essais « Facilitation », uniquement pour les essais dans la modalité visuelle. Enfin, à un niveau cérébral, les données n'ont pas permis de rejeter l'hypothèse nulle selon laquelle le groupe de sujets n'influence pas la distinctivité des régions à la base de l'inhibition dans chaque modalité,



tant au niveau univarié que multivarié. Aucun effet d'interaction significatif entre groupe et modalité n'a en effet été observé ni pour le signal univarié *BOLD*, ni pour les analyses de prédiction multivariées.

### **L'Inhibition en MdT : un Mécanisme Spécifique à Chaque Modalité ?**

Bien que certaines régions anatomiquement proches aient été relevées pour des modalités différentes (e.g., le gyrus frontal inférieur *pars triangularis* gauche pour la modalité sémantique et la modalité visuelle), chaque modalité a été associée avec un ensemble distinct de régions cérébrales. De plus, bien que le classificateur parvenait à correctement déterminer le type d'amorce – facilitatrice ou distractive – sur base de l'activité produite dans les trois sous-régions du gyrus frontal inférieur (i.e., *pars orbitalis*, *pars triangularis* et *pars opercularis*) et dans l'entièreté du cerveau pour chaque modalité (i.e., phonologique, sémantique et visuelle), il était incapable de prédire le type d'amorce d'une modalité à l'autre. Nos résultats répliquent donc en grande partie les analyses multivariées de l'étude de Attout et al. (2022) et les généralisent à l'entièreté du cerveau, à des sujets adultes jeunes et à la modalité visuelle. Ces résultats renforcent ainsi la conception « *domain-specific* » de la MdT et, plus exactement, des mécanismes d'inhibition qui participent au contrôle de son contenu (Attout et al., 2022 ; Baddely & Hitch, 1974 ; Barde et al., 2010 ; Camos, 2017 ; Cocchini et al., 2002 ; McCall et al., 2022 ; Shivde & Anderson, 2011). D'une part, les données récoltées sont issues d'un design expérimental permettant de comparer directement les trois modalités (i.e., phonologique, sémantique et visuelle) d'intérêt. Les études précédentes, au contraire, soit ne comparaient pas directement l'ensemble de ces modalités, soit utilisaient des tâches reposant sur des designs hétérogènes, ce qui rendait plus difficile la comparaison des modalités. Leurs résultats, contradictoires, pourraient en effet être expliqués par une (dis)similarité de fonctions cognitives autres que l'inhibition en MdT. D'autre part, les données de neuroimagerie ont permis de nuancer les données comportementales : ces dernières suggéraient, seules, que l'inhibition en MdT pour la modalité phonologique et la modalité visuelle reposent sur des mécanismes similaires. Les données de neuroimagerie ont indiqué, au contraire, que chaque modalité était associée à de l'activité cérébrale distincte. En plus, le classificateur était incapable de prédire le type d'amorce – facilitatrice ou distractive – d'une modalité à l'autre. Ce dernier résultat signifie que de l'activité cérébrale bien distincte était associée à chaque modalité, dans laquelle l'amorce à inhiber en MdT se présentait. Finalement, peut-être que les mécanismes d'inhibition

en MdT dans la modalité phonologique et la modalité visuelle ont simplement la même vitesse de traitement.

Nos données de neuroimagerie répliquent aussi, dans une certaine mesure, les analyses univariées obtenues dans d'autres études qui se sont intéressées aux régions précises impliquées dans l'inhibition dans certaines modalités (i.e., phonologique, sémantique ou visuelle). L'inhibition sémantique, tout d'abord, a été associée avec de l'activité dans le gyrus frontal inférieur et le gyrus temporal moyen (Attout et al., 2022 ; Binder et al., 2009 ; Davey et al., 2016 ; Diaz et al., 2019 ; Gao et al., 2021 ; Gold et al., 2005 ; Jefferies & Lambon Ralph, 2006 ; Liakakis et al., 2021 ; Minicucci et al., 2013 ; Noonan et al., 2010 ; Rodd et al., 2005 ; Snyder et al., 2007 ; Thompson-Schill et al., 1999 ; Whitney et al., 2011). En ce qui concerne l'inhibition visuelle, ce processus a été lié, comme dans les études précédentes, à de l'activité dans le gyrus frontal moyen bilatéral et le précuneus (Cosman et al., 2015 ; Demeter et al., 2011 ; Leber, 2010 ; Marini et al., 2016 ; Minamoto et al., 2010 ; Mazaheri et al., 2014 ; Payne & Allen, 2011 ; Toepper et al., 2010). Enfin, l'inhibition phonologique est associée dans notre étude avec de l'activité dans le lobule pariétal supérieur droit et le gyrus lingual droit. Les études précédentes ont eu plutôt tendance à associer l'inhibition phonologique avec de l'activité dans le gyrus frontal inférieur (Attout et al., 2022 ; Gold et al., 2005 ; Marian et al., 2014 ; Peramunage et al., 2011 ; Righi et al., 2010 ; Snyder et al., 2007 ; Xie & Myers, 2018) et dans le lobule pariétal inférieur (Abel et al., 2009 ; Mirman & Graziano, 2013 ; Mousavi et al., 2020). Néanmoins, la comparaison de notre étude avec la plupart des études passées s'avère assez limitée. En effet, la plupart de ces études se sont basées sur des tâches avec un design expérimental différent du nôtre. Les études futures devront donc veiller à comparer les différentes modalités (i.e., phonologique, sémantique et visuelle) à l'aide d'un design similaire afin de mieux cerner quelles régions précises sont impliquées dans l'inhibition, en MdT et pour chaque modalité. Cela est d'autant plus important que, par exemple, la différence entre les régions relevées pour l'inhibition phonologique dans notre étude et celles des études précédentes pourrait s'expliquer par une différence de design expérimental.

### **L'Inhibition en MdT : Quelle Évolution au Cours du Vieillessement Normal ?**

Les données récoltées ont démontré, d'une part, que la distinctivité des mécanismes d'inhibition en MdT ne varie pas au cours du vieillissement normal. D'autre part, les sujets âgés recrutés avaient de moins bonnes capacités d'inhibition en MdT dans la modalité visuelle plutôt

que verbale, par rapport aux sujets jeunes. Cette performance est comparable à celle obtenue dans les études de Henry et Phillips (2007) et Diaz et al. (2019) mais diffère des études de Rose et al. (2009) et Carretti et al. (2012). Ces études ont eu recours, toutefois, à des designs expérimentaux différents, ce qui pourrait expliquer les divergences dans les résultats obtenus. En effectuant une comparaison directe des trois modalités d'intérêt au cours d'une même tâche, nous avons récolté des données qui permettent de trancher et de conclure que la modalité visuelle est celle qui subit un déclin cognitif. Cette interprétation nuance celle de Rey-Mermet et al. (2018) pour qui le vieillissement normal n'est nullement associé à une diminution des capacités d'inhibition : même si le vieillissement normal n'affecte pas systématiquement les capacités d'inhibition des sujets âgés, il s'accompagne spécifiquement d'une diminution des capacités d'inhibition pour la modalité visuelle et en MdT.

Un autre phénomène rencontré au cours du présent mémoire est un potentiel « effet plafond », comme en témoigne la précision des réponses des sujets. La plupart des sujets ont effectivement obtenu une proportion de bonnes réponses proche de 100%, y compris pour la condition « Inhibition » censée être plus difficile que la condition « Facilitation ». Cela pourrait expliquer l'absence de certains effets, comme celui du groupe de sujets sur la proportion de bonnes réponses, ou celui de la modalité sur le score d'interférence sur la proportion de bonnes réponses. Une autre explication est celle de Moroni et Bayard (2009) : peut-être que les sujets âgés ont veillé à répondre avec la plus grande précision possible, quitte à prendre plus de temps pour répondre, parce que la difficulté de la tâche les en autorisait. Quoi qu'il en soit, les études futures devront veiller à ce que la difficulté de la tâche soit mieux contrôlée. Les études futures souhaitant manipuler la difficulté de la tâche devront, toutefois, être attentives aux effets éventuels de l'augmentation de la difficulté de la tâche sur l'activité cérébrale des sujets âgés. Un niveau de difficulté plus élevé pourrait être à l'origine d'une activité cérébrale « compensatoire » chez ces sujets (Reuter-Lorenz & Cappell, 2008), créant ainsi un potentiel effet d'interaction entre groupe de sujets et modalité des stimuli employés visible au niveau de l'activité cérébrale qui n'a pas été détecté au cours de la présente étude. Pour déterminer si cette activité cérébrale est due à une stratégie de compensation face à l'élévation de la difficulté de la tâche, ou si elle résulte d'une évolution dans l'ensemble du fonctionnement cérébral suite au vieillissement normal, ces études devront analyser les corrélations entre activité cérébrale et performance des sujets (Grady, 2008).

## Limitations

Les résultats obtenus doivent être interprétés avec précaution. Pour commencer, certaines analyses ont abouti à des niveaux relativement faibles d'évidence, tels qu'indiqués par les facteurs bayésiens. Par exemple, pour le temps de réponse, le modèle qui explique le mieux les données n'est que 1.6 fois plus probable que le second meilleur modèle incluant un effet d'interaction entre modalité, condition et groupe ainsi qu'une interaction entre modalité et groupe. Ce niveau d'évidence ne permet pas de favoriser clairement l'un ou l'autre modèle explicatif (Lee & Wagenmakers, 2014). Pour les analyses de prédiction, certains niveaux d'évidence dépassaient  $BF_{10} = 3$  mais étaient nettement plus faibles que le reste (e.g.,  $BF_{10} = 9.09$  pour la prédiction de visuel à sémantique contre  $BF_{01} = 181.44$  pour la prédiction de sémantique à phonologique, dans la région *pars triangularis* et chez les sujets jeunes). Ces niveaux d'évidence faibles limitent la vraisemblance des hypothèses favorisées et encouragent à récolter de nouvelles données, sur base du même design expérimental, afin de délimiter les effets du groupe de sujets, de la modalité des stimuli employés et de la condition expérimentale, ainsi que leurs effets d'interaction, sur les variables dépendantes – en l'occurrence, le temps de réponse des sujets et le taux de prédiction. Ensuite, le recours à un paradigme statistique fréquentiste lors de l'analyse univariée des données de neuroimagerie ne permet pas de conclure si, oui ou non, l'effet de la modalité des stimuli employés interagit avec le groupe de sujets. En effet, un résultat « non significatif », dans le contexte fréquentiste, n'indique pas à quel point l'hypothèse nulle est vraisemblable (Dienes, 2014). L'utilisation de statistiques bayésiennes, dans ce cadre d'analyse des données (e.g., Woolrich et al., 2004 ; Woolrich, 2012), pourrait permettre à l'avenir de remédier à ce problème d'interprétation des données. De plus, le cadre statistique bayésien permet l'accumulation des données et la mise à jour continue des connaissances sur un sujet – à condition d'avoir recours à un design expérimental similaire et de contrôler les « *priors* » utilisés lors des analyses (König & van de Schoot, 2017).

Ensuite, au cours de la tâche principale, certains sujets âgés ont rapporté avoir eu du mal à entendre les amorces énoncées dans le casque qui leur était fourni. Cela pourrait avoir atténué les effets des amorces distractrices sur la performance des sujets âgés. Malheureusement, le niveau sonore du casque audio fourni ne pouvait pas être ajusté en cours d'expérience et pour chaque sujet. À ce problème technique pourrait s'ajouter un effet difficilement contrôlable du vieillissement normal sur la perception auditive et visuelle, à savoir une diminution de la distinctivité neuronale au niveau des régions sensorielles auditives (Lalwani et al., 2019) et

visuelles (Davidson et al., 2019). Les études futures devront quand même s'assurer, avant de réaliser la collecte des données, que les sujets recrutés perçoivent parfaitement les amorces qui leur sont présentées, par exemple en leur demandant d'énoncer ce qu'ils ont perçu ou en testant la vue et l'audition des sujets avant la passation de la tâche.

Une autre limite importante est le caractère purement corrélational du design expérimental sur la base duquel les effets du vieillissement normal sur le fonctionnement cognitif et cérébral ont été estimés. Les sujets recrutés pourraient provenir de deux générations particulières et qui affectent différemment le fonctionnement cognitif et cérébral. Autrement dit, les effets décelés au cours du présent mémoire pourraient être confondus un « effet de cohorte » (Estrada et al., 1982). Afin d'écarter cette possibilité et d'éviter l'interprétation erronée des résultats obtenus, les études futures pourraient avoir recours à un plan expérimental « séquentiel », qui combine la comparaison des performances de groupes de sujets d'âges distincts (comme dans le présent mémoire) avec celle de la performance d'un même groupe de sujets au cours du temps (Whitbourne, 2019). Une autre solution serait d'estimer statistiquement la part de variance due au vieillissement normal et celle due à l'effet de cohorte, via un modèle généralisé additif tel que proposé par Sørensen et al. (2021).

Pour finir, les sujets recrutés semblent provenir d'un milieu socio-économique élevé, comme en témoigne leur niveau d'éducation en moyenne élevé (i.e., diplôme d'enseignement supérieur). De plus, le niveau de vocabulaire des sujets âgés recrutés est en moyenne important. Ces deux variables sont en effet positivement associées à un plus haut niveau de « réserve cognitive » atténuant les effets du vieillissement normal sur la cognition (Stern, 2009). Par conséquent, l'absence d'un écart de performance des sujets âgés avec les sujets jeunes au niveau, par exemple, du score d'interférence sur le temps de réponse pour les essais dans la modalité phonologique, pourrait s'expliquer par une spécificité des sujets âgés recrutés, lesquels auraient moins subi les effets du vieillissement normal sur l'inhibition en MdT. Les études futures devront donc veiller à s'intéresser aux capacités d'inhibition en MdT de sujets âgés provenant de milieux socio-économiques plus divers, afin d'avoir une vue plus complète des effets du vieillissement normal sur ces mécanismes.

## Perspectives Futures

L'interprétation des données de l'étude présentée dans ce mémoire se basent sur des données issues d'une population d'individus tout-venants mais peuvent s'appliquer à certaines populations cliniques. Par exemple, l'aphasie se caractérise parfois par un déficit touchant spécifiquement l'inhibition sémantique ou l'inhibition ou phonologique, en MdT (Barde et al., 2010 ; Hamilton & Martin, 2007 ; McCall et al., 2022). Cependant, les études sur le sujet n'ont pas étudié, à l'aide d'un même design expérimental, la possibilité d'un déficit touchant la modalité visuelle. Pourtant, selon Eikelboom et al. (2018), d'une part, certaines personnes aphasiques (dites « non fluentes ») ont un fonctionnement déficitaire de la MdT aussi bien pour la modalité verbale que pour la modalité visuelle. D'autre part, Christensen et al. (2018) ont rapporté que les personnes aphasiques ont de moins bonnes performances dans la tâche de Flanker, qui mesure les capacités d'inhibition à l'aide de stimuli présentés dans la modalité visuelle. La possibilité d'un déficit d'inhibition en MdT spécifique à la modalité visuelle n'est donc pas à exclure et ne pourra être confirmée ou infirmée qu'en comparant la performance des sujets via un même design expérimental, tel que celui utilisé dans le cadre du présent mémoire. Si cette hypothèse se confirme, les tâches utilisées dans un cadre diagnostique (e.g., tâche *recent negatives* de Hamilton & Martin, 2007) devront donc être adaptées afin de pouvoir comparer l'inhibition dans la modalité phonologique, la modalité sémantique et, en plus, la modalité visuelle.

## Conclusions

Les données présentées dans ce mémoire démontrent que les mécanismes d'inhibition en MdT sont spécifiques à la modalité (i.e., phonologique, sémantique et visuelle) des représentations traitées. Chaque modalité est en effet associée avec un ensemble distinct de régions cérébrales, tandis que les analyses de prédiction ne permettent pas de prédire le type d'amorce – facilitatrice ou distractive – d'une modalité à l'autre. Le vieillissement normal, bien qu'il ne diminue pas les capacités d'inhibition en MdT spécifiquement dans la modalité visuelle, ne change pas quelles régions cérébrales sous-tendent les mécanismes d'inhibition en MdT.

## Bibliographie

- Abel, S., Dressel, K., Bitzer, R., Kümmerer, D., Mader, I., Weiller, C., & Huber, W. (2009). The separation of processing stages in a lexical interference fMRI-paradigm. *NeuroImage*, 44(3), 1113-1124. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2008.10.018>
- Attout, L., Grégoire, C., Querella, P., & Majerus, S. (2022). Neural evidence for a separation of semantic and phonological control processes. *Neuropsychologia*, 176, 108377. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2022.108377>
- APA Dictionary of Psychology. (s.d.). Pseudoword. Consulté le 14 août 2023 sur <https://dictionary.apa.org/pseudoword>.
- Baddeley, A. (2000). The episodic buffer : A new component of working memory? *Trends in Cognitive Sciences*, 4(11), 417-423. [https://doi.org/10.1016/S1364-6613\(00\)01538-2](https://doi.org/10.1016/S1364-6613(00)01538-2)
- Baddeley, A. D., & Hitch, G. (1974). *Working Memory* (G. H. Bower, Éd.; Vol. 8, p. 47-89). Academic Press. [https://doi.org/10.1016/S0079-7421\(08\)60452-1](https://doi.org/10.1016/S0079-7421(08)60452-1)
- Banich, M. T. (2009). Executive Function : The Search for an Integrated Account. *Current Directions in Psychological Science*, 18(2), 89-94. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8721.2009.01615.x>
- Barde, L. H. F., Schwartz, M. F., Chrysikou, E. G., & Thompson-Schill, S. L. (2010). Reduced short-term memory span in aphasia and susceptibility to interference : Contribution of material-specific maintenance deficits. *Neuropsychologia*, 48(4), 909-920. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2009.11.010>
- Bernal, B., & Altman, N. (2009). Neural Networks of Motor and Cognitive Inhibition are Dissociated Between Brain Hemispheres : An fMRI Study. *International Journal of Neuroscience*, 119(10), 1848-1880. <https://doi.org/10.1080/00207450802333029>
- Binder, J. R., Desai, R. H., Graves, W. W., & Conant, L. L. (2009). Where is the semantic system? A critical review and meta-analysis of 120 functional neuroimaging studies. *Cerebral Cortex*, 19(12), 2767-2796. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhp055>
- Borella, E., Carretti, B., & De Beni, R. (2008). Working memory and Inhibition across the adult life-span. *Acta Psychologica*, 128(1), 33-44. <https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2007.09.008>

- Braver, T. S., & Barch, D. M. (2002). A theory of cognitive control, aging cognition, and neuromodulation. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 26(7), 809-817. [https://doi.org/10.1016/S0149-7634\(02\)00067-2](https://doi.org/10.1016/S0149-7634(02)00067-2)
- Burges, C. J. C. (1998). A tutorial on support vector machines for pattern recognition. *Data Mining and Knowledge Discovery*, 2(2), 121–167. <https://doi.org/10.1023/A:1009715923555>
- Burgess, N., & Hitch, G. J. (1999). Memory for serial order : A network model of the phonological loop and its timing. *Psychological Review*, 106(3), 551-581. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.106.3.551>
- Cabeza, R. (2002). Hemispheric asymmetry reduction in older adults : The HAROLD model. *Psychology and Aging*, 17(1), 85-100. <https://doi.org/10.1037//0882-7974.17.1.85>
- Camos, V. (2017). Chapter Five - Domain-Specific Versus Domain-General Maintenance in Working Memory : Reconciliation Within the Time-Based Resource Sharing Model. In B. H. Ross (Éd.), *Psychology of Learning and Motivation* (Vol. 67, p. 135-171). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/bs.plm.2017.03.005>
- Camos, V., Johnson, M., Loaiza, V., Portrat, S., Souza, A., & Vergauwe, E. (2018). What is attentional refreshing in working memory? *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1424(1), 19-32. <https://doi.org/10.1111/nyas.13616>
- Carretti, B., Mammarella, I. C., & Borella, E. (2012). Age differences in proactive interference in verbal and visuospatial working memory. *Journal of Cognitive Psychology*, 24(3), 243-255. <https://doi.org/10.1080/20445911.2011.603695>
- Carlisle, N. B., & Kristjánsson, Á. (2018). How visual working memory contents influence priming of visual attention. *Psychological Research*, 82(5), 833-839. <https://doi.org/10.1007/s00426-017-0866-6>
- Chelazzi, L., Marini, F., Pascucci, D., & Turatto, M. (2019). Getting rid of visual distractors : The why, when, how, and where. *Current Opinion in Psychology*, 29, 135-147. <https://doi.org/10.1016/j.copsyc.2019.02.004>
- Christensen, S. C., Wright, H. H., & Ratiu, I. (2018). Working memory in aphasia : Peeling the onion. *Journal of Neurolinguistics*, 48, 117-132. <https://doi.org/10.1016/j.jneuroling.2018.02.001>



- Cocchini, G., Logie, R. H., Sala, S. D., MacPherson, S. E., & Baddeley, A. D. (2002). Concurrent performance of two memory tasks : Evidence for domain-specific working memory systems. *Memory & Cognition*, 30(7), 1086-1095. <https://doi.org/10.3758/BF03194326>
- Colcombe, S. J., Kramer, A. F., Erickson, K. I., & Scalf, P. (2005). The Implications of Cortical Recruitment and Brain Morphology for Individual Differences in Inhibitory Function in Aging Humans. *Psychology and Aging*, 20(3), 363-375. <https://doi.org/10.1037/0882-7974.20.3.363>
- Cosman, J. D., Atreya, P. V., & Woodman, G. F. (2015). Transient reduction of visual distraction following electrical stimulation of the prefrontal cortex. *Cognition*, 145, 73-76. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2015.08.010>
- Davidson, P. S. R., Vidjen, P., Trincao-Batra, S., & Collin, C. A. (2019). Older Adults' Lure Discrimination Difficulties on the Mnemonic Similarity Task Are Significantly Correlated With Their Visual Perception. *The Journals of Gerontology: Series B*, 74(8), 1298-1307. <https://doi.org/10.1093/geronb/gby130>
- Davey, J., Thompson, H. E., Hallam, G., Karapanagiotidis, T., Murphy, C., De Caso, I., Krieger-Redwood, K., Bernhardt, B. C., Smallwood, J., & Jefferies, E. (2016). Exploring the role of the posterior middle temporal gyrus in semantic cognition: Integration of anterior temporal lobe with executive processes. *NeuroImage*, 137, 165-177. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2016.05.051>
- De Beni, R., & Palladino, P. (2004). Decline in working memory updating through ageing : Intrusion error analyses. *Memory*, 12(1), 75-89. <https://doi.org/10.1080/09658210244000568>
- Deltour, J. J. (1993). Echelle de vocabulaire Mill Hill de J. C. Raven : Adaptation française et normes comparées du Mill Hill et du Standard Progressive Matrices (PM38). Manuel et Annexes. Braine le Château, Belgique : Application des Techniques Modernes.
- Demeter, E., Hernandez-Garcia, L., Sarter, M., & Lustig, C. (2011). Challenges to attention : A continuous arterial spin labeling (ASL) study of the effects of distraction on sustained attention. *NeuroImage*, 54(2), 1518-1529. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2010.09.026>
- D'Esposito, M., & Postle, B. R. (2015). The Cognitive Neuroscience of Working Memory. *Annual Review of Psychology*, 66(1), 115-142. <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-010814-015031>
- Diaz, M. T., Johnson, M. A., Burke, D. M., Truong, T.-K., & Madden, D. J. (2019). Age-related differences in the neural bases of phonological and semantic processes in the context of task-

- irrelevant information. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, 19(4), 829-844.  
<https://doi.org/10.3758/s13415-018-00671-2>
- Dienes, Z. (2014). Using Bayes to get the most out of non-significant results. *Frontiers in Psychology*, 5. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpsyg.2014.00781>
- Duchet, J.-L. (1998). *La phonologie*. FeniXX.
- Eikelboom, W. S., Janssen, N., Jiskoot, L. C., van den Berg, E., Roelofs, A., & Kessels, R. P. C. (2018). Episodic and working memory function in Primary Progressive Aphasia : A meta-analysis. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 92, 243-254.  
<https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2018.06.015>
- Emrich, S. M., Riggall, A. C., LaRocque, J. J., & Postle, B. R. (2013). Distributed Patterns of Activity in Sensory Cortex Reflect the Precision of Multiple Items Maintained in Visual Short-Term Memory. *Journal of Neuroscience*, 33(15), 6516-6523.  
<https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.5732-12.2013>
- Engle, R. W., & Kane, M. J. (2004). Executive Attention, Working Memory Capacity, and a Two-Factor Theory of Cognitive Control. In *The psychology of learning and motivation : Advances in research and theory*, Vol. 44. (p. 145-199). Elsevier Science.
- Estrada, E., Bunge, S. A., & Ferrer, E. (2023). Controlling for cohort effects in accelerated longitudinal designs using continuous- and discrete-time dynamic models. *Psychological Methods*, 28(2), 359-378. <https://doi.org/10.1037/met0000427>
- Faust, M. E., & Balota, D. A. (2007). Inhibition, Facilitation, and Attentional Control in Dementia of the Alzheimer's Type : The Role of Unifying Principles in Cognitive Theory Development. In *Inhibition in Cognition* (1<sup>re</sup> éd., p. 337). American Psychological Association.
- Fjell, A. M., & Walhovd, K. B. (2010). Structural Brain Changes in Aging : Courses, Causes and Cognitive Consequences. *Reviews in the Neurosciences*, 21(3), 187-222.  
<https://doi.org/10.1515/REVNEURO.2010.21.3.187>
- Friedman, N. P., & Miyake, A. (2004). The relations among Inhibition and interference control functions : A latent-variable analysis. *Journal of Experimental Psychology. General*, 133(1), 101-135. <https://doi.org/10.1037/0096-3445.133.1.101>

- Froudust-Walsh, S., López-Barroso, D., José Torres-Prioris, M., Croxson, P. L., & Berthier, M. L. (2018). Plasticity in the Working Memory System : Life Span Changes and Response to Injury. *The Neuroscientist*, 24(3), 261-276. <https://doi.org/10.1177/1073858417717210>
- Gao, Z., Zheng, L., Chiou, R., Gouws, A., Krieger-Redwood, K., Wang, X., Varga, D., Ralph, M. A. L., Smallwood, J., & Jefferies, E. (2021). Distinct and common neural coding of semantic and non-semantic control demands. *NeuroImage*, 236, 118230. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2021.118230>
- Gaspelin, N., & Luck, S. J. (2018). The Role of Inhibition in Avoiding Distraction by Salient Stimuli. *Trends in Cognitive Sciences*, 22(1), 79-92. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2017.11.001>
- Gazzaley, A., Clapp, W., Kelley, J., McEvoy, K., Knight, R. T., & D'Esposito, M. (2008). Age-related top-down suppression deficit in the early stages of cortical visual memory processing. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105(35), 13122-13126. <https://doi.org/10.1073/pnas.0806074105>
- Geng, J. J. (2014). Attentional Mechanisms of Distractor Suppression. *Current Directions in Psychological Science*, 23(2), 147-153. <https://doi.org/10.1177/0963721414525780>
- Gineste, M.-D. (2003). De la phrase à la proposition sémantique : Un point de vue de la psychologie cognitive du langage. *L'information grammaticale*, 98(1), 48-51. <https://doi.org/10.3406/igram.2003.2615>
- Gold, B. T., Balota, D. A., Kirchoff, B. A., & Buckner, R. L. (2005). Common and Dissociable Activation Patterns Associated with Controlled Semantic and Phonological Processing : Evidence from fMRI Adaptation. *Cerebral Cortex*, 15(9), 1438-1450. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhi024>
- Grady, C. L. (2008). Cognitive Neuroscience of Aging. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1124(1), 127-144. <https://doi.org/10.1196/annals.1440.009>
- Grégoire, C. (10 septembre 2019). *Introduction aux statistiques bayésiennes. Application dans le vieillissement avec JASP* [Présentation PowerPoint]. Retrieved from [https://orbi.uliege.be/bitstream/2268/239267/1/GREGOIRE\\_Introduction%20aux%20statistiques%20bay%C3%A9siennes-OrBi.pdf](https://orbi.uliege.be/bitstream/2268/239267/1/GREGOIRE_Introduction%20aux%20statistiques%20bay%C3%A9siennes-OrBi.pdf)

- Grégoire, C., & Majerus, S. (2023). *Resisting Visual, Phonological, and Semantic Interference – Same or Different Processes? A Focused Mini-Review* (1). 63(1), Article 1. <https://doi.org/10.5334/pb.1184>
- Gregoire, C., Villatte, J., Taconnat, L., & Majerus, S. (In press). A database distinguishing concreteness, imageability and emotional valence values for nouns and verbs in French. *Année Psychologique*.
- Hamilton, A.C., & Martin, R.C. (2007). Proactive Interference in a Semantic Short-Term Memory Deficit: Role of Semantic and Phonological Relatedness. *Cortex*, 43, 112-123.
- Harada, C. N., Natelson Love, M. C., & Triebel, K. L. (2013). Normal Cognitive Aging. *Clinics in Geriatric Medicine*, 29(4), 737-752. <https://doi.org/10.1016/j.cger.2013.07.002>
- Harnishfeger, K. K. (1995). The development of cognitive Inhibition : Theories, definitions, and research evidence. In F. N. Dempster, C. J. Brainerd, & C. J. Brainerd (Éds.), *Interference and Inhibition in Cognition* (p. 175-204). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-012208930-5/50007-6>
- Hasher, L. (2007). Inhibition : Attentional regulation of cognition. In *Science of Memory : Concepts* (p. 446). Oxford University Press. [https://www.rotman-baycrest.on.ca/files/publicationmodule/@random45f5724eba2f8/\\_50InhibitionAttentionalRegulationCognition07\\_291484d2da589577.pdf](https://www.rotman-baycrest.on.ca/files/publicationmodule/@random45f5724eba2f8/_50InhibitionAttentionalRegulationCognition07_291484d2da589577.pdf)
- Hasher, L., Zacks, R. T., & May, C. P. (1999). Inhibitory control, circadian arousal, and age. In *Attention and performance XVII: Cognitive regulation of performance : Interaction of theory and application*. (p. 653-675). The MIT Press.
- Henry, J. D., & Phillips, L. H. (2006). Covariates of Production and Perseveration on Tests of Phonemic, Semantic and Alternating Fluency in Normal Aging. *Aging, Neuropsychology, and Cognition*, 13(3-4), 529-551. <https://doi.org/10.1080/138255890969537>
- Henry, L. A., Messer, D. J., & Nash, G. (2015). Executive functioning and verbal fluency in children with language difficulties. *Learning and Instruction*, 39, 137-147. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2015.06.001>
- Hung, Y., Schuyler, L. G., Yarmak, P., & Arsalidou, M. (2018). *Dissociations of cognitive Inhibition, response Inhibition, and emotional interference : Voxelwise ALE meta-analyses of fMRI studies*. <https://doi.org/10.1002/hbm.24232>

- Jackson, R. L. (2021). The neural correlates of semantic control revisited. *NeuroImage*, 224, 117444. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2020.117444>
- Jefferies, E., & Lambon Ralph, M. A. (2006). Semantic impairment in stroke aphasia versus semantic dementia: A case-series comparison. *Brain*, 129(8), 2132–2147. <https://doi.org/10.1093/brain/awl153>
- Jonides, J., Marshuetz, C., Smith, E. E., Reuter-Lorenz, P. A., Koeppe, R. A., & Hartley, A. (2000). Age Differences in Behavior and PET Activation Reveal Differences in Interference Resolution in Verbal Working Memory. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 12(1), 188-196. <https://doi.org/10.1162/089892900561823>
- Juhel, J., Salicé, G., & Auffray, C. (1999). *Fonctionnement exécutif et Inhibition cognitive : Étude différentielle chez la personne âgée*. 12.
- König, C., & van de Schoot, R. (2018). Bayesian statistics in educational research : A look at the current state of affairs. *Educational Review*, 70(4), 486-509. <https://doi.org/10.1080/00131911.2017.1350636>
- Kowialiewski, B., Van Calster, L., Attout, L., Phillips, C., & Majerus, S. (2020). Neural Patterns in Linguistic Cortices Discriminate the Content of Verbal Working Memory. *Cerebral Cortex*, 30(5), 2997-3014. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhz290>
- Lalwani, P., Gagnon, H., Cassady, K., Simmonite, M., Peltier, S., Seidler, R. D., Taylor, S. F., Weissman, D. H., & Polk, T. A. (2019). Neural distinctiveness declines with age in auditory cortex and is associated with auditory GABA levels. *NeuroImage*, 201, 116033. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2019.116033>
- Leber, A. B. (2010). Neural predictors of within-subject fluctuations in attentional control. *The Journal of Neuroscience: The Official Journal of the Society for Neuroscience*, 30(34), 11458-11465. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.0809-10.2010>
- Lee, M. D., & Wagenmakers, E.-J. (2013). Bayesian cognitive modeling: A practical course. Cambridge University Press.
- Li, S.-C., Lindenberger, U., & Sikström, S. (2001). Aging cognition : From neuromodulation to representation. *Trends in Cognitive Sciences*, 5(11), 479-486. [https://doi.org/10.1016/S1364-6613\(00\)01769-1](https://doi.org/10.1016/S1364-6613(00)01769-1)

- Li, D., Christ, S. E., & Cowan, N. (2014). Domain-general and domain-specific functional networks in working memory. *NeuroImage*, 102, 646-656. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2014.08.028>
- Liakakis, G., Nickel, J., & Seitz, R. J. (2011). Diversity of the inferior frontal gyrus-A metaanalysis of neuroimaging studies. *Behavioural Brain Research*, 225(1), 341–347. <https://doi.org/10.1016/j.bbr.2011.06.022>
- Lupker, S. J. (1979). The semantic nature of response competition in the picture-word interference task. *Memory & Cognition*, 7(6), 485-495. <https://doi.org/10.3758/BF03198265>
- Majerus, S., D'Argembeau, A., Martinez Perez, T., Belayachi, S., Van der Linden, M., Collette, F., Salmon, E., Seurinck, R., Fias, W., & Maquet, P. (2010). The Commonality of Neural Networks for Verbal and Visual Short-term Memory. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 22(11), 2570-2593. <https://doi.org/10.1162/jocn.2009.21378>
- Majerus, S., Péters, F., Bouffier, M., Cowan, N., & Phillips, C. (2018). The Dorsal Attention Network Reflects Both Encoding Load and Top-down Control during Working Memory. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 30(2), 144-159. [https://doi.org/10.1162/jocn\\_a\\_01195](https://doi.org/10.1162/jocn_a_01195)
- Makovski, T., & Jiang, Y. V. (2008). Proactive interference from items previously stored in visual working memory. *Memory & Cognition*, 36(1), 43-52. <https://doi.org/10.3758/MC.36.1.43>
- Marian, V., Chabal, S., Bartolotti, J., Bradley, K., & Hernandez, A. E. (2014). Differential recruitment of executive control regions during phonological competition in monolinguals and bilinguals. *Brain and Language*, 139, 108-117. <https://doi.org/10.1016/j.bandl.2014.10.005>
- Marini, F., Demeter, E., Roberts, K. C., Chelazzi, L., & Woldorff, M. G. (2016). Orchestrating Proactive and Reactive Mechanisms for Filtering Distracting Information: Brain-Behavior Relationships Revealed by a Mixed-Design fMRI Study. *Journal of Neuroscience*, 36(3), 988-1000. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.2966-15.2016>
- Mather, M. (2010). Aging and cognition. *WIREs Cognitive Science*, 1(3), 346-362. <https://doi.org/10.1002/wcs.64>
- Mazaheri, A., van Schouwenburg, M. R., Dimitrijevic, A., Denys, D., Cools, R., & Jensen, O. (2014). Region-specific modulations in oscillatory alpha activity serve to facilitate processing in the visual and auditory modalities. *NeuroImage*, 87, 356-362. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2013.10.052>

- McCall, J., van der Stelt, C. M., DeMarco, A., Dickens, J. V., Dvorak, E., Lacey, E., Snider, S., Friedman, R., & Turkeltaub, P. (2022). Distinguishing semantic control and phonological control and their role in aphasic deficits : A task switching investigation. *Neuropsychologia*, 173, 108302. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2022.108302>
- McNab, F., Zeidman, P., Rutledge, R. B., Smittenaar, P., Brown, H. R., Adams, R. A., & Dolan, R. J. (2015). Age-related changes in working memory and the ability to ignore distraction. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 112(20), 6515-6518. <https://doi.org/10.1073/pnas.1504162112>
- Minamoto, T., Osaka, M., & Osaka, N. (2010). Individual differences in working memory capacity and distractor processing : Possible contribution of top-down inhibitory control. *Brain Research*, 1335, 63-73. <https://doi.org/10.1016/j.brainres.2010.03.088>
- Minicucci, D., Guediche, S., & Blumstein, S. E. (2013). An fMRI examination of the effects of acoustic-phonetic and lexical competition on access to the lexical-semantic network. *Neuropsychologia*, 51(10), 1980–1988. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2013.06.016>
- Mirman, D., & Graziano, K. M. (2013). The Neural Basis of Inhibitory Effects of Semantic and Phonological Neighbors in Spoken Word Production. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 25(9), 1504-1516. [https://doi.org/10.1162/jocn\\_a\\_00408](https://doi.org/10.1162/jocn_a_00408)
- Miyake, A., Friedman, N. P., Emerson, M. J., Witzki, A. H., Howerter, A., & Wager, T. D. (2000). The Unity and Diversity of Executive Functions and Their Contributions to Complex “Frontal Lobe” Tasks : A Latent Variable Analysis. *Cognitive Psychology*, 41(1), 49-100. <https://doi.org/10.1006/cogp.1999.0734>
- Morcom, A. M., & Henson, R. N. A. (2018). Increased Prefrontal Activity with Aging Reflects Nonspecific Neural Responses Rather than Compensation. *Journal of Neuroscience*, 38(33), 7303-7313. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.1701-17.2018>
- Moroni, C., & Bayard, S. (2009). Processus d’Inhibition : Quelle est leur évolution après 50 ans ? *Psychologie & NeuroPsychiatrie du vieillissement*, 7(2), 121-129. <https://doi.org/10.1684/pnv.2009.0155>
- Morey, C. C., & Cowan, N. (2004). When visual and verbal memories compete : Evidence of cross-domain limits in working memory. *Psychonomic Bulletin & Review*, 11(2), 296-301. <https://doi.org/10.3758/BF03196573>



- Mousavi, N., Nazari, M. A., Babapour, J., & Jahan, A. (2020). Electroencephalographic characteristics of word finding during phonological and semantic verbal fluency tasks. *Neuropsychopharmacology Reports*, 40(3), 254-261. <https://doi.org/10.1002/npr2.12129>
- Murman, D. L. (2015). The Impact of Age on Cognition. *Seminars in Hearing*, 36(3), 111-121. <https://doi.org/10.1055/s-0035-1555115>
- Nasreddine, Z. S., Phillips, N. A., Bédirian, V., Charbonneau, S., Whitehead, V., Collin, I., Cummings, J. L., & Chertkow, H. (2005). The Montreal Cognitive Assessment, MoCA : A brief screening tool for mild cognitive impairment. *Journal of the American Geriatrics Society*, 53(4), 695-699. <https://doi.org/10.1111/j.1532-5415.2005.53221.x>
- 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. [doi.org/10.3758/bf03195598](https://doi.org/10.3758/bf03195598)
- New B., Pallier C., Ferrand L., Matos R. (2001) [Une base de données lexicales du français contemporain sur internet: LEXIQUE](#), *L'Année Psychologique*, 101, 447-462. [doi.org/10.3758/s13428-020-01396-2](https://doi.org/10.3758/s13428-020-01396-2)
- Noonan, K. A., Jefferies, E., Corbett, F., & Lambon Ralph, M. A. (2010). Elucidating the Nature of Deregulated Semantic Cognition in Semantic Aphasia : Evidence for the Roles of Prefrontal and Temporo-parietal Cortices. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 22(7), 1597-1613. <https://doi.org/10.1162/jocn.2009.21289>
- Oberauer, K., Lange, E., & Engle, R. W. (2004). Working memory capacity and resistance to interference. *Journal of Memory and Language*, 51(1), 80-96. <https://doi.org/10.1016/j.jml.2004.03.003>
- Oberauer, K., Lewandowsky, S., Farrell, S., Jarrold, C., & Greaves, M. (2012). Modeling working memory : An interference model of complex span. *Psychonomic Bulletin & Review*, 19(5), 779-819. <https://doi.org/10.3758/s13423-012-0272-4>
- Oberauer, K. (2019). Working Memory and Attention – A Conceptual Analysis and Review. *Journal of Cognition*, 2(1), 36. <https://doi.org/10.5334/joc.58>
- Panichello, M. F., & Buschman, T. J. (2021). Shared mechanisms underlie the control of working memory and attention. *Nature*, 592(7855), 601-605. <https://doi.org/10.1038/s41586-021-03390-w>



- Park, D. C., & Reuter-Lorenz, P. (2009). The Adaptive Brain : Aging and Neurocognitive Scaffolding. *Annual Review of Psychology*, 60, 173-196. <https://doi.org/10.1146/annurev.psych.59.103006.093656>
- Payne, H. E., & Allen, H. A. (2011). Active Ignoring in Early Visual Cortex. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 23(8), 2046-2058. <https://doi.org/10.1162/jocn.2010.21562>
- Peramunage, D., Blumstein, S. E., Myers, E. B., Goldrick, M., & Baese-Berk, M. (2011). Phonological Neighborhood Effects in Spoken Word Production : An fMRI Study. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 23(3), 593-603. <https://doi.org/10.1162/jocn.2010.21489>
- Redick, T. S., Heitz, R. P., & Engle, R. W. (2007). Working Memory Capacity and Inhibition : Cognitive and Social Consequences. In *Inhibition in Cognition* (1<sup>re</sup> éd., p. 337). American Psychological Association.
- Reuter-Lorenz, P. A., & Lustig, C. (2005). Brain aging : Reorganizing discoveries about the aging mind. *Current Opinion in Neurobiology*, 15(2), 245-251. <https://doi.org/10.1016/j.conb.2005.03.016>
- Reuter-Lorenz, P. A., & Park, D. C. (2010). Human Neuroscience and the Aging Mind : A New Look at Old Problems. *The Journals of Gerontology: Series B*, 65B(4), 405-415. <https://doi.org/10.1093/geronb/gbq035>
- Rey-Mermet, A., Gade, M., & Oberauer, K. (2018). Should We Stop Thinking About Inhibition? Searching for Individual and Age Differences in Inhibition Ability. *Journal of Experimental Psychology. Learning, Memory, and Cognition*, 44(4), 501–526. <https://doi.org/10.1037/xlm0000450>
- Ricker, T. J., AuBuchon, A. M., & Cowan, N. (2010). Working memory. *WIREs Cognitive Science*, 1(4), 573-585. <https://doi.org/10.1002/wcs.50>
- Righi, G., Blumstein, S. E., Mertus, J., & Worden, M. S. (2010). Neural Systems underlying Lexical Competition : An Eye Tracking and fMRI Study. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 22(2), 213-224. <https://doi.org/10.1162/jocn.2009.21200>
- Rodd, J. M., Davis, M. H., & Johnsrude, I. S. (2005). The Neural Mechanisms of Speech Comprehension: fMRI studies of Semantic Ambiguity. *Cerebral Cortex*, 15(8), 1261– 1269. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhi009>

- Rose, N. S., Myerson, J., Sommers, M. S., & Hale, S. (2009). Are There Age Differences in the Executive Component of Working Memory? Evidence from Domain-General Interference Effects. *Aging, Neuropsychology, and Cognition*, 16(6), 633-653. <https://doi.org/10.1080/13825580902825238>
- Salthouse, T. A. (2000). Aging and measures of processing speed. *Biological psychology*, 54(1-3), 35-54.
- Salthouse, T. A. (2010). Selective review of cognitive aging. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 16(5), 754-760. <https://doi.org/10.1017/S1355617710000706>
- Shao, Z., Meyer, A. S., & Roelofs, A. (2013). Selective and nonselective inhibition of competitors in picture naming. *Memory & Cognition*, 41(8), 1200-1211. <https://doi.org/10.3758/s13421-013-0332-7>
- Shivde, G., & Anderson, M. C. (2011). On the existence of semantic working memory : Evidence for direct semantic maintenance. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 37(6), 1342-1370. <https://doi.org/10.1037/a0024832>
- Schönbrodt, F. D., Wagenmakers, E.-J., Zehetleitner, M., & Perugini, M. (2017). Sequential Hypothesis Testing With Bayes Factors: Efficiently Testing Mean Differences. *Psychological Methods*, 22(2), 322–339. <https://doi.org/10.1037/met0000061>
- Snyder, H. R., Feigenson, K., & Thompson-Schill, S. L. (2007). Prefrontal Cortical Response to Conflict during Semantic and Phonological Tasks. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 19(5), 761-775. <https://doi.org/10.1162/jocn.2007.19.5.761>
- Sørensen, Ø., Walhovd, K. B., & Fjell, A. M. (2021). A recipe for accurate estimation of lifespan brain trajectories, distinguishing longitudinal and cohort effects. *NeuroImage*, 226, 117596. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2020.117596>
- Stern, Y. (2009). Cognitive reserve. *Neuropsychologia*, 47(10), 2015-2028. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2009.03.004>
- The MathWorks Inc. (2022). Optimization Toolbox version: 9.4 (R2022b), Natick, Massachusetts: The MathWorks Inc. <https://www.mathworks.com>
- Thompson-Schill, S. L., Aguirre, G. K., Desposito, M., & Farah, M. J. (1999). A neural basis for category and modality specificity of semantic knowledge. *Neuropsychologia*, 37(6), 671-676. [https://doi.org/10.1016/S0028-3932\(98\)00126-2](https://doi.org/10.1016/S0028-3932(98)00126-2)

- Todd, J. J., Fougny, D., & Marois, R. (2005). Visual Short-Term Memory Load Suppresses Temporo-Parietal Junction Activity and Induces Inattentional Blindness. *Psychological Science*, 16(12), 965-972. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9280.2005.01645.x>
- Toepper, M., Gebhardt, H., Beblo, T., Thomas, C., Driessen, M., Bischoff, M., Blecker, C. R., Vaitl, D., & Sammer, G. (2010). Functional correlates of distractor suppression during spatial working memory encoding. *Neuroscience*, 165(4), 1244-1253. <https://doi.org/10.1016/j.neuroscience.2009.11.019>
- Tucha, O., Mecklinger, L., Laufkötter, R., Kaunzinger, I., Paul, G., Klein, H., & Lange, K. (2005). Clustering and switching on verbal and figural fluency functions in adults with attention deficit hyperactivity disorder. *Cognitive Neuropsychiatry*, 10(3), 231-248. <https://doi.org/10.1080/13546800444000047>
- Van den Bergh, D., van Doorn, J., Marsman, M., Draws, T., van Kesteren, E., Derks, K. .. & Wagenmakers, E. (2020). A Tutorial on Conducting and Interpreting a Bayesian ANOVA in JASP. *L'Année psychologique*, 120, 73-96. <https://doi.org/10.3917/anpsy1.201.0073>
- Van der Linden, M. (2014). *Traité de neuropsychologie clinique de l'adulte. Tome 1—Évaluation: Vol. 2e éd.* De Boeck Supérieur; Cairn.info. <https://www.cairn-sciences.info/traite-de-neuropsychologie-clinique-de-l-adulte-tome-1--9782353272358.htm>
- Wagenmakers, E. J. (2007). A practical solution to the pervasive problems of p values. *Psychonomic Bulletin and Review*, 14(5), 779–804. <http://dx.doi.org/10.3758/BF03194105>
- Weeks, J. C., Grady, C. L., Hasher, L., & Buchsbaum, B. R. (2020). Holding On to the Past : Older Adults Show Lingering Neural Activation of No-Longer-Relevant Items in Working Memory. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 32(10), 1946-1962. [https://doi.org/10.1162/jocn\\_a\\_01596](https://doi.org/10.1162/jocn_a_01596)
- Westfall, P. H., Johnson, W. O., & Utts, J. M. (1997). A Bayesian perspective on the Bonferroni adjustment. *Biometrika*, 84(2), 419-427. <https://doi.org/10.1093/biomet/84.2.419>
- Whitbourne, S. K. (2019). Longitudinal, Cross-Sectional, and Sequential Designs in Lifespan Developmental Psychology. In *Oxford Research Encyclopedia of Psychology*. <https://doi.org/10.1093/acrefore/9780190236557.013.344>
- Whitney, C., Kirk, M., O'Sullivan, J., Lambon Ralph, M. A., & Jefferies, E. (2011). The Neural Organization of Semantic Control : TMS Evidence for a Distributed Network in Left Inferior

Frontal and Posterior Middle Temporal Gyrus. *Cerebral Cortex*, 21(5), 1066-1075.  
<https://doi.org/10.1093/cercor/bhq180>

Whitwell, R. L., Striemer, C. L., Cant, J. S., & Enns, J. T. (2021). The Ties that Bind : Agnosia, Neglect and Selective Attention to Visual Scale. *Current Neurology and Neuroscience Reports*, 21(10), 1-23. <https://doi.org/10.1007/s11910-021-01139-6>

Woolrich, M. W. (2012). Bayesian inference in FMRI. *NeuroImage*, 62(2), 801-810.  
<https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2011.10.047>

Woolrich, M. W., Behrens, T. E. J., Beckmann, C. F., Jenkinson, M., & Smith, S. M. (2004). Multilevel linear modelling for FMRI group analysis using Bayesian inference. *NeuroImage*, 21(4), 1732-1747. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2003.12.023>

Xie, X., & Myers, E. (2018). Left Inferior Frontal Gyrus Sensitivity to Phonetic Competition in Receptive Language Processing : A Comparison of Clear and Conversational Speech. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 30(3), 267-280. [https://doi.org/10.1162/jocn\\_a\\_01208](https://doi.org/10.1162/jocn_a_01208)

Zuber, S., Ihle, A., Loaiza, V. M., Schnitzspahn, K. M., Stahl, C., Phillips, L. H., Kaller, C. P., & Kliegel, M. (2019). Explaining Age Differences in Working Memory: The Role of Updating, Inhibition, and Shifting. *Psychology & Neuroscience*, 12(2), 191–208.  
<https://doi.org/10.1037/pne0000151>

## Annexes

### Annexe 1.

*10 meilleurs modèles ANOVA sur la proportion de bonnes réponse des sujets.*

<i>Modèle</i>	<i>P(M)</i>	<i>P(M/données)</i>	<i>BF<sub>M</sub></i>	<i>BF<sub>10</sub></i>
Modèle nul	0.053	$1.564 \times 10^{-11}$	$2.816 \times 10^{-10}$	1.000
Modalité + Condition	0.053	0.464	15.568	$2.964 \times 10^{10}$
Modalité + Condition + Modalité*Condition	0.053	0.136	2.822	$8.663 \times 10^9$
Modalité + Condition + Groupe	0.053	0.093	1.849	$5.953 \times 10^9$
Modalité + Condition + Groupe + Modalité*Groupe	0.053	0.078	1.524	$4.990 \times 10^9$
Modalité + Condition + Groupe + Modalité*Condition + Modalité*Groupe + Condition* Groupe + Modalité* Condition*Groupe	0.053	0.051	0.970	$3.269 \times 10^9$
Condition	0.053	0.049	0.937	$3.162 \times 10^9$
Modalité + Condition + Groupe + Condition*Groupe	0.053	0.034	0.642	$2.202 \times 10^9$
Modalité + Condition + Groupe + Modalité*Condition	0.053	0.028	0.510	$1.761 \times 10^9$
Modalité + Condition + Groupe + Modalité*Condition + Stimuli*Groupe	0.053	0.024	0.448	$1.553 \times 10^9$

**Légende.** (Modèle) Facteurs inclus dans le modèle. (P(M)) Probabilité *a priori* que le modèle soit vrai. (P(M/données)) Probabilité *a posteriori* que le modèle soit vrai. (BF<sub>M</sub>) Ratio de P(M/données) sur P(M). (BF<sub>10</sub>) Probabilité que le modèle soit vrai, par rapport au modèle nul.

## Annexe 2.

10 meilleurs modèles ANCOVA sur le temps de réponse des sujets.

Modèle	$P(M)$	$P(M/données)$	$BF_M$	$BF_{10}$
Modèle nul	0.026	$2.467 \times 10^{-30}$	$9.128 \times 10^{-29}$	1.000
Modalité + Condition + XO + Groupe + Modalité*Condition + Condition*Groupe	0.026	0.303	16.086	$1.228 \times 10^{29}$
Modalité + Condition + XO + Groupe + Modalité*Condition + Stimuli*Groupe + Condition*Groupe + Modalité*Condition *Groupe	0.026	0.169	7.499	$6.831 \times 10^{28}$
Modalité + Condition + XO + Groupe + Condition*Groupe	0.026	0.112	4.680	$4.552 \times 10^{28}$
Modalité + Condition + Groupe + Modalité*Condition + Condition*Groupe	0.026	0.094	3.848	$3.819 \times 10^{28}$
Modalité + Condition + XO + Groupe + Modalité*Condition + Modalité*Groupe + Condition*Groupe	0.026	0.063	2.492	$2.557 \times 10^{28}$
Modalité + Condition + XO + Modalité*Condition	0.026	0.051	1.979	$2.058 \times 10^{28}$
Modalité + Condition + Groupe + Modalité*Condition + Modalité*Groupe + Condition*Groupe + Modalité*Condition*Groupe	0.026	0.043	1.671	$1.752 \times 10^{28}$
Modalité + Condition + XO + Groupe + Modalité*Condition	0.026	0.040	1.522	$1.601 \times 10^{28}$

<i>Modèle</i>	<i>P(M)</i>	<i>P(M/données)</i>	<i>BF<sub>M</sub></i>	<i>BF<sub>10</sub></i>
Modalité + Condition + Groupe + Condition*Groupe	0.026	0.029	1.090	1.160× 10 <sup>28</sup>

**Légende.** (Modèle) Facteurs inclus dans le modèle. (P(M)) Probabilité *a priori* que le modèle soit vrai. (P(M/données)) Probabilité *a posteriori* que le modèle soit vrai. (BF<sub>M</sub>) Ratio de P(M/données) sur P(M). (BF<sub>10</sub>) Probabilité que le modèle soit vrai, par rapport au modèle nul.

### Annexe 3.

*Modèles ANOVA sur le score d'interférence sur le temps de réponse des sujets.*

<i>Modèle</i>	<i>P(M)</i>	<i>P(M/données)</i>	<i>BF<sub>M</sub></i>	<i>BF<sub>10</sub></i>
Modèle nul	0.053	1.564×10 <sup>-11</sup>	2.816× 10 <sup>-10</sup>	1.000
Modalité + Groupe + Modalité*Groupe	0.200	0.840	21.050	140.257
Modalité + Groupe	0.200	0.099	0.441	16.587
Modalité	0.200	0.040	0.166	6.633
Groupe	0.200	0.015	0.059	2.432

**Légende.** (Modèle) Facteurs inclus dans le modèle. (P(M)) Probabilité *a priori* que le modèle soit vrai. (P(M/données)) Probabilité *a posteriori* que le modèle soit vrai. (BF<sub>M</sub>) Ratio de P(M/données) sur P(M). (BF<sub>10</sub>) Probabilité que le modèle soit vrai, par rapport au modèle nul.

#### Annexe 4.

*Modèles ANOVA sur le score d'interférence sur la proportion de bonnes réponse des sujets.*

<i>Modèle</i>	<i>P(M)</i>	<i>P(M/données)</i>	<i>BF<sub>M</sub></i>	<i>BF<sub>10</sub></i>
Modèle nul	0.053	$1.564 \times 10^{-11}$	$2.816 \times 10^{-10}$	1.000
Modalité	0.200	0.145	0.678	4.108
Groupe	0.200	0.132	0.611	4.494
Modalité + Groupe + Modalité*Groupe	0.200	0.096	0.426	6.192
Modalité + Groupe	0.200	0.031	0.128	19.274

**Légende.** <sup>2</sup>(Modèle) Facteurs inclus dans le modèle. (P(M)) Probabilité *a priori* que le modèle soit vrai. (P(M/données)) Probabilité *a posteriori* que le modèle soit vrai. (BF<sub>M</sub>) Ratio de P(M/données) sur P(M). (BF<sub>10</sub>) Probabilité que le modèle soit vrai, par rapport au modèle nul.

#### Annexe 5.

*Modèles ANOVA sur les classifications « Cerveau entier ».*

<i>Modèle</i>	<i>P(M)</i>	<i>P(M/données)</i>	<i>BF<sub>M</sub></i>	<i>BF<sub>10</sub></i>
Modèle nul	0.200	0.073	0.316	1.000
Modalité	0.200	0.737	11.238	10.062
Groupe	0.200	0.152	0.715	2.069
Modalité + Groupe + Modalité*Groupe	0.200	0.023	0.093	0.309
Modalité + Groupe	0.200	0.015	0.061	0.204

**Légende.** (Modèle) Facteurs inclus dans le modèle. (P(M)) Probabilité *a priori* que le modèle soit vrai. (P(M/données)) Probabilité *a posteriori* que le modèle soit vrai. (BF<sub>M</sub>) Ratio de P(M/données) sur P(M). (BF<sub>10</sub>) Probabilité que le modèle soit vrai, par rapport au modèle nul.



## Annexe 6.

10 meilleurs modèles ANOVA sur les classifications « Régions d'intérêt ». Pars triangularis.

Modèle	$P(M)$	$P(M/données)$	$BF_M$	$BF_{10}$
Modèle nul	0.053	0.386	11.296	1.000
Hémisphère	0.053	0.163	3.512	0.423
Modalité	0.053	0.157	3.343	0.406
Groupe	0.053	0.093	1.837	0.240
Modalité + Latéralité	0.053	0.067	1.301	0.175
Latéralité + Groupe	0.053	0.039	0.734	0.102
Modalité + Groupe	0.053	0.038	0.719	0.100
Modalité + Hémisphère + Groupe	0.053	0.016	0.295	0.042
Modalité + Groupe + Modalité* Groupe	0.053	0.014	0.262	0.037
Latéralité + Groupe + Hémisphère*Groupe	0.053	0.008	0.145	0.021

**Légende.** (Modèle) Facteurs inclus dans le modèle. ( $P(M)$ ) Probabilité *a priori* que le modèle soit vrai. ( $P(M/données)$ ) Probabilité *a posteriori* que le modèle soit vrai. ( $BF_M$ ) Ratio de  $P(M/données)$  sur  $P(M)$ . ( $BF_{10}$ ) Probabilité que le modèle soit vrai, par rapport au modèle nul.

## Annexe 7.

10 meilleurs modèles ANOVA sur les classifications « Régions d'intérêt ». *Pars opercularis*.

<i>Modèle</i>	<i>P(M)</i>	<i>P(M/données)</i>	<i>BF<sub>M</sub></i>	<i>BF<sub>10</sub></i>
Modèle nul	0.053	0.357	10.013	1.000
Modalité	0.053	0.211	4.810	0.590
Hémisphère	0.053	0.135	2.801	0.377
Groupe	0.053	0.087	1.706	0.242
Modalité + Hémisphère	0.053	0.073	1.426	0.205
Modalité + Groupe	0.053	0.050	0.950	0.140
Groupe + Hémisphère	0.053	0.033	0.607	0.091
Modalité + Groupe + Hémisphère	0.053	0.018	0.329	0.050
Modalité + Groupe + Modalité*Groupe	0.053	0.013	0.229	0.035
Groupe + Hémisphère + Groupe*Hémisphère	0.053	0.007	0.128	0.020

**Légende.** (Modèle) Facteurs inclus dans le modèle. (P(M)) Probabilité *a priori* que le modèle soit vrai. (P(M/données)) Probabilité *a posteriori* que le modèle soit vrai. (BF<sub>M</sub>) Ratio de P(M/données) sur P(M). (BF<sub>10</sub>) Probabilité que le modèle soit vrai, par rapport au modèle nul.

## Annexe 8.

10 meilleurs modèles ANOVA sur les classifications « Régions d'intérêt ». *Pars orbitalis*.

<i>Modèle</i>	<i>P(M)</i>	<i>P(M/données)</i>	<i>BF<sub>M</sub></i>	<i>BF<sub>10</sub></i>
Modèle nul	0.516	19.154	19.154	1.000
Modalité	0.167	3.605	3.605	0.324
Groupe	0.116	2.355	2.355	0.224
Hémisphère	0.076	1.477	1.477	0.147
Modalité + Groupe	0.037	0.682	0.682	0.071
Modalité + Hémisphère	0.024	0.449	0.449	0.047
Modalité + Groupe + Modalité*Groupe	0.019	0.343	0.343	0.036
Hémisphère + Groupe	0.017	0.309	0.309	0.033
Modalité + Hémisphère + Modalité*Hémisphère	0.009	0.170	0.170	0.018
Modalité + Hémisphère + Groupe	0.009	0.164	0.164	0.018

**Légende.** (Modèle) Facteurs inclus dans le modèle. (P(M)) Probabilité *a priori* que le modèle soit vrai. (P(M/données)) Probabilité *a posteriori* que le modèle soit vrai. (BF<sub>M</sub>) Ratio de P(M/données) sur P(M). (BF<sub>10</sub>) Probabilité que le modèle soit vrai, par rapport au modèle nul.