



**HAL**  
open science

# Étude du vieillissement normal des fonctions frontales : impact sur l'autonomie et la qualité de vie

Cristina Calso

► **To cite this version:**

Cristina Calso. Étude du vieillissement normal des fonctions frontales : impact sur l'autonomie et la qualité de vie. Psychologie. Université d'Angers, 2017. Français. NNT : 2017ANGE0026 . tel-01721627

**HAL Id: tel-01721627**

**<https://theses.hal.science/tel-01721627>**

Submitted on 2 Mar 2018

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

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

# Thèse de Doctorat

Cristina CALSO

*Mémoire présenté en vue de l'obtention du  
grade de Docteur de l'Université d'Angers  
sous le sceau de l'Université Bretagne Loire*

**École doctorale** : 504 – Cognition, Éducation, Interactions (CEI)

**Discipline** : Psychologie

**Spécialité** : Psychologie

**Unité de recherche** : Section 16 (Psychologie, psychologie clinique, psychologie sociale)

**Soutenue le** 17/11/2017

**Thèse N°** : ...

## Étude du vieillissement normal des fonctions frontales : Impact sur l'autonomie et la qualité de vie

### JURY

Rapporteurs : **Fabienne COLLETTE**, Directeur de Recherches, Université de Liège  
**Erika BORELLA**, Professeur, Università degli Studi di Padova

Examineurs : **Hélène AMIEVA**, Professeur, Université de Bordeaux  
**David CLARYS**, Professeur, Université de Poitiers

Directeur de Thèse : **Philippe ALLAIN**, Professeur, Université d'Angers

Co-encadrant de Thèse : **Jérémy BESNARD**, Maître de conférences, Université d'Angers



*À mes grand-mères,  
à mon avis, exemples représentatifs  
d'un vieillissement cognitif normal.*



# Remerciements

Mon premier remerciement s'adresse au Professeur Philippe Allain, mon Directeur de thèse. Je tiens sincèrement à vous remercier pour avoir cru en moi, pendant mes années de formation auprès de l'Université d'Angers. Merci de m'avoir guidée et supportée. Je suis également reconnaissante au Docteur Jérémy Besnard, mon Co-encadrant de thèse, pour son soutien constant et ses précieux conseils. Merci à vous deux pour ce que vous m'avez appris, tant sur le plan professionnel que personnel, ainsi que pour le temps consacré à la correction du présent manuscrit.

Ma thèse a bénéficié d'un financement de l'Université d'Angers. Pour cela, je remercie les personnes qui ont rendu possible ce projet intensif et ambitieux. Merci à Monsieur Jean-Paul Saint André, ancien Président de l'Université d'Angers et au Professeur Didier Le Gall, Directeur du Laboratoire de Psychologie des Pays de la Loire (LPPL, Angers), pour m'avoir donné cette opportunité. Merci aussi à tous les autres membres du LPPL, et plus particulièrement à Émilie Pouleau, Secrétaire de ce Laboratoire, pour sa disponibilité et son efficacité.

Un grand merci aux Professeurs Fabienne Collette, Erika Borella, Hélène Amieva et David Clarys, pour avoir accepté de faire partie de mon jury de thèse en tant que membres externes. Je vous remercie pour votre appui et pour les connaissances théoriques et pratiques que vous m'avez apportées.

Je tiens également à remercier la Professeure Sylvie Belleville, Directrice du Centre de recherche de l'Institut universitaire de gériatrie de Montréal (CRIUGM - Québec, CANADA), et ses collaborateurs Benjamin, Émilie et Nick, pour leur rigueur scientifique et l'accueil qu'ils m'ont réservé au cours des 2 mois de stage passés au sein du CRIUGM.

En outre, ma reconnaissance s'adresse à Monsieur Jean-Louis Pias, chef du Bureau des actions d'animation du Centre d'action sociale de la Ville de Paris, pour l'intérêt montré envers mon projet de thèse et pour m'avoir permis de rencontrer de nombreux participants âgés dans plusieurs clubs seniors de Paris.

Un merci de tout cœur à toutes les personnes, jeunes et âgées, qui ont accepté de

participer à la présente étude bénévolement. Je vous remercie car, sans votre curiosité, votre générosité et votre patience, mon Doctorat n'aurait pas pu être mené à terme. Chaque rencontre a été pour moi une vraie source d'inspiration. Vous m'avez poussée à modifier mon regard envers le vieillissement normal et encouragée à poursuivre mon travail de recherche sur ce sujet.

Merci à mes amis et collègues du LPPL de l'Université d'Angers : Claire, Jonathan, Yoko et Marie. Je vous remercie pour les moments agréables vécus en votre compagnie, pendant les formations doctorales ainsi que dans le Laboratoire. Merci pour votre écoute et votre soutien, essentiels, surtout durant ma troisième année de thèse. J'adresse aussi un grand merci à mes amis Mélinda, Marion, Chrystel, Geoffroy et Rozenn, pour leur présence, sympathie, enthousiasme et aide, depuis mon arrivée en France, en 2009.

Cette thèse de doctorat n'aurait pas pu être finalisée sans la collaboration du Docteur Cosimo Calò, Ingénieur de Nokia Bell Labs France, mon mari. Il a créé la batterie de tests informatisés ARTIST qui a été utilisée dans le cadre de cette étude. *Grazie*, tu m'as aidée à utiliser le logiciel de calcul MATLAB et m'as fait apprécier la "simplicité" du langage L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X, au moyen duquel j'ai rédigé le présent manuscrit. Je te serai toujours reconnaissante pour m'avoir transmis ton intérêt pour la recherche.

En dernier, mais pas en ordre d'importance, je remercie chaleureusement mon frère Cosimo, Marie et sa famille, mon père Marco et ma mère Dina. Sans leur confiance et compréhension ce travail n'aurait pas pu être accompli. Un grand merci pour le bonheur apporté tous les jours, malgré la distance géographique qui sépare Angers de Lecce.

# Liste des abréviations et des acronymes

<b>ADL</b>	Activities of Daily Living
<b>AGGIR</b>	Autonomie, Gérontologie, Groupes Iso-Ressources
<b>AMS</b>	Aire motrice supplémentaire
<b>ANOVA</b>	Analysis of variance
<b>AP</b>	Activation psychique
<b>ARTIST</b>	Attention : Reaction Time Investigation in Subsequent Tasks
<b>AVQ</b>	Activités de vie quotidienne
<b>BA</b>	Brodmann Area
<b>B-ADL</b>	Basic-Activities of Daily Living
<b>BOLD</b>	Blood Oxygenation Level Dependent
<b>BREF</b>	Batterie Rapide d'Effici�ence Frontale
<b>CANTAB</b>	Cambridge Neuropsychological Test Automated Battery
<b>CGT</b>	Cambridge Gambling Task
<b>CRT</b>	Cambridge Risk Task
<b>CRUNCH</b>	Compensation-Related Utilization of Neural Circuits Hypothesis
<b>CVLT</b>	California Verbal Learning Test
<b>DEX</b>	Dysexecutive Questionnaire
<b>FC</b>	Fausse�es croyances
<b>FE</b>	Fonctions exécutives
<b>FIT</b>	Feature Integration Test
<b>fNART</b>	National Adult Reading Test - version française
<b>GDS</b>	Geriatric Depression Scale
<b>GDT</b>	Game of Dice Task



<b>GREFEX</b>	Groupe de Réflexion sur l'Évaluation des Fonctions Exécutives
<b>HAM-A</b>	Hamilton Anxiety Scale
<b>HAROLD</b>	Hemispheric Asymmetry Reduction in OLDER adults
<b>I-ADL</b>	Instrumental-Activities of Daily Living
<b>IGT</b>	Iowa Gambling Task
<b>IRM</b>	Imagerie par Résonance Magnétique
<b>IRMf</b>	Imagerie par Résonance Magnétique fonctionnelle
<b>MC</b>	Métacognitives
<b>MCST</b>	Modified Card Sorting Test
<b>MMSE</b>	Mini Mental State Examination
<b>MPS-TOMQ</b>	Modified Picture Stories-TOM Questionnaire
<b>ms</b>	Millisecondes
<b>NART</b>	National Adult Reading Test
<b>PASA</b>	Posterior-Anterior Shift in Aging
<b>PCP</b>	Persévération(s) du critère précédent
<b>PD</b>	Prise de décision
<b>PMT</b>	Plus-Minus Test
<b>PRP</b>	Persévération(s) de la réponse précédente
<b>RD</b>	Rappel différé
<b>Rec</b>	Reconnaissance
<b>RI</b>	Rappel indicé
<b>Rim</b>	Rappel immédiat
<b>RL</b>	Rappel libre
<b>RME</b>	Reading the Mind in the Eyes
<b>ROBBIA</b>	ROtman-Baycrest Battery to Investigate Attention
<b>s</b>	Secondes
<b>SA</b>	Sujets âgés
<b>S-ADL</b>	Social-Activities of Daily Living
<b>SCRs</b>	Skin Conductance Responses
<b>SJ</b>	Sujets jeunes

<b>SMAF</b>	Système de Mesure de l'Autonomie Fonctionnelle
<b>SNC</b>	Système nerveux central
<b>STA</b>	Sujets très âgés
<b>TDE</b>	Théorie de l'esprit
<b>TMT</b>	Trail Making Test
<b>TOM</b>	Theory of mind
<b>TR</b>	Temps de réaction
<b>TSCS</b>	Tennessee Self-Concept Scale
<b>VD</b>	Variable dépendante
<b>VI</b>	Variable indépendante
<b>WCST</b>	Wisconsin Card Sorting Test
<b>WHOQOL</b>	World Health Organisation Quality Of Life



# Table des matières

Liste des abréviations et des acronymes	vii
Introduction	1
<b>I Approche théorique</b>	<b>5</b>
<b>1 Fonctionnement frontal</b>	<b>7</b>
1.1 Anatomie des lobes frontaux . . . . .	7
1.2 Fonctions supportées par le cortex préfrontal . . . . .	10
1.3 Modèle neuroanatomique de Stuss (2008) . . . . .	13
1.3.1 Fonctions exécutives cognitives . . . . .	15
1.3.2 Capacités d'autorégulation et de PD . . . . .	19
1.3.3 Énergisation . . . . .	22
1.3.4 Métacognition . . . . .	23
1.4 Évaluation des aptitudes frontales . . . . .	27
1.5 Modifications du fonctionnement préfrontal . . . . .	32
1.6 Synthèse . . . . .	42
<b>2 Vieillessement cognitif normal</b>	<b>45</b>
2.1 Le concept du "Bien vieillir" . . . . .	45
2.1.1 Facteurs qui influencent le "vieillessement réussi" . . . . .	47
2.1.2 L'oxymore du bien vieillir . . . . .	52
2.2 Vieillessement normal des capacités cognitives . . . . .	55
2.3 Théories explicatives du vieillessement cognitif . . . . .	58
2.4 Vieillessement des fonctions frontales . . . . .	66
2.4.1 Hypothèse exécutive-frontale du vieillessement (West, 1996) . . . . .	66
2.4.2 Contrôle exécutif . . . . .	70
2.4.3 Autorégulation et PD . . . . .	74

2.4.4	Énergisation . . . . .	79
2.4.5	Conscience autoéotique . . . . .	82
2.4.6	TDE cognitive et affective . . . . .	82
2.5	Synthèse . . . . .	88
<b>3</b>	<b>Autonomie, qualité de vie et aspects psychoaffectifs dans le vieillissement normal</b>	<b>91</b>
3.1	Autonomie et qualité de vie dans le vieillissement . . . . .	91
3.1.1	Autonomie fonctionnelle . . . . .	92
3.1.2	Qualité de vie . . . . .	93
3.1.3	Autonomie, qualité de vie et fonctionnement cognitif . . . . .	96
3.2	Aspects psychoaffectifs dans le vieillissement . . . . .	98
3.2.1	La solitude, le passé et la dépression . . . . .	99
3.2.2	L’anxiété et la peur pour l’avenir . . . . .	101
3.2.3	Dépression, anxiété et fonctionnement frontal . . . . .	103
3.3	Synthèse . . . . .	108
<b>II</b>	<b>Contributions expérimentales</b>	<b>111</b>
<b>4</b>	<b>Problématique et méthodologie générales</b>	<b>113</b>
4.1	Problématique . . . . .	113
4.1.1	Objectifs et hypothèses . . . . .	115
4.2	Méthode . . . . .	116
4.2.1	Participants . . . . .	116
4.2.2	Matériel . . . . .	117
4.2.3	Procédure . . . . .	118
<b>5</b>	<b>Étude du vieillissement normal des fonctions exécutives</b>	<b>121</b>
5.1	Méthode . . . . .	121
5.2	Évaluation cognitive globale des participants . . . . .	121
5.3	Présentation des épreuves exécutives . . . . .	123
5.3.1	ARTIST : Une nouvelle tâche d’énergisation et de contrôle exécutif	125
5.4	Comparaisons intergroupes . . . . .	127
5.5	Discussion . . . . .	131

<b>6</b>	<b>Étude du vieillissement normal de la prise de décision</b>	<b>135</b>
6.1	Méthode . . . . .	135
6.2	Présentation des épreuves neuropsychologiques . . . . .	135
6.3	Comparaisons intergroupes . . . . .	137
6.4	Discussion . . . . .	140
<b>7</b>	<b>Étude du vieillissement normal de l'énergisation</b>	<b>145</b>
7.1	Méthode . . . . .	145
7.2	Présentation des épreuves neuropsychologiques . . . . .	146
7.3	Comparaisons intergroupes . . . . .	146
7.4	Discussion . . . . .	149
<b>8</b>	<b>Étude du vieillissement normal de la métacognition</b>	<b>153</b>
8.1	Méthode . . . . .	153
8.2	Présentation des épreuves neuropsychologiques . . . . .	154
8.2.1	MPS-TOMQ : Une nouvelle tâche de tromperie-coopération . . . . .	154
8.3	Résultats obtenus au test de conscience de soi . . . . .	158
8.4	Résultats obtenus aux tests de TDE . . . . .	162
8.5	Discussion . . . . .	166
<b>9</b>	<b>Étude de la sphère personnelle et sociale des aînés</b>	<b>169</b>
9.1	Méthode . . . . .	169
9.2	Présentation des échelles et des questionnaires . . . . .	170
9.3	Comparaisons intergroupes . . . . .	172
9.4	Discussion . . . . .	174
<b>10</b>	<b>Étude de profils</b>	<b>177</b>
10.1	Méthode . . . . .	177
10.2	Résultats . . . . .	179
10.2.1	Profils des participants jeunes . . . . .	179
10.2.2	Profils des participants âgés . . . . .	181
10.2.3	Profils des participants très âgés . . . . .	181
10.3	Discussion . . . . .	184
<b>11</b>	<b>Analyses corrélationnelles</b>	<b>187</b>
11.1	Méthode . . . . .	187
11.2	Résultats . . . . .	187

11.2.1 Liens entre les scores obtenus aux échelles/questionnaires et les capacités frontales . . . . .	187
11.2.2 Liens entre autonomie, qualité de vie, aspects psychoaffectifs et cognitifs . . . . .	192
11.3 Discussion . . . . .	194
<b>III Discussion générale</b>	<b>199</b>
<b>12 Synthèse et discussion générale des études expérimentales</b>	<b>201</b>
12.1 Vieillesse normale des fonctions frontales . . . . .	204
12.2 Liens entre vieillissement cognitif, aspects psychoaffectifs, autonomie et qualité de vie . . . . .	211
12.3 Critiques méthodologiques . . . . .	213
<b>Conclusions et perspectives futures</b>	<b>217</b>
<b>Annexe 1 : Questionnaire de santé</b>	<b>I</b>
<b>Annexe 2 : ARTIST</b>	<b>III</b>
<b>Annexe 3 : Tâche modifiée de tromperie-coopération</b>	<b>VII</b>
<b>Annexe 4 : Calso, Besnard, Calò, &amp; Allain (2015)</b>	<b>IX</b>
<b>Annexe 5 : Calso, Besnard, &amp; Allain (2016)</b>	<b>XXIII</b>
<b>Annexe 6 : Liens entre les fonctions frontales</b>	<b>XXXIII</b>
<b>Références</b>	<b>XLI</b>

# Table des figures

1.1	Structure morphologique des lobes frontaux. Image adaptée d'après Kolb et Wishaw (2008). . . . .	9
1.2	Organisation générale des circuits fronto-sous-corticaux, inspirée de Cummings (1993). . . . .	11
1.3	Fonctions cognitives qui sont supportées par les lobes frontaux selon Stuss (2008). . . . .	14
1.4	Schéma de synthèse du modèle de PD sous risque proposé par Brand, Labudda, et Markowitsch (2006). Figure adaptée d'après Schiebener et al. (2014). . . . .	21
2.1	Schéma de synthèse des effets de l'âge sur la TDE, ainsi que des liens existant entre cette habileté métacognitive et d'autres fonctions cognitives. Figure adaptée d'après Duval, Piolino, Bejanin, Laisney, et al. (2011). . .	87
5.1	Tests qui constituent la batterie ARTIST et processus cognitifs impliqués dans chacune des tâches informatisées (inspiré de Stuss & Alexander, 2007).	126
6.1	Prise de décision dans une tâche qui présente des risques implicites. Image inspirée de Bechara, Tranel, et Damásio (2000). . . . .	136
6.2	Prise de décision dans une tâche qui présente des risques explicites. Image inspirée de Gorini, Lucchiari, Russell-Edu, et Pravettoni (2014). . . . .	137
6.3	Performances des SJ, SA et STA aux 5 blocs de l'IGT (risque implicite), constitués de 10 tirages de cartes chacun. . . . .	138
6.4	Performances des SJ, SA et STA aux 5 blocs du GDT (risque explicite), constitués de 10 lancers de dé chacun. . . . .	139
8.1	TOM-15 : Exemple de FC de premier ordre (Desgranges et al., 2012). . .	155
8.2	TOM-15 : Exemple de FC de deuxième ordre (Desgranges et al., 2012). .	155
8.3	MPS-TOMQ : Exemple d'histoire impliquant une tromperie. . . . .	156



8.4	MPS-TOMQ : Coopération entre 2 personnages (inspirée de Brüne, 2003).	156
8.5	RME : Exemple 1 de photographie présentée aux participants. . . . .	157
8.6	RME : Exemple 2 de photographie présentée aux participants. . . . .	158
8.7	Pourcentages de réponses données par les SJ, SA et STA, classées selon les catégories idiocentrique (IC), allocentrique (AC) et appartenance à un groupe (AG). . . . .	159
10.1	Profils mis en évidence pour le groupe de participants jeunes. Les 4 scores composites sont indiqués ainsi : les fonctions exécutives (FE), la prise de décision (PD), l'énergisation ou activation psychique (AP) et les capacités métacognitives (MC). Les traits bleus, rouges et gris représentent les intervalles de confiance à 95 % autour des moyennes. Lorsque les traits sont bleus et rouges, cela veut dire qu'il existe une différence significative entre 2 scores composites (bleu <i>versus</i> rouge). Les traits sont gris lorsqu'aucune différence significative n'a été mise en évidence entre un score composite et les autres. . . . .	180
10.2	Profils mis en évidence pour le groupe de participants âgés. Les 4 scores composites sont indiqués ainsi : les fonctions exécutives (FE), la prise de décision (PD), l'énergisation ou activation psychique (AP) et les capacités métacognitives (MC). Les traits bleus, rouges et gris représentent les intervalles de confiance à 95 % autour des moyennes. Lorsque les traits sont bleus et rouges, cela veut dire qu'il existe une différence significative entre 2 scores composites (bleu <i>versus</i> rouge). Les traits sont gris lorsqu'aucune différence significative n'a été mise en évidence entre un score composite et les autres. . . . .	182
10.3	Profils mis en évidence pour le groupe de participants très âgés. Les 4 scores composites sont indiqués ainsi : les fonctions exécutives (FE), la prise de décision (PD), l'énergisation ou activation psychique (AP) et les capacités métacognitives (MC). Les traits bleus, rouges et gris représentent les intervalles de confiance à 95 % autour des moyennes. Lorsque les traits sont bleus et rouges, cela veut dire qu'il existe une différence significative entre 2 scores composites (bleu <i>versus</i> rouge). Les traits sont gris lorsqu'aucune différence significative n'a été mise en évidence entre un score composite et les autres. . . . .	183

# Liste des tableaux

1.1	Connexions anatomiques et fonctionnelles entre les différents systèmes frontaux. Schéma inspiré de Stuss (2011). BA : Brodmann Area . . . . .	16
1.2	Régions impliquées dans la réalisation de différentes tâches, à partir de mesures effectuées auprès de 4 groupes de patients (Stuss et al., 2002). . . . .	28
2.1	Facteurs associés à un niveau cognitif et de bien-être élevé au cours du vieillissement normal (Harada, Natelson Love, & Triebel, 2013 ; De Beni & Borella, 2015). . . . .	48
4.1	Épreuves permettant d'évaluer les 4 types de fonctions frontales (Stuss, 2008). FV : Fluence verbale, s : secondes, MCST : Modified Card Sorting Test, RL-RI 16 : Rappel Libre-Rappel Indiqué 16, IGT : Iowa Gambling Task, GDT : Game of Dice Task, TOM-15 : Theory Of Mind-15, RME : Reading the Mind in the Eyes. . . . .	118
4.2	Processus cognitifs associés aux épreuves frontales choisies et indices de performance nécessaires pour notre analyse. FV : Fluence verbale, s : secondes, ms : millisecondes, MCST : Modified Card Sorting Test, ARTIST : Attention Reaction Time Investigation in Subsequent Tasks, TR : Temps de réaction, IGT : Iowa Gambling Task, GDT : Game of Dice Task, TOM-15 : Theory Of Mind-15, RME : Reading the Mind in the Eyes, MPS-TOMQ : Modified Picture Stories-TOM Questionnaire, TDE : Théorie De l'Esprit, Rim : Rappel immédiat, RL-RI : Rappel Libre-Rappel Indiqué, RD : Rappel Différé, PCP : Persévération du critère précédent, PRP : Persévération de la réponse précédente. . . . .	119

5.1	Caractéristiques générales de la population. Les P-values (* $p < .05$ , ** $p < .01$ , *** $p < .001$ ) indiquées dans le tableau font référence au résultat du (a) test du $\chi^2$ (test non significatif), des (b) ANOVAs à 1 facteur réalisées entre les performances des 3 groupes de participants ainsi que des comparaisons intergroupes (SA/STA) effectuées au moyen du (c) test t de Student. . . . .	122
5.2	Performances des SJ, SA et STA aux épreuves exécutives proposées. Les différences statistiquement significatives observées entre les 3 groupes ont été mises en évidence au moyen de l'ANOVA à 1 facteur (* $p < .05$ , ** $p < .01$ , *** $p < .001$ ). N.S. : Non significatif. . . . .	128
6.1	Performances ( <i>net scores</i> totaux et par bloc) des SJ, SA et STA aux 2 tests de PD proposés. Les différences statistiquement significatives observées entre les 3 groupes ont été mises en évidence au moyen de l'ANOVA à 1 facteur (* $p < .05$ , ** $p < .01$ , *** $p < .001$ ). N.S. : Non significatif. . . .	138
7.1	Performances des SJ, SA et STA aux tâches d'énergisation proposées. Les différences statistiquement significatives observées entre les 3 groupes ont été mises en évidence au moyen de l'ANOVA à 1 facteur (* $p < .05$ , ** $p < .01$ , *** $p < .001$ ). . . . .	147
8.1	Distributions des réponses données par les SJ, SA et STA au test de conscience de soi proposé. . . . .	160
8.2	Exemples de réponses données par les participants dans l'épreuve des « Je suis... », divisées par sphères d'intérêt et écrites par ordre décroissant de fréquence. Les pourcentages indiqués dans la dernière colonne montrent la fréquence avec laquelle les sujets ont choisi des mots s'inscrivant dans chacune des sphères étudiées. . . . .	161
8.3	Performances des SJ, SA et STA aux épreuves de TDE proposées. Les différences statistiquement significatives observées entre les 3 groupes ont été mises en évidence au moyen de l'ANOVA à 1 facteur (* $p < .05$ , ** $p < .01$ , *** $p < .001$ ). Tom 1 : TDE de premier ordre, Tom 2 : TDE de deuxième ordre, Tom Q : Questionnaire du TOM-15, s : secondes, Tromp : tromperie, Coop : coopération. . . . .	163

9.1	Évaluation de la sphère personnelle et sociale de la population. Les P-values (* $p < .05$ , ** $p < .01$ , *** $p < .001$ ) indiquées dans le tableau font référence au résultat des (a) ANOVAs à 1 facteur réalisées entre les performances des 3 groupes de participants ainsi que des comparaisons intergroupes (SA/STA) effectuées au moyen du (b) test t de Student. N.S. : Non significatif. . . . .	173
10.1	Indices de performance pris en considération pour élaborer les scores composites correspondant aux 4 types de fonctions frontales étudiées (Stuss, 2008). FV : Fluence verbale, s : secondes, ms : millisecondes, MCST : Modified Card Sorting Test, Rim : Rappel immédiat, RL-RI : Rappel Libre-Rappel Indiqué, IGT : Iowa Gambling Task, GDT : Game of Dice Task, TOM-15 : Theory Of Mind-15, Tom 1 : TDE de premier ordre, Tom 2 : TDE de deuxième ordre, Tom Q : Questionnaire du TOM-15, MPS-TOMQ : Modified Picture Stories-TOM Questionnaire, Tromp : tromperie, Coop : coopération, RME : Reading the Mind in the Eyes. . . . .	178
11.1	Corrélations significatives entre aspects personnels, sociaux, psychoaffectifs et fonctionnement cognitif frontal pour le groupe des participants jeunes. Les $p < .05$ et $p < .01$ sont indiquées dans le tableau en rouge et bleu respectivement. . . . .	188
11.2	Corrélations significatives entre aspects personnels, sociaux, psychoaffectifs et fonctionnement cognitif frontal pour le groupe des participants âgés. Les $p < .05$ , $p < .01$ et $p < .001$ sont indiquées dans le tableau en rouge, bleu et vert respectivement. . . . .	188
11.3	Corrélations significatives entre aspects personnels, sociaux, psychoaffectifs et fonctionnement cognitif frontal pour le groupe des participants très âgés. Les $p < .05$ , $p < .01$ et $p < .001$ sont indiquées dans le tableau en rouge, bleu et vert respectivement. . . . .	189
1	Coefficients de corrélation obtenus pour le groupe de participants jeunes. Les coefficients de corrélation indiqués en noir dans le tableau montrent des liens non significatifs entre les indices de performance pris en considération. Les coefficients sont indiqués en rouge, bleu ou vert si la valeur de $p$ est inférieure à .05, .01 et .001 respectivement. . . . .	XXXV

2	Coefficients de corrélation obtenus pour le groupe de participants âgés. Les coefficients de corrélation indiqués en noir dans le tableau montrent des liens non significatifs entre les indices de performance pris en considération. Les coefficients sont indiqués en rouge, bleu ou vert si la valeur de $p$ est inférieure à .05, .01 et .001 respectivement. . . . .	XXXVII
3	Coefficients de corrélation obtenus pour le groupe de participants très âgés. Les coefficients de corrélation indiqués en noir dans le tableau montrent des liens non significatifs entre les indices de performance pris en considération. Les coefficients sont indiqués en rouge, bleu ou vert si la valeur de $p$ est inférieure à .05, .01 et .001 respectivement. . . . .	XXXIX

# Introduction

Jamais, au cours des âges, les humains n'ont vécu aussi vieux qu'en ce siècle. En France, l'espérance de vie atteint bientôt 80 ans pour les hommes et elle dépasse 84 ans pour les femmes. Depuis les années 1960, elle augmente d'un trimestre par un, soit d'un an tous les 4 ans (Talpin, 2013). En 2012, la France comptait 17087 centenaires et 561646 nonagénaires, personnes très âgées qui ne peuvent plus être considérées comme des exceptions statistiques (Balard, 2013). L'espérance de vie en bonne santé augmente elle aussi au fil du temps. Il s'agit d'un phénomène qui influence ou peut être influencé par les transformations sociétales auxquelles nous assistons. Nous faisons notamment référence aux différences intergénérationnelles, aux progrès faits par la médecine et aux actions entreprises par les acteurs de l'économie nationale et des services sociaux (e.g., associations, bénévoles).

Aujourd'hui, il est possible d'étudier tant les effets de l'âge que les effets de génération (Balard, 2013). L'urgence se situe dans le développement de recherches et de pratiques cliniques qui ne s'attachent plus uniquement à l'étude des pertes et des modifications liées à la vieillesse, mais qui aient comme principaux objectifs le bien-être et la qualité de vie des personnes âgées au quotidien (Bouisson, 2005).

L'abord de ce sujet nécessite d'avancer avec beaucoup de prudence, car plusieurs confusions grossières existent, par exemple, entre les termes « vieillissement », en tant que processus, et « vieillesse », en tant qu'état. Des préjugés existent également entre « avancée de l'âge » et « vieillesse-maladie » (Bouisson, 2005 ; Talpin, 2013). En effet, le vieillissement s'accompagne, particulièrement au cours de la vieillesse, d'une modification de diverses fonctions. L'instauration de pathologies neurodégénératives est souvent tardive et ne concerne qu'une minorité des personnes âgées. L'augmentation du risque d'avoir une ou plusieurs maladies chroniques est liée à la conjonction d'un ensemble de facteurs, allant de l'hérédité aux ressources psychologiques, des aspects socio-économiques à la géopolitique. Le **vieillissement normal** est, quant à lui, caractérisé par de changements morphologiques, cognitifs, psychologiques et sociaux.

L'une des modifications les plus évidentes est la diminution du volume cérébral, qui ne concerne toutefois pas l'ensemble du cerveau. Cela signifie que certaines régions cérébrales, comme le cortex préfrontal, subiraient des modifications plus importantes par rapport à d'autres (Raz, 2000).

D'un point de vue cognitif, le vieillissement normal peut se traduire par un ensemble de déclin sélectifs, touchant surtout les capacités qui dépendent des changements biologiques et physiologiques, et de fonctions préservées qui se développent à travers les connaissances et les expériences personnelles (De Beni & Borella, 2015). Cependant, les travaux réalisés en neuropsychologie du vieillissement montrent des données contradictoires concernant la relation potentielle entre la perturbation de facteurs biologiques et celle de certaines capacités cognitives dont, par exemple, les fonctions qui dépendent de l'intégrité des lobes frontaux. Ces dernières seraient, selon l'hypothèse exécutive-frontale du vieillissement (West, 1996), parmi les premières à se détériorer avec l'avancée en âge.

La plupart des travaux de recherche s'intéressent exclusivement à ces changements morphologiques ou cognitifs, en négligeant parfois l'état de santé physique des aînés, leur vécu émotionnel, leurs éventuelles expériences de solitude, ainsi que la présence de traits dépressifs ou anxieux qui peuvent avoir un impact sur la réalisation de tâches plus ou moins complexes (e.g., activités de vie quotidienne [AVQ], épreuves neuropsychologiques).

Considérant que la capacité d'un homme à s'adapter à ces changements se détériore graduellement à partir du début de l'âge adulte (Metcalf & Open University, 1998), il faudrait les étudier de façon plus approfondie dans le vieillissement normal. Sur la base de ces observations, nous avons réalisé le présent travail de recherche qui avait pour objet, outre l'évolution du fonctionnement cognitif frontal tel qu'envisagé par Stuss (2011), l'étude d'aspects essentiels de la vie quotidienne des personnes âgées, comme leur niveau d'autonomie et de qualité de vie.

Dans le premier chapitre de la thèse, nous traiterons du fonctionnement frontal dans sa globalité (bases neuroanatomiques, aspects fonctionnels et perturbations cognitives) et présenterons le modèle de Stuss (2008), précieux pour notre analyse. À partir du deuxième chapitre, nous détaillerons les caractéristiques principales d'un vieillissement actif, en bonne santé, car "bien vieillir" est l'objectif principal des travaux et programmes adressés aux personnes âgées. Nous nous intéresserons également au vieillissement normal de chacune des fonctions frontales décrites par Stuss et Levine (2002) : les fonctions exécutives (FE), les capacités d'autorégulation comportementale et émotionnelle et de prise de décision (PD), les capacités d'activation psychique (AP) et les fonctions métacognitives (MC). Nous citerons les études les plus récentes de la littérature sur ce sujet. Le troisième

chapitre sera consacré au rôle joué par l'autonomie et la qualité de vie des aînés, ainsi que par le niveau d'anxiété et de dépression, dans la distinction entre vieillissement normal et vieillissement pathologique. La deuxième partie de ce travail sera dédiée à la présentation de la problématique de recherche, de nos hypothèses et de nos contributions expérimentales. Nous décrirons la méthode choisie pour réaliser cette étude (participants, protocole de recherche, procédure suivie) ainsi que les résultats obtenus (comparaisons intergroupes, études de profils, analyses corrélationnelles, modèles de régression linéaire) dans des chapitres distincts. La troisième et dernière partie du manuscrit sera dédiée à la discussion générale et aux conclusions. Enfin, les limites et les atouts de la présente étude, ainsi que les perspectives futures dans ce domaine de recherche, seront mis en évidence.

Notre **objectif principal** est d'étudier les différents niveaux de perturbation du fonctionnement cognitif frontal, au cours du vieillissement normal. Il est important de préciser que le point de vue adopté n'est pas celui de "combattre" ou de "soigner" le vieillissement, mais plutôt de repérer les vulnérabilités qui peuvent se présenter avec l'avancée en âge. Cela afin de prévenir, dans la mesure de nos moyens, les processus qui pourraient accélérer le déclin des facultés physiques et mentales. Nous nous intéresserons à la sphère cognitive, personnelle, familiale et sociale des personnes âgées rencontrées, dans le but de mettre en évidence les facteurs susceptibles d'avoir une influence sur le niveau d'autonomie et la réalisation des projets de vie (Bouisson, 2005).

La **perspective** de notre travail est donc double : 1. **fondamentale**, car nous voulons mieux comprendre la nature des modifications des habiletés frontales dans le vieillissement normal, en nous appuyant sur un cadre théorique validé (modèle de Stuss et al., 2002 ; Stuss, 2008) ; 2. **clinico-pratique**, car les études que nous présentons pourraient fournir de nouveaux éléments utiles pour réaliser des diagnostics et des pronostics plus approfondis, aussi en regard de questions relatives à l'autonomie et à la qualité de vie des aînés.





## Première partie

# Approche théorique

Cela demeure une énigme de savoir comment le nombre astronomique de circuits cérébraux nécessaires aux activités mentales peut fonctionner encore de manière efficace au cours de la vieillesse.

LEVI-MONTALCINI, 1999



# Chapitre 1

## Fonctionnement frontal

### 1.1 Anatomie des lobes frontaux

Une partie considérable des connaissances en neuropsychologie clinique prend ses racines dans les principes d'organisation neuroanatomique. Pour cette raison, connaître la morphologie cérébrale constitue l'une des voies privilégiées vers la compréhension des fonctions cognitives. Cette morphologie « *émerge des changements qui ont eu lieu au cours de l'évolution des vertébrés en relation avec l'augmentation de la taille relative des hémisphères cérébraux et celle, plus importante, de la surface du cortex cérébral, qui représente 80 % du cerveau humain. On en déduit qu'il existe une relation directe entre le développement du cortex cérébral et les fonctions cognitives supérieures observées au maximum de leurs potentialités (exclusivement) chez l'Homme* » (Manning, 2007).

La première étude cytoarchitectonique a été publiée par Brodmann (1909) et se base sur des critères de descriptions morphologiques. Elle sert encore aujourd'hui de grille de référence et ce rôle est manifeste dans la lecture des données obtenues au moyen de la neuroimagerie fonctionnelle, où les activations observées lors d'une tâche cognitive sont « rattachées » aux sites correspondants aux aires de Brodmann. Ce qui n'est pas exempt d'erreur car les contours des aires sont parfois mal définis (Manning, 2007). Nous pouvons donc affirmer que la connaissance de l'anatomie précède la recherche des fonctions frontales. Les progrès réalisés au fil des ans par les spécialistes ont montré qu'une part du mystère qui entoure les **lobes frontaux** était due à leur structure morphologique, qui est le soubassement d'une grande complexité fonctionnelle. Connaître les bases neuroanatomiques est nécessaire à l'étude des fonctions cognitives de niveau supérieur et du comportement, car les régions frontales du cerveau montrent le plus d'expansion chez l'homme par rapport aux primates non humains. Le lobe frontal désigne la partie du cerveau située en avant de

la scissure de Rolando (Gil, 2006). Le cortex est dans cette portion pourvu d'afférences thalamiques issues des noyaux ventral, antérieur et dorso-médian. Il est aussi en relation avec le système limbique et avec les aires associatives rétro-rolandiques (Cambier, Masson, Dehen, & Masson, 2008). Les régions associatives polymodales occupent deux tiers des lobes frontaux et ceux-ci forment le tiers de la masse cérébrale (Manning, 2007).

Les principales sous-divisions des lobes frontaux comprennent (Gil, 2006 ; voir la Figure 1.1) :

- le **gyrus central** (circonvolution frontale ascendante), l'aire 4 ou cortex moteur primaire, bordant la scissure de Rolando ;
- le **cortex prémoteur** ou aire d'association motrice, situé en avant du précédent, qui comprend les aires 6, 8, 44 (aire de Broca), 45, ainsi que l'aire motrice supplémentaire (AMS) à la face interne de l'hémisphère. Plus précisément, le tiers inférieur du cortex prémoteur est formé, à gauche, par l'aire 44 et l'aire 45, qui sont proches histologiquement et fonctionnellement.
- Le **cortex préfrontal**, en avant du précédent, est lui-même divisible en 3 parties : le cortex dorsolatéral (Brodmann Area [BA] 9, 46, 9/46d, 9/46v, 8b, 8ad, 8av, 6a, 4) au niveau de la convexité cérébrale, le cortex orbitofrontal ou ventral (BA 14, 11, 13, 47/12) et le cortex médian (Stuss et al., 2005). Cette dernière portion interne ou mésiale est constituée du gyrus cingulaire, inclus dans le système limbique du lobe frontal (BA 24, 25, 32), ainsi que de la partie interne des aires 6, 8, 9.

Le cortex préfrontal est, d'un point de vue neuropsychologique, la région la plus importante, mais aussi la moins bien comprise des lobes frontaux. À cause de cette structure morphologique ainsi que du nombre de réseaux neuronaux qui relient les différentes régions frontales, les chercheurs ont quelques difficultés à se prononcer sur le lien existant entre chacun des cortex décrits précédemment et les habiletés cognitives qu'ils devraient supporter.

Dans une étude récente, Thiebaut de Schotten et al. (2016) ont exploré l'organisation des lobes frontaux en fonction de leur architecture et de leur connectivité. Pour ce faire, les auteurs ont utilisé la tractographie des Imageries par Résonance Magnétique (IRM) de diffusion, une méthode permettant de suivre les axones des neurones (fibres blanches) qui assurent la transmission de l'information nerveuse et donc la connectivité cérébrale. Ils ont ainsi identifié 12 aires du lobe frontal dédiées à des fonctions cognitives différentes, allant des plus simples, comme la motricité, aux plus complexes, comme le comportement social, montrant une organisation antéro-postérieure de ce lobe (Thiebaut de Schotten et al., 2016). Sur la base des données obtenues, l'arrière du lobe frontal semble être associé

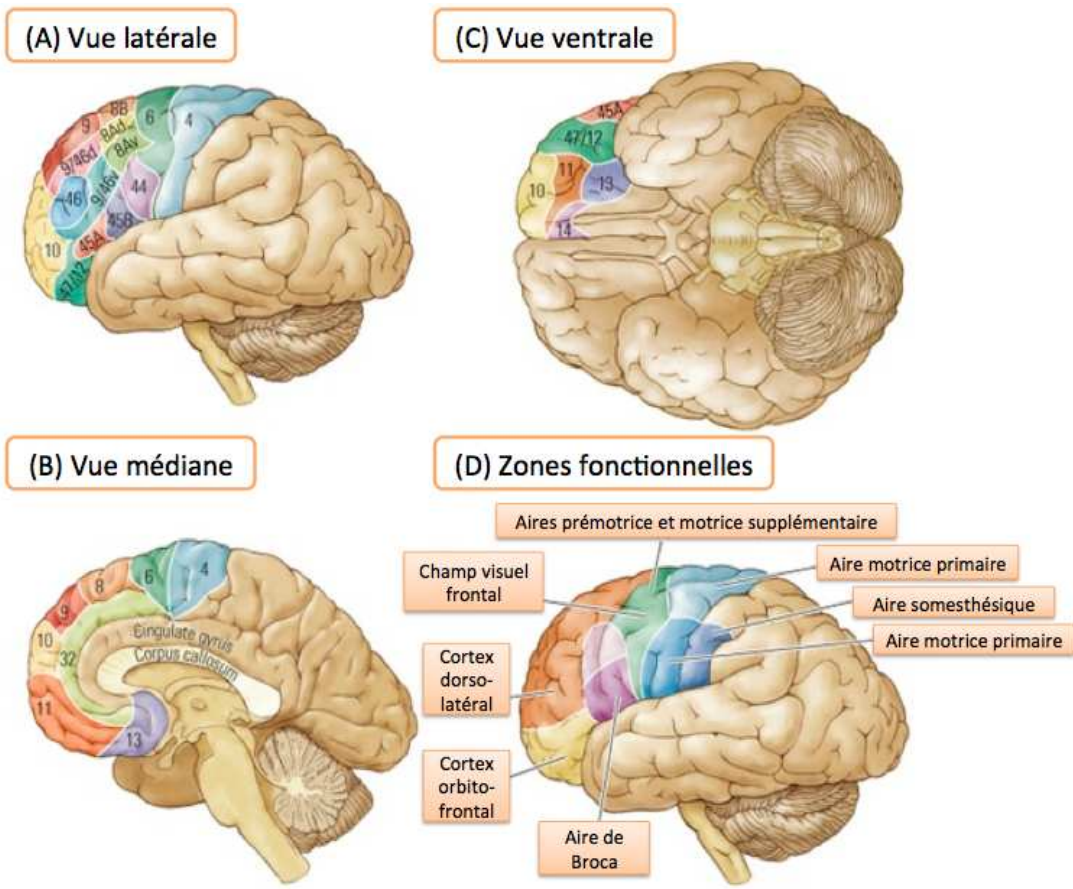


FIGURE 1.1 – Structure morphologique des lobes frontaux. Image adaptée d’après Kolb et Whishaw (2008).

à des aires qui contrôlent les mouvements simples tels que le mouvement du pied, de la main alors que l'avant de ce lobe correspondrait aux aires associées à des fonctions plus complexes, comme l'estimation de la valeur des choses, la planification et le comportement social. En outre, l'analyse de l'anatomie du lobe frontal a permis de montrer qu'à l'avant de ces régions cérébrales, la quantité de myéline (permettant la transmission rapide de l'information nerveuse) diminue, ce qui se traduit par un traitement de l'information plus lent dans cette zone. Cependant, des analyses supplémentaires ont mis en évidence un nombre plus important de connexions interneuronales à l'avant du cerveau, où le traitement de l'information serait donc intégratif (Thiebaut de Schotten et al., 2016).

## 1.2 Fonctions supportées par le cortex préfrontal

Les lobes frontaux jouent un rôle critique dans les comportements humains les plus complexes. La spécialisation de chaque région frontale a été étudiée et reconnue, au cours des années, grâce aux observations effectuées suite à la survenue de lésions cérébrales touchant la convexité préfrontale, le cortex orbitofrontal et frontal médian. Toutefois, des changements comportementaux similaires ont été observés chez des patients présentant des lésions dans d'autres régions cérébrales. Cummings (1993), dans son article de synthèse, a souligné l'importance des circuits fronto-sous-corticaux dans la perturbation d'un grand nombre de comportements humains (modifications des FE, de la personnalité et de l'humeur). Afin de mieux comprendre les troubles observés au niveau comportemental, cet auteur a décrit les résultats obtenus chez des patients atteints de pathologies dégénératives et chez des sujets ayant des lésions frontales focales, ou liées à des structures sous-corticales (hippocampe, cervelet, amygdale, ganglions de la base).

Les travaux de recherche réalisés (Alexander, Crutcher, & DeLong, 1990) suggèrent l'existence de 5 circuits parallèles séparés qui lieraient les lobes frontaux et les structures sous-corticales, aussi appelés **boucles cortico-striato-pallido-thalamiques frontales** (Alexander, DeLong, & Strick, 1986). Ces circuits neuronaux sont constitués d'un circuit moteur (impliquant l'AMS, le cortex prémoteur et le cortex moteur), d'un circuit oculomoteur (impliquant les champs oculaires frontaux, BA 8, le cortex préfrontal et postérieur pariétal) et de 3 circuits ayant leur origine dans le cortex préfrontal (dorsolatéral, latéral orbitaire, cingulaire antérieur). Chacun de ces circuits naît dans les lobes frontaux, se projette dans les structures striatales (noyau caudé, putamen et striatum ventral) et présente des connexions qui vont du striatum au globus pallidus et à la substantia nigra. Ces 2 dernières structures se projettent dans le thalamus qui présente, quant à lui, des

liens avec les lobes frontaux (voir la Figure 1.2). Il est important de préciser que les structures se projetant ou recevant les projections au départ de circuits spécifiques sont anatomiquement et fonctionnellement liées (Groenewegen, Berendse, Wolters, & Lohman, 1991).

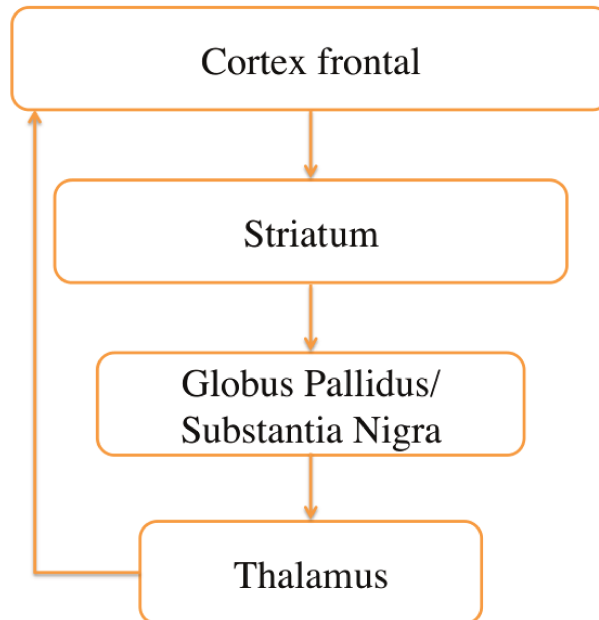


FIGURE 1.2 – Organisation générale des circuits fronto-sous-corticaux, inspirée de Cummings (1993).

Le cortex préfrontal, grâce aux réseaux neuronaux qui le composent et qui se sont créés au cours de la vie de chaque individu, joue donc un rôle essentiel dans l'intégration des actions, permettant une sorte de "pré-adaptation" à l'environnement (Fuster, 2013). Ce processus de pré-adaptation implique la capacité à anticiper, planifier, prendre des décisions et organiser les actions qui sont dirigées vers un but, cela en fonction du temps que l'individu a à sa disposition.

Un aspect commun à tout type de fonction cognitive, c'est le fait qu'elle soit soutenue par une infrastructure anatomique commune à plusieurs habiletés. Il n'y a pas de rapport d'exclusivité entre région et fonction, mais chaque région cérébrale supporte certaines fonctions plus que d'autres (Fuster, 2013). Cela est vrai pour la perception, mais également pour des processus attentionnels, mnésiques, langagiers et de PD.

Les circuits décrits précédemment se présentent comme un ensemble de composantes distinctives, qui, si elles sont atteintes, peuvent caractériser des troubles cognitifs spécifiques, décrits dans la section 1.5 (p. 32). Maintenant, si nous prenons en considération les 3 surfaces des lobes frontaux, latérale, médiane et ventrale (voir la Figure 1.1), elles comportent chacune des subdivisions, auxquelles plusieurs chercheurs ont tenté d'associer



différentes fonctions cognitives (Cummings, 1993 ; Tekin & Cummings, 2002).

Ainsi, (A) la **surface latérale**, qui correspond dans sa plus grande partie au cortex dorsolatéral, comprend le gyrus précentral qui contrôle la réalisation des mouvements volontaires et le gyrus frontal supérieur, souvent activé lors des tâches cognitives. Dans cette région latérale se situent aussi le gyrus frontal inférieur avec, à gauche, l'aire de Broca et le gyrus frontal moyen qui est impliqué dans plusieurs fonctions cognitives de la résolution des problèmes (Manning, 2007). Le circuit préfrontal dorsolatéral semble également être impliqué dans les FE, habiletés de haut niveau permettant d'atteindre des buts précis (Stuss, 2011 ; Stuss & Knight, 2002 ; ces concepts seront développés dans la section 1.3.1, p. 15).

(B) La **surface médiane** intègre la partie antérieure du système limbique, à savoir le gyrus cingulaire antérieur avec ses nombreuses connexions anatomiques avec les cortex préfrontal et temporal, ainsi que les afférences des parties ventrales du mésencéphale (une région du tronc cérébral). Le gyrus cingulaire antérieur est associé à des fonctions psychologiques « générales », comme l'attention ou la motivation, mais aussi à des fonctions plus ciblées, comme l'initiation de la réponse verbale et la suppression d'une réponse verbale. Le gyrus cingulaire antérieur est probablement impliqué dans des fonctions cognitives qui nécessitent un traitement émotionnel de l'information, comme le démontre l'état d'apathie (trouble de l'humeur) après lésion de cette région (Cummings, 1993). Par ailleurs, la surface médiane est impliquée dans la résolution de tâches cognitives telles que la fluence verbale (Stuss et al., 1998). Enfin, cette surface comprend l'AMS, qui pourrait jouer un rôle dans la représentation subjective du temps, la sélection interne des réponses et des mouvements (Manning, 2007).

(C) La **surface ventrale**, quant à elle, comprend le gyrus rectus, qui pourrait être associé à certains aspects de la récupération de souvenirs autobiographiques et le cortex orbitofrontal, impliqué dans des fonctions complexes comme la PD et l'intégration du contenu émotionnel à la trace mnésique. Le circuit orbitofrontal semble aussi être associé à l'inhibition, c'est-à-dire à la capacité qu'un individu a de bloquer des informations non pertinentes dans un contexte donné (Cummings, 1993).

Au cours des dernières décennies, plusieurs auteurs ont essayé d'interpréter les déficits observés chez des patients adultes, suite à des lésions cérébrales frontales, proposant des modèles utiles pour comprendre l'organisation fonctionnelle des lobes frontaux (Chan, Shum, Touloupoulou, & Chen, 2008 ; Seron, Van der Linden, & André, 1999). Cependant, les premiers chercheurs se sont concentrés sur l'existence d'un système de contrôle unitaire (Baddeley, 1986 ; D. Norman & Shallice, 1986), comprenant un ensemble de processus cog-

nitifs et de compétences comportementales différents qui refléteraient un même mécanisme sous-jacent (Speth & Ivanoiu, 2007). Ensuite, cette vision unitaire a été mise en question par les auteurs de ces modèles et par d'autres (Stuss & Benson, 1986), en faveur d'un fractionnement du système de contrôle, ou de l'« administrateur central » selon le modèle de la mémoire de travail proposé par Baddeley (1996). De nombreux travaux (Damásio, 1995 ; Goldman-Rakic, 1992 ; Miyake et al., 2000) ont contribué à développer cette vision non unitaire du système frontal, à travers la description de processus spécifiques (e.g., flexibilité, inhibition, planification) qui sont encore aujourd'hui centraux (voir la section 1.3.1, p. 15).

Actuellement, la plupart des auteurs s'accordent à dire que l'ensemble des fonctions cognitives, comportementales et affectives sous-tendues par les lobes frontaux est à la base des représentations internes du monde environnant. Ces représentations permettent la comparaison entre les informations présentes et passées. C'est à partir de cette confrontation que le sujet est en mesure de sélectionner une réponse adaptée à un environnement toujours changeant (Manning, 2007). Les lobes frontaux exercent un contrôle sur les conduites instinctives ou stimulus-dépendantes. Ils sont le support de l'attention sélective, de l'organisation de la mémoire et des capacités de programmation (Cambier et al., 2008).

Afin d'étudier ces différentes habiletés, il a été nécessaire de créer des épreuves neuropsychologiques impliquant des processus cognitifs qui dépendent de l'intégrité de certaines régions cérébrales. La difficulté se trouve donc dans l'utilisation de méthodologies précises et d'outils sensibles aux perturbations que le fonctionnement cognitif peut subir au cours de la vie, que ce soit dans un cadre pathologique ou normal (voir les sections 1.4, p. 27 et 1.5, p. 32). D'où l'importance d'évaluer les capacités individuelles à travers des tests « écologiques », permettant d'avoir de bonnes prédictions des difficultés des sujets au quotidien.

### **1.3 Modèle neuroanatomique de Stuss (2008)**

Parmi les modèles les mieux étayés par les données expérimentales, nous avons décidé d'appuyer la présente étude sur le modèle de Stuss (2008) (voir aussi Stuss et al., 2002) car il propose l'existence d'au moins 4 catégories d'habiletés qui seraient supportées par les lobes frontaux. Les résultats obtenus par ces chercheurs sont considérés solides, car la méthodologie utilisée est caractérisée par des études lésionnelles effectuées auprès de patients en phase chronique (au moins 3 mois après la survenue des lésions cérébrales). En outre, ils ont développé et utilisé des tests neuropsychologiques simples (voir la

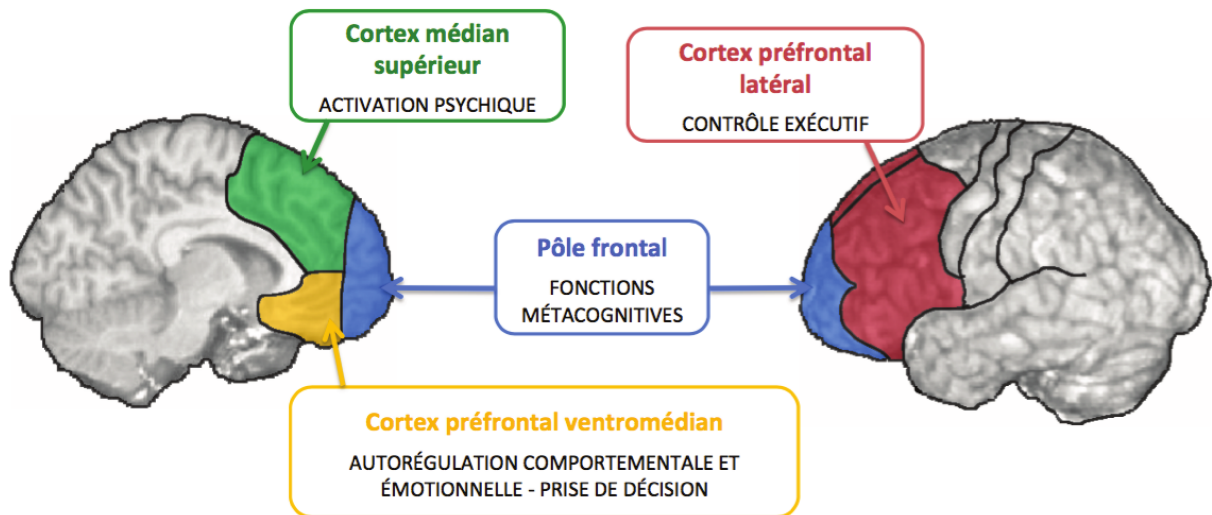


FIGURE 1.3 – Fonctions cognitives qui sont supportées par les lobes frontaux selon Stuss (2008).

section 1.4, p. 27), permettant d'étudier les relations lésions/performances aux tests, en localisant le plus précisément possible les lésions de chaque patient à l'aide de cartes cytoarchitectoniques. Leurs études se basent sur des comparaisons entre les performances de patients ayant une lésion dans une région spécifique du lobe frontal et celles de patients qui ne présentent pas de lésions dans cette même région. En répliquant les résultats obtenus au moyen de tâches variées, qui engagent les mêmes processus cognitifs mais des modalités cognitives différentes, ils ont mis en évidence des effets similaires de lésions spécifiques dans la réalisation de différentes épreuves (Calso, Besnard, & Allain, 2016 ; voir l'Annexe 5).

Les travaux sont réalisés auprès de plusieurs groupes de patients frontaux, pour être sûrs que les données obtenues ne soient pas dues à un effet du groupe de participants, en diminuant ainsi le risque d'une erreur statistique de type 1.

Selon Stuss et Alexander (2007), la localisation précise d'une lésion est plus importante que son étiologie, l'objectif principal dans leurs études étant de savoir si des lésions frontales focales différentes provoquent un déficit similaire, ou plutôt des déficits spécifiques observables durant les évaluations neuropsychologiques. De plus, ils tiennent à préciser que les études lésionnelles permettent de focaliser l'attention sur une région cérébrale à la fois, permettant de réfléchir sur les processus cognitifs qu'elle supporte. Ce type d'études se différencie des études fonctionnelles qui, en revanche, permettent d'observer l'activité cérébrale durant la réalisation d'une tâche donnée (Stuss & Alexander, 2007).

Stuss et Levine (2002), à travers leur modèle neuroanatomique, proposent l'existence de 4 types d'aptitudes frontales qui sont spécifiques et interconnectées (voir la Figure 1.3

et le Tableau 1.1) : **1.** les *FE*, supportées par les régions latérales du cortex préfrontal, **2.** les *capacités d'autorégulation comportementale et émotionnelle* et de *PD* supportées par le cortex frontal ventromédian, **3.** les *capacités d'énergisation* ou d'*AP* supportées par les régions médianes supérieures du cortex préfrontal, **4.** les *fonctions MC* supportées par les régions frontales polaires (Stuss, 2008).

Le système frontal est indispensable dans les situations dans lesquelles des réponses automatiques, instinctives ou intuitives ne sont pas suffisantes (Diamond, 2013). En effet, une caractéristique essentielle des habiletés frontales, c'est le fait qu'elles s'assemblent de façon flexible en réponse au contexte, à la complexité de la situation vécue et aux intentions du sujet.

Dans les sections suivantes, nous décrirons chacune des fonctions frontales décrites par Stuss (2008), pour ensuite présenter quelques études consacrées aux modifications qu'elles peuvent subir dans des situations particulières de la vie telles que la survenue de lésions cérébrales, de maladies dégénératives ou psychiatriques.

### 1.3.1 Fonctions exécutives cognitives

La convexité des lobes frontaux assure l'intégration des informations en provenance des régions postérieures et basales du cerveau et intervient dans la réalisation de tâches cognitives complexes. Les régions latérales du cortex préfrontal, comme nous l'avons déjà précisé, sous-tendent le **contrôle exécutif** (Yuan & Raz, 2014). À ce propos, Stuss et Alexander (2007) précisent que les résultats obtenus dans leurs études ne peuvent pas être interprétés sur la base de l'existence d'un système exécutif central unitaire, mais plutôt d'un fractionnement du système de contrôle attentionnel.

Les travaux de Godefroy, Cabaret, Petit-Chenal, Pruvo, et Rousseaux (1999), construits dans une logique théorique et méthodologique très proche, plaident aussi en faveur de la modularité des processus de contrôle attentionnel. En effet, la notion de système de contrôle unique a été contestée par plusieurs travaux issus de l'imagerie fonctionnelle, de l'enregistrement neuronal chez l'animal éveillé et de la pathologie humaine. Ces études montrent que « *les opérations de contrôle cognitif dépendent certes de façon prédominante des régions frontales, mais que selon la nature de l'opération, ou la nature de l'information à manipuler, les secteurs des structures préfrontales impliquées diffèrent* » (Godefroy, Jeannerod, Allain, & Le Gall, 2008).

Le concept de « contrôle exécutif » renvoie à celui de « **fonctions exécutives** » qui peuvent être définies comme l'ensemble des fonctions (mécanismes plus élémentaires) nécessaires au contrôle et à la réalisation de comportements dirigés vers un but (Gonneaud,

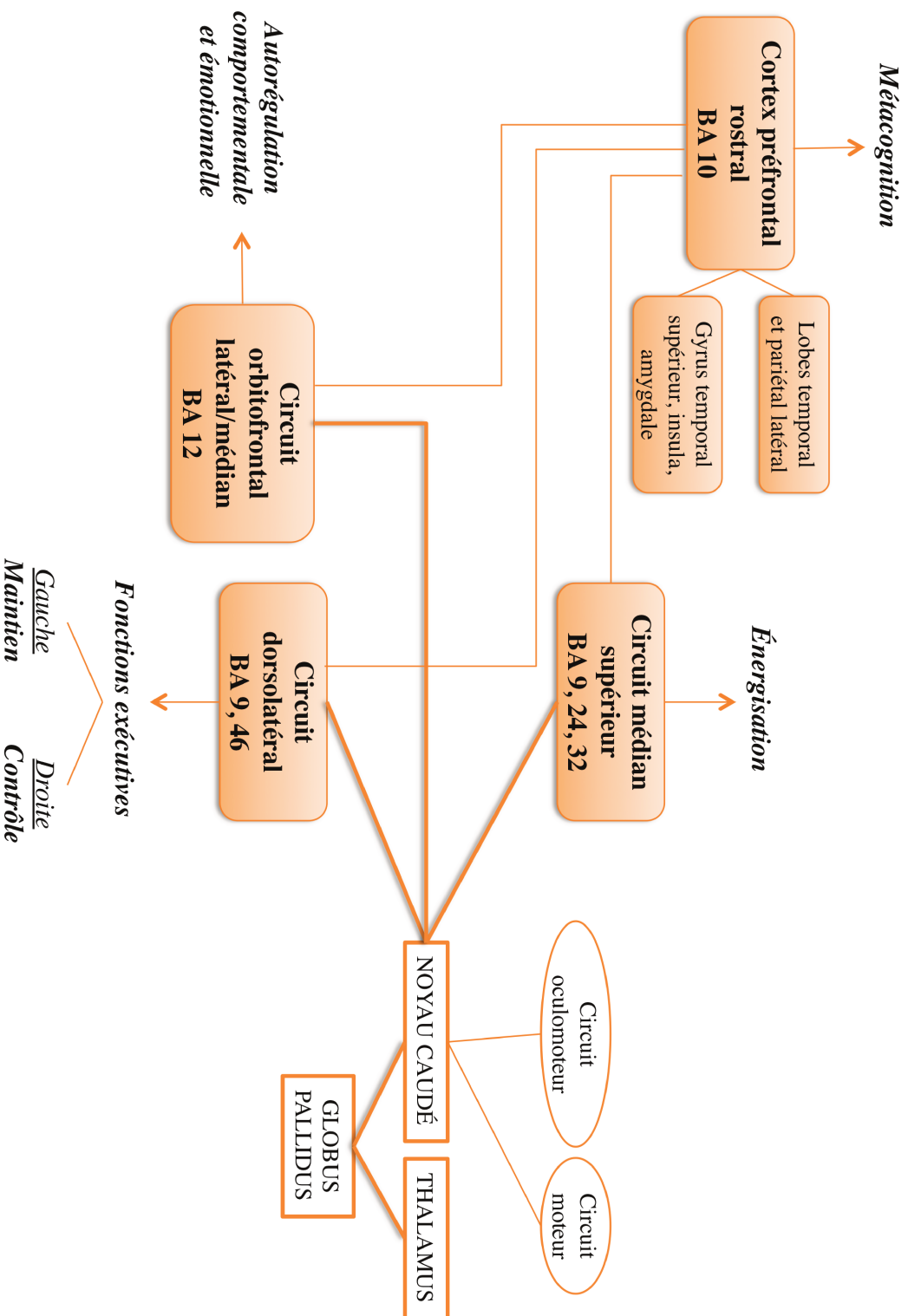


TABLE 1.1 – Connexions anatomiques et fonctionnelles entre les différents systèmes frontaux. Schéma inspiré de Struss (2011). BA : Brodmann Area

Eustache, & Desgranges, 2009). Même si la définition des FE n'est pas consensuelle, elles sont considérées comme des habiletés de haut niveau qui se déclinent en différentes sous-composantes : initiation de l'action, inhibition, division de l'attention, déduction de règles, maintien d'une règle correcte, flexibilité conceptuelle, génération d'informations, planification et résolution de problèmes, processus stratégiques en mémoire épisodique (Godefroy et al., 2008). Elles sont indispensables à une vie autonome et indépendante car elles permettent la création de plans d'action intégrant les besoins propres au sujet et les informations du monde extérieur (Jokic, Enot-Joyeux, & Thiec, 1997 ; Stuss, 2008 ; Stuss & Levine, 2002).

Selon Diamond (2013), les FE permettent aux individus de réfléchir avant d'agir (planification), de faire face à de nouveaux défis (flexibilité et adaptation), de résister aux tentations (inhibition et auto-contrôle), de focaliser l'attention (attention sélective et concentration) et de mettre en place des stratégies de mémoire de travail efficaces. Les capacités exécutives sont donc nécessaires pour atteindre des objectifs dans les AVQ, dans le milieu académique et/ou professionnel.

Les perturbations observées au niveau exécutif, suite à des lésions frontales latérales, concerneraient au moins 2 processus de nature attentionnelle (Stuss, 2011), qui sont interconnectés mais anatomiquement et fonctionnellement indépendants : le *maintien* et le *contrôle* (Stuss, 2006 ; Stuss et al., 2005 ; Stuss et al., 2002). C'est pour cela que nous traiterons ces processus cognitifs ainsi que d'autres (mémoire et flexibilité) séparément, par la suite.

Considérant le lien qui semble exister entre la sphère physique, sociale, émotionnelle et l'état cognitif des sujets, la présence de stress, de troubles du sommeil, d'un sentiment de solitude ainsi que l'absence d'exercice physique et mental pourrait impacter le fonctionnement exécutif individuel (Diamond, 2013). Un autre facteur clé est le temps que les individus ont à disposition pour réaliser une tâche donnée. En effet, avoir plus de temps à disposition permettrait, déjà pendant l'enfance, d'effectuer moins d'erreurs dans des tâches nouvelles et/ou complexes impliquant des processus exécutifs (Diamond, Kirkham, & Amso, 2002).

## **Maintien et contrôle**

Le processus de **maintien** permet d'établir une relation stimulus-réponse et de faire une sélection des réponses possibles (capacité à former un schéma de réponse stable par ajustement du gestionnaire des priorités). Le **contrôle** permet de vérifier la qualité des réponses pendant la réalisation de la tâche (à travers une discrimination cible/distracteur)

et d'ajuster le comportement sur la base de cette analyse. Il s'agit de processus de contrôle de l'activité qui entrent en jeu dans toutes les tâches cognitives non automatiques et non routinières.

Dans le modèle d'organisation du fonctionnement cérébral proposé par Stuss et Anderson (2004), la fonction principale des processus attentionnels, sous-tendus par les régions frontales latérales, est d'intégrer les informations issues des systèmes sensoriels postérieurs, afin d'organiser des réponses dirigées vers un but. Intégration qui est indispensable pour faire émerger une conscience cohérente et réaliste du monde environnant.

### **Mémoire de travail**

Différentes régions frontales sous-tendraient les processus impliqués dans les tâches mnésiques classiques. Plus précisément, le cortex préfrontal ventrolatéral s'activerait lors d'une tâche qui demande le maintien en mémoire d'informations peu complexes (Diamond, 2013). Le système préfronto-pariétal supporterait les capacités de mémoire de travail lorsqu'il faut focaliser sa propre attention sur l'information maintenue en mémoire pendant quelques secondes, tout en inhibant les stimuli considérés comme non pertinents pour l'activité en cours (Nobre & Stokes, 2011). En revanche, le lobe temporal médian serait impliqué dans la récupération des informations, avec un rôle particulier de la région hippocampique (Ritchey, Montchal, Yonelinas, & Ranganath, 2015).

Un processus exécutif fondamental serait donc la **mémoire de travail**, qui correspond à l'habileté qu'un individu a de maintenir une information active et disponible en mémoire pendant qu'il en traite une autre (e.g., mettre à jour des listes, faire des calculs mentaux, trouver la relation existantes entre 2 idées/choses). Ces habiletés sont à la base du raisonnement et permettent aux individus d'utiliser les connaissances acquises, donc stockées en mémoire, pour prendre des décisions et mettre en place des plans d'action (Diamond, 2013).

La mémoire de travail se différencie de la mémoire à court terme, qui permet, quant à elle, de maintenir une information en mémoire durant un bref laps de temps (e.g., retenir un numéro de téléphone durant sa composition; Collette, Poncelet, & Majerus, 2003). Considérant que tout traitement cognitif nécessite la rétention temporaire d'un certain nombre d'informations, un bon fonctionnement du système mnésique est fondamental pour atteindre des objectifs au quotidien. Les stratégies de mémoire mises en place (e.g., association par catégories sémantiques ou par événements, méthode des lieux), lors de l'encodage et de la récupération des informations, peuvent également influencer les performances des individus lors d'évaluations neuropsychologiques, donc la réussite de

différentes activités communes.

## Flexibilité

La flexibilité mentale fait aussi partie des FE (Miyake et al., 2000). Elle correspond à la capacité qu'un individu a de modifier sa propre perspective au niveau spatial (différentes directions) ou interpersonnel (différents points de vue) (Diamond, 2013). Changer de perspective implique les processus d'inhibition et de mémoire de travail, mais également le fait de pouvoir modifier sa propre façon de penser. Être flexible permet de prendre en considération tous les indices ou opportunités/avantages présents, donc d'adapter son propre comportement au contexte, surtout lorsque plusieurs interprétations sont possibles pour une même situation.

Un autre aspect fondamental de la flexibilité est la capacité d'alterner entre 2 ou plusieurs tâches, ou entre 2 plans mentaux (processus de flexibilité spécifiques), situation que nous vivons souvent au quotidien (e.g., travailler à l'ordinateur et répondre aux appels téléphoniques). Ici, « *la notion de flexibilité renvoie à la capacité de déplacer rapidement et efficacement le foyer attentionnel entre différents aspects des stimuli à traiter ou entre des activités cognitives différentes* » (Collette & Salmon, 2014).

### 1.3.2 Capacités d'autorégulation et de PD

Le rôle principal du cortex frontal ventromédian est de réguler le comportement dans les situations où l'analyse cognitive, les habitudes ou les indices environnementaux à disposition ne sont pas suffisants pour déterminer la réponse adaptative la plus pertinente (Stuss, 2008). Ces régions cérébrales sous-tendent les **fonctions d'autorégulation émotionnelle et comportementale**, qui sont engagées dans les traitements émotionnels, y compris ceux permettant l'acquisition, le renversement et l'extinction d'associations stimulus-récompenses (Stuss, 2007).

Plusieurs études ont été effectuées chez des patients présentant des lésions dans les régions préfrontales ventromédianes, s'appuyant ou s'inspirant de l'**hypothèse des marqueurs somatiques** proposée par Damásio (1995). Cette théorie essaie d'expliquer comment les émotions et les sentiments sont utilisés pour guider le **processus de PD**, un autre processus qui serait sous-tendu par les régions frontales ventromédianes et orbito-frontales (Fellows, 2007). En effet, le mécanisme automatique des marqueurs somatiques, qui repose sur les pulsions biologiques, jouerait un rôle fondamental dans la mise en œuvre des comportements rationnels, tant dans le domaine personnel que dans le domaine social. Cependant, ce mécanisme pourrait perturber le processus de PD dans certaines



circonstances, en faisant surgir une sorte de "prévention" à l'encontre de faits objectifs (Damásio, 2010).

En effet, les capacités de PD (Stuss & Levine, 2002) correspondent à un ensemble de compétences et d'expériences cognitives et émotionnelles qui permettent de sélectionner une réponse parmi plusieurs possibles, au regard d'une situation donnée ou lors de la confrontation à un problème (Allain, 2013; Jacus, Bayard, Raffard, Bonnoron, & Gely-Nargeot, 2012). Cette sélection se base sur l'analyse des conséquences positives ou négatives de la situation vécue, en faisant référence aux expériences passées. Cela pousse Damásio (2010) à affirmer que « *le présent n'existe pratiquement pas pour nous tous, qui sommes en permanence en train d'invoquer le passé afin d'élaborer des plans pour le futur proche ou lointain* ». Ce phénomène incessant d'élaboration serait à la base des processus de raisonnement et de PD, indispensables, si nous considérons que les individus sont continuellement amenés à faire des choix, que ce soit dans des AVQ (e.g., faire la cuisine, téléphoner) ou dans des situations plus complexes concernant leur vie privée (e.g., santé, lieu de vie) et sociale (e.g., profession, participation à des initiatives publiques).

Dans le champ des neurosciences, Bechara, Damásio, Tranel, et Damásio (2005) distinguent les décisions en 2 catégories : les décisions comportant des risques explicites, et les décisions comportant des risques implicites, pris dans des situations ambiguës. Les épreuves neuropsychologiques développées au cours des dernières années permettent d'évaluer ces 2 types de PD séparément (Bechara, Damásio, Damásio, & Anderson, 1994; Brand et al., 2005; voir la section 1.4, p. 27).

D'autres chercheurs ont effectué des études dans ce domaine. Selon Rolls (2000), le cortex orbitofrontal serait crucial dans l'apprentissage d'associations créées entre différents stimuli et les "éléments renforçants" relatifs aux modalités sensorielles (e.g., toucher, odorat, goût). Cet apprentissage permettrait aux individus de contrôler et de modifier, si nécessaire, les comportements produits suite à des récompenses ou à des punitions reçues dans un contexte précis. Les sujets présentant des lésions frontales ventromédianes pourraient ainsi être incapables de répondre en fonction des associations apprises au fil du temps, ou encore être incapables d'inhiber les réponses évoquées immédiatement par l'environnement (hypothèse d'inhibition). Ils élaboreraient des réponses et mettraient en place des comportements inadaptés qui modifient leur état émotionnel (Tranel, 2002).

Le **circuit orbitofrontal** semble avoir un rôle important dans le processus d'inhibition de l'interférence, dans les aspects affectifs ainsi que dans l'autonomie personnelle. D'où la fonction d'intégration des aspects cognitifs et émotionnels, fréquemment attribuée à ces zones cérébrales. En effet, un dysfonctionnement des aires de Brodmann 14, 10, 11,

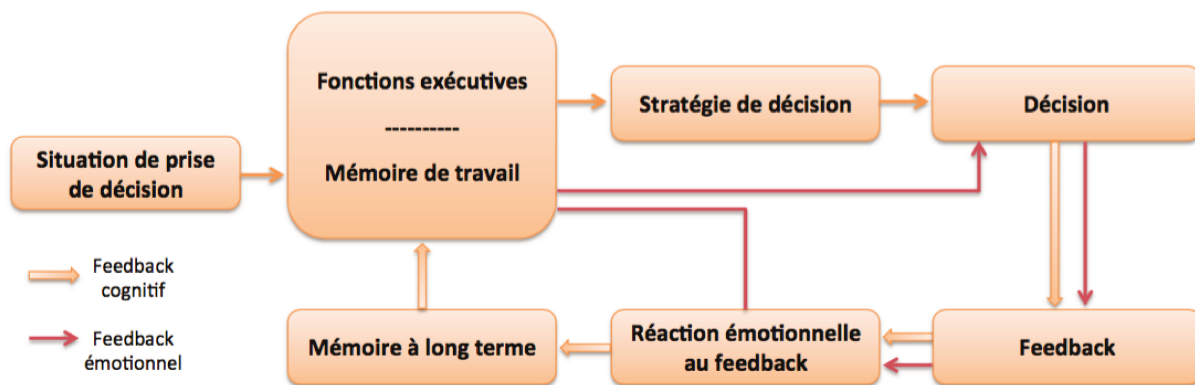


FIGURE 1.4 – Schéma de synthèse du modèle de PD sous risque proposé par Brand et al. (2006). Figure adaptée d'après Schiebener et al. (2014).

12 et 13 pourrait avoir des répercussions sur la flexibilité affective des sujets intéressés (Eslinger & Geder, 2000). Brand et al. (2006) proposent un modèle sur la capacité que les sujets ont de prendre des décisions dans une situation de risque (voir la Figure 1.4). Ce modèle montre à quel niveau les FE, et plus particulièrement la mémoire de travail, les capacités mnésiques à long terme, ainsi que les processus émotionnels, seraient impliqués dans la PD. L'analyse de la situation vécue (gains et pertes éventuels) impliquerait les capacités de catégorisation des probabilités et alternatives possibles, la représentation des informations disponibles sur le contexte et la mise en relation de ces informations avec les connaissances qui sont stockées en mémoire à long terme. Ces processus permettent au sujet de développer et de mettre en place des stratégies adaptées et efficaces, aussi grâce à la capacité de s'adapter aux feedbacks (positifs et/ou négatifs) reçus, tant d'un point de vue cognitif que émotionnel (Schiebener et al., 2014).

D'un point de vue psychologique, les capacités d'autorégulation impliquent 4 sous-composantes (Heatherton, 2011) : 1. les individus doivent être conscients de leur comportement et se référer aux normes sociétales ; 2. les individus ont besoin de comprendre les réactions d'autrui face à leur comportement, afin de prédire les réponses des autres personnes. 3. Les individus doivent être capables de détecter une menace, surtout dans les situations sociales complexes ; 4. les individus ont la capacité (e.g., motivation) de gérer les contradictions existant entre la connaissance d'eux mêmes et les attentes ou normes de la société, afin de résoudre des éventuels conflits.

Les capacités d'autorégulation, comme nous le verrons ultérieurement (voir la section 1.3.4, p. 23), semblent être liées aux fonctions MC (Heatherton, 2011), ces 2 types d'habiletés étant essentielles pour instaurer des bonnes relations sociales. Réguler le comportement dans des situations non structurées et vivre en harmonie dans un(plusieurs)

groupe(s) impliquent des capacités à reconnaître ses propres états mentaux (conscience de soi), à interpréter les états mentaux d'autrui (Théorie De l'Esprit [TDE]) et à utiliser les informations stockées en mémoire épisodique, afin d'inhiber les actions inappropriées selon le contexte (Levine, Freedman, Dawson, Black, & Stuss, 1999).

### 1.3.3 Énergisation

Les régions médianes supérieures du cortex préfrontal supportent les **fonctions d'énergisation** ou **d'AP** et permettent les processus de volition/motivation. L'énergisation permet plus particulièrement de mobiliser des ressources, donc de répartir l'énergie dont le système nerveux a besoin pour initier rapidement des réponses dirigées vers une tâche particulière (Stuss, 2006).

La notion d'énergisation reprend le concept d'« *energy mobilization* » introduit par Cannon (1915). Ce terme faisait référence à l'étendue à laquelle un organisme est globalement activé. Dans le temps, il a été utilisé pour décrire le fait de dynamiser ou d'inciter quelqu'un à faire une activité spécifique (Oettingen et al., 2009). L'énergisation fait également référence au "seuil d'activation" dont Paus (2001) parle dans son travail de recherche sur le contrôle moteur, et peut être considéré comme un aspect motivationnel de l'attention (Coubard, 2014).

Un dysfonctionnement des régions frontales médianes supérieures se manifesterait par une aboulie/apathie, mais aussi par un ralentissement de la vitesse de traitement des informations. Sur le plan comportemental, la présence d'une réduction d'activité avec aboulie/asponanéité est souvent attribuée à un déficit de l'initiation de l'action (Godefroy, Roussel-Pierronne, Routier, & Dupuy-Sonntag, 2004). C'est la capacité à activer le système cognitif nécessaire qui est ici perturbée. Ce type de comportement peut être facilement observé dans des tâches de temps de réaction (TR) et dans toutes les situations qui demandent d'être rapide.

Les sujets présentant une détérioration des capacités d'initiation des actions auraient aussi des difficultés à maintenir un comportement donné dans le temps, comme par exemple taper sur un bouton toutes les 1,5 secondes (Stuss et al., 2005). Ces perturbations pourraient également être observées dans des tâches de fluence verbale, durant lesquelles le sujet doit produire un certain nombre de mots pendant un temps prolongé (Stuss, 2008).

De plus, des modifications dans ces régions cérébrales peuvent avoir un impact sur les capacités d'autorégulation décrites précédemment (Stuss, 2007).

### 1.3.4 Métacognition

La partie frontale polaire du cerveau supporte les fonctions MC qui permettent la représentation de ses propres états mentaux (**conscience autoéotique**) ou ceux d'autrui (**TDE**) (Premack & Woodruff, 1978 ; Stuss, 2011). Ces habiletés sont indispensables aux contrôles de niveau sociocognitif en situation d'interaction sociale et constituent un aspect fondamental de la "**cognition sociale**" (Stuss, 2008 ; Stuss & Levine, 2002). En effet, cette dernière fait référence à un ensemble de processus mentaux tels que la perception des autres et de soi même, la connaissance des règles sociales qui sont à la base des échanges interpersonnels. Ces processus contribuent à analyser le monde social, à réguler et mettre en place des comportements adaptés à chaque contexte de la vie (Duval, Piolino, Bejanin, Laisney, et al., 2011).

Les capacités MC facilitent les relations interpersonnelles, permettant à chacun de comprendre, de juger, ou de prédire des comportements. Selon Stuss et Anderson (2004), le niveau supérieur de l'architecture cognitive humaine correspond à la capacité d'utiliser sa propre expérience (états mentaux, comportements, attitudes, expériences vécues) pour comprendre les états mentaux d'autres personnes.

Le sentiment que l'on a de soi et que l'on a de connaître, en général, constitue la "conscience" : une structure mentale intégrée qui relie le Soi aux objets. C'est grâce à ce niveau complexe et élaboré de conscience que chacun développe un intérêt pour d'autres Soi (Damásio, 2002). L'environnement social amènerait l'être humain à adopter progressivement le point de vue des autres. C'est la confrontation répétée à autrui qui amène peu à peu l'enfant à l'autocritique et à la conscience de soi (Rimé & Le Bon, 1984). D'où la distinction opérée par Buss (1980) entre les aspects privés (e.g., événements sensoriels, états émotionnels, attitudes personnelles) et les aspects publics (e.g., caractéristiques physiques, posture, comportement en situation sociale) de l'état de conscience.

Stuss et Anderson (2004), à partir d'études effectuées auprès de sujets adultes porteurs de lésions cérébrales focales, proposent l'existence de *plusieurs niveaux de conscience*, qui sont hiérarchiquement organisés. Les auteurs précisent que ces différents types de conscience sont associés à des régions cérébrales distinctes, et que les niveaux les plus élevés de conscience font référence aux notions de "perception de soi" et de "TDE", avec une implication particulière des lobes frontaux. Ils essaient également de formuler des hypothèses relatives à l'effet qu'un dysfonctionnement des régions frontales pourrait avoir sur les différentes étapes du développement. Les niveaux de conscience et leurs liens avec d'autres habiletés frontales, dont les FE, seront décrits dans les sections suivantes.

## Conscience autoéotique

La conscience autoéotique, ou conscience de soi, semble dépendre de l'intégrité des régions postérieures et frontales du cerveau, selon le modèle hiérarchisé du "soi" développé par Stuss et Anderson (2004). Cette organisation serait caractérisée par des interactions, tant *top-down* que *bottom-up*, que nous décrivons ci-après.

Le **premier niveau** de conscience correspond à la présence d'un niveau adéquat d'*arousal*. Il renvoie aux mesures médicales effectuées au moyen du Glasgow Coma Scale (Teasdale & Jennett, 1974), permettant d'obtenir un score relatif au niveau de conscience de l'individu. En effet, le coma correspond au déficit de la conscience le plus grave, observable suite à la survenue de lésions au niveau du cortex cérébral ou de la formation réticulée mésencéphalique (structure nerveuse du tronc cérébral à l'interface des systèmes autonome, moteur et sensitif). Ce déficit est associé à une absence de réceptivité et de réactivité. Des déficits moins sévères peuvent être observés en présence de lésions moins importantes dans ces zones : stupeur, bas niveaux de réactivité, détérioration de l'attention phasique (correspondant à la facilitation de la performance induite par un signal avertisseur ; Posner & Boies, 1971) et distractibilité (Stuss & Anderson, 2004).

Lorsque l'*arousal* est suffisant, les processus cérébraux sont capables de construire des modèles du monde sur la base des informations recueillies, au fil du temps, à travers l'expérience. Une information entrante déclenche un réseau de neurones corticaux qui génèrent des patterns d'activité spécifiques. Les niveaux les plus bas de conscience activent ainsi les niveaux supérieurs et produisent des réponses simples, des réflexes. Dans les niveaux suivants, le cerveau crée un modèle qui se base sur l'expérience. Autrement dit, l'information entrante est comparée à d'autres provenant des expériences précédentes du sujet. Les modèles qui se créent sont nécessaires pour définir les interactions d'un individu avec l'environnement qui l'entoure ainsi qu'avec les autres individus, lui permettant de produire la réponse la plus adaptée au contexte (Stuss & Anderson, 2004).

Le **deuxième niveau**, impliquant les régions sensorielles et motrices du cerveau, conduit à la simple connaissance du monde sensoriel et aux réponses corporelles. Les fonctions de ce niveau concernent le contenu de la conscience activé. Considérant que l'organisation des régions postérieures sous-tendant ces processus est modulaire, les déficits qui peuvent être observés en cas de dysfonctionnement dépendent de la zone lésée et du module touché (Stuss & Anderson, 2004). La détérioration, chez les patients, concerne le contenu de l'information traitée dans une région cérébrale donnée. L'*arousal* ne subit pas de modification. C'est le domaine spécifique du modèle qui ne fonctionne plus au niveau sensori-moteur (e.g., détérioration de la connaissance, agnosie).

Les troisième et quatrième niveaux de conscience seraient liés à l'activité des lobes frontaux. Vu la complexité anatomique et fonctionnelle des régions frontales du cerveau, Stuss et Levine (2002) proposent une subdivision caractérisée par les régions latérales et par les régions ventromédianes/orbitofrontales. La région polaire est souvent associée à la région ventromédiane (Stuss & Anderson, 2004), cette zone du cerveau étant surtout impliquée dans les capacités de TDE. La dissociation entre les régions latérales et ventromédianes permet de comprendre le rôle des lobes frontaux dans la conscience et la TDE. En effet, les lobes frontaux, surtout du côté droit, seraient impliqués dans les niveaux les plus élevés de conscience, en sachant que ces niveaux utilisent les capacités de modélisation des niveaux inférieurs (contrôle de type *top-down*). Alors que les informations sensorielles et les signaux d'*arousal* peuvent activer des modèles présents aux niveaux supérieurs de la hiérarchie (interactions *bottom-up*).

Le **troisième niveau** de conscience implique les capacités exécutives qui, sous-tendues par les régions latérales du cerveau, intègrent l'information en provenance des systèmes sensoriels (partie postérieure du cerveau) et organisent les réponses dirigées vers un but précis en fonction du stimulus traité. Selon Stuss et Levine (2002), à ce niveau là, un modèle articulé du monde est créé à partir des modèles plus restreints développés aux niveaux inférieurs.

Les régions frontales ventromédianes joueraient un rôle essentiel dans l'émergence du **niveau ultime** et supérieur de conscience : la conscience auto-noétique. Le dernier niveau considère l'information du point de vue de l'histoire personnelle, récupérant des informations des expériences passées et en les projetant dans l'avenir. Ce niveau de conscience de soi est associé aux lobes frontaux, surtout du côté droit, et à ses connexions avec le système limbique. Ces données ont été confirmées par d'autres études (Moll, de Oliveira-Souza, Bramati, & Grafman, 2002). Ce niveau de conscience renvoie à la notion de « *Me self* », que James (1890) a défini comme l'ensemble des images et représentations de soi, des pensées et des croyances stockées en mémoire autobiographique, permettant de répondre à la question « qui suis-je ? ». En revanche, l'« *I self* » correspondrait à l'éprouvé subjectif d'être soi-même. Plusieurs travaux montrent que le *self* n'est pas un concept unitaire, mais plutôt un ensemble de systèmes interconnectés et fonctionnellement indépendants (Klein & Gangi, 2010). C'est pour cette raison que la définition donnée de « conscience de soi » est souvent discordante.

Chaque individu fait l'expérience d'un seul *I* qui pense, choisit, planifie, éprouve des sentiments, qui a donc une image de soi-même. La notion d'« identité personnelle » incarne l'idée selon laquelle le *self* est un continuum entre ce qu'on a vécu dans le passé

et ce qu'on vivra dans l'avenir. Repérer chacun des processus qui constituent le *self* rend probablement encore plus complexe cette définition. Parmi ces processus, nous pouvons citer la mémoire épisodique liée aux événements de la vie, la représentation de ses propres traits de personnalité, la connaissance sémantique relative aux faits réels, l'expérience de la continuité dans le temps (strictement liée à la mémoire épisodique), le sentiment d'être responsable de ses propres pensées et actions, la formation de méta-représentations à travers l'introspection, la capacité à se représenter son propre corps et ses caractéristiques physiques (e.g., au moyen de photographies, image réfléchie dans un miroir) (Klein & Gangi, 2010).

### **TDE cognitive de premier/deuxième ordre**

Les études neuropsychologiques effectuées au cours de ces dernières années (e.g., Duval, Piolino, Bejanin, Eustache, & Desgranges, 2011) ont mis en évidence des dissociations entre les habiletés de TDE qui peuvent être perturbées/préservées chez des patients présentant des lésions cérébrales (Shamay-Tsoory, Tomer, Berger, Goldsher, & Aharon-Peretz, 2005), ou ayant reçu, par exemple, un diagnostic de schizophrénie (Shamay-Tsoory, Aharon-Peretz, & Levkovitz, 2007). Les résultats obtenus par ces auteurs ont amené à distinguer la TDE cognitive (*cold Theory Of Mind* [TOM]) de la TDE affective (*hot TOM*).

La **TDE cognitive** fait référence à la capacité de comprendre les états mentaux cognitifs, les croyances, les pensées ou intentions d'autres individus (Coricelli, 2005). Cette capacité peut concerner des représentations mentales de premier et de deuxième ordre. Le **premier ordre** correspond aux représentations d'une personne qui adopte la perspective d'une deuxième personne (e.g., je pense qu'il/elle pense que...). Ce processus permet à chacun de comprendre que les autres ont une conscience qui diffère de la leur. La **TDE cognitive de deuxième ordre** correspond à un niveau plus élevé de méta-représentations. Elle fait référence à des représentations plus profondes du soi, qui impliquent le fait d'adopter 2 perspectives en même temps (e.g., il/elle pense qu'il/elle pense que...) (Duval, Piolino, Bejanin, Eustache, & Desgranges, 2011).

### **TDE affective et reconnaissance des émotions**

La **TDE affective** fait référence à la compréhension des états affectifs, émotions ou sentiments, d'autres individus (Brothers & Ring, 1992). Cette habileté permet de comprendre et d'adopter le point de vue d'autrui, donc de se mettre à sa place sans avoir nécessairement ressenti d'émotions (Duval, Piolino, Bejanin, Eustache, & Desgranges, 2011).

La TDE affective correspond à l'« empathie cognitive », notion à ne pas confondre avec celle d'« empathie affective », ce que l'on entend souvent par le terme d'« empathie », qui concerne le fait de ressentir l'émotion éprouvée par un autre individu, sans avoir nécessairement compris les raisons qui ont amené à ce sentiment ou sensation (Shamay-Tsoory et al., 2005).

La capacité que les individus ont de reconnaître des émotions à partir des expressions du visage d'autrui, en situation réelle, ou à travers de vidéos/photos, peut donc être considérée comme une habileté de TDE affective (Duval, Piolino, Bejanin, Laisney, et al., 2011 ; Duval, Piolino, Bejanin, Eustache, & Desgranges, 2011 ; Henry, Cowan, Lee, & Sachdev, 2015).

## 1.4 Évaluation des aptitudes frontales

Les études effectuées par Stuss et al. (2002) montrent que les différentes régions du cortex préfrontal et certaines régions plus postérieures sont impliquées dans la réalisation de tâches telles que les tests de Stroop, de fluence verbale et de classement de cartes. Considérant que les tests censés évaluer les capacités frontales ne sont pas exempts de problèmes méthodologiques et de résultats contre-intuitifs (Manning, 2007), Stuss et Alexander (2007) ont proposé des versions modifiées d'épreuves « classiques » et développé 2 nouveaux outils : le Feature Integration Test (**FIT**) et le ROtman-Baycrest Battery to Investigate Attention (**ROBBIA**). Ces batteries sont constituées de plusieurs tâches informatisées de TR, simples et complexes, et permettent une évaluation plus fine des processus d'énergisation ou d'AP, de contrôle et d'inhibition.

Dans le Tableau 1.2, nous présentons le matériel utilisé par Stuss et al. (2002) pour évaluer les aptitudes associées à l'intégrité des lobes frontaux.

Le **test de Stroop** (Stroop, 1935) est conçu pour évaluer la capacité de contrôle de l'attention sous pression temporelle. Parmi les différentes versions proposées de cette épreuve, il y a le subtest informatisé *suppress* de la batterie ROBBIA (Stuss & Alexander, 2007). La procédure standard de ce test comporte 3 conditions : la dénomination, la lecture et l'interférence. Tout d'abord, le sujet doit dénommer le plus grand nombre possible de couleurs que remplissent des petits rectangles de couleurs différentes (rouge, bleu, vert). Puis, il doit lire des noms de couleurs (rouge, bleu, vert), écrits en noir et présentés en majuscules sur 10 colonnes et 10 lignes occupant une page entière. Ensuite, le sujet doit dénommer la couleur d'impression de noms de couleurs différente de celle avec laquelle ils sont imprimés (VERT écrit en bleu, BLEU écrit en rouge, ROUGE écrit en vert,



<b>Régions dorsolatérales gauches</b>	<b>Régions dorsolatérales droites</b>
Fluence verbale littérale (FAS), Wisconsin Card Sorting Test, Test de Stroop (dénomination), Apprentissage et rappel d'une liste de mots, Trail Making Test, Fluence verbale sémantique	Wisconsin Card Sorting Test, Trail Making Test, Fluence verbale sémantique
<b>Régions médianes inférieures</b>	<b>Régions médianes supérieures</b>
Apprentissage et rappel d'une liste de mots, Fluence verbale sémantique	Fluence verbale littérale (FAS), Wisconsin Card Sorting Test, Test de Stroop (interférence), Trail Making Test, Fluence verbale sémantique

TABLE 1.2 – Régions impliquées dans la réalisation de différentes tâches, à partir de mesures effectuées auprès de 4 groupes de patients (Stuss et al., 2002).

etc.). Cette troisième partie constitue le test d'interférence proprement dit car nécessite d'inhiber la lecture au profit de la tâche moins automatique de dénomination (Godefroy & le Groupe de Réflexion sur l'Évaluation des Fonctions Exécutives [GREFEX], 2008).

L'une des épreuves utilisées pour mesurer les capacités d'apprentissage et de rappel (libre et indicé) d'une liste de mots est le California Verbal Learning Test (**CVLT**; Delis, Kramer, Kaplan, & Thompkins, 1987). Cette tâche consiste en un rappel immédiat d'une liste de 16 mots (appartenant à 4 catégories différentes, avec 5 essais d'apprentissage) et une reconnaissance des mêmes mots insérés dans une liste interférente, contenant des distracteurs. Considérant que la réalisation de ce test dépend de l'intégrité de régions frontopariétales et frontales ventrolatérales (Stuss et al., 2002), des processus mnésiques (mémoire épisodique verbale), exécutifs (maintien et mémoire de travail) et d'autorégulation semblent être impliqués dans cette épreuve. En outre, le CVLT permet d'évaluer la nature des erreurs effectuées lors d'une tâche classique de rappel.

Le Trail Making Test (**TMT**; Reitan, 1958) est fréquemment utilisé pour étudier les capacités de planification spatiale dans une épreuve visuo-motrice, mais également la flexibilité mentale et l'attention divisée visuo-spatiale (surtout dans la partie B du test). Les sujets doivent tracer une ligne reliant des lettres et des nombres qui sont placés aléatoirement sur la feuille. Il faut donc qu'ils aient de bonnes capacités de flexibilité pour réussir à alterner entre ces 2 types de stimuli, tout en suivant l'ordre alphabétique pour

les lettres et l'ordre numérique pour les nombres.

Le **test de fluence verbale** (Thurstone, 1938 ; version française : Cardebat et al., 1996 ; Cardebat, Doyon, Puel, Goulet, & Joannette, 1990) constitue la manière la plus classique d'évaluer la flexibilité spontanée. Les tâches de fluence verbale comprennent une partie littérale ou phonologique et une partie catégorielle ou sémantique. Conçu pour mesurer la performance des sujets sains, le test de fluence littérale s'est avéré sensible aux troubles frontaux (Milner, 1964). Le sujet doit produire le plus possible de mots commençant par une lettre (F, A, S, dans les travaux de Stuss et al., 2002 ; ou P, R, V, dans la version française de Cardebat et al., 1990), ce dans un temps donné qui est de 60 secondes dans la FAS et de 120 secondes dans la PRV, pour chacune des lettres. Dans le test de fluence sémantique, qui sollicite aussi la participation du lobe temporal, la demande est de produire le plus possible de mots appartenant à une certaine catégorie sémantique (e.g., animaux, fruits, meubles), en 2 minutes pour chaque catégorie (Cardebat et al., 1990).

Il faut noter que plusieurs types de processus interviennent dans la fluence verbale : outre la nécessité d'inhiber des items non pertinents, ces tâches impliquent de mettre en place une stratégie efficace de recherche en mémoire sémantique. En effet, le sujet ne dispose pas de schéma ou de routine d'action lui permettant de fournir rapidement une série d'items d'une catégorie déterminée, sans produire de répétitions (Godefroy & le GREFEX, 2008).

Une autre épreuve souvent utilisée pour évaluer les capacités de flexibilité cognitive est le **test de classement de cartes** de Wisconsin. Ce test est devenu l'un des plus connus et utilisés chez les patients frontaux, car il s'est révélé le plus sensible aux lésions frontales (Milner, 1963). Dans la version originale, le test utilise 128 cartes (un paquet de 64 cartes montré 2 fois). Le sujet a devant lui 4 cartes-réponse qui diffèrent par leur forme, leur couleur et leur nombre. Ensuite, les 128 cartes-stimulus sont présentées une par une au sujet, qui doit les classer sous les cartes-réponse. Les critères à suivre ne sont pas donnés et le changement de règle est proposé après 10 réussites. L'examineur indique seulement si la réponse du sujet est correcte ou incorrecte. À l'aide de ce feedback, le patient doit, par essai et erreur, élaborer une catégorie conceptuelle et la maintenir pendant un certain nombre de réponses successives. Ensuite, sans avertissement préalable, la réponse qui était correcte devient incorrecte, le sujet doit ainsi s'adapter à cette modification de l'environnement. L'ordre d'élaboration des critères a été fixé de façon arbitraire : forme, couleur, nombre, forme, couleur, nombre.

Une version écourtée du test (un paquet de 24 cartes montré 2 fois) a été publiée par

Nelson (1976) afin d'ôter les ambiguïtés de la version longue et de réduire, en conséquence, la perplexité et la frustration des patients. Toutefois, considérant que des difficultés dans les épreuves de classement de cartes peuvent être aussi observées auprès de patients ayant des lésions non frontales, il est préférable de ne pas considérer ce test comme une tâche spécifique de la pathologie frontale (S. W. Anderson, Damasio, Jones, & Tranel, 1991 ; Godefroy & le GREFEX, 2008). Il peut également arriver que les patients soient incapables de changer de critère. Lorsque l'examineur dit « non », certains répondent « oui, je sais bien » ou, en plaçant une carte, ils disent spontanément « c'est faux, ce n'est pas là », montrant ainsi une « *persévération motrice qui se dissocie de la persévération conceptuelle et qui l'emporte dans la réalisation de la tâche* » (Manning, 2007).

Stuss et al. (2000) proposent, en plus du Wisconsin Card Sorting Test (WCST 128 ; Milner, 1963), la réalisation de 2 versions alternatives de ce test utilisant 64 cartes. Dans la version appelée 64 A, les 3 critères sont donnés au sujet, alors que dans l'autre version dite 64 B, qui n'est pas proposée aux sujets contrôles, l'examineur rappelle au patient les 3 critères existants. Il lui dit de commencer par la « couleur » et qu'il devra changer de critère après avoir donné 10 réponses correctes, en le prévenant : « maintenant, vous devez changer de règle ».

En ce qui concerne l'évaluation des fonctions qui sont supportées par les régions frontales médianes inférieures, et plus précisément par le cortex préfrontal orbito-médian, il existe plusieurs types de mesures dont la sensibilité (dans certains cas aussi la spécificité) aux effets de lésions cérébrales a été démontrée (Zald & Andreotti, 2010). Parmi les épreuves neuropsychologiques utilisées, certaines impliquent l'apprentissage du renversement (e.g., Cambridge Neuropsychological Test Automated Battery [CANTAB]), c'est-à-dire l'habilité à apprendre une règle et puis à l'inverser, en supprimant activement la réponse qui avant était liée à une récompense (Izquierdo & Jentsch, 2012). Ces dernières années, les chercheurs ont également développé des tâches qui impliquent la capacité à prendre des décisions (Zald & Andreotti, 2010). Ces tests permettent d'évaluer, soit le versant dorsal (risques explicites), soit le versant ventral (risques implicites comportant des ambiguïtés) de la PD. Cependant, ils ont un objectif commun qui est de maximiser les gains et de minimiser les pertes, en préférant les réponses les plus avantageuses (De Beni & Borella, 2015).

L'une des tâches utilisées pour étudier la PD en situation de risque est le Cambridge Gambling Task (**CGT** ; Rogers, Owen, et al., 1999), une épreuve informatisée de la CANTAB. Cette tâche consiste, pour le participant, à parier sur l'emplacement d'un jeton jaune, en choisissant la couleur (bleue ou rouge) de la boîte sous laquelle le jeton devrait être caché. Choisir la couleur de la boîte la plus fréquente représente la réponse la plus

avantageuse. L'une des épreuves les plus connues et proposées pour mesurer ces habiletés en situation de risque et d'ambiguïté est l'Iowa Gambling Task (**IGT**; Bechara et al., 1994; Brand, Recknor, Grabenhorst, & Bechara, 2007). Dans sa version originale, l'IGT est caractérisé par 100 tirages de cartes (rouges ou noires) à partir de 4 tas (A, B, C, D) qui sont posés devant le participant. Dans ce test, les gains et les pertes possibles ainsi que la durée du test ne sont pas connus. Le participant doit identifier, sur la base des tirages déjà effectués, quels sont les tas avantageux (C et D) et privilégier ensuite le tirage de cartes dans ces tas pour augmenter ses gains (Allain, 2013).

Afin d'étudier les souvenirs liés aux représentations de soi, le Twenty statement test, aussi appelé test du **Qui suis-je ?**, a été créé (Kuhn & McPartland, 1954). Il se base sur la complétion écrite de phrases commençant par « Je suis... » et l'identification des 4 réponses les plus importantes pour le sujet, parmi les 20 données. À partir d'une question ouverte, le sujet va donc s'exprimer sur la base de ses propres expériences, son propre vécu émotionnel et ses représentations internes. Un autre outil, qui a été développé pour évaluer la conscience de soi est le Tennessee Self-Concept Scale (**TSCS-II**; Fitts & Warren, 1996), dont la version française, appelée Conceptual self questionnaire, est présentée par Duval, Eustache, et Piolino (2007). Il s'agit d'un questionnaire qui inclut 82 phrases permettant d'étudier 6 domaines spécifiques de l'expérience humaine à travers une échelle à 5 points. Les dimensions concernées sont la sphère personnelle, familiale, sociale, morale, physique et académique.

Les capacités de TDE cognitive sont souvent mesurées à travers des **tâches d'attribution d'intention** et de **fausses croyances** (FC) permettant d'évaluer le premier (« A pense que... ») et le deuxième ordre d'analyse (« A pense que B pense que... ») dans le processus de compréhension des états mentaux d'autrui. Ce type de tests (e.g., TOM-15; Desgranges et al., 2012) inclut parfois une condition contrôle afin d'exclure, par exemple, des difficultés de compréhension écrite de chaque histoire proposée. D'autres épreuves neuropsychologiques sont utilisées pour étudier les fonctions MC : le **test du faux pas social** qui est considéré comme une tâche mixte (impliquant la capacité à inférer des états mentaux cognitifs et affectifs), et les **tâches de reconnaissance des émotions faciales** classiquement utilisées pour évaluer la TDE affective (pour une revue de littérature, voir Duval, Piolino, Bejanin, Laisney, et al., 2011; Henry et al., 2015). Par exemple, dans l'épreuve Reading the Mind in the Eyes (RME; Baron-Cohen, Wheelwright, Hill, Raste, & Plumb, 2001), le sujet doit associer à chaque photographie de regards montrée le nom de l'émotion correspondant. Les auteurs proposent que cette tâche peut être réalisée seulement si le participant est capable de se mettre à la place du personnage photographié,

sans nécessairement ressentir d'émotions.

## 1.5 Modifications du fonctionnement préfrontal

Nous avons décrit les habiletés cognitives qui semblent dépendre de l'intégrité des lobes frontaux ainsi que les outils les plus communs permettant de les évaluer. Nous présentons maintenant les signes cliniques observables après lésions frontales, rappelant que les modifications observées sur le plan comportemental changent en fonction de la région lésée et de la méthodologie utilisée par les chercheurs.

Un dysfonctionnement des circuits fronto-sous-corticaux peut être à l'origine de plusieurs changements de type cognitif (e.g., perturbation du contrôle exécutif, de la flexibilité) ainsi que psychologique (e.g., dépression, manie, trouble obsessionnel-compulsif). Les troubles concernant le mouvement semblent impliquer les ganglions de la base des circuits fronto-sous-corticaux (Cummings, 1993). Dans les sections suivantes, nous décrirons plus précisément les modifications observables suite à des lésions du cortex préfrontal dorsolatéral, orbitofrontal et médian, car ces régions cérébrales sous-tendent les habiletés cognitives qui font l'objet de notre étude.

### Contrôle exécutif

Les altérations cognitives les plus fréquentes lors de **lésions des régions frontales dorsolatérales** (BA 8, 9, 10, 11, 45, 46, 47) sont une désorganisation de la pensée et de l'action, une atteinte de la mémoire de travail (maintien d'une information active en mémoire à court terme) et d'autres FE (e.g., flexibilité, attention). Des modifications au niveau du circuit préfrontal dorsolatéral seraient aussi associées à une perturbation de la programmation motrice (Cummings, 1993).

Les patients présentant ce type de lésions cérébrales auraient des difficultés à faire des hypothèses et à alterner entre 2 tâches ou stimuli, processus de flexibilité cognitive qui est, par exemple, impliqué dans le test de classement de cartes (Milner, 1963). On observe, par ailleurs, des comportements de persévération et une rigidité cognitive, une réduction de la fluence verbale et non verbale (production de dessins) et une perturbation des stratégies mises en place dans les tâches d'apprentissage (Benton, 1968 ; Jones-Gotman & Milner, 1977). Chez ces patients, il est également possible d'observer une perturbation des capacités de planification et attentionnelles, un échec de l'intention, une impulsivité, un asservissement au stimulus, un manque d'empathie, un phénomène d'héminégligence attentionnelle si la lésion est droite et une aphasie transcorticale motrice si la lésion est

gauche (Eslinger & Geder, 2000).

Considérant que chacun des processus attentionnels décrit par Stuss (2011) est supporté par une région cérébrale spécifique, des lésions frontales peuvent avoir pour conséquence au moins 3 types différents de déficits : des troubles du contrôle liés aux lésions latérales droites, des troubles du maintien liés aux lésions latérales gauches, des troubles d'énergisation liés aux lésions frontales médianes supérieures (Stuss & Alexander, 2007 ; Stuss et al., 2005), que nous développerons ultérieurement.

Les données obtenues par Stuss et al. (1998) montrent que des lésions des régions corticales dorsolatérales droites ou des régions connectées du striatum à l'aire postérieure droite, ou au lobe frontal médian inférieur des 2 hémisphères, n'influencent pas de façon significative la performance au test de fluence verbale littérale. Les sujets présentant des lésions dans la région frontale médiane supérieure (droite ou gauche) subissent une perturbation légère de leur performance au même test. En revanche, les patients ayant des lésions dorsolatérales gauches et/ou du striatum présentent des difficultés plus importantes dans la réalisation de la tâche de fluence verbale littérale. Ceux qui présentent des lésions pariétales gauches montrent des performances similaires à celles des groupes ayant des lésions médianes supérieures et dorsolatérales gauches. De plus, le même type de lésions provoque une atteinte des capacités individuelles dans l'épreuve de fluence verbale catégorielle, comme des lésions aux régions dorsolatérales droites et médianes inférieures.

Généralement, « *les patients atteints de lésions dorsolatérales du cortex frontal élaborent moins de catégories conceptuelles et font davantage de persévérations catégorielles que les patients dont la lésion atteint une aire cérébrale différente, y compris d'autres régions du cortex préfrontal* » (Godefroy & le GREFEX, 2008).

Stuss et al. (1998) ont effectué des comparaisons entre des groupes de patients présentant des lésions latérales gauches/droites, médianes supérieures/inférieures. Il existe d'autres méthodes aussi sensibles (pour revue voir Stuss, 2011), utilisées pour effectuer ces travaux de recherche. Par exemple, une approche alternative (e.g., Baldo, Shimamura, Delis, Kramer, & Kaplan, 2001 ; Benton, 1968 ; Milner, 1964) permet de sélectionner des participants ayant des lésions frontales/postérieures, ou gauches/droites/bi-frontales. Robinson, Shallice, Bozzali, et Cipolotti (2012) ont évalué le rôle joué par les lobes frontaux dans 8 tâches de fluence verbale (littérale et sémantique) et non verbale (conceptuelle, de dessins et de gestes), chez des participants porteurs de lésions frontales focales (n = 47) et postérieures (n = 20). Dans cette étude, les sujets contrôles (n = 35) ont été appariés par l'âge, le niveau d'éducation et le sexe aux patients. Les résultats obtenus par ces auteurs montrent que toutes les épreuves proposées étaient sensibles aux lésions frontales,

surtout les tests de fluence verbale littérale (lésions latérales gauches) et les tests se basant sur la production de dessins (lésions latérales droites), lorsque la comparaison avait été effectuée entre patients frontaux et postérieurs. Les patients ayant des lésions dans les régions médianes supérieures ont été les seuls qui présentaient des perturbations dans la totalité des tâches réalisées, par rapport au groupe contrôle. Ce travail supporte l'existence de différentes habiletés cognitives supportées par des régions frontales distinctes (Robinson et al., 2012). Plus précisément, le gyrus frontal inférieur gauche jouerait un rôle crucial dans le processus de sélection, tandis que les régions médianes supérieures supporteraient l'énergisation (voir aussi Stuss et al., 1998 ; Troyer, Moscovitch, Winocur, Leach, & Freedman, 1998).

Un autre travail réalisé par Stuss et al. (2000) souligne l'aspect multifactoriel du WCST (versions 64 A et 64 B), car la réalisation de ce test implique un large réseau neuronal. La performance des sujets à cette épreuve peut être perturbée par plusieurs facteurs qui ne sont pas tous liés à des lésions frontales. Les résultats obtenus par ces auteurs suggèrent l'existence de dissociations fonctionnelles entre les régions médianes supérieure et inférieure, et entre les aires dorsolatérale et orbitofrontale/médiane inférieure. Plus en détail, les sujets présentant des lésions frontales médianes supérieures ( $n = 13$ ) ont eu le plus de difficultés dans la version standard du WCST (Milner, 1963). En revanche, le groupe caractérisé par des lésions médianes inférieures ( $n = 10$ ) présentait un profil opposé. Les groupes présentant des lésions gauches ( $n = 6$ ) et droites ( $n = 6$ ) des régions dorsolatérales ont eu des performances comparables dans presque toutes les mesures relatives à la tâche de classement de cartes, avec une seule exception pour les sujets ayant une lésion du côté droit, qui montraient des difficultés lorsque le nombre d'instructions augmentait. De plus, si les patients présentant des lésions médianes inférieures effectuaient un nombre supérieur de persévérations du critère précédent (PCP), dans la version 64 A du test, les performances des sujets ayant des lésions dorsolatérales étaient caractérisées par la PCP ainsi que de la réponse précédente (PRP). Nous tenons à préciser que la sensibilité du WCST, observée dans la plupart des études, peut être due à l'intervention de processus multiples.

Dans une étude plus récente, Floden, Vallesi, et Stuss (2011) ont effectué une évaluation se basant sur les performances de sujets jeunes adultes normaux ( $n = 9$ ) dans des versions cliniques et expérimentales du test de Stroop, durant une acquisition des données réalisée à travers l'IRM fonctionnelle (IRMf). L'un des principes bases de cette technique est l'effet *Blood Oxygenation Level Dependent* (BOLD), qui reflète les variations locales et transitoires de la quantité d'oxygène transporté par l'hémoglobine en fonction de l'activité

neuronale du cerveau (Ogawa, Lee, Kay, & Tank, 1990). Les résultats obtenus par Floden et al. (2011) montrent l'existence de liens entre les performances obtenues dans les différentes tâches d'interférence, l'activité du cortex cingulaire antérieur et de la région préfrontale dorsolatérale gauche.

## **Autorégulation et PD**

Les patients qui présentent des **lésions au niveau de la région médiane inférieure** (BA 25, 32, 14) ont des déficits de la fonction inhibitrice des lobes frontaux sur les lobes pariétaux, ce qui se traduit par une dépendance des lobes pariétaux aux stimuli visuels et tactiles, sans la fonction d'inhibition qui permet de sélectionner les stimuli nécessaires pour atteindre un but précis. Les déficits observés sont un manque de motivation et une altération affective (Eslinger & Geder, 2000).

Suite à des lésions du cortex orbitofrontal, il est possible d'observer des variations de la personnalité, une certaine labilité, parfois un état d'euphorie (Cummings, 1993), une impulsivité, un jugement social altéré, un manque d'empathie, une absence de but et une dépendance externe (Eslinger & Geder, 2000). Soixante-quinze pour cent des patients rencontrés par Logue, Durward, Pratt, Piercy, et Nixon (1968) présentaient des troubles de la personnalité. Les autres étaient plus directs, plus irritables, ou manquaient de tact ; 46 % présentaient des altérations de leurs intérêts, initiatives ou attention pour les détails.

Lhermitte, Pillon, et Serdaru (1986) ont rencontré 125 sujets, dont 56 présentaient des lésions focales et 69 étaient atteints de pathologies diverses (e.g., maladies neurodégénératives). Ces auteurs ont observé, chez des patients présentant des lésions bilatérales du lobe orbitofrontal antérieur, un phénomène d'imitation de gestes et d'utilisation d'objets présents dans la pièce. Contrairement aux sujets ayant des lésions frontales dorsolatérales, les sujets orbitofrontaux réussissaient dans le WCST, car il ne présentaient pas de troubles touchant la flexibilité cognitive, l'alternance ou la mémoire de travail.

Un autre type de perturbation qui peut être observée chez des sujets présentant des lésions dans les régions frontales ventromédianes est une détérioration des capacités de PD (Bechara, Damásio, & Damásio, 2000 ; Rogalsky, Vidal, Li, & Damásio, 2012 ; Stuss & Knight, 2002), habileté indispensable dans toutes les AVQ (Bechara et al., 1994). Ces modifications sont parfois évidentes lorsque les patients réalisent une tâche de PD sous ambiguïté (risques implicites) telle que l'IGT (Tranel, 2002), qui demande une certaine habileté à évaluer les avantages et les risques liés à un choix, sachant que les récompenses et les punitions qui peuvent être reçues dans cette tâche sont imprévisibles.

Dans l'étude initiale de Bechara et al. (1994), l'IGT a été proposé à 6 sujets ayant



des lésions bilatérales dans les régions ventromédianes du cortex préfrontal, à 6 sujets présentant des lésions dans d'autres régions cérébrales et à 44 sujets contrôles, ne présentant pas de lésions cérébrales. Les 3 groupes de participants ont effectué 100 tirages de cartes (5 blocs constitués de 20 tirages de cartes chacun). Les données recueillies montrent que les sujets contrôles s'orientaient rapidement vers le choix le moins risqué, piochant presque exclusivement dans les tas C et D, qui sont les plus avantageux, jusqu'à la fin de la tâche (tirages 61-100). En revanche, les patients ayant des lésions frontales ventromédianes piochaient souvent dans les tas désavantageux (A et B), sans être capables d'alterner entre les 4 tas et d'ajuster leur comportement au cours de la tâche.

Des résultats similaires ont été obtenus dans d'autres études utilisant des versions modifiées de l'IGT (Bechara, Tranel, & Damásio, 2000). En outre, les performances des sujets atteints de ce type de lésions cérébrales seraient également déficitaires par rapport à celles de patients ayant des lésions postérieures (S. W. Anderson, Bechara, Damásio, Tranel, & Damásio, 1999) ou dorsolatérales (Bechara, Damásio, Tranel, & Damásio, 1997; Manes et al., 2002). Ces observations suggèrent que, suite à des modifications des régions ventromédianes du cortex préfrontal, les sujets présenteraient une insensibilité envers les conséquences positives ou négatives de leurs choix, se faisant guider par les perspectives immédiates de leur comportement (Tranel, 2002).

Dans un autre travail de recherche, Bechara, Tranel, Damásio, et Damásio (1996) ont voulu ajouter à l'évaluation effectuée grâce à l'IGT une variable dépendante psychophysiological : la conductance cutanée (*Skin Conductance Responses* [SCRs]) durant la tâche. Cette mesure a été réalisée avant (anticipation) et après que le sujet avait fait son choix (réaction à une récompense ou à une punition). Sept patients ayant des lésions bilatérales dans le cortex préfrontal ventromédian et 12 sujets contrôles sains ont participé à cette étude. Les résultats obtenus n'ont pas mis en évidence de différences significatives entre les SCRs des 2 groupes de participants, mesurées après avoir reçu une récompense/punition. Cependant, les sujets contrôles ont produit des SCRs de grandes amplitudes qui anticipaient leur choix. Les patients n'ont pas généré le même type de réponse, dans cette phase du test. Sur la base de l'hypothèse des marqueurs somatiques, citée précédemment, les patients auraient des difficultés à activer les signaux ou marqueurs qui permettent de distinguer les décisions futures ayant des bonnes ou des mauvaises conséquences (Tranel, 2002).

Les résultats obtenus au cours des dernières années ne sont pas tous concordants. Par exemple, un travail de recherche (Manes et al., 2002) montre aussi une perturbation des capacités de PD implicite chez des patients porteurs de lésions frontales dorsolatérales,

dorsomédianes et frontales étendues. Dans cette étude, effectuée par Manes et al. (2002), les patients orbitaires ( $n = 5$ ) avaient des performances similaires à celles des sujets contrôles. D'autres travaux mettent en évidence une détérioration des performances à l'IGT chez plusieurs groupes de patients frontaux (Fellows & Farah, 2005 ; MacPherson, Phillips, Della Sala, & Cantagallo, 2009 ; Mattavelli, Casarotti, & Forgiarini, 2012). Dans une revue de la littérature sur ce sujet, Besnard et Ouerchefani (2013) décrivent les perturbations des capacités de PD d'origine neurologique (lésions focales) et d'origine psychiatrique. En outre, ces auteurs présentent des données issues des études de neuroimagerie sur la PD, que nous détaillerons plus bas.

Des études supplémentaires doivent être réalisées pour mieux comprendre la dépendance pouvant exister entre la PD dans l'IGT et les structures frontales ventromédianes car, comme il a été observé, les patients porteurs de lésions frontales dorsolatérales peuvent aussi présenter des perturbations à cette tâche (Besnard & Ouerchefani, 2013). De plus, il est important de préciser que les études citées jusqu'à présent se basent sur des conditions expérimentales différentes (e.g., critères d'inclusion des participants, type de lésions présentées, version de l'IGT utilisée), ce qui empêche de faire des réelles comparaisons entre les résultats obtenus.

Une autre explication possible pour ces résultats divergents fait référence aux processus cognitifs impliqués dans l'IGT. En effet, pour réussir dans ce test, il faut faire appel à des processus émotionnels (sous-tendus par les régions frontales ventromédianes), mais également à des habiletés exécutives, comme la mémoire de travail et la flexibilité cognitive (sous-tendues par les régions frontales dorsolatérales). La latéralisation des lésions semble aussi être un facteur clé, sans qu'il y ait un consensus parmi les auteurs à ce propos. Des lésions de l'hémisphère droit semblent être associées à une perturbation des performances à l'IGT (Clark, Manes, Antoun, Sahakian, & Robbins, 2003 ; Manes et al., 2002 ; Tranel, Bechara, & Denburg, 2002), alors qu'une autre étude souligne l'implication des régions frontales gauches dans la PD (Mattavelli et al., 2012).

Selon Rogers, Everitt, et al. (1999) un test plus sensible aux lésions orbitaires que l'IGT serait le CGT, car ce dernier impliquerait moins des processus mnésiques et de mémoire de travail. Dans l'étude de Rogers, Everitt, et al. (1999), les patients ayant des lésions orbitofrontales ( $n = 10$ ) effectuaient plus d'erreurs et étaient plus lents par rapport aux sujets témoins ( $n = 12$ ) et aux patients porteurs de lésions dorsolatérales ou médianes ( $n = 10$ ) dans le CGT. Les données obtenues par ces chercheurs, ainsi que par d'autres (e.g., Clark et al., 2008 ; Rogers, Owen, et al., 1999), suggèrent une implication spécifique des structures frontales ventromédianes dans cette tâche de PD sous risque

explicite. Il s'agit d'une autre contradiction, car le CGT est censé évaluer le versant dorsal des capacités de PD.

En ce qui concerne les données issues des études utilisant la neuroimagerie fonctionnelle, elles sont généralement en accord avec les résultats des études lésionnelles, suggérant que les performances à l'IGT sont associées à l'activation du cortex préfrontal et, plus particulièrement, des régions orbitofrontales, ventromédianes droites et dorsolatérales (Besnard & Ouerchefani, 2013).

Les études de neuroimagerie sur la PD sous risque explicite sont rares. Newcombe et al. (2011) ont mis en évidence les structures frontales impliquées dans la réalisation du CGT, à travers l'utilisation de l'imagerie en tenseur de diffusion. L'impulsivité observée chez les patients frontaux ayant subi un traumatisme crânien ( $n = 44$ ) semblait être liée à des lésions orbitofrontales bilatérales. La détérioration de leurs performances au CGT était corrélée avec des modifications du cortex préfrontal dorsolatéral et ventrolatéral droit. Rubinsztein et al. (2001) ont observé des activations au niveau du cortex préfrontal ventral, surtout du côté droit, dans une version modifiée du CGT, appelée Cambridge Risk Task (CRT ; Rogers, Owen, et al., 1999). L'étude initiale montrait des activations significatives du cortex frontal inférieur et médian (BA 10), du gyrus orbitofrontal (BA 11) et de la portion antérieure du gyrus frontal inférieur (BA 47) lors de la réalisation du CRT.

## **Énergisation**

Quant au **circuit frontomédian** ou cingulaire antérieur qui intervient probablement dans la sélection de la réponse et l'initiation du comportement, les études qui se sont intéressées à son dysfonctionnement sont plutôt rares. Les quelques travaux réalisés suggèrent que des modifications de ces régions cérébrales peuvent provoquer la perte d'auto-activation psychique, qui se traduit par une diminution sévère de l'activité spontanée (Manning, 2007).

Dans un travail de recherche consacré à l'étude des différents processus qui constituent le système attentionnel (énergisation, maintien et contrôle), Stuss et al. (2005) ont sélectionné 38 sujets contrôles appariés selon le sexe, l'âge et le niveau d'étude à 38 patients ayant des lésions frontales focales (latérales gauches, latérales droites, médianes supérieures et médianes inférieures). Les patients ont été évalués (avec des mesures répétées) en moyenne 25 mois après la survenue des lésions, à travers une batterie de tests évaluant leur état cognitif général, leurs capacités langagières et mnésiques, ainsi que leur niveau de dépression. Les processus attentionnels ont été étudiés, plus précisément, au moyen

de 3 tâches informatisées de TR (simple, à choix sans et avec indice sonore) faisant partie de la batterie ROBBIA. Une sélection des tests constituant cette batterie a été nécessaire car elle peut être administrée en environ 5-6 heures. Sur la base des données recueillies, ces chercheurs ont montré que les sujets porteurs de lésions frontales dans les régions médianes supérieures (BA 24 et 32) présentaient un ralentissement de la vitesse de traitement dans toutes les épreuves proposées, mais également une difficulté à réduire leur TR en présence d'un indice sonore. Les résultats obtenus suggèrent donc que l'habilité à "énergiser", c'est-à-dire activer une réponse rapidement, est particulièrement sensible aux lésions médianes supérieures droites.

Les sujets présentant des lésions dans ces régions frontales ont eu des performances inférieures par rapport aux sujets contrôles et à d'autres groupes de patients frontaux ayant des lésions latérales gauches, latérales droites et médianes inférieures, dans des tests évaluant la fluence verbale. Plus précisément, les patients porteurs de lésions médianes supérieures ont été les seuls à produire moins de mots pendant les dernières 45 secondes de la tâche de fluence verbale que dans les premières 15 secondes, sur 60 secondes totales, dans l'étude effectuée par Stuss et Alexander (2007). Cette épreuve implique des processus d'AP pour pouvoir produire un certain nombre de mots pendant plusieurs secondes.

Cliniquement, des lésions bilatérales des régions médianes supérieures (BA 24, 6) peuvent être à l'origine des tableaux de mutisme akinétique, un exemple évident de déficit de l'énergisation (Stuss, 2008). Les sujets concernés peuvent ne pas parler spontanément, tout en ayant les yeux ouverts et répondre aux questions qu'on leur pose par monosyllabes (Barris & Schuman, 1953). Ils se déplacent peu et mangent seulement si ils sont nourris.

Les phénomènes de main étrangère et de « *grasping reflex* », une perte de la motivation, une apathie, une indifférence envers leur situation d'urgence, des troubles de l'intention et de l'autorégulation peuvent également être observés chez les sujets qui sont atteints de ce type de lésions cérébrales (Cummings, 1993). En outre, des changements dans l'activation du cortex cingulaire antérieur pourraient provoquer une perturbation du sommeil, de l'état de vigilance et d'alerte chez ces individus (Stuss, 2008).

## **Conscience de soi et TDE**

Quelques études (Beer, Heerey, Keltner, Scabini, & Knight, 2003 ; Stuss & Benson, 1986 ; Wheeler, Stuss, & Tulving, 1997) ont montré une difficulté des patients frontaux à effectuer une réflexion sur eux-mêmes ou une introspection. En effet, les **régions médianes du cortex préfrontal** seraient les plus impliquées dans la construction d'une conscience de soi.

L'étude effectuée par Stuss, Gallup, et Alexander (2001) sur le rôle joué par les lobes frontaux dans les capacités de TDE montre que des lésions frontales provoquent une atteinte de l'habileté à inférer les états mentaux d'autrui, avec une dissociation des performances selon les régions touchées. Plus précisément, des lésions frontales, surtout du côté droit, sont associées à une perturbation de la prise de perspective (tâche d'attribution d'intention). Une atteinte des régions frontales médianes, plus particulièrement ventrales droites, perturbe la capacité à détecter les mensonges (tâche de tromperie). Dans le premier cas, le sujet nécessite des processus cognitifs supportés par les régions frontales médianes supérieures. Dans le deuxième cas, il nécessite des connexions « affectives » des régions frontales ventromédianes avec l'amygdale et d'autres régions limbiques (Stuss et al., 2001).

Shamay-Tsoory, Tomer, Berger, et Aharon-Peretz (2003) ont montré que les aspects affectifs de la TDE étaient plus perturbés que les aspects cognitifs chez des sujets atteints d'un syndrome d'Asperger. Des résultats similaires ont été obtenus dans une étude effectuée chez des patients schizophrènes présentant des symptômes négatifs tels qu'une aboulie et un retrait social (Shamay-Tsoory et al., 2005). Ces auteurs ont également mis en évidence une perturbation des performances dans des tests impliquant la TDE affective, mais pas dans les tâches de TDE cognitive proposées, chez des patients ayant des lésions dans le cortex préfrontal ventromédian.

Quelques chercheurs, cités par Duval, Piolino, Bejanin, Eustache, et Desgranges (2011) (e.g., Zaitchik, Koff, Brownell, Winner, & Albert, 2006) ont observé une baisse des performances de patients atteints de la maladie d'Alzheimer, à un stade léger, dans les épreuves évaluant les capacités de TDE cognitive, alors qu'ils n'avaient pas de difficultés à inférer des émotions à partir de visages (tâches de TDE affective).

### **Liens entre TDE et les autres fonctions cognitives**

Les patients qui présentent des lésions orbitofrontales, outre une perturbation de la PD, peuvent montrer une détérioration de leurs capacités de TDE dans des tâches demandant la compréhension de la tromperie (Stuss et al., 2001), du faux pas (Stone, Baron-Cohen, & Knight, 1998) et de la fraude/tricherie (Stone, Cosmides, Tooby, Kroll, & Knight, 2002). Cependant, une étude effectuée par Torralva et al. (2007) n'a pas mis en évidence de corrélations entre les performances des sujets ayant reçu un diagnostic de démence fronto-temporale et celles des sujets contrôles, aux tests qui évaluent la PD (IGT) et la TDE (RME et test du faux pas). Les résultats obtenus par ces chercheurs suggèrent une indépendance de ces habiletés, probablement due à l'implication de processus cognitifs

différents, alors qu'il existe des liens significatifs entre les 2 types de mesure de la TDE.

Plusieurs travaux de recherche ont essayé d'analyser les liens existant entre les capacités de TDE et d'autres types d'habiletés cognitives, plus particulièrement, les FE (Bull, Phillips, & Conway, 2008). Quelques chercheurs ont mis en évidence une double dissociation entre la TDE, en tant que concept unitaire, et les capacités exécutives (Fine, Lumsden, & Blair, 2001 ; Varley, Siegal, & Want, 2001). D'autres auteurs montrent que les processus exécutifs seraient aussi à la base des mécanismes de contrôle cognitif qui contribuent au bon fonctionnement de la TDE.

Des études effectuées chez les enfants (Carlson & Moses, 2001) montrent que les habiletés exécutives sont associées à celles de TDE et qu'elles sont fondamentales, surtout dans les représentations de deuxième ordre (Ozonoff, Pennington, & Rogers, 1991). German et Hehman (2006) montrent que, lorsque la charge cognitive au niveau exécutif augmente, il est possible d'observer une perturbation des performances de sujets jeunes et âgés en TDE. Des liens entre la perturbation des capacités de TDE et de mémoire de travail ont été aussi mis en évidence dans l'autisme (Gokcen, Bora, Erermis, Kesikci, & Aydin, 2009).

Il est possible d'expliquer l'existence de processus communs à ces 2 systèmes cognitifs (exécutif et de TDE) par le fait que ces habiletés frontales se développent simultanément, avec les FE qui prépareraient le chemin au développement des capacités de TDE (Bull et al., 2008). D'autres travaux montrent que le développement des capacités de TDE serait aussi lié au développement de la mémoire épisodique (Perner, Kloo, & Gornik, 2007). Frith et Frith (2003) ont étudié les processus de mémoire épisodique et de TDE sous-tendus par le cortex préfrontal médian, chez un patient amnésique. Selon ces auteurs les capacités de mémoire épisodique seraient impliquées dans le "*mindreading*", c'est-à-dire dans l'habileté à inférer des états mentaux à autrui. Néanmoins, il existe quelques études (Melinder, Endestad, & Magnussen, 2006 ; Rosenbaum, Stuss, Levine, & Tulving, 2007) qui n'observent pas de relation entre les processus de mémoire épisodique et la TDE. Les processus de TDE semblent aussi être dissociés des processus exécutifs, selon Roca (2016), lorsque les chercheurs ne prennent pas en considération les différentes composantes (cognitive et affective) de la TDE.

## 1.6 Synthèse

Ce premier chapitre a été consacré à la description de la structure neuroanatomique des lobes frontaux (cortex moteur primaire, prémoteur et préfrontal) et de leur fonctionnement normal et pathologique. La grande complexité qui caractérise ces régions cérébrales nous a amené à choisir un modèle de référence capable de mettre en évidence les processus cognitifs principaux sous-tendus par le cortex préfrontal (dorsolatéral, médian et ventral). L'un des objectifs de notre travail de recherche étant d'étudier l'évolution des 4 catégories de fonctions frontales décrites par Stuss (2008), avec l'avancée en âge.

1. Les **capacités exécutives** ont été considérées comme un ensemble d'habiletés cognitives de haut niveau (e.g., contrôle, maintien, flexibilité, inhibition, mémoire de travail). Elles seraient supportées par les **régions frontales latérales**. Les épreuves neuropsychologiques fréquemment utilisées pour les évaluer sont le WCST, le TMT, les tests de fluence verbale et de Stroop. Une perturbation de ces fonctions pourrait avoir comme conséquence une atteinte du contrôle exécutif au niveau attentionnel, langagier et mnésique. La personnalité et l'humeur des personnes concernées pourraient également subir des modifications.

2. Les **capacités d'autorégulation** et de **PD** seraient supportées par les **régions médianes inférieures** du cortex préfrontal et permettraient de faire un choix et d'adapter son comportement sur la base de l'analyse effectuée du contexte et de la situation vécue (risques implicites ou explicites). Parmi les tâches permettant de mesurer ces aptitudes frontales, nous trouvons le CGT et l'IGT. Des modifications touchant ces habiletés pourraient se manifester par une difficulté à évaluer les conséquences positives et négatives d'un choix ou d'un comportement donnés, poussant le sujet à prendre une décision non avantageuse. Les personnes porteuses de lésions dans les régions orbitofrontales peuvent aussi présenter des altérations de leurs intérêts et initiatives.

3. Les **capacités d'énergisation**, ou d'AP, correspondraient aux fonctions qui sont supportées par les **régions médianes supérieures** du cortex préfrontal. Elles permettent l'initiation et l'activation d'une réponse lors d'une tâche demandant une certaine rapidité et l'inhibition d'informations non pertinentes. Les épreuves souvent utilisées pour étudier ces processus sont des tests de TR (simples et complexes), d'interférence et de fluence verbale. Une perturbation de ces processus se manifesterait à travers une difficulté à inhiber des réponses non adaptées et une réduction de la vitesse de traitement des informations.

4. Les **fonctions MC** seraient supportées par les **régions frontales polaires** et correspondraient aux capacités que les individus ont d'inférer leurs propres états mentaux

(processus à la base de la conscience de soi) ainsi que ceux d'autrui (TDE). Ces capacités sont essentielles pour adopter un comportement adéquat en fonction de la société dans laquelle le sujet vit et elles faciliteraient l'instauration de relations interpersonnelles de qualité. Elles peuvent être mesurées au moyen de questionnaires d'auto-évaluation (mesure subjective), de tâches d'attribution d'intentions, de FC (TDE cognitive de premier et deuxième ordre), de faux pas, de tromperie et de reconnaissance des émotions (TDE affective). Des changements au niveau métacognitif pourraient être caractérisés par une difficulté de l'individu à créer des représentations de soi-même (e.g., image corporelle, caractère) ou d'autres personnes (croyances, intentions, émotions éprouvées). Le sujet intéressé ne serait donc pas capable de créer un modèle cohérent du monde qui l'entoure, modifiant ses liens sociaux.

Les changements cognitifs décrits dans ce premier chapitre ont été observés auprès de patients présentant des lésions cérébrales focales ou atteints de pathologies spécifiques (syndrome d'Asperger, schizophrénie, maladie d'Alzheimer). Cependant, une perturbation des habiletés frontales peut également caractériser le vieillissement cognitif normal, comme nous le verrons dans le chapitre suivant.





## Chapitre 2

# Vieillessement cognitif normal

### 2.1 Le concept du "Bien vieillir"

Dans une société occidentale marquée par une augmentation de l'espérance de vie de la population, la vieillesse et le vieillissement paraissent si éloignés de la préoccupation des plus jeunes que le terme « vieillir » semble concerner seulement les personnes âgées. En effet, les personnes jeunes et adultes ne pensent pas vieillir mais plutôt grandir. Elles passent leur temps à faire des projets, à construire et à élaborer un avenir familial, professionnel et social. Il y a donc 2 façons opposées de se représenter cette phase de l'existence humaine, l'une positive (on peut profiter du temps libre pour se reposer ou faire de nouvelles expériences) et l'autre plutôt négative (le vieillissement n'est que le processus conduisant à la mort). Il s'en suit, dans le premier cas, un certain respect envers les plus âgés (ils sont sages car riches d'expériences). Dans le deuxième cas, il s'en suit une mise à l'écart de ces personnes (la vieillesse comme simple dégradation des capacités physiques et intellectuelles).

À ces représentations du vieillissement sont fortement liées les notions de dépendance et d'autonomie (voir la section 3.1, p. 91), qui constituent une préoccupation majeure, tant pour les personnes âgées et les personnels de santé que pour les pouvoirs publics (Brouillet, 2011). En effet, être autonome signifie satisfaire ses propres besoins et réaliser des activités plus ou moins complexes sans avoir d'aides extérieurs (e.g., se nourrir, aller aux toilettes, prendre une douche/un bain, s'habiller/se déshabiller, se laver, faire la cuisine, prendre des médicaments, gérer son propre argent).

La représentation sociale de la vieillesse est donc caractérisée par les clivages autonomie/dépendance, vieillesse en bonne santé (positive)/vieillesse en étant malade (négative) (Talpin, 2013). Les aînés, dont certains résident en Établissement d'hébergement pour personnes âgées dépendantes, affirment n'avoir pris conscience de leur vieillissement qu'au

moment où un problème de santé majeur est apparu, limitant leur autonomie et conditionnant fortement leurs modes de vie (Cotinat, 2014). Ainsi, si nous demandons à ces personnes « Qu'est-ce que "bien vieillir" pour vous ? », elles répondent que « c'est prendre la vie comme elle vient, profiter des petits plaisirs du quotidien (e.g., se promener dans un parc, manger du chocolat, rencontrer ses proches, profiter des petits enfants et les voir grandir), en essayant de donner du sens à sa propre existence ». En réalité, la vieillesse est une réalité beaucoup plus complexe et plus nuancée. Il suffit d'essayer de répondre aux questions suivantes pour s'en rendre compte. Quelle est la place des personnes âgées dans notre société ? Quels facteurs sont susceptibles d'influencer les modifications que nous observons tant sur le plan cognitif que comportemental chez ces sujets ?

L'intérêt porté aux aînés s'est considérablement accru, ces dernières décennies, dans le domaine des sciences du vivant, mais également dans celui des sciences humaines et sociales. En psychologie plus particulièrement, les études sur le vieillissement des facultés mentales ont permis de faire des progrès importants. Grâce aux travaux réalisés dans les laboratoires de recherche, on assiste à une modification radicale de la représentation du vieillissement. À partir des connaissances actuelles relatives au fonctionnement cérébral, d'une part, et au fonctionnement cognitif, d'autre part, la vision pessimiste du vieillissement laisse la place à une vision plus optimiste. L'image associée à ce phénomène étant plus positive, elle offre l'alternative d'une prévention des problèmes généralement associés à l'avancée en âge. Il appartient aux personnes proches aidantes et aux professionnels de modifier leur regard sur la vieillesse, pour que les adultes puissent accéder à de nouvelles manières d'envisager leur condition d'homme ou de femme vieillissant (Arendt, 1961).

Nous entendons souvent parler de « vieillissement réussi », ou de « vieillir en santé », car de plus en plus de personnes parviennent à un âge avancé sans connaître les déclinés fréquemment associés au vieillissement (Gangbè & Ducharme, 2006). Il est vrai aussi que pour « *se rassurer face à la perspective de la perte, du retrait social et de la déchéance présentée comme inéluctable* » (Clercq, 2014), notre époque a voulu mettre en avant les images les plus positives du vieillissement. Le fait de bien vieillir est valorisé au travers de la richesse que les personnes âgées apportent à notre société, le maintien des facultés toujours possible, à condition d'être actif au quotidien (Clercq, 2014). D'où l'idée d'une évolution adaptative permanente qui résulte de l'interaction de l'individu avec son environnement et des tâches et actions qu'il doit y accomplir. L'accent est mis sur le maintien de l'autonomie fonctionnelle, sur les plans physique, mental et social, à travers une alimentation saine (Amarantos, Martinez, & Dwyer, 2001), des activités sportives et de loisir, une participation sociale active et un suivi médical constant (pour une synthèse

des facteurs favorisant un vieillissement normal, voir le Tableau 2.1).

Il semble ainsi exister 3 types de vieillissement (Lang, Proust, Vogel, & Aspinall, 2013). 1. Le **vieillissement réussi** est caractérisé par des capacités fonctionnelles qui sont maintenues (présence d'affections bénéficiant de progrès médicaux, en absence de maladies chroniques). 2. Le vieillissement **usuel** est caractérisé par une légère diminution des capacités fonctionnelles (présence d'arthrose, d'ostéoporose, mais bonne qualité de vie et autonomie satisfaisante). 3. Le vieillissement **fragilisé** est ainsi appelé à cause d'une réduction modérée des *réserves cérébrales* (capacité à résister aux changements cérébraux : au-delà d'un certain nombre de modifications, une neuropathologie peut se manifester ; Bezzina & Rampon, 2013) et des *réserves cognitives* (ensemble de ressources cognitives ou de caractéristiques individuelles permettant de réduire le risque d'atteinte cognitive, comme par exemple la scolarité et le style de vie ; Bier & Belleville, 2010 ; Stern, 2012). Cette réduction des réserves (voir aussi la section 2.3, p. 58) expose les personnes âgées à des risques variés, tels que l'émergence de maladies aiguës, le risque d'agressions et de fraudes (Spreng, Karlawish, & Marson, 2016).

Nous nous intéresserons dans notre travail aux vieillissements réussi et usuel, ou habituel, qui représentent, actuellement, les profils de vieillissement les plus fréquents. De plus, le troisième type de vieillissement cité s'inscrit dans un cadre pathologique car les sujets dits "fragiles" peuvent présenter des affections cardiovasculaires, des symptômes de dépression, ainsi qu'une baisse significative de leur autonomie au quotidien (Lang et al., 2013).

### 2.1.1 Facteurs qui influencent le "vieillissement réussi"

Si nous nous intéressons aux liens existant entre vie sociale, niveau cognitif et santé des aînés, on relève notamment un ralentissement du déclin cognitif et fonctionnel, une diminution de la consommation de médicaments et des symptômes dépressifs, une amélioration de la perception de l'état de santé et une augmentation de la sensation de bien-être chez ceux qui montrent une **participation sociale active** (De Beni & Borella, 2015). De plus, il semblerait que la **qualité des liens sociaux**, davantage que la nature ou l'intensité des activités effectuées, soit centrale pour bien vieillir. « *L'établissement et le maintien de relations interpersonnelles significatives et positives, plus probables en situation de participation qu'en situation d'isolement, faciliteraient les processus d'adaptation aux réalités de la vieillesse. Selon quelques chercheurs, les situations de participation sociale constituent des sources de stimulation cognitive qui renforce les mécanismes neuroendocriniens et le système immunitaire* » (phénomène de réserve cognitive ; Raymond, Gagné,

Sévigny, & Tourigny, 2008).

<b>Activités intellectuelles</b>	<b>Activités physiques</b>
Puzzles, jeux de cartes, discussions en groupe, utilisation de l'ordinateur, jouer un instrument de musique, chant, lecture, dessin, niveau scolaire élevé, activité professionnelle stimulante	Exercices, yoga, dance, jardinage, bricolage
<b>Participation sociale</b>	<b>Bien-être psychologique</b>
Événements culturels, clubs, voyages, sorties, relations positives avec la famille et les amis	Auto-acceptation, développement personnel, autonomie et indépendance, nouveaux projets et objectifs

TABLE 2.1 – Facteurs associés à un niveau cognitif et de bien-être élevé au cours du vieillissement normal (Harada et al., 2013; De Beni & Borella, 2015).

Selon Albinet, Fezzani, et Thon (2008), il est possible d'établir une relation entre l'**activité physique** et le vieillissement cognitif, tout en tenant en compte des méthodologies utilisées et des caractéristiques de chaque individu telles que son âge ou son aptitude physique. Cette dernière correspond à un ensemble d'attributs que les individus ont ou atteignent, qui se réfèrent à la capacité à réaliser une activité physique donnée (American College of Sports Medicine, 2000). Par conséquent, l'aptitude physique est déterminée par des facteurs tant génétiques que comportementaux. L'exercice physique peut être considéré comme une catégorie d'activité physique qui se base sur des comportements physiquement actifs ayant comme objectif principal de maintenir ou d'améliorer l'aptitude physique (Albinet, 2008). La nature, la fréquence et l'intensité des exercices réalisés influencent l'aptitude physique.

La quantité d'activité physique, entendue comme « *tout mouvement du corps qui est produit par la contraction des muscles squelettiques et qui augmente substantiellement la dépense énergétique* » (American College of Sports Medicine, 2000), est couramment évaluée à travers des questionnaires (mesure indirecte). Les études effectuées dans ce domaine s'intéressent surtout à l'effet de l'aptitude physique aérobie (e.g., natation, marche, golf) sur la cognition. Afin d'évaluer l'aptitude physique, il est possible de mesurer la

consommation maximale d'oxygène (mesure directe), lors d'« *un exercice physique continu et progressif sur un ergomètre, par la mise en place de protocoles individualisés* » (Albinet, 2008).

Des études transversales (comparaison entre groupes d'âge différent ou entre groupes de sujets actifs et inactifs/sédentaires), longitudinales (effets de l'activité physique sur le vieillissement cognitif) et interventionnelles (impact de la reprise de la pratique physique) ont été réalisées chez la personne âgée (Bunce, 2001 ; Etnier, Sibley, Pomeroy, & Kao, 2003). L'une des premières études a été celle effectuée par Spirduso (1975), qui a permis de mettre en évidence des performances meilleures des aînés pratiquant régulièrement du sport (minimum de 3 fois par semaine) par rapport au groupe de participants inactifs. Les sujets actifs ont été plus rapides que les autres aux tests de TR simples et à choix ainsi qu'aux tests de temps de mouvement proposés.

La plupart des travaux réalisés montrent un effet positif de la pratique physique sur la détérioration de plusieurs types de capacités cognitives (e.g., mémoire, mémoire de travail, raisonnement, vigilance) et sur la diminution de la vitesse de traitement de l'information, généralement associées à l'avancée en âge. Cet effet a été mis en évidence même lorsque d'autres variables (e.g., âge, éducation, santé) étaient statistiquement contrôlées par les chercheurs. L'activité physique aurait donc un lien significatif avec les habiletés cognitives de haut niveau, ou l'intelligence fluide (Anstey & Smith, 1999). Elle peut améliorer le fonctionnement cognitif de 0.25 écart-type, selon une étude de méta-analyse effectuée par Etnier et al. (1997).

Considérant que l'une des critiques avancées envers ce type d'études est la difficulté à définir un lien de causalité entre pratique physique et fonctionnement cognitif, d'autres travaux ont été réalisés. Les chercheurs ont analysé l'évolution des capacités cognitives chez les personnes âgées dans le cadre d'études longitudinales, montrant une association entre la fréquence de l'activité physique et la préservation des habiletés cognitives étudiées (Yaffe, Barnes, Nevitt, Lui, & Covinsky, 2001).

D'autres auteurs ont fait une comparaison entre les performances des aînés, auparavant sédentaires, avant et après un programme d'entraînement physique, pouvant aller de 2 mois à 3 ans (Colcombe et al., 2004 ; Kramer et al., 2001). Dustman et al. (1984) ont été parmi les premiers à montrer une amélioration significative des performances des participants âgés aux épreuves neuropsychologiques proposées (tests de TR, du Code, de flexibilité mentale et d'inhibition), suite à un programme d'activités physiques de type aérobie. L'activité physique améliorerait l'aptitude physique aérobie, augmentant le flux sanguin cérébral qui permet une meilleure oxygénation du système nerveux central (SNC)

(Dustman, Emmerson, & Shearer, 1994).

Colcombe et Kramer (2003) ont réalisé une méta-analyse à partir de 18 études sur les effets de l'activité physique aérobie, en fonction de la durée de chaque séance (15-30 min, 31-45 min, 46-60 min) et de la durée de l'intervention (1-3 mois, 4-6 mois, 6 mois et plus), sur le fonctionnement cognitif (vitesse de traitement des informations, capacités visuo-spatiales, processus contrôlés et FE). Les résultats obtenus montrent que l'exercice physique avait des effets significatifs sur les capacités visuo-spatiales (transformer et rappeler une information spatiale) ainsi que sur les FE (planifier et inhiber des informations non pertinentes) (Colcombe & Kramer, 2003).

Une méta-analyse, basée sur 15 études prospectives (12 cohortes), a été effectuée par Sofi et al. (2011). Ce travail s'intéressait, plus particulièrement, au lien pouvant exister entre l'activité physique et le risque de détérioration cognitive chez des sujets n'ayant pas reçu un diagnostic de démence. Parmi les 33816 sujets inclus dans ces études, 3210 (9,49 %) ont présenté des perturbations cognitives durant le suivi, qui a eu une durée de 1 à 12 ans. Les résultats obtenus par Sofi et al. (2011) montrent que les personnes ayant un niveau modéré ou élevé d'activité physique étaient significativement protégées contre un déclin cognitif, durant le suivi réalisé.

Chapman et al. (2016) ont aussi montré que 2 différents types d'entraînement cognitif *versus* un entraînement physique de 3 heures par semaine (durant 3 mois) pouvaient avoir des effets positifs distincts sur le fonctionnement cognitif des personnes âgées. L'entraînement cognitif avait amélioré les performances des sujets dans les tâches exécutives, avec une augmentation du flux sanguin cérébral au niveau des régions préfrontales et du cortex cingulaire postérieur/médian, tandis que l'entraînement physique avait amélioré les capacités mnésiques, avec un flux sanguin plus important dans les régions hippocampiques (Chapman et al., 2016). D'autres travaux récents (e.g., Tusch et al., 2016) montrent qu'un entraînement cognitif caractérisé par plusieurs séances individuelles (1 séance par semaine durant 1-2 mois), au moyen de tâches exécutives informatisées, pouvait modifier l'activité neurale des personnes âgées, même si le lien entre ces changements et l'amélioration de leurs performances aux tests neuropsychologiques n'était pas clair.

Les résultats obtenus dans les différentes études montrent que des effets positifs plus importants ont été observés chez les sujets ayant combiné un entraînement physique et un entraînement mental. Les données recueillies sont toutefois discordantes, probablement à cause des différentes méthodologies utilisées. Nous faisons notamment référence à la durée du programme, au nombre de séances par semaine, aux mesures effectuées sur l'activité et l'aptitude physiques, aux épreuves neuropsychologiques choisies. En effet, certains travaux

n'ont pas réussi à montrer d'effets positifs de l'exercice physique sur le fonctionnement cognitif, alors qu'une amélioration a été observée au niveau de l'aptitude physique chez les mêmes participants (Blumenthal et al., 1989 ; Paillard et al., 2001).

Parmi les hypothèses formulées pour expliquer ces résultats, citons celle qui étudie la relation entre activité physique et efficacité du traitement de l'information par le SNC (Chodzko-Zajko & Moore, 1994). Sur la base de cette théorie, appelée **hypothèse de l'efficacité neurale**, l'effet de l'activité physique se retrouverait à un niveau central et aurait une base neurophysiologique, qui se différencie de la réponse motrice de type périphérique. C'est pour cette raison qu'une personne âgée pratiquant une activité physique régulière traiterait les informations cognitives plus rapidement et plus efficacement que des sujets inactifs (Albinet, 2008). Ces derniers auteurs, dans leur article de synthèse, précisent que la réalisation d'exercices physiques pourrait avoir un impact sur des facteurs multiples tels que le niveau de bien-être, d'estime de soi, de santé physique et mentale. Par conséquent, les personnes âgées actives exploiteraient probablement plus efficacement leur potentiel lors des évaluations neuropsychologiques. En outre, la création de nouvelles interactions sociales pourrait également influencer positivement leur fonctionnement cognitif.

D'autres chercheurs insistent sur le fait que, lorsque les aînés participent à des **activités collectives**, plusieurs aspects concernant la sphère sociale, cognitive et physique s'affirment et s'influencent mutuellement. Il est vrai aussi que des facteurs comme l'état de santé global, la condition socioéconomique et les expériences de vie peuvent avoir un impact sur le choix d'un mode de participation sociale. Il importe, en outre, de considérer que des facteurs comme le niveau de scolarité, l'âge et le sexe ne sont pas que des attributs individuels, mais ils situent socialement les personnes, en leur permettant ou en les empêchant de faire certaines activités et d'exercer des rôles sociaux. Dans le vieillissement normal, cette notion de participation sociale peut également être influencée par le milieu de vie, les moyens de déplacement, l'information accessible, les représentations collectives quant à l'implication sociale des aînés et l'accueil reçu dans les lieux de participation (e.g., Universités du troisième âge, clubs seniors, associations, maisons de retraite).

La plupart des interventions proposées pour stimuler ou renforcer la participation sociale des aînés comportent : *« l'encouragement du maintien de l'identité et le respect des caractéristiques et des préférences personnelles ; des activités favorisant l'établissement de relations sociales significatives, la réciprocité et l'exercice d'un rôle ; une durée d'intervention suffisante pour permettre entre autres la création de liens sociaux ; la possibilité de prendre part aux structures et processus décisionnels de l'organisation ; l'attention accordée à la formation et aux pratiques des intervenants et des bénévoles, notamment en ce qui*



*concerne l'évitement d'approches infantilisantes* » (Raymond et al., 2008).

### 2.1.2 L'oxymore du bien vieillir

Le terme « bien vieillir » varie en fonction du contexte culturel (Occident/autres), de la perspective des acteurs (chercheurs/personnes âgées) et d'approches (biomédicale/holistique) (Gangbè & Ducharme, 2006). Il s'agit d'un oxymore car « bien vieillir » ne signifie pas « ne pas vieillir ». Ce terme correspond plutôt à un changement qui peut être positif pour l'individu si la culture dans laquelle il vit le permet. Il s'agit d'une notion qui subit les jugements de valeur de ceux qui l'emploient (Balard, 2013).

Comme nous l'avons précisé précédemment, les facteurs qui influencent la "réussite" du vieillissement sont multiples : les stéréotypes de la population, l'autonomie et la productivité des personnes âgées, l'efficacité des services de santé, les activités proposées par la mairie ou les associations présentes sur le territoire. Cependant, il semblerait que le fait de maintenir un bon niveau de santé et d'autonomie ainsi que des relations affectives et sociales de qualité soit représentatif d'un vieillissement réussi, quelle que soit la culture prise en considération (e.g., étude effectuée par Fernández-Ballesteros, Arias-Merino, Santacreu, & Ruvalcaba, 2012 en Mexique et en Espagne ; voir aussi Mendoza-Ruvalcaba & Fernández-Ballesteros, 2016). En revanche, les problématiques liées à la vieillesse et au fait de vieillir varient en fonction de la perspective prise en compte : les réponses reçues et les réactions diffèrent selon les situations étudiées et les personnes interrogées (jeunes, adultes, étudiants ou professionnels, personnes âgées).

À partir de ces considérations, nous nous demandons si l'injonction à « bien vieillir » ne risque pas d'enfermer les personnes vieillissantes dans une image non réelle, qui sert seulement à rassurer la société face à la peur du vieillissement et de la vieillesse. Dans un tel contexte, « *plus le vieux se doit d'être beau et propre sur lui, plus les signes physiologiques du grand âge peuvent lui apparaître comme insupportables* » (Clercq, 2014).

Le modèle du vieillissement réussi, d'un côté, donne une image positive de l'avancée en âge. De l'autre côté, peut représenter une véritable pression sociale pour les personnes âgées. Il pourrait même être un facteur aggravant ce que certains perçoivent comme le « mauvais vieillissement ». Ce qui devrait attirer l'attention de tous les professionnels et les interroger est la manière dont sont vécues les dernières années de la vie d'un individu, afin de les rendre les plus agréables possibles.

Une comparaison des représentations culturelles de l'âge dans une perspective ethnologique a été réalisée par Balard (2013). Cette étude souligne que l'influence culturelle sur les

représentations de l'âge et du « bien vieillir » n'est pas seulement ethnique, mais également générationnelle. Parmi les théories qui ont eu le plus d'influence en gérontologie (discipline qui étudie le vieillissement de l'être humain sous ses divers aspects, psychologiques et sociaux), nous retrouvons l'*activity theory* (Havighurst, 1961 ; Rowe & Kahn, 1987), selon laquelle un vieillissement est réussi si le sujet évite ou repousse les maladies, gardant un bon fonctionnement physique et mental lui permettant d'être actif dans la société (Balard, 2013). Cependant, la plupart des personnes âgées sont atteintes de différentes pathologies (e.g., diabète, troubles cardiaques) et présentent des restrictions d'activités causées, par exemple, par une baisse de l'acuité auditive ou visuelle (e.g., elles ont des difficultés à suivre plusieurs discours en même temps, ont besoin d'augmenter le son de la télévision pour écouter une émission, font plus d'effort à lire un livre). Le fait que ces symptômes puissent faire penser à un cadre pathologique montre à quel point la limite entre le vieillissement pathologique et le vieillissement réussi n'est pas nette, pouvant aussi varier en fonction des recherches et des populations ciblées.

L'émergence de signes cliniques d'un état de démence, par exemple, ne dépend pas seulement de facteurs physiologiques, mais aussi de facteurs psychologiques, c'est-à-dire de la manière dont les aînés réussissent à surmonter les éventuels traumatismes passés et acceptent leur vieillesse (Clément, 2009). De plus, cette distinction entre vieillissement pathologique et vieillissement réussi se base sur des critères méthodologiques objectifs et partagés (indispensables pour poser un diagnostic), critères qui sont néanmoins établis par les chercheurs (Balard, 2013). Ils peuvent donc être conditionnés par la culture de référence de ces professionnels.

Ainsi, Tornstam (1992) critique les travaux en gérontologie, fortement influencés par les valeurs des "hommes blancs occidentaux d'âge moyen", qui se focalisent sur la "productivité, l'efficacité et l'indépendance" des individus. La personne âgée est souvent vue comme un individu sans énergie, sans nouveaux objectifs à atteindre ou activités particulières à accomplir. Alors que dans certaines villes, ou certains pays, l'aîné est considéré une personne sage et respectable. Tornstam (1992) propose ainsi de remplacer le point de vue des chercheurs par celui des personnes âgées, qui peuvent finalement décrire le changement de rôle social et identitaire qu'elles vivent à la première personne.

Dans cette logique, Glascock et Feinman (1980), à partir des données recueillies auprès de 60 sociétés différentes, suggèrent l'existence de 3 critères de base qui permettraient d'identifier une personne âgée : un changement relatif au rôle social/économique, la chronologie et un changement dans les capacités physiques. Environ la moitié des sociétés considérées ont utilisé une définition multiple de ce que signifie être âgé. La partie restante

a fait référence à un seul critère (Balard, 2013). Sur la base de ce travail de recherche, nous pouvons voir comme les critères "santé" et "autonomie", qui sont fondamentaux pour la plupart des chercheurs, ne le sont pas pour les échantillons interrogés par Glascock et Feinman (1980).

En ce qui concerne les différences générationnelles, une étude effectuée par Balard (2010) a permis d'évaluer plus précisément les représentations du vieillissement auprès de personnes nonagénaires et centenaires françaises. Cet auteur a rencontré plus d'une centaine de personnes de grand âge, pendant 4 ans, et suivi 12 d'entre elles en utilisant des entretiens compréhensifs et semi-directifs. Les entretiens compréhensifs s'approchent du cadre d'une conversation entre l'enquêteur et le sujet interrogé, qui est considéré comme un informateur, susceptible d'exposer ses raisons concernant ses représentations. Ils se démarquent pour cela des guides d'entretiens semi-directifs qui, en revanche, invitent le sujet à répondre à des questions ouvertes préétablies (Kaufmann, 2011). Cette étude a montré que les représentations des personnes très âgées révèlent une association entre le processus de vieillissement qu'ils expriment en disant « je me sens vieillir » (dégradation physique et sensorielle, état de fatigue, sentiment de vulnérabilité) et la vieillesse, marquée par la proximité de la mort (se sentir inutile). Balard (2013) souligne, à ce propos, que les notions de "santé", de "fonctionnement physique" et de "fragilité", sur lesquelles les chercheurs s'appuient dans la théorie du "bien vieillir", ressortent des discours des personnes très âgées (90 ans et plus).

En outre, pour certains aînés « *ce n'est pas l'incapacité physique qui fait devenir vieux, mais plutôt le fait de ne pas avoir de proches sur qui compter et de perdre par là même sa capacité à faire ses choix* » (Balard, 2013). Cette analyse renvoie à une autre notion fondamentale, c'est-à-dire le fait d'avoir une "autonomie décisionnelle". En outre, leurs discours font réfléchir sur le rôle joué par le groupe social d'appartenance. Le fait de penser que les autres ne les écoutent plus fait sentir les personnes âgées vieilles et inutiles, comme si elles ne pouvaient plus apporter du savoir. Ces considérations ne font que renforcer l'idée de l'existence d'une intégration de la dimension physiologique (repousser des marqueurs de la vieillesse) et de la dimension sociale (agir comme quelqu'un qui n'est pas vieux) dans les représentations que les aînés ont du "bien vieillir".

Comme proposé par d'autres chercheurs (Berquin, 2010 ; Engel, 1980 ; Siksou, 2008), l'idéal serait d'intégrer, dans un même cadre conceptuel, différents modèles afin de pouvoir considérer les déterminants biologiques, psychosociaux et structureaux simultanément, le vieillissement devant être considéré comme une succession de changements. Tout en valorisant les nouveautés apportées par le terme « bien vieillir » nous avons ainsi fait le

choix d'utiliser le terme « vieillissement normal » dans le présent manuscrit car, même si ce dernier peut induire l'idée de dégradation, il conduit aussi à penser en termes de dynamique et de processus.

## 2.2 Vieillesse normale des capacités cognitives

Nous tenons à présenter dans un premier temps les changements cognitifs souvent observés chez les aînés, ainsi que les hypothèses qui ont été formulées pour essayer de les expliquer. Le vieillissement des fonctions frontales sera traité plus précisément dans la section 2.4 (p. 66). De façon générale (Salthouse, 2010), les opérations mentales « fluides » qui engagent principalement des processus cognitifs comme les FE (e.g., résolution de problèmes, raisonnement) sont affectées précocement. Au contraire, les opérations mentales « cristallisées », s'appuyant davantage sur les habiletés et les expériences acquises au fil du temps (e.g., vocabulaire, connaissances générales), se modifient plus tardivement. Certains auteurs montrent même une absence d'évolution de ces compétences (Jones & Conrad, 1933 ; Kaufman, Reynolds, & McLean, 1989) qui resteraient stables dans le temps.

Il est important de préciser que la détérioration des capacités cognitives commence lorsque le sujet est jeune (18-60 ans ; Salthouse, 2009), même si l'étiologie de ce phénomène n'est pas encore claire (Lockhart & DeCarli, 2014). Ces changements pourraient être liés à une différente concentration de neurotransmetteurs, telle que la dopamine, ou à des altérations observées au niveau synaptique (Klostermann, Braskie, Landau, O'Neil, & Jagust, 2012). En effet, il existerait des associations entre la connectivité fonctionnelle frontostriatale, la dopamine et les performances des sujets jeunes ( $n = 12$ ) et âgés ( $n = 18$ ) dans des épreuves de mémoire de travail (Klostermann et al., 2012).

Dans une étude effectuée par Salthouse et Pink (2008), 1000 participants adultes (3 tranches d'âge différent : 18-39 ans, 40-59 ans, 60-98 ans) ont réalisé une batterie de tests cognitifs (matrices de Raven, relations spatiales, mémoire logique, vitesse de perception, mémoire épisodique, vocabulaire) et 3 tâches de mémoire de travail demandant de stocker et d'élaborer simultanément une information donnée. Les épreuves de mémoire de travail se basaient sur le rappel d'un chiffre ou d'un mot, tandis que le sujet devait résoudre un problème d'arithmétique simple, ou répondre à des questions relatives aux textes lus. Les résultats obtenus par ces auteurs ont permis de montrer une forte corrélation entre la mémoire de travail et l'intelligence fluide chez les participants. De plus, le lien observé ne semblait pas dépendre de la complexité de la tâche (augmentation des informations à maintenir en mémoire), ou d'autres processus impliqués (e.g., apprentissage) (Salthouse &

Pink, 2008). Ces résultats renforcent l'idée selon laquelle la mémoire de travail ferait partie des opérations mentales fluides, elle serait donc susceptible de subir des perturbations avec l'avancée en âge (Kirova, Bays, & Lagalwar, 2015; Solesio-Jofre et al., 2017; Van der Linden, Brédart, & Beerten, 1994).

De nombreuses études (Ducarne de Ribaucourt, 1997) sur l'évolution des fonctions cognitives révèlent, depuis une dizaine d'années, un ensemble de modifications plus ou moins spécifiques au vieillissement normal, à savoir des difficultés d'accès au lexique, de fluence verbale et un amoindrissement des ressources attentionnelles. Il semblerait que les processus qui constituent le système de contrôle attentionnel se modifient (Andrés & Van der Linden, 2000), perturbant les capacités de se focaliser et de se concentrer sur un stimulus donné.

D'autres travaux mettent en évidence une perturbation de la capacité à prendre des décisions, surtout dans des situations nouvelles ou ambiguës, et à comprendre les états mentaux d'autrui (De Beni & Borella, 2015). En référence à des domaines cognitifs spécifiques, il est possible d'observer des modifications au niveau de la vitesse de traitement, de la mémoire, du langage, des habiletés visuo-spatiales et exécutives (Harada et al., 2013; Park & Reuter-Lorenz, 2009; Salthouse, 2009). La vitesse avec laquelle une tâche est réalisée, par exemple la vitesse d'une réponse motrice, diminuerait progressivement à partir de la troisième décennie de la vie. Cette réduction de la vitesse de traitement des informations peut impacter négativement les performances des sujets âgés dans des tests neuropsychologiques de fluence verbale et attentionnels complexes. Toutes ces aptitudes sont essentielles pour accomplir des tâches complexes du quotidien et avoir une vie sociale satisfaisante. Nous décrirons plus précisément leur évolution par la suite.

Les modifications observées dans le vieillissement normal au niveau mnésique pourraient être en lien avec le ralentissement du traitement des informations, la détérioration des capacités d'inhibition des informations non pertinentes ainsi que des stratégies d'encodage et de récupération (Luo & Craik, 2008). Selon Luo et Craik (2008), la mémoire prospective et la mémoire épisodique, se basant sur les expériences personnelles autobiographiques, montrent une détérioration progressive tout au long de la vie, alors que la mémoire sémantique, impliquée dans le langage, la signification des mots et les connaissances pratiques ne se perturberait que tardivement (exception faite pour les informations hautement spécifiques telles que les noms). En revanche, la mémoire procédurale semblerait subir très peu de changements avec l'avancée en âge.

Les FE, dont l'abstraction et la flexibilité mentale, subiraient une détérioration après 70 ans. Le raisonnement verbal et mathématique pourrait subir une perturbation à partir

de 45 ans (Harada et al., 2013). Les habiletés visuo-constructives (e.g., mettre ensemble les différentes parties d'une boîte ou d'un objet) déclinent au cours du vieillissement, tandis que les habiletés visuo-spatiales (e.g., perception d'objets, de visages, de lieux) resteraient intactes.

Cette tendance à la moindre efficacité des opérations mentales a conduit, d'une part, à parler d'une détérioration des processus cognitifs et d'autre part, à attribuer à l'âge la cause principale de ce déclin (Brouillet, 2011). À ce propos, nous tenons à préciser que les changements associés à la vieillesse ne sont pas nécessairement ressentis comme un manque par les aînés. Ceci peut être vrai, tant au niveau cognitif que psychologique (Brouillet, 2011). Comme nous l'avons déjà précisé, l'âge médiatise l'effet d'autres variables causales qui sont de nature biologique, psychologique, cognitive, sociale (e.g., santé, éducation, phénomènes de plasticité cérébrale et de compensation) (Bier & Belleville, 2010 ; Metcalfe & Open University, 1998 ; Villeneuve & Belleville, 2010). Tous ces facteurs renvoient à la notion de réserve cognitive (Stern, 2002 ; Stern, 2009 ; voir la section 2.3, p. 58) et peuvent être à la base de la forte hétérogénéité intra- et interindividuelle observée chez les aînés lors des évaluations neuropsychologiques (Brouillet, 2011 ; Resnick et al., 2000 ; Sylvain-Roy, 2013).

Un autre facteur fondamental est la façon dont chaque individu fait face aux difficultés rencontrées au quotidien et quelles stratégies il met en place pour les surmonter. Par exemple, les personnes âgées semblent réussir à combiner plusieurs stratégies de *coping* (formes d'adaptation) qui sont focalisées sur la régulation des émotions et sur une meilleure acceptation, par rapport aux jeunes adultes, de leur état physique et psychologique (De Beni & Borella, 2015). Cette attitude leur permet de s'adapter plus facilement à la situation vécue et à maintenir un certain niveau de contrôle en cas d'événements stressants, de deuils, ou d'apparition de maladies chroniques. Les personnes âgées maintiendraient un niveau de qualité de vie satisfaisant grâce à leur gestion des ressources internes et sociales externes qui sont à leur disposition. Ces ressources peuvent se traduire en comportement adaptatifs proactifs (le sujet prend l'initiative de l'action, anticipe les difficultés et adopte des mesures pour les surmonter), qui incluent une meilleure prévention et une volonté à aider autrui (Martin et al., 2015).

Selon d'autres études (e.g., Vieillard & Harm, 2013), ce phénomène correspondrait à une tentative d'évitement des situations désagréables, à cause des changements subis par le cortex préfrontal (impliqué dans le contrôle émotionnel) au cours du vieillissement normal. À ce propos, il est important de préciser que les notions de "régulation des émotions" et de "*coping*" ne sont pas équivalentes. La première notion renvoie à une réponse adaptative

motivée de la part du sujet, la deuxième correspond aux pensées et comportements que le sujet mobilise consciemment pour faire face aux situations de stress (Veillard & Harm, 2013).

Plusieurs chercheurs de niveau international s'intéressent, aujourd'hui, aux changements cognitifs caractérisant l'avancée en âge car ces perturbations peuvent influencer les AVQ, mais également aider à distinguer un état cognitif normal d'un état pathologique (Harada et al., 2013). Dans la section suivante, nous présentons les principales hypothèses explicatives proposées à ce sujet.

## 2.3 Théories explicatives du vieillissement cognitif

### Hypothèse de la vitesse de traitement (Salthouse, 1996)

Depuis les années quatre-vingt, plusieurs hypothèses ont été formulées pour essayer d'expliquer les changements cognitifs liés à l'âge. L'une des hypothèses du vieillissement les plus connues est la **théorie de la vitesse de traitement**, supportée par Salthouse (1996). Selon cet auteur, la perturbation de la vitesse de traitement des informations est à la base du déclin cognitif observé lors du vieillissement normal. Une explication possible est le constat biologique d'un ralentissement général de la vitesse de transmission neuronale (Thiebaut de Schotten et al., 2016).

Cette cause générale, influençant toutes les capacités cognitives, aurait un impact évident sur les AVQ, non seulement dans les tâches simples, mais également dans les tâches complexes. Ce ralentissement limiterait, d'une part, le temps passé sur certains processus fondamentaux pour le traitement en cours et d'autre part, la quantité d'informations pouvant être disponibles et traitées par le sujet (Deline, 2011). Selon Duverne et Lemaire (2004), le ralentissement général de la vitesse de traitement expliquerait une grande partie de la variance liée à l'âge dans des tâches de haut niveau cognitif, comme la réalisation de problèmes d'arithmétique. La vitesse de traitement prédirait la variabilité des performances des sujets aussi dans d'autres tâches cognitives, comme par exemple celles demandant une certaine automaticité (e.g., test de fluence verbale).

Toutefois, même si une baisse de la vitesse de traitement est souvent vérifiée chez les aînés dans de nombreux et divers travaux en neuropsychologie, cette hypothèse ne permet pas d'expliquer toutes les modifications qui sont observées chez ces personnes sur le plan cognitif et comportemental, surtout lorsqu'elles sont confrontées à des situations complexes (Kliegl, Maayr, & Krampe, 1994).

À partir de cette hypothèse, Cepeda, Blackwell, et Munakata (2013) ont présenté les

résultats issus de différentes études. Ces auteurs suggèrent l'existence d'une surestimation des contributions de la vitesse de traitement sur la cognition, car les tâches qui sont censées mesurer ce processus cognitif impliqueraient d'autres processus, telles que les FE. En effet, cette étude montre que le choix de la mesure de la vitesse de traitement (différentes tâches plus ou moins complexes) affectait la relation observée entre la vitesse de traitement et le processus de contrôle exécutif (évalué au moyen de tests de mémoire de travail, d'inhibition et de mise à jour).

Habeck et al. (2015) ont essayé d'analyser les éventuels liens existant entre vitesse de traitement des informations et d'autres fonctions cognitives, aussi au moyen de données issues de l'imagerie cérébrale. Ils ont proposé 6 tâches cognitives (3 tests de vitesse de perception et 3 tests de raisonnement) à 106 sujets âgés entre 20 et 77 ans. Les résultats obtenus, à partir des 2 scores composites calculés par ces auteurs (Habeck et al., 2015), ont mis en évidence une activation cérébrale similaire, d'un point de vue topographique, lorsque les sujets réalisaient des tests censés mesurer le même processus cognitif. L'activation cérébrale différait lorsque les épreuves réalisées étaient censées évaluer des habiletés différentes. Il existerait donc des réseaux neuronaux distincts qui s'activeraient lors de tâches demandant un certain niveau de raisonnement ou de vitesse de traitement des informations. Considérant les résultats discordants obtenus, d'autres hypothèses du vieillissement cognitif normal ont été développées au cours des années.

### **Hypothèse de la cause commune (P. B. Baltes, 1997)**

Dans un cadre théorique s'intéressant à 3 niveaux (âge des sujets, organes et fonctions), Lindenberger (2000) essaye de montrer les possibles liens existant, par exemple, entre cerveau, reins (organes), cognition et flux sanguin (fonctions). À partir des résultats obtenus, il ne semble pas exister de cause organique commune entre les changements observés sur le plan cognitif et ceux concernant le flux sanguin (purification). Cependant, les modifications du fonctionnement cognitif seraient liées à celles du fonctionnement sensoriel et sensori-moteur, dont une cause commune serait le vieillissement du système nerveux (P. B. Baltes, 1997).

Considérant que les mécanismes de base de nature sensorielle semblent avoir une influence croissante sur le fonctionnement intellectuel, M. M. Baltes et Lang (1997) proposent l'**hypothèse de la « cause commune »**. Selon ces chercheurs, il existerait une relation stricte entre les sphères sensorielles et cognitives qui dépendraient d'une structure commune : l'architecture physiologique du SNC. Ces liens expliqueraient la relation observable dans le vieillissement normal entre facteurs biologiques et génétiques,



fonctions sensorielles (e.g., vision, ouïe) et habilités cognitives (De Beni & Borella, 2015).

D'autres hypothèses essayent d'expliquer le lien existant entre fonctionnement cognitif, sensoriel et sensori-moteur, dont l'hypothèse de la privation sensorielle et l'hypothèse de la saturation cognitive. Selon la première, les perturbations touchant les systèmes sensoriels peuvent réduire les échanges avec l'environnement. Sur le long terme, cela pourrait provoquer d'importants changements cérébraux (Lindenberger, 2000). Plus précisément, l'état sensoriel antérieur serait un bon indicateur des détériorations qui peuvent se présenter au niveau cognitif avec l'avancée en âge. Selon l'hypothèse de la saturation cognitive, le vieillissement normal serait caractérisé par une réduction de la précision, de l'automatisme et de la coordination des processus sensoriels et sensori-moteurs qui aurait un impact négatif sur plusieurs tâches quotidiennes. Comme Lindenberger (2000) le précise, la théorie formulée avec ses collaborateurs ne spécifie pas la nature de cette cause commune, ou d'un ensemble de possibles causes communes. Cela a constitué une limite et ouvert leur hypothèse à des critiques.

### **Hypothèse de réserve cérébrale et cognitive (Stern, 2012)**

L'hypothèse de « réserve cérébrale » est née des discordances observées entre les performances des aînés lors des évaluations cognitives et la présence de signes cliniques typiques d'une neuropathologie chez les mêmes sujets. Plus précisément, les personnes ayant un niveau d'éducation élevé, un haut coefficient intellectuel et beaucoup de responsabilités dans leur milieu professionnel pourraient ne pas présenter de difficulté cognitive jusqu'à un âge avancé, tout en étant porteuses de lésions cérébrales comme celles caractérisant la maladie d'Alzheimer (Michel, Herrmann, & Zekry, 2009). D'autre part, dans la population à haute réserve cérébrale et souffrant de cette pathologie, la symptomatologie cognitive dans la phase initiale serait souvent retardée, atypique et peu expressive. Puis, une fois un certain seuil de lésions cérébrales franchi, la maladie se manifesterait et s'aggraverait très rapidement (Bier & Belleville, 2010). Dans ce cas, la réserve correspondrait à « *la quantité de détérioration qui peut être supportée avant d'atteindre un seuil critique, identique pour tous les individus, à partir duquel des signes cliniques vont se manifester* » (Kalpouzos, Eustache, & Desgranges, 2008).

Un autre exemple est donné par les travaux qui ont trouvé une accumulation de 20-30 % de plus par rapport à la normale de la protéine beta-amyloïde dans le cortex de sujets adultes sains (Rodrigue, Kennedy, & Park, 2009). Ces données suggèrent que ces individus pourraient développer la maladie d'Alzheimer. Cependant, nous savons que malgré la présence de signes cliniques fréquemment associés à un cadre pathologique, la plupart des

sujets adultes âgés de 65 ans et plus ne développent pas de démence ou de trouble cognitif léger (Harada et al., 2013).

L'une des explications possibles pour la variabilité interindividuelle observée au niveau cognitif est la différence de **réserve cognitive** chez les personnes âgées. Grâce à cette notion, Stern (2002) explique que le « capital intellectuel » de départ n'est pas le seul facteur à prendre en considération et qu'avoir une bonne activité intellectuelle, même à un âge avancé, peut retarder la survenue de pathologies comme la maladie d'Alzheimer, si elle doit survenir (Stern, 2009). De plus, selon Amieva et al. (2014), l'éducation jouerait un rôle protecteur dans l'évolution des signes cliniques précédant le diagnostic de démence de type Alzheimer. Avoir plus d'éducation induit selon les auteurs un développement accru des synapses, un cortex plus épais et une possibilité de compensation plus importante grâce à l'implication de circuits neuronaux alternatifs (Mascret, 2012).

Précisons que le concept de « réserve passive » fait référence aux caractéristiques déterminées génétiquement, comme le volume cérébral et le nombre de neurones et de synapses présent. Alors que la « réserve active » correspondrait au potentiel du cerveau en terme de plasticité et de capacité de réorganisation neuronale suite à la survenue de neuropathologies (Harada et al., 2013 ; Stern, 2002). Ces processus actifs peuvent être de 2 types : la capacité de flexibilité, qui permet d'utiliser des paradigmes alternatifs afin de surmonter les effets liés à l'âge, et la capacité à recruter des structures neurales compensatoires, permettant de substituer les réseaux ayant subi des modifications au cours du vieillissement normal (Staff, Murray, Deary, & Whalley, 2004). D'où l'importance de différencier la notion de "réserve" (réseaux cérébraux normalement impliqués) de celle de "compensation" (recrutement de réseaux cérébraux différents). D'une manière générale, la mobilisation des réseaux cérébraux accessoires semblerait pouvoir optimiser le vieillissement cérébral (Michel et al., 2009). Cependant, la quantité de neurones disponibles est variable avec l'avancée en âge et peut être influencée par le vécu de chaque individu (Kalpouzos et al., 2008). L'hypothèse de réserve cérébrale et cognitive permettrait donc d'expliquer la "protection" contre les modifications, cérébrales et cognitives, souvent observées dans le vieillissement normal.

À partir de cette hypothèse, Staff et al. (2004) ont étudié 3 facteurs qui pourraient être associés à la réserve cérébrale : le volume total intracrânien, l'éducation et la réussite professionnelle des sujets. Des personnes âgées (n = 92) ont participé à cette étude, effectuée aussi à l'aide des technologies d'IRM. Les résultats obtenus par ces auteurs montrent que le niveau d'éducation, l'épanouissement professionnel (processus actifs) et le volume total intracrânien (processus passifs) contribuent à la réserve cérébrale et aident

à maintenir le fonctionnement cognitif stable avec l'avancée en âge. Plus précisément, la variabilité des capacités mnésiques a été expliquée par l'éducation de 5 % à 6 %. La réussite professionnelle a contribué à 5 % à la variabilité des capacités de mémoire et à 6-8 % à la variabilité des habiletés de raisonnement.

Tucker-Drob, Johnson, et Jones (2009), à travers une étude longitudinale (suivi de 5 ans), ont montré que la connaissance du vocabulaire (sélection du synonyme le plus approprié parmi plusieurs proposés) et le niveau d'éducation (13,4 ans en moyenne) de 690 participants âgés (65-89 ans) sains étaient associés au niveau de fonctionnement cognitif. Toutefois, il n'existait pas de liens entre ces 2 marqueurs de réserve cognitive (vocabulaire, niveau scolaire) et le taux de changements cognitifs observés grâce à des tâches de raisonnement (séries de lettres ou de mots) et d'épreuves de vitesse de traitement. Ces dernières tâches étaient caractérisées par des niveaux différents de demande cognitive. La vitesse de traitement, sensible aux changements neurobiologiques (Salthouse, 1996), montrait des liens plus faibles avec le niveau d'éducation et de vocabulaire par rapport aux capacités de raisonnement. La connaissance du vocabulaire a donc été un médiateur dans la relation existante entre niveau d'éducation et fonctionnement cognitif.

Parmi les facteurs qui peuvent "protéger le cerveau" d'un vieillissement cognitif, il y a aussi le bilinguisme (Li et al., 2017). Ce sujet est d'actualité car un nombre important de personnes jeunes et âgées suivent des cours pour apprendre une(ou plusieurs) langue(s) étrangère(s), ou décident de vivre dans un pays, autre que leur pays d'origine. De nombreux travaux (e.g., Bylund & Athanasopoulos, 2017; Olulade et al., 2016) se sont intéressés au lien susceptible d'exister entre la capacité à alterner entre 2 différents registres, le contrôle langagier et les changements neuroanatomiques (préservation du volume de substance grise) dans le vieillissement normal. Li et al. (2017) ont montré un effet bénéfique du bilinguisme. Plus précisément, les données obtenues par ces auteurs montrent un effet d'interaction (âge x groupe) significatif pour ce qui concerne les lobes temporaux antérieurs, l'hippocampe/amygdale gauches et l'insula gauche. Plus précisément, les sujets bilingues bimodaux (qui connaissent et parlent 2 langues;  $n = 21$ ), âgés de 34 à 65 ans, présentaient une augmentation du volume de substance grise dans ces régions cérébrales, tandis que les sujets monolingues (qui connaissent et parlent une seule langue;  $n = 22$ ), âgés de 29 à 67 ans, montraient une réduction significative de volume dans les mêmes régions (Li et al., 2017). Une autre étude (Olulade et al., 2016), effectuée chez des sujets jeunes, a mis en évidence une amélioration des capacités exécutives ainsi qu'une augmentation du volume de la substance grise frontale bilatérale chez les participants bilingues unimodaux (qui connaissent 2 langues, mais n'en parlent qu'une seule;  $n = 15$ )

par rapport aux participants monolingues ( $n = 15$ ). Olulade et al. (2016) ont obtenu des résultats similaires, en faisant une comparaison entre les données neuroanatomiques relatives aux sujets bilingues unimodaux et celles relatives à des sujets bilingues bimodaux ( $n = 15$ ).

Les travaux consacrés à l'étude de la réserve cérébrale dans le vieillissement normal et à la possibilité de l'augmenter sont de plus en plus nombreux. Actuellement, nous savons que les habiletés cognitives des aînés peuvent être potentialisées en s'appuyant sur leurs réserves cognitives, en proposant des tâches plus appropriées, en aménageant des espaces et en offrant des environnements adaptés aux capacités et besoins de chacun (Brouillet, 2011 ; Villeneuve & Belleville, 2010). En effet, il semblerait que le niveau de santé général ou d'éducation, l'environnement, les apports nutritionnels, le mode de vie (e.g., consommation de tabac, prise de médicaments), ainsi que les caractéristiques génétiques, peuvent jouer un rôle essentiel dans l'accumulation de la réserve cérébrale et cognitive (Klimova, Valis, & Kuca, 2017), facteurs qui peuvent également expliquer la forte variabilité interpersonnelle, généralement observée chez les personnes âgées (Staff et al., 2004).

Dans cette perspective, Albinet et al. (2008) se sont intéressés aux facteurs susceptibles de moduler les effets fréquemment associés au vieillissement, tels que le ralentissement de la vitesse de traitement, la détérioration des fonctions cognitives et des processus sensorimoteurs, montrant que certains facteurs spécifiques liés au mode de vie du sujet (ci-dessus cités) permettent de moduler les effets du vieillissement sur la cognition. Différents auteurs ont essayé de stimuler des mécanismes compensatoires (e.g., résolution de problèmes complexes, exercices intenses de la mémoire verbale, entraînement cognitif global et exercices mentaux de base) dans le but de faire activer des réseaux neuronaux accessoires chez les personnes âgées rencontrées (Michel et al., 2009). Les résultats obtenus ont été plutôt encourageants. Toutefois, les chercheurs se demandent quelle durée doit avoir ce type d'intervention et comment le maintien des bénéfices liés à l'entraînement cognitif peut être favorisé sur le long terme.

### **Modèles PASA, Harold et Crunch (Dennis & Cabeza, 2008)**

Les études sur les substrats cérébraux de la réserve cognitive sont particulièrement intéressantes dans le vieillissement normal. En effet, chez les personnes âgées, il est possible d'observer des modifications morphologiques (surtout dans les régions antérieures) qui pourraient avoir une influence sur l'activation cérébrale ainsi que sur la possibilité d'utiliser des réseaux neuronaux alternatifs.

Les données issues des travaux utilisant les technologies de neuroimagerie cérébrale (e.g.,

IRMf, tomographie par émission de positons) montrent plusieurs changements d'un point de vue morphologique et fonctionnel pendant la réalisation de tâches exécutives/frontales, au cours du vieillissement normal. Martins, Joannette, et Monchi (2015) ont proposé une revue de la littérature sur les implications de mécanismes neuro-fonctionnels compensatoires dans des processus exécutifs et langagiers, avec l'avancée en âge. L'objectif de ces auteurs était d'explorer les notions de réserve cérébrale et de compensation cérébrale. Ce dernier terme renvoie à 2 phénomènes/modèles qui sont actuellement centraux : le phénomène appelé *Posterior-Anterior Shift in Aging* (**PASA** ; Dennis & Cabeza, 2008) et le modèle connu sous le nom de *Hemispheric Asymmetry Reduction in OLDER adults* (**HAROLD** ; Cabeza, 2002).

Plus précisément, le modèle PASA se base sur l'hypothèse d'une augmentation de l'activité antérieure du cerveau s'accompagnant d'une diminution de l'activité des régions corticales postérieures (Davis, Dennis, Daselaar, Fleck, & Cabeza, 2008). Autrement dit, les personnes âgées en bonne santé présenteraient une diminution de l'activité du cortex occipito-temporal et une augmentation de l'activité des régions frontales (Kalpouzos et al., 2008). Le modèle HAROLD se base sur l'hypothèse du vieillissement dite de « dé-différentiation cérébrale » (Cabeza & Dennis, 2013). Sur la base des observations effectuées par Cabeza et Dennis (2013), les personnes âgées maintiendraient un niveau de performance équivalente à celui des personnes plus jeunes, en faisant appel à des zones cérébrales distribuées sur les 2 hémisphères, alors que la même tâche est latéralisée (dépendante d'un seul hémisphère) chez les plus jeunes (Zarahn, Rakitin, Abela, Flynn, & Stern, 2007). Il existerait ainsi moins de différence d'activation cérébrale entre les 2 hémisphères chez les aînés lors de la réalisation d'une tâche donnée (Sylvain-Roy, 2013).

Les résultats obtenus grâce à 2 différentes études montrent une augmentation de l'activité cérébrale au niveau des régions préfrontales, mais également un recrutement des aires contralatérales supplémentaires chez les personnes âgées, par rapport aux sujets jeunes (Collette & Salmon, 2014). D'autres travaux ont permis d'observer des augmentations, liées à l'âge, de l'activité pariétale et d'autres encore des diminutions dans les mêmes régions. Les résultats obtenus sont plutôt discordants et, comme Martins et al. (2015) le suggèrent, le phénomène PASA, par exemple, pourrait représenter des changements dans les patterns d'activité cérébrale, mais également des changements au niveau vasculaire.

Cabeza et Dennis (2013) avaient décrit 3 types différents de phénomène de compensation : "tentative de compensation", "compensation qui n'a pas réussie" et "compensation réussie". À partir de ces considérations, nous pouvons faire l'hypothèse que si les personnes âgées sollicitent des fonctions de contrôle attentionnel altérées lors de la réalisation d'une

tâche cognitive, leur performance à une épreuve dépendante de ces processus sera perturbée ou déficitaire (Reuter-Lorenz & Cappell, 2008). Cela correspondrait à une "compensation qui n'a pas réussie". En revanche, la compensation des déficits de certaines habiletés cognitives par des processus préservés pourrait induire des performances comparables à celles des sujets jeunes adultes ("compensation réussie"). Nous tenons à préciser que les processus déficitaires et les mécanismes compensatoires observés pendant la réalisation d'une tâche, plus ou moins complexe, sont fortement influencés par la demande cognitive (Collette & Salmon, 2014 ; Turner & Spreng, 2012). Cela nous indique que, lorsque cette demande cognitive est plus élevée ou augmente, les processus de compensation « activés » ne peuvent plus être maintenus, provoquant une détérioration des performances des personnes âgées par rapport à celles des participants jeunes. Ce phénomène correspondrait à une "tentative de compensation". De plus, l'augmentation de la demande cognitive peut, une fois un certain seuil atteint, provoquer une diminution de l'activité cérébrale chez les personnes âgées par rapport aux sujets jeunes, comme suggéré par le modèle appelé *Compensation-Related Utilization of Neural Circuits Hypothesis* (**CRUNCH** ; Dennis & Cabeza, 2008).

Il est important de préciser que les phénomènes PASA, de dé-différentiation et de sur-activation cérébrale ne sont que des possibles interprétations des modifications observées sur le plan anatomique et fonctionnel dans le vieillissement normal. Par exemple, une sur-activation pourrait être due à une incapacité du cerveau à inhiber certaines régions cérébrales. Cela est possible surtout lorsque cette perturbation est liée à une performance détériorée du sujet dans une tâche donnée (Martins et al., 2015). Martins et al. (2015) proposent ainsi de s'intéresser, outre aux régions cérébrales qui montrent une augmentation d'activation, au "quand" cela se produit. Ces auteurs s'appuient, plus précisément, sur une hypothèse appelée *Temporal Hypothesis for Compensation*, selon laquelle 1. l'avancée en âge serait caractérisée par un retard de l'activation cérébrale, surtout dans le cortex préfrontal (e.g., durant des tâches de mémoire de travail). 2. Les stratégies de contrôle cognitif se modifieraient (d'une stratégie proactive à une stratégie réactive) lorsque les capacités d'anticipation et de résolution sont impliquées dans la tâche proposée (e.g., en présence d'indices). 3. Les changements fonctionnels temporaires au niveau des patterns d'activation cérébrale permettraient à la performance cognitive d'être préservée tant dans des tests exécutifs que mnésiques et langagiers.

Considérant que plusieurs études ont montré des modifications de l'activité cérébrale antérieure avec l'avancée en âge (Davis et al., 2008), il nous semble essentiel de décrire l'hypothèse qui a permis de mieux expliquer le vieillissement des régions frontales. Nous

proposons par la suite une revue de la littérature sur l'évolution des 4 catégories d'habiletés frontales décrites dans le Chapitre 1.

## 2.4 Vieillesse des fonctions frontales

### 2.4.1 Hypothèse exécutive-frontale du vieillissement (West, 1996)

D'un point de vue morphologique, le vieillissement normal est caractérisé par une réduction générale du volume cérébral de 10 % dans le cortex frontal contre 1 % en temporal, pariétal ou occipital (Haug & Eggers, 1991 ; Tisserand, van Boxtel, Gronenschild, & Jolles, 2001 ; Tisserand et al., 2002). Haug et Eggers (1991) indiquent également l'apparition d'une réduction de la taille cellulaire au-delà de 65 ans plus prononcée dans la région préfrontale (43 %, 11 % et 13 % dans le cortex préfrontal, pariétal et occipital respectivement). Toutefois, le nombre de cellules présentes dans le cortex frontal ne semble pas diminuer avec l'avancée en âge (Samson & Barnes, 2013).

D'autres chercheurs ont observé une baisse de volume concernant le thalamus (Van Der Werf et al., 2001) qui serait prédicteur de la vitesse de traitement, et une baisse de volume du striatum (Gunning-Dixon, Head, McQuain, Acker, & Raz, 1998). En effet, l'atrophie cérébrale accompagnant le vieillissement normal atteint les circuits cortico-striato-palido-thalamiques frontaux (Alexander et al., 1986) connectant le cortex frontal aux noyaux gris frontaux. Il est important de rappeler que ces boucles (circuits neuronaux) jouent un rôle important dans le contrôle du mouvement (Cambier et al., 2008), dans la régulation des comportements et des conduites cognitives complexes.

Raz (2000) avait mis en évidence une corrélation entre l'âge et le volume cérébral variable, allant de 47 % pour le cortex préfrontal et 32 % pour le striatum (noyau caudé et putamen) à 27 % pour le cortex temporal et 29 % pour le cortex pariétal. Raz, Gunning-Dixon, Head, Dupuis, et Acker (1998) avaient déjà montré l'existence d'une relation significative entre les performances des sujets âgés en mémoire de travail et leur volume cérébral frontal. D'autres auteurs (Hanninen et al., 1997) ont montré une relation significative entre le volume cérébral frontal et les capacités de flexibilité mentale chez 43 sujets âgés (70.5 ans en moyenne) présentant des troubles mnésiques.

Une étude effectuée, plus récemment, par Lindberg (2012), qui s'appuie sur le modèle neuroanatomique de Stuss (2008), confirme que l'avancée en âge est associée à une diminution du volume des régions corticales situées dans les lobes frontaux. Toutefois, les résultats obtenus (n = 505 ; 6 groupes d'âge différent : 60, 66, 72, 78, 83, 90 ans en moyenne) montrent que cette diminution du volume cérébral est plus importante dans

les régions préfrontales, comme le cortex orbitofrontal ( $n = 124$ ), que dans les régions limbiques, comme le gyrus cingulaire antérieur ( $n = 505$ ). Samson et Barnes (2013) soulignent que les fonctions cognitives qui dépendraient de l'hippocampe (e.g., cognition spatiale, apprentissage d'un parcours), ainsi que celles impliquant le cortex préfrontal (e.g., mémoire de travail, flexibilité), seraient particulièrement touchées lors du vieillissement normal. Cependant, des données précédentes avaient montré que la diminution du volume de l'hippocampe, dont le rôle est essentiel aussi au fonctionnement de la mémoire, était moins importante que celle du cortex préfrontal (Isingrini, 2004).

Dans une étude de Nissim et al. (2016), la détérioration des performances de 27/56 personnes âgées (70,29 ans en moyenne) dans une tâche de mémoire de travail était associée à une réduction du volume de différentes régions corticales droites : le gyrus frontal orbitaire médian, le gyrus frontal inférieur et le gyrus frontal supérieur. Cox et al. (2014), sur la base des performances de 90 sujets âgés (73 ans en moyenne) à 6 tests frontaux (Tower, Self-ordered pointing task, Simon, Reversal learning, dilemmes moraux et faux pas) et des données neuroanatomiques obtenues, montrent que le volume des régions frontales était significativement et positivement corrélé à la plupart des scores obtenus aux tests proposés. De plus, les résultats issus de cette étude suggèrent que les changements observés au niveau des régions dorsolatérales et du cortex cingulaire antérieur avaient un impact plus important sur le vieillissement cognitif par rapport aux modifications dans d'autres régions cérébrales (Cox et al., 2014). Driscoll et al. (2009) montrent que la diminution du volume cérébral s'accélère, au cours du vieillissement normal, dans le système ventriculaire qui participe à la sécrétion et à la circulation du liquide céphalorachidien, dans la matière grise frontale, mais également dans les régions supérieures, médianes et médianes frontales, et pariétales supérieures.

En ce qui concerne les changements observés, plus précisément, au niveau de la substance blanche et de la substance grise, Tisserand et al. (2002) (voir aussi Samson & Barnes, 2013 ; Wellington, Bilder, Napolitano, & Szeszko, 2013) affirment que le volume de substance blanche frontale reste relativement stable jusqu'à un âge avancé (65-70 ans), pour décroître ensuite rapidement. Cette diminution de la matière blanche de 16 à 20 % est observée au niveau du gyrus précentral, du gyrus rectus et du corps calleux (Lockhart & DeCarli, 2014), aires qui ne montrent que 6 % de réduction de matière grise (Meier-ruge, Ulrich, Brühlmann, & Meier, 1992). Kennedy et Raz (2009) ont étudié les liens susceptibles d'exister entre l'intégrité de la substance blanche dans plusieurs régions cérébrales (corps calleux, capsule interne, régions préfrontale, temporale, pariétale et occipitale) et les performances de 52 sujets (19-81 ans) dans des tâches de vitesse de



traitement, de mémoire de travail, d'inhibition, de flexibilité et de mémoire épisodique. Les résultats obtenus montrent que les modifications dans les régions antérieures étaient associées à une perturbation de la vitesse de traitement et des capacités de mémoire de travail. Les changements observés dans les régions postérieures étaient liés à une détérioration des processus d'inhibition et de flexibilité. La perturbation des capacités de mémoire épisodique était liée à des réductions de substance blanche dans les régions cérébrales centrales (Kennedy & Raz, 2009). Ces données confirment celles de O'Sullivan et al. (2001), qui montraient l'existence de liens entre la réduction de la matière blanche antérieure et le déclin des FE chez la personne âgée.

Une autre étude post-mortem (Kemper, 1994) met en évidence une atrophie plus importante de la substance blanche frontale que de la substance grise. Cependant, le volume de la substance grise commencerait à diminuer à partir de 20 ans (Wellington et al., 2013), surtout dans le cortex préfrontal, à cause de 2 phénomènes : la mort neuronale et la réduction de la densité synaptique, voire de la taille et du nombre de connexions inter-neuronales (Harada et al., 2013 ; Samson & Barnes, 2013). Même si ces données ont été confirmées en utilisant les techniques d'IRM chez l'âge sain (Resnick et al., 2000), toutes les études ne sont pas concordantes.

En ce qui concerne le métabolisme frontal, N. D. Anderson et Craik (2000) montrent qu'il diminue lorsque les sujets effectuent des activités cognitives complexes, comme par exemple des doubles tâches. Plusieurs chercheurs (Cabeza et al., 1997 ; Grady et al., 1995 ; Schacter, Savage, Alpert, Rauch, & Albert, 1996), qui se sont intéressés au débit sanguin cérébral en réponse à des tâches de mémoire explicite, ont montré des différences liées à l'âge pour l'activation frontale au moment de l'encodage et de la récupération. D'autres études sur les différences d'activation cérébrale lors du vieillissement normal ont été présentées dans la section 2.3 (p. 58).

Malgré les modifications décrites au niveau du volume cortical et cellulaire frontal, plusieurs études ont montré une sur-activation, une dé-différentiation et un phénomène de compensation plus importants dans les régions préfrontales, chez les personnes adultes et âgées. Parmi les théories formulées pour expliquer les changements observés avec l'avancée en âge, l'**hypothèse « exécutive-frontale »** du vieillissement (West, 1996) semble être, à l'heure actuelle, la plus solide et celle qui est partagée par la plupart des chercheurs (Cox et al., 2014 ; Nissim et al., 2016 ; Samson & Barnes, 2013). En effet, selon cette hypothèse, l'essentiel des détériorations observées au cours du vieillissement s'expliquent par l'atteinte préférentielle des aptitudes psychologiques supportées par les lobes frontaux (West, 2000). Les modifications liées à l'âge seraient donc consécutives à une perturbation

précoce du fonctionnement frontal qui permettrait d'expliquer les principales altérations cognitives observées chez les aînés.

Selon cette conception, le contrôle exécutif serait parmi les premières fonctions cognitives qui se modifieraient au cours du vieillissement normal (West, 1996 ; West, 2000). Les données neuropsychologiques (Isingrini, 2004) indiquent par ailleurs que, comparées aux jeunes, les personnes âgées présentent un déclin des capacités exécutives, révélé par leur performance à des tests neuropsychologiques classiques, tels que le WCST, le TMT, les tests de Stroop, de fluence verbale, de la tour de Londres et de Hanoï, ces derniers évaluant les capacités de planification. D'autres données seront détaillées par la suite.

Les FE ne sont pas les seules habiletés cognitives à être supportées par les lobes frontaux, donc à subir des perturbations lors du vieillissement normal (Denburg & Hedgcock, 2015). De plus, les études montrent que les différentes catégories de fonctions frontales ne sont pas toutes perturbées de la même façon (Lamar & Resnick, 2004 ; MacPherson, Phillips, & Della Sala, 2002). Ces résultats pourraient être dus aux modifications morphologiques observées dans les différentes régions cérébrales (frontales, pariétales, temporales, occipitales) ou, plus particulièrement, dans les régions frontales dorsolatérales et orbitaires (Phillips & Della Sala, 1998). Une autre explication possible renvoie au fait que le retentissement des modifications cérébrales dépend largement du milieu de vie de la personne âgée, de son histoire antérieure et de ses ressources propres (Bouisson, 2005).

Pour résumer, les arguments qui peuvent être évoqués à l'appui de cette hypothèse sont les modifications morphologiques observées chez les aînés, surtout dans les régions frontales, la diminution de l'activité métabolique frontale, et la dégradation des capacités cognitives dépendantes de l'intégrité des lobes frontaux (De Beni & Borella, 2015). L'hypothèse exécutive-frontale pose néanmoins une question fondamentale : le vieillissement normal du fonctionnement frontal affecte-t-il toutes les compétences frontales ou seulement certaines ? Les chercheurs ont souvent essayé de répondre à cette question en effectuant des comparaisons entre les performances d'aînés en bonne santé et celles de patients ayant reçu un diagnostic de trouble cognitif léger ou atteints de la maladie d'Alzheimer (Belleville, Bherer, Lepage, Chertkow, & Gauthier, 2008 ; Bherer, Belleville, & Hudon, 2004 ; Gonneaud et al., 2009), ou d'une démence frontotemporale (Gonneaud et al., 2009 ; Piquard, Derouesné, Lacomblez, & Siéroff, 2004 ; Piquard, Derouesné, Meininger, & Lacomblez, 2010), à des tests frontaux. En effet, leur objectif principal a été d'étudier les signes cliniques qui sont communs ou spécifiques au vieillissement normal et au vieillissement pathologique, en utilisant des protocoles expérimentaux toujours différents.

Dans le présent manuscrit, nous présenterons surtout les études sur le fonctionnement normal des systèmes frontaux, qui se sont basées sur les performances de sujets jeunes, adultes et âgés en bonne santé (Calero & Navarro, 2011 ; Ghisletta & Lindenberger, 2005 ; Lindenberger & Baltes, 1997). Nous tenons également à préciser que de nombreux travaux réalisés en neuropsychologie du vieillissement s'appuient sur le modèle développé par Miyake et al. (2000) qui proposent un fractionnement du système exécutif. À partir d'analyses factorielles confirmatoires, ces auteurs affirment, plus particulièrement, que la mémoire de travail est sous-tendue par 3 processus : l'alternance ou flexibilité mentale, la mise à jour et l'inhibition (Miyake et al., 2000). Considérant que ces fonctions cognitives font partie des FE décrites par Stuss et Knight (2002), nous tiendrons aussi compte des résultats obtenus à partir du modèle de Miyake et al. (2000) dans la section suivante. Il faut souligner que, même si dans le cadre de ces travaux l'inhibition est étudiée de façon spécifique, les données obtenues par Stuss et Alexander (2007) ne permettent pas d'isoler cette habileté d'un point de vue cognitif. Les auteurs expliquent leurs résultats par le fait que tout choix présuppose la sélection d'une réponse considérée comme la plus adaptée au contexte, donc l'inhibition des réponses non pertinentes. En effet, selon Stuss et Alexander (2007), l'inhibition existerait seulement d'un point de vue neurobiologique et neurochimique. Les résultats divergents relatifs à l'intégrité des capacités d'inhibition dans le vieillissement normal pourraient s'expliquer par le fait que cette fonction n'est pas un processus unitaire, mais plutôt un ensemble de processus spécifiques et distincts (Collette & Salmon, 2014).

Nous focaliserons ainsi notre attention sur les études ayant évalué au moins l'une des 4 catégories de fonctions frontales décrites par Stuss (2008) : les FE, la PD, l'énergisation et la métacognition (conscience de soi et TDE), ces habiletés pouvant être perturbées de façon sélective au cours du vieillissement normal (pour revue voir Calso et al., 2016 ; Annexe 5). Faire référence à un modèle neuroanatomique comme celui développé par Stuss et al. (2002) permettra d'étudier l'évolution d'aptitudes de niveau supérieur indispensables dans la réalisation d'AVQ ainsi que dans la réalisation d'activités nouvelles.

#### **2.4.2 Contrôle exécutif**

L'essentiel de nos connaissances actuelles sur le vieillissement cognitif normal repose sur l'étude des habiletés exécutives (Glisky, 2007). L'hypothèse d'une perturbation du fonctionnement exécutif implique qu'une altération des performances à des épreuves exécutives, complexes ou spécifiques, soit observée chez les aînés (Isingrini, 2004). Plusieurs auteurs suggèrent que les FE sont particulièrement sensibles aux effets du vieillissement

et que leur perturbation a des liens avec l'autonomie et le comportement des personnes âgées au quotidien (Amieva, Phillips, & Della Sala, 2003 ; Daigneault, Joly, & Frigon, 2002 ; Jacus et al., 2012 ; Jacus, Bayard, Raffard, & Gély-Nargeot, 2013 ; Piquard et al., 2010 ; Royall, Palmer, Chiodo, & Polk, 2004 ; Vaughan & Giovanello, 2010). La plupart des travaux réalisés ont permis d'étudier les effets de l'âge sur les capacités mnésiques (mémoire épisodique, autobiographique, prospective, verbale et visuo-spatiale) et sur le contrôle exécutif (Charlot & Feyereisen, 2005 ; Duval et al., 2007 ; El Haj & Allain, 2012 ; Geraci & Barnhardt, 2010 ; Isingrini & Taconnat, 1998 ; Kemps & Newson, 2006 ; Kvavilashvili, Kornbrot, Mash, Cockburn, & Milne, 2009 ; Piolino et al., 2010 ; Souchay, Moulin, Clarys, Taconnat, & Isingrini, 2007). Une étude s'est intéressée aux capacités de résolution de problèmes numériques dans le vieillissement normal (Allain, Kauffmann, Dubas, Berrut, & Le Gall, 2007), en suggérant que le vieillissement normal ne s'accompagne pas d'un dysfonctionnement de l'ensemble du système frontal, mais qu'il affecterait préférentiellement le système frontal dorsolatéral ce qui, sur le plan cognitif, se traduirait par une perturbation sélective des processus cognitifs sous-tendus par ces régions (MacPherson et al., 2002).

D'autres travaux portent exclusivement sur l'évolution des FE au cours du vieillissement normal (Borella, Ludwig, Fagot, & De Ribaupierre, 2011 ; Bugajska et al., 2007 ; Etienne, Marin-Lamellet, & Laurent, 2008 ; Huizinga, Dolan, & van der Molen, 2006 ; Salthouse, Atkinson, & Berish, 2003 ; Sylvain-Roy, 2013 ; Taconnat & Lemaire, 2014 ; Vallesi, Hasher, & Stuss, 2010). Les résultats obtenus par ces auteurs indiquent que les 3 composantes exécutives décrites par Miyake et al. (2000) (inhibition, mise à jour et flexibilité mentale) ne subissent pas les effets du vieillissement de manière identique. Dans une récente revue de littérature, Collette et Salmon (2014) détaillent les effets du vieillissement sur ces 3 processus, ainsi que les modifications au sein des réseaux cérébraux qui sont associés à ces habiletés (Miyake et al., 2000). Les auteurs discutent également l'influence des capacités attentionnelles, des ressources en mémoire de travail et de certaines caractéristiques génétiques sur les modifications observées avec l'avancée en âge. Lors du vieillissement normal, certains processus semblent être particulièrement perturbés : les capacités de mise à jour, lorsque la charge mnésique est plus importante (Van der Linden et al., 1994), les capacités de flexibilité globales, qui font référence au maintien et à la sélection en mémoire de travail de 2 plans mentaux, alors qu'il n'existe pas d'effet de l'âge sur les capacités de flexibilité spécifiques, qui concernent l'alternance entre ces 2 plans mentaux (Verhaeghen & Cerella, 2002 ; Wasylshyn, Verhaeghen, & Sliwinski, 2011). Il existerait aussi une altération spécifique des processus d'inhibition contrôlés, ou intentionnels (Andrés, Guerrini, Phillips,

& Perfect, 2008), associée à une préservation des processus d'inhibition automatiques, ou non intentionnels (Collette & Salmon, 2014; Hogge, Salmon, & Collette, 2008).

Henry et Phillips (2006) se sont intéressés aux capacités de fluence verbale, montrant que les personnes âgées peuvent avoir des performances similaires à celles des jeunes pour la tâche de fluence verbale sémantique, et des meilleures performances pour le test de fluence verbale littérale. Ces auteurs soulignent que la différence observée entre les performances des participants jeunes/âgés diminuait lorsqu'ils contrôlaient les mesures d'intelligence cristallisée. En outre, les aînés ( $n = 64$ ; 60-88 ans) réalisaient un nombre d'erreurs persévératives plus élevé, par rapport aux sujets jeunes ( $n = 69$ ; 18-40 ans), et ce dans les 2 tâches de fluence verbale. Une étude de Troyer, Moscovitch, et Winocur (1997) avait déjà mis en évidence les types d'erreurs qui caractérisent la performance des personnes âgées dans la tâche de fluence verbale, cette épreuve étant constituée de 2 composantes fondamentales. La première composante étudiée a été la capacité de produire des mots faisant partie de sous-catégories littérales et sémantiques différentes, la deuxième a été la capacité d'alterner entre ces catégories. Les sujets jeunes ( $n = 41$ ; 18-35 ans) produisaient un nombre plus important de mots, par rapport aux sujets âgés ( $n = 54$ ; 60-89 ans), dans le test de fluence verbale sémantique et alternaient plus souvent entre les différentes sous-catégories. Lors du test de fluence verbale littérale, les sujets âgés produisaient un nombre significativement plus élevé de catégories que les sujets jeunes. Troyer et al. (1997) affirment que les difficultés rencontrées par les aînés pouvaient être dues à la nécessité d'accéder à l'information maintenue en mémoire à long terme et de la manipuler (implication de processus exécutifs). En outre, leur données suggèrent une dissociation des 2 composantes prises en considération (catégorisation et alternance) ainsi qu'une implication du fonctionnement cognitif frontal dans l'habileté à alterner entre les sous-catégories.

Dans un autre travail de recherche, MacPherson et al. (2002) ont évalué l'effet de l'âge sur la réalisation de 3 tests exécutifs et de mémoire de travail (capacités dépendantes de l'intégrité du cortex préfrontal dorsolatéral) ainsi que de 3 épreuves de PD sociale et émotionnelle (habiletés dépendantes de l'intégrité du cortex préfrontal ventromédian). Les résultats obtenus montrent que les participants âgés ( $n = 30$ ; 61-80 ans) obtenaient des scores inférieurs, par rapport aux adultes ( $n = 30$ ; 40-59 ans) et aux sujets jeunes sains ( $n = 30$ ; 20-38 ans), dans toutes les tâches exécutives (WCST, Self-ordered pointing task, Delayed-response task) et des scores similaires dans les tâches évaluant les capacités de PD (IGT; voir la section 2.4.3, p. 74) et de TDE (test du faux pas, Emotion identification task; voir la section 2.4.6, p. 82). Sur la base de ces données, les auteurs (MacPherson

et al., 2002) suggèrent une atteinte spécifique des fonctions sous-tendues par les régions préfrontales dorsolatérales, au cours du vieillissement normal.

Etienne et al. (2008), après avoir évalué et comparé les performances de 30 jeunes adultes (18-30 ans) et de 29 sujets âgés sains (65-78 ans) sur une batterie de tests exécutifs (GREFEX, test de n-back, Plus-Minus Test [PMT]), ont observé que les performances des aînés aux tests de Stroop et de n-back, évaluant respectivement l'inhibition et la mise à jour, étaient altérées mais pas celles au PMT, l'une des épreuves utilisées pour mesurer la flexibilité mentale (Calso et al., 2016).

Dans une étude plus récente, Sylvain-Roy, Lungu, et Belleville (2015) confirment que le vieillissement normal a un impact différentiel sur les fonctions de contrôle attentionnel. Les auteurs ont essayé d'identifier les processus qui contribuent à la réalisation de différentes tâches de mémoire de travail (PMT, Number-letter task, Left-right shifting, Antisaccade task, Stroop test, Keep-track task, Tone-monitoring task, Letter updating task) et de voir si cette contribution diffère selon le groupe d'âge des participants. Bien que les performances des personnes âgées ( $n = 75$ ; 70,9 ans en moyenne) étaient inférieures à celles des jeunes adultes ( $n = 75$ ; 23,7 ans en moyenne) aux tâches d'alternance, d'inhibition et de mise à jour, la différence n'était significative que pour l'inhibition, lorsque l'impact du ralentissement cognitif était contrôlé.

Ensuite, Sylvain-Roy et Belleville (2015) ont étudié la variabilité interindividuelle auprès des mêmes participants. Grâce au partitionnement en K-moyennes, elles ont pu mettre en évidence 3 profils de contrôle attentionnel distincts au sein de l'échantillon de personnes âgées : un sous-groupe de participants ayant des meilleures performances en inhibition, un sous-groupe de sujets ayant des performances particulièrement élevées en mise à jour, et un sous-groupe de sujets présentant une faiblesse relative en inhibition. Les capacités d'inhibition semblent donc être critiques pour distinguer les 3 sous-groupes de personnes âgées. Trois profils de contrôle attentionnel ont également été identifiés chez les jeunes : un sous-groupe de sujets ayant des performances globalement élevées (surtout dans les épreuves de flexibilité et d'inhibition), un sous-groupe de participants ayant des performances qui se situaient dans la moyenne, comparativement au reste de l'échantillon, un sous-groupe de sujets ayant des performances globalement plus faibles à tous les tests. Ces données montrent que les profils des participants âgés étaient plus hétérogènes que ceux des jeunes. En outre, les aînés présentant une faiblesse relative en inhibition montraient de plus bas niveaux de fonctionnement cognitif global et d'intelligence cristallisée, ainsi que des symptômes dépressifs et des facteurs de risque vasculaire.

Certaines études (Kray & Lindenberger, 2000 ; Salthouse et al., 2000) montrent que

la vitesse de traitement et les capacités de mémoire de travail peuvent être considérées comme des bons indicateurs de la performance des aînés au test de Stroop. Ces résultats confirment l'existence d'une influence du fonctionnement attentionnel sur l'intégrité du fonctionnement exécutif et que les performances des personnes âgées ne dépendent pas seulement de variables exécutives, mais aussi de variables non exécutives (Collette & Salmon, 2014).

Des travaux récents (e.g., Euteneuer et al., 2009) suggèrent que les FE sont impliquées dans les capacités de PD sous risque. Il semblerait que des choix plus avantageux soient accompagnés de meilleures performances des sujets dans des tests exécutifs et que le processus de PD soit accompagné d'activations dans les régions cérébrales préfrontales et souscorticales, fréquemment associées aux FE (Jurado & Rosselli, 2007). Schiebener et al. (2014) ont ainsi étudié les éventuels effets de 3 sous-processus exécutifs (contrôle, formation de concept et maintien) sur les performances de 152 sujets sains (18-75 ans) dans une tâche informatisée de PD sous risque explicite appelée Game of Dice Task (GDT ; Brand et al., 2005 ; Brand et al., 2007). Dans cette tâche, le sujet devait essayer d'augmenter son capital de départ (1000 euros) durant 18 lancers d'un dé virtuel. Avant chaque lancer, le sujet devait deviner le chiffre qu'il allait obtenir (1 à 6) : il pouvait choisir un seul chiffre ou une combinaison de 2, de 3, ou de 4 chiffres. Si le participant choisissait l'une de ces 2 dernières combinaisons (de 3 ou de 4 chiffres), il avait plus de chance de gagner. Une description plus détaillée de cette épreuve sera proposée dans la section 6.2 (p. 135). Les résultats obtenus par Schiebener et al. (2014) montrent que la formation de concept et le maintien (impliquant la catégorisation, la détection de règles et la capacité de supervision cognitive et comportementale) avaient des effets indirects sur la PD, le processus de contrôle étant le médiateur dans cette relation. En revanche, le processus de contrôle, basé sur l'auto-contrôle attentionnel et comportemental, avait un effet direct sur la PD. Il pourrait donc être considéré comme un bon prédicteur des capacités de PD, que nous traiterons plus en détail dans la section suivante.

### **2.4.3 Autorégulation et PD**

L'habileté à prendre des décisions peut relever autant de la stratégie et de la cognition que dépendre de composantes psycho-affectives et émotionnelles (Jacus et al., 2012). Comme déjà précisé, le vieillissement peut modifier les processus de contrôle exécutif, mais aussi la façon dont nous régulons et utilisons nos émotions (autorégulation comportementale et émotionnelle). C'est pour cette raison que les capacités de PD peuvent se détériorer avec l'avancée en âge.

Il semblerait que les personnes âgées utilisent plus volontiers les émotions positives pour effectuer un choix, alors que les jeunes s'appuient davantage sur le système aversif qui recouvre les mécanismes neurobiologiques liés à la menace et à l'évitement (Denburg et al., 2007 ; Denburg, Recknor, Bechara, & Tranel, 2006). Cela se traduit par une tendance des personnes âgées à éluder la question de la décision, s'en remettant fréquemment à l'avis de leurs proches concernant certains choix de vie quotidienne (e.g., vendre une maison, aller chez le médecin ; Sinz, Zamarian, Benke, Wenning, & Delazer, 2008).

Certains travaux qui s'intéressent à l'évolution des capacités de PD se basent sur la comparaison entre les performances de participants jeunes, celles de participants âgés sains et celles de patients présentant des lésions frontales ventromédianes (e.g., Fellows & Farah, 2005). Il est également important de préciser que la littérature sur ce sujet fait souvent référence aux capacités des sujets à prendre des décisions dans différentes situations sous risque implicite ou explicite. Par exemple, les résultats obtenus par Fellows et Farah (2005), dans une étude utilisant l'IGT (version informatisée) comme mesure de la PD sous risque implicite, montrent que les patients atteints de lésions dans le cortex préfrontal ventromédian ( $n = 9$  ; 57,1 ans en moyenne) piochaient plus souvent dans les tas désavantageux que les sujets contrôles (17 sujets âgés de 55,4 ans en moyenne et 14 sujets âgés de 59,1 ans en moyenne). Toutefois, ces chercheurs mettent en évidence des performances similaires à l'IGT chez ces patients et ceux présentant des lésions dans les régions frontales dorsolatérales ( $n = 11$  ; 63 ans en moyenne), probablement à cause d'une implication des habiletés supportées par ces aires cérébrales dans la réalisation de la même tâche. Les perturbations observées chez les patients présentant des lésions ventromédianes semblent pouvoir être expliquées par un déficit du *reversal learning*, c'est-à-dire de la capacité à apprendre rapidement sur la base des feedbacks négatifs reçus (Fellows, 2007).

D'autres travaux portent exclusivement sur le vieillissement normal des habiletés de PD. Dror, Katona, et Mungur (1998) ont sélectionné 36 participants, dont la moitié étaient âgés entre 59 et 91 ans et l'autre moitié entre 18 et 22 ans. Ils avaient tous une expérience comparable dans le jeu du blackjack, aspect non négligeable, car l'épreuve informatisée proposée était constituée de 153 essais, divisés en 9 blocs de 17 essais chacun qui étaient classifiés en fonction du risque associé à la décision prise. En effet, le participant prenait des risques en choisissant d'obtenir ou pas une carte additionnelle outre les 2 initiales, en sachant que la valeur de chaque carte allait de 2 à 10. L'objectif du test était d'obtenir la somme la plus élevée possible, en additionnant la valeur de chaque carte, sans dépasser le nombre "21". Les sujets jeunes et âgés rencontrés par ces auteurs avaient pris des décisions similaires dans les différents essais, adaptant leur comportement au niveau de



risque présent. De plus, les aînés ne montraient pas de ralentissement de la vitesse de traitement des informations durant le processus de PD, par rapport aux participants jeunes. Tous les sujets ont été plus rapides dans les tests simples, présentant moins de risques, que dans les tests plus complexes.

Les résultats obtenus par MacPherson et al. (2002), présentés précédemment, montrent que les personnes âgées en bonne santé géraient mieux les règles d'associations choix-récompense-sanction, caractérisant les habiletés d'autorégulation et de PD, que la planification, l'un des processus exécutifs évalués. Une étude effectuée par Maia et McClelland (2004) avait révélé une connaissance "précoce" des stratégies avantageuses à mettre en place durant l'IGT. En outre, les réponses données par les participants jeunes ( $n = 20$ ) au questionnaire proposé (évaluation des connaissances préalables) permettaient de connaître leur niveau de compréhension, qui était globalement suffisant pour réaliser la tâche. Le comportement des participants ainsi que leurs comptes rendus montraient une bonne capacité à accéder aux informations pertinentes (risque lié à chaque tas de cartes), sans impliquer de marqueurs somatiques, qui sont de nature inconsciente (Bechara et al., 1997). Les stratégies mises en place dans la même tâche de PD ont été évaluées chez 88 sujets jeunes (18-34 ans) et 67 sujets âgés (65-88 ans) par Wood, Bussemeyer, Koling, Cox, et Davis (2005). Les 2 groupes de participants ont eu des performances similaires à l'IGT, tout en utilisant des stratégies différentes. Les sujets jeunes impliquaient surtout leurs capacités d'apprentissage et de mémoire, tandis que les aînés s'appuyaient sur des représentations exactes des gains et des pertes associés au choix (Wood et al., 2005). Cependant, les données relatives au vieillissement normal des fonctions d'autorégulation et de PD ne sont pas toutes concordantes.

Dans une étude effectuée par Deakin, Aitken, Robbins, et Sahakian (2004), les capacités de PD se détérioraient avec l'avancée en âge ( $n = 177$ ; 17-73 ans). Les sujets ayant un QI verbal (National Adult Reading Test [NART]) plus élevé effectuaient leurs choix plus rapidement et montraient des meilleures performances en PD. En outre, la tâche informatisée qui a été proposée par ces auteurs incluait plusieurs mesures comportementales relatives à différents niveaux d'impulsivité. L'analyse effectuée montre que les performances des participants étaient sous-tendues par 2 facteurs en particulier : la tolérance du risque (associée à l'âge) et l'aversion retardée. Aucun de ces facteurs n'étaient lié au QI verbal.

Denburg, Tranel, et Bechara (2005) ont évalué les habiletés de PD chez un groupe de sujets âgés entre 26 et 55 ans ( $n = 40$ ) et un deuxième groupe constitué de 40 sujets âgés entre 56 et 85 ans, au moyen de l'IGT. À partir des résultats obtenus, les auteurs montrent qu'un certain nombre de personnes âgées (14/40) présentaient des faibles performances à

cette épreuve, par rapport aux participants jeunes (3/40), sans qu'il y ait un déclin du fonctionnement cognitif global. La détérioration de ces capacités cognitives suggère donc un vieillissement disproportionné du cortex préfrontal ventromédian chez des sujets âgés en bonne santé.

Fein, McGillivray, et Finn (2007) ont testé l'hypothèse selon laquelle les personnes âgées feraient moins de choix avantageux que les sujets jeunes dans l'IGT. Dans cette étude, les auteurs ont effectué plusieurs mesures neuropsychologiques (dont une évaluation de la PD, des capacités exécutives, visuo-constructives et de lecture), chez 164 sujets sains âgés entre 18 et 85 ans. Les traits de la personnalité et la présence de symptômes psychopathologiques ont également été pris en considération. Le groupe de sujets jeunes était constitué de 112 volontaires âgés entre 18 et 55 ans. Un deuxième groupe était constitué de 52 personnes âgées de 56 à 85 ans. Les résultats obtenus ont permis de vérifier l'hypothèse de départ, car le groupe de participants âgés présentait des performances significativement inférieures par rapport à celles des sujets jeunes à l'IGT. En outre, Fein et al. (2007) ont montré une association entre les choix désavantageux et la présence de symptômes obsessionnels chez les aînés, ainsi qu'entre ce type de choix et des symptômes antisociaux chez les sujets jeunes. Les performances des participants à l'IGT étaient liées positivement à la mémoire de travail auditive et à l'habileté psychomotrice chez les sujets jeunes, à la mémoire immédiate chez les personnes âgées.

Une autre étude montre que 52 personnes âgées entre 55 et 88 ans avaient des performances similaires à celles de 33 sujets adultes âgés entre 18 et 54 ans dans la Probability-associated gambling task (Zamarian, Sinz, Bonatti, Gamboz, & Delazer, 2008), et qu'elles obtenaient des scores inférieurs à l'IGT. Ces résultats peuvent être expliqués par le fait que si les FE, qui contribuent à prendre des décisions, subissent des modifications avec l'avancée en âge, les capacités de PD pourraient aussi se modifier. Les aînés ont également été moins performants que les jeunes dans une tâche qui demande l'apprentissage d'associations stimulus-récompense et ils pouvaient présenter une altération au niveau de l'interaction fronto-striatale dans la PD basée sur la récompense, selon une étude de Mell (2009). Plus précisément, les participants jeunes ( $n = 14$ ; 26,48 ans en moyenne) recrutaient les régions préfrontales dorsolatérales dans les phases initiales de l'apprentissage, alors que les aînés ( $n = 14$ ; 67,82 ans en moyenne) recrutaient les mêmes régions cérébrales lorsque les associations liées à une récompense étaient déjà acquises. De plus, Mell (2009) a observé un changement moins important dans les régions ventro-striatales (effet BOLD) chez les sujets âgés, par rapport aux sujets jeunes, lorsque la probabilité de recevoir une récompense était élevée.

Beitz, Salthouse, et Davis (2014) ont effectué une étude auprès de 1583 sujets sains âgés entre 5 et 89 ans (5-10 ans, 11-16 ans, 17-29 ans, 39-59 ans, 60-89 ans) au moyen de la version informatisée de l'IGT. Les résultats obtenus confirment ceux présentés dans des études précédentes. Plus en détail, les enfants étaient moins performants à l'IGT, par rapport aux autres participants : ils étaient fortement influencés par la fréquence des pertes pendant la phase d'apprentissage et modifiaient constamment leurs décisions. Après l'enfance, ce comportement changeait, ainsi les stratégies "impulsives" laissaient progressivement la place à des stratégies "consistantes", basées sur la valeur attendue, en fonction du tas de cartes choisi. Les performances des participants se détérioraient avec l'avancée en âge. Cependant, Beitz et al. (2014) tiennent à préciser que les perturbations observées au niveau des performances des enfants et des personnes âgées à l'IGT n'étaient pas similaires. Les aînés avaient tendance à oublier les derniers feedbacks reçus et étaient plus cohérents, par rapport aux enfants, dans le choix des tas. Les capacités de PD se développeraient plus particulièrement durant l'adolescence, pour se détériorer après 60 ans, en même temps que d'autres processus cognitifs (Beitz et al., 2014). En effet, il semblerait que d'autres habiletés cognitives (e.g., processus mnésiques ; Lighthall, Huettel, & Cabeza, 2014) soient impliquées dans cette tâche de PD.

Un autre travail récent (Han et al., 2016) a permis d'étudier les divergences existantes entre vieillissement normal des capacités de PD (6 items concernant les finances et 6 items relatifs aux services de santé) et d'autres fonctions cognitives (tests évaluant la mémoire, la fluence verbale, la dénomination, la lecture, l'orientation de lignes et le raisonnement). Les résultats obtenus par Han et al. (2016) montrent que 23,9 % des participants (n = 689 ; 81,8 ans en moyenne) présentaient une différence significative entre la PD et le fonctionnement cognitif global évalués. Parmi ces sujets, 12,9 % présentaient des performances affaiblies en PD, 11 % montraient des performances inférieures aux tests mesurant les capacités cognitives globales par rapport aux mesures de la PD. Seulement les caractéristiques socio-démographiques (âge, sexe et culture d'origine) étaient liées à la différence existante entre la PD et les autres fonctions cognitives. Toutefois, le niveau d'éducation et de dépression, les revenus et l'impulsivité des participants n'étaient pas associés à cette divergence.

Les effets de l'âge sur la PD peuvent concerner la situation vécue, les feedbacks reçus et/ou le niveau de risque. Les stratégies mises en place dans une tâche de PD pourraient également subir des modifications. Il faudrait manipuler chacune de ces variables pour savoir comment cette habileté évolue dans le vieillissement normal. Dans un travail de recherche réalisé par Samson et al. (2015) chez l'animal sain, la moitié des rats jeunes

(7/14) et la totalité des rats âgés ( $n = 8$ ) sélectionnés adaptaient leur comportement en fonction de la probabilité qu'ils avaient de gagner. L'autre moitié des rats jeunes ne prenaient en considération que les récompenses reçues. Lorsque la probabilité de gagner passait d'incertaine à certaine, les rats âgés choisissaient le levier associé à une petite récompense qu'ils étaient sûrs d'obtenir. Ces rats montraient une augmentation de leur sensibilité au feedback négatif dans une situation appelée *lose-shift* (perte/déplace *versus* gain/reste). La sensibilité au gain ainsi que la discrimination de l'ampleur des récompenses ne semblaient pas se détériorer avec l'avancée en âge (Samson et al., 2015). Le vieillissement normal serait ainsi caractérisé par une perturbation du comportement successif aux pertes (régulation émotionnelle).

#### 2.4.4 Énergisation

Dans la section relative au vieillissement normal des FE (p. 67), nous avons cité les études ayant utilisé le test de fluence verbale. Il est ici important de rappeler que les capacités impliquées dans cette épreuve dépendent de l'intégrité des régions frontales latérales et de celle des régions frontales médianes (Stuss & Knight, 2002). Le contrôle exécutif et les processus d'énergisation joueraient ainsi un rôle fondamental dans la réalisation des tâches de fluence verbale littérale et sémantique, respectivement dans la production de mots durant les premières 15/60 secondes ainsi que d'erreurs, et dans la production de mots durant les dernières 45/60 secondes de l'épreuve (Stuss, 2011 ; voir aussi Calso et al., 2016). À notre connaissance, aucune étude ne s'est intéressée au vieillissement normal des habiletés de fluence verbale en faisant cette distinction (FE/énergisation) sur la base de la production des aînés.

Quelques travaux de recherche ont été consacrés aux variations du TR, comme indicateur du fonctionnement cognitif et du vieillissement normal, à travers des tests de TR impliquant les capacités d'AP. Hultsch, MacDonald, et Dixon (2002) ont évalué les modifications liées à l'âge dans 3 types différents de variabilité : la variabilité interpersonnelle (diversité), la variabilité intra-personnelle d'une tâche à l'autre (dispersion) et la variabilité intra-personnelle dans le temps (inconsistance). Des sujets jeunes adultes ( $n = 99$ ), âgés de 17 à 36 ans, et des sujets âgés de 54 à 94 ans ( $n = 763$ ) ont été sélectionnés parmi ceux participant au Victoria Longitudinal Study. Toutes les personnes recrutées ont réalisé 4 types différents de tests informatisés de TR (simple, à choix, de décision lexicale et de décision sémantique). Les résultats obtenus ont mis en évidence une variabilité plus grande chez les personnes âgées que chez les sujets jeunes adultes, même lorsque les différences concernant la vitesse de traitement étaient statistiquement contrôlées. En outre,

les données relatives à la dispersion et à l'inconsistance étaient corrélées. Les différences dans l'inconsistance corrélaient négativement avec le niveau de performance dans les mesures de la vitesse de perception, de la mémoire de travail, de la mémoire épisodique et des habiletés cristallisées.

Dykiert, Der, Starr, et Deary (2012) ont voulu étudier la variabilité intra-individuelle dans le TR, correspondant à la variabilité des réponses d'un individu dans un même test, lors d'une seule expérimentation. Cette variabilité semble être plus élevée en présence de pathologies neurodégénératives, suite à un traumatisme crânien et dans le vieillissement normal (Myerson, Robertson, & Hale, 2007). Cette méta-analyse inclut des travaux de recherche réalisés chez 10 sujets sains âgés de moins de 60 ans (20-30 ans ; 40-59 ans) et au moins 10 sujets sains âgés de plus de 60 ans, au travers de tâches de TR simples et à choix. Les résultats obtenus par ces auteurs ont mis en évidence une variabilité plus grande chez les participants âgés que chez les sujets jeunes et adultes, surtout dans le test de TR à choix. La variabilité intra-individuelle a été plus importante chez les aînés. De plus, dans certains cas, l'augmentation de la variabilité intra-individuelle a été associée à des moyennes plus élevées des TR (Myerson et al., 2007).

Jackson, Balota, Duchek, et Head (2012) ont effectué une étude sur les liens existants entre le volume de matière blanche, la variabilité intra-individuelle et le TR chez 133 sujets âgés sains (46-96 ans) et 33 patients atteints de la maladie d'Alzheimer au stade initiale (61-88 ans). Les participants ont réalisé 3 tâches attentionnelles de TR, dont une version modifiée du test de Stroop. La deuxième épreuve utilisée est le test de Simon, dans lequel le sujet doit appuyer sur un bouton, à gauche ou à droite d'un clavier, pour indiquer la direction de la flèche, présentée à gauche/au centre/à droite d'un écran, en essayant d'inhiber sa position sur l'écran. La troisième épreuve proposée évalue la flexibilité. Dans ce cas, le sujet est impliqué dans 2 tâches différentes (lettre-nombre) : la lettre présentée pouvant être une consonne ou une voyelle, le nombre présenté pouvant être impair ou pair. Le sujet doit indiquer chaque fois la réponse correcte. Ces tests de TR ont été réalisés durant des mesures d'IRM du volume cérébral et régional de la matière blanche. Trois scores composites ont été obtenus à partir des moyennes des z-scores calculés sur la base des performances individuelles aux 3 tests attentionnels. Le volume de la matière blanche était lié négativement à la variabilité intra-individuelle et au ralentissement de la vitesse de traitement. Des volumes plus élevés de la matière blanche dans les régions pariétales inférieures étaient associés à des TR inférieurs. Les auteurs de cette étude (Jackson et al., 2012) précisent que les mesures utilisées étaient également sensibles à la détérioration des processus exécutifs.

Une autre étude effectuée par Kerchner et al. (2012) a permis d'étudier les liens existant entre l'intégrité de la matière blanche (IRM de diffusion) et la vitesse de traitement des informations dans le vieillissement normal. Les participants âgés sains ( $n = 131$  ; 55-87 ans) devaient réaliser des tests informatisés de TR à choix : 7 tâches visuospatiales ayant 1 à 4 conditions de réalisation chacune, pour un total de 14 scores composites individuels. Les analyses réalisées ont mis en évidence une réduction du TR avec l'avancée en âge. De plus, les mesures d'IRM effectuées pour la matière blanche dans des zones frontales et pariétales diffuses corrélaient négativement avec le TR des participants, toutefois, cette relation n'a pas été expliquée par une atrophie de la matière blanche ou grise. La détérioration de l'intégrité de la matière blanche était associée au lien existant entre l'âge et la vitesse de traitement (Kerchner et al., 2012).

Garrett, MacDonald, et Craik (2012) ont essayé de comprendre si la variabilité intra-individuelle pouvait être manipulée expérimentalement. Ces chercheurs ont étudié les performances de 41 sujets jeunes (18-34 ans) et 57 sujets âgés (60-82 ans) à un test de TR à choix, prenant aussi en considération les effets de feedbacks motivationnels donnés après chaque bloc d'items proposés (x 4 blocs, d'une durée totale de 15 minutes), leurs âge et niveau d'étude. Le fait de donner un feedback entre les différents blocs a permis d'observer une réduction de la variabilité intra-individuelle, surtout chez les sujets âgés ayant un niveau scolaire élevé. Cette réduction était tellement importante que les performances des aînés ayant bénéficié des feedbacks de l'expérimentateur ne présentaient plus de différences significatives par rapport aux performances des sujets jeunes dans les deux tiers des blocs d'items proposés (Garrett et al., 2012).

Dans un autre travail de recherche, Vaportzis, Georgiou-Karistianis, et Stout (2013) ont étudié les performances de 28 sujets jeunes âgés de 18 à 30 ans et de 28 personnes âgées de 60 ans et plus, dans 2 séries de tâches doubles. La première série apparaissait un test de TR à choix simple avec une tâche de rappel de chiffres vers l'avant, la deuxième apparaissait un test de TR à choix complexe avec une tâche de répétition de chiffres vers l'arrière. Les résultats obtenus montrent que les aînés étaient significativement plus lents que les sujets jeunes. Pour les 2 groupes de participants et pour les 2 séries de tests, le TR diminue et le nombre d'erreurs augmente avec un niveau de difficulté majeur des tâches. Les sujets âgés effectuaient plus d'erreurs dans la tâche double simple, tandis que les sujets jeunes présentaient des coûts cognitifs plus élevés dans la tâche double complexe (Vaportzis et al., 2013).

### **2.4.5 Conscience autoéotique**

Étudier la conscience de soi signifie s'intéresser à la conscience de ses propres perceptions, de son image du corps, de son identité, de son état affectif, de ses projets, de ses capacités d'introspection (Gil, 2007). De rares études sur l'évolution de la conscience de soi ont été effectuées et elles se focalisent surtout sur les modifications que ces habiletés subissent dans le cadre des démences (démence frontotemporale, maladie d'Alzheimer ; Fargeau et al., 2010 ; Gil, 2007 ; Martinelli, Anssens, Sperduti, & Piolino, 2012 ; Rankin, 2005). Nous ne savons que très peu de choses sur la conscience de soi dans le vieillissement normal, comme le fait que les personnes âgées ont une perception plus optimiste d'elles-mêmes et de l'environnement qui les entoure (Noel, 2012). Selon Taylor et Brown (1988), un biais de perception de la réalité et une surestimation de ses propres capacités de contrôle sur l'environnement sont caractéristiques de la personne âgée en bonne santé et peuvent même constituer un facteur protecteur sur le plan mental. Cette "illusion positive" ou "effet de positivité" peut se traduire par une plus grande saillance des émotions positives et une préférence pour ces émotions, ou par une diminution des émotions négatives alors que les émotions positives sont constantes (Alaphilippe, Bailly, Gana, & Martin, 2005 ; Noel, 2012). En effet, les aînés qui pensent être en bonne santé se plaignent moins, sont moins dépressifs, s'adaptent plus facilement, font plus d'activités et de projets pour l'avenir, avec un taux de mortalité moins élevé (Schoenfeld, Malmrose, Blazer, Gold, & Seeman, 1994). Une auto-évaluation positive ainsi qu'une bonne estime de soi contribuent au bien vieillir (Blazer, 2008 ; Levy, Slade, Kunkel, & Kasl, 2002).

En outre, Lalanne, Grolleau, et Piolino (2010) montrent que le cortex préfrontal médian, aussi impliqué dans le traitement en référence à soi, était plus actif pendant l'encodage d'informations positives chez les personnes âgées que chez les jeunes, mettant en évidence une sorte de biais de positivité chez les aînés qui focalisaient une attention plus forte sur les événements positifs et une diminution de l'attention pour les affects négatifs (Noel, 2012).

### **2.4.6 TDE cognitive et affective**

Plusieurs travaux ont été réalisés afin d'étudier les capacités de TDE au cours du vieillissement. Par exemple, aucune différence significative n'a été observée lorsque les participants devaient prendre en considération la perspective d'un seul personnage (McKinnon & Moscovitch, 2007 ; Slessor, Phillips, & Bull, 2007) ou lorsqu'un personnage commettait un faux pas social (MacPherson et al., 2002).

Quelques années plus tard, d'autres auteurs (Bailey & Henry, 2008 ; Charlton, Barrick, Markus, & Morris, 2009 ; Duval, Piolino, Bejanin, Eustache, & Desgranges, 2011 ; German & Hehman, 2006 ; Keightley, Winocur, Burianova, Hongwanishkul, & Grady, 2006 ; Pardini & Nichelli, 2009 ; Phillips, MacLean, & Allen, 2002 ; Sullivan & Ruffman, 2004b) ont obtenu des résultats divergents, les performances des aînés étant inférieures à celles des autres participants aux épreuves de TDE proposées. Les résultats obtenus dans différents travaux de recherche seront présentés ci-après. Deux revues de littérature ont été récemment publiées par Moran (2013) et par Kemp, Després, Sellal, et Dufour (2012) sur l'évolution des capacités de TDE cognitive et affective au cours du vieillissement normal et pathologique.

### **TDE cognitive de premier/deuxième ordre**

Dans l'étude effectuée par Happé, Brownell, et Winner (1999), les sujets présentant des lésions de l'hémisphère gauche (n = 5 ; 54-80 ans) avaient des performances meilleures par rapport aux patients présentant des lésions de l'hémisphère droit (n = 14 ; 51-75 ans) et aux sujets contrôles (n = 19 ; 61-80 ans) dans le test *Strange Stories*, un test de TDE qui demandait aux sujets de faire des inférences sur ce qu'un personnage pensait de l'état mental d'un autre personnage, en déchiffrant le sarcasme, l'ironie, ou la violation de règles sociales (Duval, Piolino, Bejanin, Eustache, & Desgranges, 2011). Les résultats obtenus par Charlton et al. (2009) au moyen de la même tâche de TDE montrent que la détérioration des capacités de TDE cognitive était presque linéaire avec l'avancée en âge. Cette dernière étude, se basant sur les données relatives à une cohorte de 106 sujets (50-90 ans), montre également que le vieillissement normal de ces habiletés était particulièrement sensible aux changements observés au niveau de la substance blanche (Charlton et al., 2009).

Les aînés (n = 30 ; 72,5 ans en moyenne) ont obtenu des scores similaires à ceux des jeunes (n = 30 ; 25,7 ans en moyenne) dans la *Self-reference task*, la *Word valence task* et les tâches de TDE (test d'attribution d'intentions et de compréhension d'histoires, tâche de FC) (Keightley et al., 2006). Les personnes âgées (n = 40 ; 66,95 ans en moyenne) étaient aussi performantes que les jeunes (n = 40 ; 20,08 ans en moyenne) dans des tâches contrôles, mais elles pouvaient rencontrer des difficultés dans la réalisation des versions statique et dynamique des tâches de TDE proposées par Slessor et al. (2007).

En ce qui concerne la réalisation du test de FC, permettant d'évaluer les capacités de TDE cognitive, les aînés ont obtenu des scores similaires à ceux des jeunes dans la tâche de FC de premier ordre, mais des scores inférieurs dans la tâche de FC de



deuxième ordre (Desgranges et al., 2012). Il semblait aussi exister un effet d'âge et d'ordre (premier/deuxième) dans la réalisation de l'épreuve de FC appelée TOM-15 (Kemp et al., 2012). Les capacités des aînés étaient affaiblies lorsqu'on leur proposait des histoires de deuxième ordre, même si le test post-hoc effectué par les auteurs (Desgranges et al., 2012) ne montrait pas de différence significative entre les performances des sujets appartenant aux 5 groupes de participants de cette étude ( $n = 175$ ; 20-34 ans, 35-49 ans, 50-64 ans, 65-74 ans, 75-90 ans).

Duval, Piolino, Bejanin, Eustache, et Desgranges (2011) ont réalisé un travail sur l'évolution des capacités à inférer les états cognitifs et affectifs d'autrui, à partir d'une évaluation subjective (échelle d'auto-évaluation de la TDE) et objective (tests classiques de TDE et un test original qui réunit différents aspects du contexte social et de la vie quotidienne). Les résultats obtenus par ces auteurs montrent que les performances des aînés ( $n = 25$ ; 70,14 ans) étaient similaires à celles des sujets jeunes ( $n = 25$ ; 23,8 ans en moyenne) et adultes ( $n = 20$ ; 52,55 ans en moyenne) lors de l'évaluation subjective, et qu'elles étaient fortement perturbées dans le cadre de l'évaluation objective. Les personnes âgées présentaient des difficultés importantes dans la réalisation de tests classiques (test d'attribution d'intentions, test de FC), mesurant les capacités de TDE (Duval, Piolino, Bejanin, Eustache, & Desgranges, 2011).

Une étude effectuée par Moran, Jolly, et Mitchell (2012) a permis d'étudier le vieillissement normal des capacités de TDE au moyen de 3 tâches demandant au sujet d'analyser respectivement des vignettes sociales, des histoires concernant les actions morales d'un personnage et des situations de FC. Les sujets âgés ( $n = 17$ ; 71,8 ans en moyenne) ont été moins performants que les participants jeunes ( $n = 31$ ; 23 ans en moyenne) dans le test de FC ainsi que dans celui impliquant le jugement d'actions morales. Ces perturbations observées sur le plan cognitif ont été accompagnées sur le plan neuro-fonctionnel d'une diminution de l'activation du cortex préfrontal dorsomédian (Moran et al., 2012).

Bottiroli, Cavallini, Ceccato, Vecchi, et Lecce (2016) ont évalué les capacités de TDE cognitive et affective chez 20 sujets jeunes (19-27 ans), 22 sujets âgés (60-70 ans) et 20 sujets très âgés (71-82 ans). Ils ont proposé une tâche modifiée du faux pas, constituée de 7 histoires impliquant un faux pas et de 7 histoires contrôles. Chaque histoire était suivie d'une série de questions permettant d'évaluer tant la composante cognitive (FC) que la composante affective (inférer des sentiments à autrui) de la TDE. Les résultats obtenus montrent que les sujets jeunes étaient plus performants que les sujets âgés et très âgés dans la tâche de TDE proposée, exclusivement pour ce qui concerne la composante cognitive (Bottiroli et al., 2016).

## **TDE affective et reconnaissance des émotions**

En ce qui concerne la TDE affective, quelques auteurs ont étudié la capacité des participants à inférer des sentiments ou "lire" des états émotionnels dans plusieurs tâches se basant sur des courtes histoires (McKinnon & Moscovitch, 2007), des images (MacPherson et al., 2002), des expressions faciales (Slessor et al., 2007; Slessor, Phillips, & Bull, 2008), des vidéos (Sullivan & Ruffman, 2004a).

Au cours du vieillissement normal, le décodage d'émotions à partir de descriptions verbales semble être préservé. Dans une étude effectuée par Phillips et al. (2002), les 2 groupes de participants ont obtenu des scores similaires à la tâche proposée. Les personnes âgées (n = 30; 60-80 ans) présentaient des difficultés dans l'identification des expressions faciales de colère et de détresse, par rapport aux sujets jeunes (n = 30; 20-40 ans; Sullivan & Ruffman, 2004b), ou de détresse et de peur selon l'étude effectuée par Keightley et al. (2006). De plus, dans cette dernière étude, les aînés montraient un TR plus long pour les émotions faciales négatives.

Dans une étude récente, Cabinio et al. (2015) ont étudié la TDE affective dans le vieillissement normal au moyen du test RME. Leur objectif était de voir quelles sont les structures cérébrales impliquées dans la réalisation de la tâche proposée et s'il existe des changements de la substance blanche et grise avec l'avancée en âge. Les résultats obtenus montrent que les performances au RME étaient relativement stables chez les sujets âgés entre 24 et 79 ans (n = 36), malgré la légère détérioration observée chez les aînés. Les données issues de l'imagerie cérébrale montrent une activation de plusieurs régions cérébrales : le gyrus précentral bilatéral, l'insula postérieure bilatérale, le gyrus temporal supérieur gauche et le gyrus frontal inférieur gauche. Toutes ces régions montrent une réduction de leur volume dans le vieillissement normal. L'avancée en âge semble aussi être caractérisée par une modification de la substance blanche dans les régions cérébrales fronto-temporales, ayant un lien avec la réalisation du RME (Cabinio et al., 2015). Un autre objectif de ces auteurs était de savoir si la capacité à reconnaître des émotions était associée aux FE. Nous présentons ci-après les résultats obtenus à ce sujet.

## **Liens entre TDE et d'autres fonctions cognitives**

Les premiers travaux de recherche avaient tendance à évaluer un seul aspect des capacités de TDE, ou utilisaient un seul type de test pour les mesurer, sans réussir à montrer les effets de l'âge sur ces habiletés MC (Duval, Piolino, Bejanin, Eustache, & Desgranges, 2011). Des études plus récentes suggèrent que la perturbation de certaines fonctions

cognitives, tels que le contrôle exécutif et la mémoire, pourrait expliquer les modifications en TDE observées lors du vieillissement normal. Cependant, ces études s'intéressent plus aux capacités de TDE cognitive qu'à la TDE affective. Elles évaluent rarement les 2 dimensions de la TDE chez les mêmes participants.

Dans les études effectuées par Phillips et al. (2002), par Maylor, Moulson, Muncer, et Taylor (2002) et par Cabinio et al. (2015), aucune corrélation n'a été trouvée entre les performances des personnes âgées aux tests de TDE et celles observées dans les tâches exécutives. Ces données n'ont pas été confirmées par German et Hehman (2006), selon lesquels les performances des aînés seraient plus liées au déclin des compétences de sélection exécutives qu'à celui de la capacité à se représenter les états mentaux d'autrui. Selon Bailey et Henry (2008), la perturbation de la TDE serait liée exclusivement à l'évolution du contrôle inhibiteur. Charlton et al. (2009) ont montré que les performances des sujets âgés dans la tâche de TDE étaient liées aux FE (voir aussi Bottiroli et al., 2016) et à la vitesse de traitement des informations.

La détérioration des capacités de TDE avec l'avancée en âge, serait plus due à l'évolution des capacités exécutives qu'à celle des capacités mnésiques ; fonctions qui sont aussi sous-tendues par le cortex préfrontal (Sabbagh, 2004). En effet, le cortex préfrontal, qui est particulièrement sensible aux effets du vieillissement normal (Kalpouzos et al., 2008), représente une zone de superposition (réseaux neuronaux communs ; voir la Figure 1.1) pour les FE et la TDE (Duval, Desgranges, Eustache, & Piolino, 2009 ; voir aussi Duval, Piolino, Bejanin, Laisney, et al., 2011).

Considérant que quelques études ont mis en évidence des liens entre la mémoire épisodique et la TDE (Naito, 2003), ainsi qu'une superposition des régions cérébrales sous-tendant ces habiletés (Frith & Frith, 2003), Duval, Piolino, Bejanin, Laisney, et al. (2011) ont voulu analyser l'existence de ces liens dans le vieillissement normal. Dans le cadre de ce travail, les auteurs ont aussi étudié les relations existantes entre les différents aspects de la TDE évalués, la vitesse de traitement et les FE. Les conclusions de ces chercheurs sont résumées et représentées graphiquement en Figure 2.1.

Les capacités de TDE cognitive de premier et de deuxième ordre ainsi que les habiletés à se représenter les intentions d'autrui impliqueraient un certain niveau de raisonnement de la part du sujet, tandis que la TDE affective se baserait sur le décodage précis des émotions ressenties par d'autres individus. Cela indique que différents processus sont impliqués dans les tâches censées évaluer la TDE cognitive ou la TDE affective. Les données relatives à l'évolution de ces capacités MC suggèrent que si les FE se modifient avec l'avancée en âge, alors des modifications sur le plan exécutif auront un impact sur les

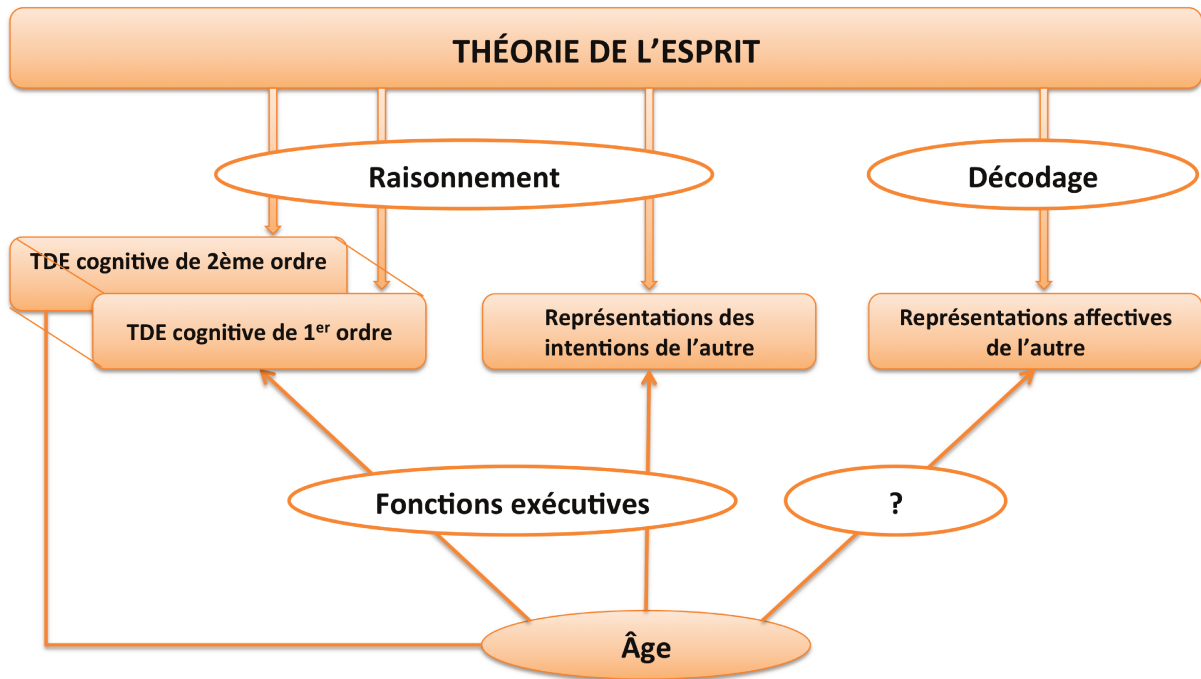


FIGURE 2.1 – Schéma de synthèse des effets de l'âge sur la TDE, ainsi que des liens existant entre cette habileté métacognitive et d'autres fonctions cognitives. Figure adaptée d'après Duval, Piolino, Bejanin, Laisney, et al. (2011).

capacités à inférer des états mentaux à autrui. Cependant, l'âge semble avoir une influence négative directe sur les capacités de TDE de deuxième ordre, qui demandent un niveau plus profond d'analyse (Duval, Piolino, Bejanin, Laisney, et al., 2011). À notre avis, il est important de poursuivre les études dans ce domaine, car nous ne savons que peu de choses quant aux liens existants entre capacités de TDE (surtout pour ce qui concerne les représentations affectives de l'autre) et les autres fonctions cognitives.

## 2.5 Synthèse

Dans ce deuxième chapitre, nous avons mis en évidence les facteurs qui peuvent influencer le vieillissement "réussi". Il a été plusieurs fois souligné le rôle positif joué par une participation sociale active des personnes âgées, par une alimentation saine et un exercice physique et mental fréquent. À ce propos, nous avons cité plusieurs travaux montrant des effets positifs d'entraînements physiques et/ou cognitifs sur l'évolution de certaines fonctions cognitives (Chapman et al., 2016 ; Colcombe & Kramer, 2003 ; Sofi et al., 2011 ; Tusch et al., 2016).

Malgré l'image positive renvoyée par les termes employés au cours de ces dernières décennies (e.g., "bien vieillir"), le vieillissement normal n'est pas caractérisé par une absence de changements ou de maladies. Il correspond à un processus évolutif constant. En effet, les aînés peuvent présenter des modifications sur le plan morphologique, psychologique, socio-économique et cognitif. Ils peuvent avoir des difficultés à réaliser certaines tâches au quotidien et ces perturbations peuvent être observées aussi lors des évaluations neuropsychologiques.

Parmi les hypothèses qui ont été formulées pour expliquer les modifications liées à l'avancée en âge, l'hypothèse exécutive-frontale de West (1996) semble être supportée par la plupart des chercheurs qui s'intéressent au vieillissement normal. Selon cette théorie, si les régions cérébrales frontales subissent le plus de changement d'un point de vue morphologique et métabolique, alors les habiletés cognitives supportées par les lobes frontaux devraient se modifier plus que les autres aptitudes avec l'avancée en âge.

Considérant que le cortex préfrontal sous-tendrait plus spécifiquement plusieurs types de capacités cognitives, le vieillissement normal pourrait avoir des effets différents sur chacune de ces habiletés. Nous avons ainsi présenté les résultats principaux obtenus à partir d'études qui se sont intéressées à l'évolution d'au moins l'une des capacités frontales décrites par Stuss (2008) : le contrôle exécutif, la PD, l'énergisation et les capacités MC (conscience autoévaluative et TDE).

La majorité des personnes âgées de 60 ans et plus présentent des modifications liées à l'avancée en âge dans le fonctionnement cognitif. Ces perturbations concernent plus particulièrement la mémoire, les processus de contrôle exécutif, l'attention, la perception, la résolution de problème, la capacité à prendre des décisions, la vitesse de traitement de l'information, ou encore l'acquisition et la rétention de nouvelles habiletés (Albinet, 2008).

Les travaux de recherche évaluant l'évolution des capacités de TDE ont montré une dissociation entre la TDE cognitive et la TDE affective, suggérant que certains aspects de

la TDE peuvent être préservés, alors que d'autres seraient plus sensibles aux effets de l'âge. German et Hehman (2006) affirment que les habiletés à inférer des états mentaux ne sont pas perturbées dans le vieillissement normal, mais que la manipulation et l'élaboration des représentations créées par le sujet pourraient être touchées.

Slessor et al. (2007) et McKinnon et Moscovitch (2007) montrent que l'avancée en âge modifierait surtout les performances des aînés aux tâches de TDE visuelles (*versus* tâches verbales) et de TDE de deuxième ordre (*versus* premier ordre de TDE) respectivement, les participants jeunes étant plus performants que les sujets âgés dans les épreuves proposées.

Les travaux de recherche consacrés à l'étude des liens entre les performances des personnes âgées à des tests censés évaluer des processus cognitifs distincts donnent des résultats souvent discordants. Certains auteurs montrent des associations entre PD et FE, entre TDE et capacités mnésiques ou de contrôle exécutif. D'autres ne mettent pas en évidence de liens significatifs entre ces différentes habiletés. Ces données divergentes peuvent être dues à des différences méthodologiques, comme par exemple la taille des échantillons, le choix des tests neuropsychologiques et les effets plafond, parfois observés dans les études.

Les détériorations, sur le plan cognitif, ont des implications importantes car les capacités cognitives contribuent à l'autonomie et la qualité de vie des personnes âgées (Fillit et al., 2002). Nous comprenons, à ce propos, que les épreuves neuropsychologiques utilisées pour évaluer les fonctions frontales ne doivent pas être trop complexes (implication de processus cognitifs différents), cela afin d'effectuer des évaluations plus sensibles, sollicitant aussi l'engagement du sujet et sa motivation à réaliser une tâche donnée (Garrett et al., 2012). En outre, considérant les effets positifs de l'activité physique et de l'entraînement cognitif sur l'état de santé générale des aînés, nous croyons que le développement et la mise en place de stratégies permettant de le maintenir ou de l'améliorer au cours des années constituent un enjeu important de santé publique.



## Chapitre 3

# Autonomie, qualité de vie et aspects psychoaffectifs dans le vieillissement normal

### 3.1 Autonomie et qualité de vie dans le vieillissement

Les mutations économiques, sociologiques et technologiques qui ont affecté toute la seconde moitié du vingtième siècle, et qui se poursuivent aujourd'hui, ont considérablement modifié le regard que nos sociétés portent sur le vieillissement, la définition qu'elles en donnent et les pratiques qu'elles adoptent à son égard. L'absence de travaux sur le vieillissement, pendant longtemps, relève en partie d'un évitement, voire d'un déni. Comme nous l'avons déjà précisé, une partie de ce problème s'explique par l'existence d'attitudes vis-à-vis du vieillissement qui reposent sur des stéréotypes, sur des représentations sociales négatives (Talpin, 2013).

Des indicateurs physiologiques, cognitifs et socio-économiques (e.g., cessation de l'activité professionnelle) sont souvent utilisés pour réduire la complexité du vieillissement. Ils renvoient à la subjectivité de chacun, aux interactions entre l'individu et la société dans laquelle il grandit (Moliner, Ivan-Rey, & Vidal, 2008).

Focaliser l'attention sur un ensemble de facteurs relatifs à la sphère personnelle et sociale des personnes âgées et, plus particulièrement, sur les liens qui peuvent exister entre ces aspects pourrait nous aider à analyser et comprendre les changements fréquemment observés avec l'avancée en âge. Notre objectif n'étant pas seulement d'étudier le vieillissement cognitif normal du fonctionnement frontal, mais également de voir quels sont ses liens avec le niveau d'autonomie et de qualité de vie des aînés.



### 3.1.1 Autonomie fonctionnelle

Lorsqu'on parle d'autonomie, nous faisons notamment référence à la **capacité de réaliser plusieurs types d'activités quotidiennes**. Selon M. M. Baltes et Lang (1997) ces dernières peuvent être divisées en 8 classes : 1. le soin de soi (e.g., se laver, s'occuper des soins médicaux, préparer le repas), 2. le soin de la maison (e.g., faire les courses et le ménage), 3. les loisirs physiques (e.g., faire des exercices, du jardinage et de la marche), 4. les loisirs intellectuels-culturels (e.g., voyager, visiter des musées, aller au théâtre, lire, peindre, écouter de la musique), 5. regarder la télévision, 6. avoir un certain engagement social (e.g., aller chez des amis, téléphoner, aider les autres, participer aux activités politiques et religieuses), 7. se reposer et 8. dormir.

Si un sujet se trouve dans l'impossibilité de réaliser une ou plusieurs de ces AVQ, sans avoir recours à une aide technique externe ou humaine, à cause d'incapacités et/ou de maladies conduisant à des restrictions de participation sociale, nous pourrions ne pas être dans le cadre d'un vieillissement normal, mais plutôt dans celui d'un vieillissement pathologique (Benaim, Froger, Compan, & Pélissier, 2005).

À ce propos, il est important de préciser que certaines personnes âgées, qui ne peuvent plus effectuer certaines AVQ, réussissent aux tests neuropsychologiques, car leurs difficultés ne sont pas liées à des troubles cognitifs particuliers, mais à des troubles moteurs ou sensoriels. En effet, le vieillissement cognitif normal est parfois associé à une diminution du niveau d'autonomie fonctionnelle et sociale des aînés. D'où la nécessité de savoir bien distinguer un état d'« autonomie » d'un état de « dépendance », un vieillissement normal d'un vieillissement pathologique. Ce fait pose néanmoins beaucoup de questions aux secteurs de la santé publique (Hazif-Thomas, 2014 ; Rapoport, 2015) et de l'économie, qu'il s'agisse de retraites, de soins ou de lieux de vie, surtout lorsqu'une dépendance importante est présente (Talpin, 2013).

L'autonomie fonctionnelle est souvent évaluée au moyen d'échelles telles que le Basic-Activities of Daily Living (B-ADL ; S. Katz, Ford, Moskowitz, Jackson, & Jaffe, 1963) qui évalue les activités élémentaires de la vie quotidienne, l'Instrumental-Activities of Daily Living (I-ADL ; Lawton & Brody, 1969) qui évalue les capacités des individus dans des actes instrumentaux, et le Social-Activities of Daily Living (S-ADL ; M. M. Katz & Lyerly, 1963) qui évalue les relations familiales et amicales, ainsi que la vie sociale et les loisirs. Outre ces échelles, il existe aussi la grille appelée Autonomie, Gérontologie, Groupes Iso-Ressources (AGGIR ; Syndicat National de Gérontologie Clinique, 1994) qui permet de mesurer le coût de la dépendance physique/psychique et de la charge en soin des sujets âgés (Benaim et al., 2005). Ces outils permettent, en effet, d'interroger chaque

individu sur ses propres capacités au quotidien, l'objectif étant de déterminer si la présence d'un certain niveau d'autonomie peut être l'indice d'un bon état de santé physique et psychologique et d'une participation sociale active, donc d'une qualité de vie satisfaisante.

Dans le quatrième âge (au-delà de 75-80 ans), l'accroissement de la fragilité physique et cognitive peut avoir une incidence sur le bien-être et l'autonomie des personnes âgées. Un nombre toujours plus élevé de ces sujets est réduit à l'inactivité et à la dépendance, car les gains et les pertes ne parviennent plus à se compenser. Selon Crimmins, Hayward, et Saito (1996) si, à 70 ans, les femmes ont 14 ans d'espérance de vie et les hommes 10 ans, environ 20 % des femmes et 14 % des hommes présentent déjà des pertes fonctionnelles impactant leur vie quotidienne. À 80 ans, si les femmes ont 8 ans d'espérance de vie et les hommes 6 ans, les proportions concernant leurs possibles pertes fonctionnelles seraient de 35 % et 27 % respectivement. À 90 ans, pour 5 ans et 3 ans d'espérance de vie, ces proportions atteignent 60 % et 55 % respectivement. Par conséquent, plus l'âge s'élève, plus les femmes et les hommes ont des problèmes de dépendance. En général, si les aînés considèrent que leur qualité de vie est satisfaisante, quand les auteurs (Crimmins et al., 1996) comparent les sujets du troisième âge (à partir de 65 ans) avec ceux du quatrième âge, ils constatent que plus l'âge avance, plus les sujets notent une qualité de vie significativement plus négative. Plus l'âge avance, plus l'écart entre l'âge réel des sujets et leur âge souhaité est grand : 10 ans, en moyenne, à 70 ans et 25 ans à 90 ans (P. B. Baltes, 1997 ; Bouisson, 2005).

### 3.1.2 Qualité de vie

L'Organisation Mondiale de la Santé (1994) définit la qualité de la vie comme « *la perception qu'a un individu de sa place dans l'existence, dans le contexte de la culture et du système de valeurs dans lesquels il vit, en relation avec ses objectifs, ses attentes, ses normes et ses inquiétudes. Il s'agit d'un large champ conceptuel, englobant de manière complexe la santé physique de la personne, son état psychologique, son niveau d'indépendance, ses relations sociales, ses croyances personnelles et sa relation avec les spécificités de son environnement* ». Le thème de la qualité de vie dans le vieillissement ne peut être dissocié de la liberté individuelle et collective, des soins et de la bienveillance, car l'existence d'une personne âgée est fortement influencée par le fait de vivre en société. En outre, les personnes âgées ont besoin de vivre dans un environnement et un étayage soucieux de leur développement existentiel et somato-psychique (Chavagnat, 2009).

Alaphilippe et al. (2005) ont réalisé un travail de recherche portant sur les prédicteurs de l'adaptation au vieillissement. Les auteurs ont pu montrer l'action déterminante de

l'estime de soi, et ont fait l'hypothèse d'une détermination en partie sociale de ce processus, puisque ce sont les personnes occupant les positions sociales les plus élevées qui manifestent la meilleure estime de soi. Le sentiment qu'éprouve une personne de sa propre identité résulte des perceptions qu'elle peut avoir de ses ressemblances et de ses différences avec autrui. De plus, il résulte des perceptions qu'elle peut avoir de ses ressemblances et de ses différences envers elle-même, à travers le temps. Ces perceptions sont éminemment subjectives car dépendent des opinions, des jugements ou encore de l'histoire personnelle du sujet. Mais elles dépendent aussi des contextes dans lesquels elles s'opèrent.

Comme nous l'avons déjà souligné, l'avancée en âge s'accompagne de modifications qui affectent tout autant les caractéristiques personnelles des individus que certaines de leurs appartenances sociales. On peut donc s'attendre à ce qu'elle provoque des **changements identitaires** chez les individus. Les différentes composantes que sont la représentation de soi, l'estime de soi et la représentation du contrôle sur l'avenir vont évoluer, tout au long de la vie, au fur et à mesure des transformations personnelles et de l'environnement, bien que les individus aient le sentiment d'une continuité, de toujours rester la même personne (Moliner et al., 2008). Ces différentes composantes constituent l'idée qu'un individu a de sa propre qualité de vie.

Pendant longtemps, la vieillesse et la participation sociale des personnes âgées ont été considérées comme des notions antinomiques. Il y a quelque temps, une théorie sociologique dite du « désengagement » considérait que l'avancée en âge s'accompagnait irrémédiablement d'un retrait de la vie sociale (Gangbè & Ducharme, 2006). Cette vision a graduellement cédé le pas à la nécessité d'entrevoir le vieillissement comme étant porteur de significations denses sur les plans individuel et collectif. La plupart des aînés ont, en effet, à cœur de faire des activités valorisantes et ayant du sens pour eux. Bien que l'état de santé puisse influencer la concrétisation de certains projets, avec la retraite s'ouvre une nouvelle phase de la vie qui fait écho à divers changements démographiques et culturels. La participation sociale s'inscrit donc au croisement de 2 phénomènes : « *le vieillissement de la population et la remise en question de l'interventionnisme étatique* » (Raymond et al., 2008). Les aînés peuvent faire bénéficier leurs proches ou leur communauté des compétences acquises progressivement, des expériences vécues et du temps qu'ils ont à disposition. De plus, la participation sociale des aînés peut être promue autant pour ses liens avec la santé qu'en tant que pilier essentiel à la démocratisation de la société.

Il est important de préciser que la **participation sociale** est une notion polysémique, qui recoupe une impressionnante variété de définitions et d'applications (voir la section 2.1, p. 45). Raymond et al. (2008) proposent ainsi de regrouper ces définitions en fonction de 4

grandes familles : 1. le fonctionnement dans la vie quotidienne (participer socialement implique de pouvoir accomplir des AVQ et jouer ses rôles sociaux), 2. les interactions sociales (participer socialement se réalise dans des situations d'interactions sociales, qui peuvent prendre la forme de visites à des amis ou d'activités hors du domicile), 3. le réseau social (participer socialement suppose de faire partie d'un réseau d'interrelations présentant un minimum de stabilité et de réciprocité, comme dans le cas des relations d'amitié et de voisinage), et 4. l'associativité structurée. Participer socialement signifie prendre part à une activité à caractère social réalisée dans une organisation dont le nom et les objectifs sont explicites, comme faire du bénévolat dans un organisme communautaire, participer aux activités d'un centre de jour ou d'un club senior. La participation sociale peut donc être considérée comme le facteur clé d'une qualité de vie satisfaisante au cours du vieillissement.

L'introduction des notions de « bien-être » physique, psychologique et social a permis de développer des outils d'évaluation de la qualité de vie qui varient selon le contexte dans lequel ils sont utilisés (e.g., milieu hospitalier ou en laboratoire) et la population d'intérêt (e.g., Quality of Life-Alzheimer's Disease Scale ; Logsdon, Gibbons, McCurry, & Teri, 1999). Lawton (1983) a développé un outil permettant d'évaluer la qualité de la vie chez des adultes âgés, posant l'attention sur 4 domaines spécifiques : les capacités au niveau comportemental, l'environnement, le bien-être psychologique et la qualité de vie perçue. Chacun des aspects étudiés est particulièrement pertinent pour l'évaluation de la qualité de vie chez des sujets âgés présentant des troubles cognitifs (Logsdon, Gibbons, McCurry, & Teri, 2002).

Netuveli (2006) a essayé de comprendre si un état pathologique prolongé, le contexte social et les conditions socio-économiques pouvaient prédire le niveau de qualité de vie chez des sujets adultes (n = 11234) rencontrés dans le cadre de l'*English Longitudinal Study of Aging* (Marmot, Banks, Blundell, Lessof, & Nazroo, 2002). Cet auteur a mis en évidence une réduction de la qualité de vie en présence de traits dépressifs, d'une mauvaise perception de la situation financière, d'une réduction de la mobilité, de difficultés dans les AVQ et de limitations dues à une maladie prolongée. Le **niveau de qualité de vie** augmentait avec la confiance que les aînés avaient par rapport aux relations familiales, amicales et de voisinage (Netuveli, 2006). Les modèles de régression utilisés expliquaient 48 % de la variation des scores obtenus au CASP-19 (Hyde, Wiggins, Higgs, & Blane, 2003), échelle permettant de mesurer la qualité de vie chez la personne âgée (aspects relatifs au contrôle, à l'autonomie, à l'auto-réalisation et aux loisirs).

Aujourd'hui, les instruments utilisés sont standardisés et visent à explorer plusieurs

domaines : des dimensions personnelles ou sociales (dépendantes des conditions externes de vie) aux dimensions subjectives et objectives (satisfaction, données physiques). Avec l'augmentation de l'espérance de vie, il est important de savoir quel est le point de vue des personnes âgées sur leur propre vieillesse, évaluation qui pourrait être influencée par la satisfaction que les aînés ont de leur propre état de santé et de leur qualité de vie (Low, Molzahn, & Schopflocher, 2013). Low et al. (2013) ont ainsi étudié la relation entre le niveau de santé subjective et l'auto-évaluation de la qualité de vie chez des personnes âgées d'origine différente, à travers l'analyse transversale des données recueillies dans 20 Pays (sujets âgés de 60 à 100 ans ; n = 4593) qui ont participé au *World Health Organisation Quality Of Life (WHOQOL)-OLD Field study* depuis 2003 (Power, Quinn, Schmidt, & the WHOQOL-OLD Group, 2005). Les outils proposés à tous les participants ont été le Attitudes to Aging Questionnaire (Laidlaw, Power, Schmidt, & the WHOQOL-OLD Group, 2007), le questionnaire WHOQOL (Power, Harper, & Bullinger, 1999) et une version plus courte de ce dernier outil, le WHOQOL-BREF (Skevington, Lotfy, & O'Connell, 2004). Les résultats obtenus par Low et al. (2013) montrent que les médiateurs principaux du niveau de satisfaction relatif à l'état de santé et de qualité de vie chez les aînés étaient leur attitude envers les changements physiques, ainsi que la détérioration/expansion de leur vie psychosociale.

### **3.1.3 Autonomie, qualité de vie et fonctionnement cognitif**

Les études sur l'autonomie fonctionnelle dans le vieillissement normal ne sont pas nombreuses. Notons que de rares travaux se sont intéressés aux FE en relation avec le niveau d'autonomie des aînés (Calso, Besnard, Calò, & Allain, 2015). Cahn-Weiner et al. (2007) ont mesuré la relation existante entre mémoire épisodique, FE, volume cérébral et activités instrumentales, chez 124 participants (52 sujets âgés sains, 35 ayant reçu un diagnostic de trouble cognitif léger et 37 patients atteints de démence). Les données neuropsychologiques et d'imagerie cérébrale nécessaires à l'analyse de ces auteurs étaient complètes pour 106 sujets, sur les 124 totaux. Ce travail montre que les FE et le volume de l'hippocampe étaient plus particulièrement associés au changement observé dans les I-ADL.

Une autre étude (Vaughan & Giovanello, 2010) a mis en évidence une corrélation entre 3 processus exécutifs (inhibition, flexibilité et mise à jour) et les performances de 75 personnes âgées en bonne santé dans les AVQ. Toutefois, leurs données n'ont pas permis de montrer un lien entre les scores relatifs aux tâches exécutives et ceux obtenus dans le questionnaire d'autoévaluation des I-ADL proposé.

Aartsen, Smits, van Tilburg, Knipscheer, et Deeg (2002) ont réalisé un travail consacré à l'étude de l'impact de 3 types d'AVQ (sociales, expérimentales et développementales) sur 4 fonctions cognitives (rappel immédiat, apprentissage, intelligence fluide et vitesse de traitement des informations) et sur un indicateur de l'état cognitif de base mesuré au travers du Mini Mental State Examination (MMSE ; Folstein, Folstein, & McHugh, 1975). Il s'agit d'une étude longitudinale d'une durée de 6 ans auprès de sujets âgés de 55 à 85 ans (n = 2076), rencontrés dans le cadre de la *Longitudinal Aging Study Amsterdam* (Deeg, Knipscheer, & van Tilburg, 1993). Les résultats obtenus à partir de 15 modèles de régression montrent qu'aucune des activités prises en considération n'améliorait le fonctionnement cognitif après 6 ans. Cependant, la condition socio-économique des sujets, à laquelle les activités réalisées étaient étroitement liées, semblait contribuer au maintien des capacités cognitives (Aartsen et al., 2002).

Ball et al. (2002) voulaient savoir si 3 entraînements cognitifs pouvaient améliorer les performances des aînés dans des tâches neuropsychologiques, mais également leurs habiletés dans des AVQ. Dans cette étude contrôlée randomisée, les sujets étaient divisés en 4 groupes (10 sessions par groupe) en fonction des processus cognitifs entraînés : 1. mémoire épisodique verbale, 2. résolution de problèmes, 3. vitesse de traitement, 4. groupe contrôle. Une fois l'entraînement cognitif terminé, les 3 groupes expérimentaux ont bénéficié de 4 sessions d'entraînement après 11 mois. Les résultats obtenus montrent que les effets positifs de l'entraînement cognitif étaient présents même après 2 ans (nouvelle évaluation neuropsychologique). Aucun effet positif des entraînements cognitifs n'était montré après 2 ans dans les AVQ.

Une autre étude a été effectuée chez 100 sujets âgés de 55 à 79 ans, ayant subi un accident vasculaire cérébral (Mercier, Audet, Hébert, Rochette, & Dubois, 2001). L'objectif des auteurs était de mesurer l'impact des troubles moteurs (Assessment of Motor and Process Skills, Goldman & Fisher, 1997 ; Upper extremity functional hemiplegia, Fugl-Meycr, Jääskö, Olsson, & Steglind, 1975 ; mesure de l'équilibre), cognitifs (Protocole d'Évaluation Neuropsychologique Optimal ; Joannette, Poissant, Ska, & Fontaine, 1995) et perceptifs (épreuves visuo-spatiales et constructives) sur les capacités des patients dans les AVQ (Système de Mesure de l'Autonomie Fonctionnelle [SMAF] ; Hébert, Carrier, & Bilodeau, 1988). Les données issues de l'analyse factorielle confirmatoire ont mis en évidence une contribution significative (93 %) des facteurs pris en considération sur la variation observée dans l'autonomie fonctionnelle évaluée à travers la SMAF (Mercier et al., 2001).

En ce qui concerne la qualité de vie, une étude (Alexandre, Cordeiro, & Ramos, 2009)

a été consacrée à la recherche des facteurs associés au niveau de qualité de vie des aînés (n = 120). Les résultats obtenus montrent que l'état cognitif (MMSE) et fonctionnel (tests évaluant l'activité physique, le mouvement et l'équilibre) des personnes âgées rencontrées n'influençaient pas leur niveau de satisfaction général (questionnaire WHOQOL-BREF). Sur la base des données recueillies, il semblerait que les facteurs psychologiques évalués (Geriatric Depression Scale [GDS] ; Yesavage & Sheikh, 1986) ainsi que les caractéristiques socio-démographiques (e.g., état marital, intérêts, activités de loisirs) des participants avaient un impact sur leur niveau de qualité de vie.

Mani, Mullainathan, Shafir, et Zhao (2013) présentent les résultats qu'ils ont obtenus à partir de 2 expériences différentes ayant le même objectif : comprendre si la pauvreté pouvait avoir un impact négatif sur le fonctionnement cognitif des sujets rencontrés. Lors de la première condition de cette étude, les expérimentateurs poussaient les participants (n = 101) pauvres et riches à réfléchir sur des questions financières de tous les jours. Dans la deuxième condition, ils rencontraient des agriculteurs (n = 464) avant (situation de pauvreté) et après (situation de richesse) la récolte. Les données recueillies pendant ces études montrent que la pauvreté provoquait une réduction des capacités cognitives des participants (e.g., matrices de Raven ; Raven, 2000). Selon les auteurs, la baisse des performances observée chez les agriculteurs avant la récolte ne pouvait pas être expliquée par des différences relatives au temps qu'ils avaient à disposition, leur nutrition, effort au travail, ou niveau de stress qui était toutefois plus élevé avant la récolte. Il semblerait plutôt que les problématiques liées à l'état de pauvreté des agriculteurs (avant la récolte) consommaient des ressources mentales qui n'étaient donc pas disponibles durant la réalisation d'autres tâches plus ou moins complexes, choisies par les expérimentateurs (Mani et al., 2013).

À notre connaissance, aucune étude n'a évalué les liens susceptibles d'exister entre le fonctionnement cognitif frontal, l'autonomie et la qualité de vie chez un même groupe de sujets âgés, d'où l'importance de poursuivre les recherches dans ce domaine.

### **3.2 Aspects psychoaffectifs dans le vieillissement**

De nombreuses pathologies sont directement liées à la fragilisation physique et psychologique de la personne âgée. Par exemple, des pertes sensorielles (relatives à la sphère visuelle et auditive), ajoutées à la solitude, font que l'avancée en âge place le sujet face à des carences graves d'apports affectifs et sociaux, dites aussi état de « désafférentation » (Ajuriaguerra, 1964), qui peuvent être la cause de troubles psychiatriques (Bouisson, 2005).

Les privations sensorielles et l'isolement social peuvent être des facteurs de prédisposition à l'apparition de divers troubles de la personnalité pouvant aboutir à la confusion mentale et à l'apparition d'hallucinations. De plus, chez les personnes présentant des troubles sensoriels et isolées, il est parfois possible d'observer des **symptômes anxieux** et/ou **dépressifs**, ou encore un « syndrome du compagnon tardif » (Cordeiro, 1993). Dans ce dernier cas, la personne âgée croît en l'existence, auprès d'elle, d'une personne amicale apparaissant sous la forme imaginaire ou sous une forme d'hallucination (Bouisson, 2005). Cette « désafférentation » serait plus élevée chez les célibataires, les veufs/veuves, les malades, tous ceux qui ne peuvent pas facilement sortir de chez eux ou qui n'ont pas assez de ressources financières pour assurer un équilibre alimentaire correct (Tessier & Leger, 1990).

Considérant que ces signes cliniques s'inscrivent uniquement dans le cadre du vieillissement pathologique, un entretien initial, ainsi qu'une mesure du niveau de dépression et d'anxiété chez les personnes âgées, semblent être pertinents, voire nécessaires, pour pouvoir distinguer rapidement un état de santé mentale normal d'un état pathologique. Parmi les outils d'évaluation les plus utilisés, il y a l'Échelle de dépression de Hamilton (Hamilton, 1960) et l'Inventaire de dépression de Beck (Beck & Beamesderfer, 1974), qui sont 2 échelles d'hétéro-évaluation de la dépression, la GDS (Yesavage et al., 1983), ci-dessus citée, étant une échelle d'auto-évaluation. En ce qui concerne l'anxiété, elle peut être mesurée au moyen de l'Échelle d'anxiété de Hamilton (HAM-A ; Hamilton, 1959), sous-forme d'hétéro-évaluation, et de l'Échelle d'anxiété de Beck (Beck, Epstein, Brown, & Steer, 1988) sous-forme d'auto-évaluation.

L'anxiété et la dépression sont des pathologies fréquemment associées à une perturbation de plusieurs fonctions cognitives (pour revue voir Shenal, Harrison, & Demaree, 2003) et, même si chacun de ces troubles de l'humeur influe différemment sur le fonctionnement cérébral, il existe des comorbidités communes que nous décrirons par la suite.

### 3.2.1 La solitude, le passé et la dépression

« *Nous commençons à vieillir le jour même de notre naissance, et cela devrait nous permettre de relativiser nos angoisses existentielles* » (Rogez & Sifaoui, 2014). Un certain nombre d'aînés ont la possibilité de vieillir en bonne santé, d'être autonomes et de vivre seuls à leur domicile, faisant les activités qu'ils préfèrent, mais toutes les personnes âgées ont vécu, au moins une fois dans leur vie, l'expérience de la **solitude**. Encore plus avec l'avancée en âge, les aînés peuvent vivre la solitude comme une véritable période de retrait de la vie sociale, voire d'isolement, d'autant plus qu'elles vivent loin de leurs proches ou



qu'elles commencent à avoir des problèmes de santé. La solitude n'est pas nécessairement liée à l'état de santé de la personne avançant en âge, ses conditions socio-économiques ou sa perte d'autonomie, elle a souvent à voir avec la capacité de vivre seul en harmonie avec soi-même et les autres (Hazif-Thomas, 2014). L'expérience du veuvage, comme elle est racontée par ceux qui la vivent au cours du troisième âge, joue également un rôle essentiel.

Les adultes ont tendance à imaginer la solitude comme le ressenti prévalant chez une personne vieillissante, comme si la solitude renvoyait à la même chose que l'isolement. D'un point de vue psychologique, si l'isolement est fortement négatif, la solitude n'est en rien nocive par elle-même. Elle n'est qu'une défense, ou qu'une réponse adaptative à la situation vécue. La solitude des aînés, contrainte ou non, est loin d'être acceptée sereinement et peut concerner plusieurs aspects de la vie : la sphère affective, familiale ou sexuelle. C'est pour cette raison que ce sentiment est bien connu par les personnes vieillissantes, mais aussi par les plus jeunes. Nous pouvons parler de solitude aussi quand les mots manquent ou lorsqu'aucune assistance ne vient aider à rétablir la communication. Dans l'attente, toute parole devient « lente et solitaire » (Blanchot, 1962). La solitude peut aussi se charger de douleur et de souffrance et, dans certains cas, multiplier par 2 le risque de développer une maladie neurodégénérative telle que la maladie d'Alzheimer (Hazif-Thomas, 2014).

Dans la présente étude, nous nous intéressons à ces aspects de la vie car, parmi les facteurs sociaux de la dépression se trouve, à côté du deuil, de la pauvreté et de la diminution du réseau social, la solitude. Comme Hazif-Thomas (2014) le précise dans son travail, la solitude est le facteur de risque le plus significatif des symptômes dépressifs tardifs (le poids de la variable solitude dans la dépression étant estimée à 37 %). Ainsi, nous pouvons rencontrer chez les sujets âgés esseulés, plus de repli sur soi qu'un déploiement d'attentes positives (Krause, 1991). La solitude perçue par les sujets âgés accroît les symptômes dépressifs. De même, l'avancée en âge est souvent rapportée comme la principale raison de solitude (Savikko, Routasalo, Tilvis, Strandberg, & Pitkälä, 2005).

Une donnée qu'il faut souligner est qu'aujourd'hui les personnes âgées représentent presque la moitié des personnes qui vivent seules, cette période de solitude pouvant mettre en péril leur sentiment de bien-être. Si nous posons l'attention sur le quotidien des personnes âgées (veuves ou en couple), il est évident qu'elles se retrouvent souvent seules, loin de leurs enfants et petits enfants, confrontées ainsi à une baisse ou un manque de partage affectif, à un besoin de stimulation relationnelle qu'elles n'expriment pas (Hazif-Thomas, 2014). Elles disent se sentir parfois abandonnées, aussi à cause de ces nouvelles familles qui sont toujours plus "éclatées" et "dispersées".

La dépression peut alors procurer une sorte de solitude thymique, de détresse psychologique, qui pourraient être responsables de certains passages à l'acte désespérés et de projets suicidaires chez un être seul (Hazif-Thomas, 2014). Comme Andrian (1999) le précise, le taux de suicide des hommes de 85 ans et plus était de 134,7/100000, contre 28,3/100000 en moyenne en France. En outre, à plus de 85 ans, les hommes se suicidaient 6,5 fois plus que les femmes. Le passage à l'acte peut être considéré par certaines personnes comme une alternative à la vieillesse (Balard, 2013).

Un autre facteur intriqué et parfois confus avec la dépression est la **démotivation** qui ne se majorerait pas avec l'âge et apparaîtrait souvent chez les aînés comme une conséquence de la désafférentation sensorielle (Thomas, Thomas, Billon, & Chantoin, 2001). Ce trouble de la motivation peut être considéré comme un mécanisme de défense contre l'isolement ou le sentiment d'inutilité ressenti. Certains critères permettent néanmoins de distinguer la dépression de la démotivation. La dépression est caractérisée par des signes somatiques ou des dysphories, des nouveaux engagements pesants, le pessimisme et l'auto-agressivité. La démotivation comporte plusieurs versants : le refus de s'engager dans la satisfaction des désirs encore possibles, le renoncement à l'engagement relationnel et le repli sur soi, le refus de la vision de soi dans l'avenir et la perte de l'anticipation/initiative, le manque d'énergie et le désintérêt (Hazif-Thomas, Thomas, & Lombertie, 1997 ; Thomas, Billon, Hazif-Thomas, & Pradere, 1997).

Les perturbations observées chez les personnes âgées d'un point de vue cognitif peuvent s'accompagner d'une dépression (e.g., ralentissement) ou d'une démotivation (e.g., baisse de la vigilance et des processus attentionnels). Cependant, les 2 états appartiendraient au registre du vieillissement pathologique. Plus précisément, la démotivation et l'apathie (démotivation associée à un émoussement affectif) sont liées à une atteinte du système frontal et font partie du tableau de la démence frontale, de début plus précoce que la maladie d'Alzheimer, marquée par des troubles de l'humeur (Thomas et al., 2001). Ce renoncement à faire et à participer à une vie sociale pourrait représenter une source d'aggravation des troubles psychiques et/ou fonctionnels déjà présents chez ces sujets. Les liens observés entre un état dépressif et des modifications cognitives relevés chez la personne âgée seront décrits, plus en détail, dans la section 3.2.3 (p. 103).

### **3.2.2 L'anxiété et la peur pour l'avenir**

L'anxiété correspond à un état émotionnel et motivationnel qui peut être présent dans des circonstances menaçantes ou particulièrement stressantes de la vie comme, par exemple, une condition de compétition ou d'évaluation (Eysenck, 1992 ; Eysenck,

Derakshan, Santos, & Calvo, 2007). En effet, les personnes anxieuses s'inquiètent pour les possibles menaces à l'accomplissement d'une tâche (e.g., échec, conséquences néfastes) et essaient de développer des stratégies permettant de réduire leur niveau d'anxiété, afin d'atteindre l'objectif préfixé (Power & Dalgleish, 1997).

Des études effectuées aux États Unis montrent que les personnes âgées présentent moins de troubles anxieux par rapport aux adultes plus jeunes (Regier et al., 1988). Les résultats obtenus par ces auteurs montrent également que, après 65 ans, l'anxiété est 2 fois plus prévalante que des troubles affectifs, et 4 à 7 fois plus présente qu'un trouble dépressif majeur (Bouisson, 2005). L'une des interprétations possibles est l'impact que le vieillissement cérébral peut avoir sur les neurotransmetteurs qui agissent directement sur le système nerveux sympathique, normalement impliqué dans la gestion des situations stressantes. Malgré ces modifications de nature physiologique, il semblerait que le vécu des personnes âgées leur permette de faire face de façon plus efficace (différentes stratégies de *coping*), par rapport aux sujets jeunes, à des situations qui les exposent au stress et aux pertes (Bouisson, 2005). Cette forme d'adaptation des aînés se base probablement sur le fait qu'ils sélectionnent les objectifs qui comptent le plus pour eux, en ajustant leurs aptitudes à leurs aspirations, et en compensant avec des stratégies nouvelles (Balard, 2013).

Parmi les **facteurs de risque de l'anxiété** qui ont été isolés, nous pouvons citer le lieu de vie des personnes âgées (domicile, maison de retraite), leur niveau socio-culturel et la proximité des membres de leur famille (Stanley & Beck, 2000). Il ne faut pas non plus négliger le rôle joué par des problèmes de comorbidité, tels que d'autres signes cliniques psychologiques (e.g., dépression, peur des chutes) ainsi que physiques (e.g., cardiopathie, insomnie), avec un recours fréquent aux services de santé (Ballenger et al., 2001 ; Wetherell et al., 2004 ; Wittchen, 2002 ; cités par Wetherell & Gatz, 2005).

Sur la base de ces considérations, il serait pertinent de mesurer le niveau d'anxiété à travers des échelles auto-notées, une évaluation psychophysologique et l'observation directe (Bouisson, 2005). Un autre facteur essentiel dont il faut tenir compte est la conscience que certains sujets âgés ont de leurs difficultés au quotidien, qui peut entraîner un état d'agitation décrit aussi par les proches aidants. Nous tenons à souligner que les travaux réalisés sur l'anxiété au cours du vieillissement normal, surtout dans le grand âge (au-delà de 80 ans), sont plutôt rares, si nous considérons le nombre important d'études qui évaluent la dépression en plus du fonctionnement cognitif. D'où l'importance de réaliser des évaluations qui incluent ce type de mesure subjective.

### 3.2.3 Dépression, anxiété et fonctionnement frontal

Plusieurs études montrent la forte implication du cortex préfrontal dans l'expression et l'appréciation des émotions. Cependant, il n'y a pas de consensus sur l'implication de zones cérébrales spécifiques dans les différents troubles de l'humeur traités ci-dessus : la dépression et l'anxiété.

Grâce à l'utilisation de l'électroencéphalogramme et de la neuroimagerie, des chercheurs ont pu mettre en évidence une activation asymétrique des lobes frontaux ou une désactivation bilatérale de ces lobes en présence de troubles de l'humeur chez des adultes anxio-dépressifs (Bruder et al., 1997 ; Davidson, Abercrombie, Nitschke, & Putnam, 1999). D'autres travaux montrent une désactivation du lobe frontal gauche et une activation plus importante du lobe frontal droit (Tomarken, Davidson, & Henriques, 1990 ; Tucker, Stenslie, Roth, & Shearer, 1981).

Shenal et al. (2003) ont proposé, plus récemment, un diagnostic de la dépression qui se base sur la présence d'un dysfonctionnement frontal gauche, frontal droit, ou dans les régions postérieures droites. Toutefois, les asymétries observées au niveau frontal peuvent s'amplifier dans le cas où un trouble anxieux est aussi présent (Bruder et al., 1997).

Une étude effectuée par Paradiso, Chemerinski, Yazici, Tartaro, et Robinson (1999) sur les changements de l'humeur et du comportement chez des patients présentant des lésions frontales a permis d'analyser le rôle fonctionnel de différentes régions préfrontales dans la dépression et l'anxiété. Plus précisément, les sujets ayant des lésions latérales ont montré une réduction importante de l'expression des émotions ainsi qu'une démotivation (apathie) lors des évaluations réalisées (troubles plus fréquents de type dépressif et anxieux). En revanche, les sujets présentant des lésions dans les régions frontales médianes n'ont pas montré un niveau plus élevé d'euphorie, de désinhibition, de difficulté d'expression des émotions, ou d'apathie par rapport aux patients ayant des lésions latérales (Paradiso et al., 1999). Des lésions médianes devraient soit empêcher les changements émotionnels, soit inhiber la perception que les individus ont des changements de l'humeur (anxiété ou apathie). Les patients ayant des lésions unilatérales au niveau du cortex préfrontal latéral devraient présenter une perturbation de la régulation de l'humeur, mais être tout à fait capables de ressentir des émotions perturbées (Paradiso et al., 1999).

Les résultats obtenus par Cummings (1993) ont permis d'observer des troubles de la personnalité (non de l'humeur) suite à des lésions du cortex cingulaire antérieur. En effet, l'intégrité des régions frontales médianes et ventromédianes permettrait de répondre à l'émotion évoquée par un stimulus et de focaliser sa propre attention sur une émotion ressentie (Damásio, 1995 ; Lane, Fink, Chau, & Dolan, 1997). Par conséquent, le cortex

médian préfrontal serait impliqué dans la capacité à ressentir des émotions, une humeur dépressive, un état d'apathie ou d'anxiété.

D'un point de vue cognitif, la littérature met en évidence l'existence de liens entre les variations de l'humeur et la perturbation de certaines fonctions cognitives. Par exemple, une étude effectuée par Mitchell et Phillips (2007) a montré que la manipulation d'une humeur négative (au moyen de vidéos, de la musique, et/ou du rappel d'événements passés chargés d'un point de vue émotionnel) avait des effets sur les processus de contrôle cognitif. En revanche, la manipulation d'une humeur positive impactait les processus de mise à jour, de planification et de flexibilité. Ces changements cognitifs devraient être liés aux modifications observées sur le plan neurochimique : niveau de dopamine (effets de l'humeur positive) et de sérotonine (effets de l'humeur négative). Le cortex préfrontal s'occuperait de l'intégration entre humeur et cognition. Cependant, la façon dont l'humeur affecte le fonctionnement exécutif n'est pas encore claire (Mitchell & Phillips, 2007).

Salthouse (2012) s'est aussi intéressé à la dépression et à l'anxiété dans le vieillissement cognitif normal. Cet auteur a proposé à 3781 sujets âgés entre 18 et 97 ans des échelles d'anxiété et de dépression ainsi que des tests cognitifs mesurant le raisonnement, la visualisation spatiale, la mémoire épisodique, la vitesse de perception et le vocabulaire. Les données qu'il a recueillies montrent que, lorsque le niveau d'anxiété et de dépression était plus élevé, les scores obtenus par les participants aux épreuves cognitives étaient plus faibles.

### **Dépression et cognition**

Quelques travaux ont permis d'étudier les liens existants entre niveau de dépression et modifications cognitives chez les sujets âgés (Austin et al., 1999 ; Austin, Ross, & Murray, 1992). La dépression, outre le fait d'être caractérisée par une perturbation de l'humeur, serait liée à des déficits cognitifs spécifiques. Austin, Mitchell, et Goodwin (2001), dans leur article de synthèse, mettent en évidence des modifications de type mnésique (mémoire épisodique et apprentissage) et exécutif (flexibilité cognitive et affective) dans la dépression. Considérant que des lésions du lobe temporal peuvent avoir pour conséquence une perturbation de la mémoire épisodique, il est possible que les troubles mnésiques présents chez les patients dépressifs soient dus aux changements subis par la région hippocampique du cerveau. En effet, une réduction du volume de l'hippocampe est observée en cas de dépression (Sheline, Wang, Gado, Csernansky, & Vannier, 1996).

De nombreuses études explorent les capacités exécutives sans s'intéresser aux variations

psychoaffectives, alors que les résultats obtenus par Mitchell et Phillips (2007), par exemple, montrent bien à quel point des changements de l'humeur peuvent avoir une influence significative sur les activations neuronales et la cognition. En ce qui concerne les troubles observés au niveau exécutif, chez des personnes dépressives, les résultats obtenus par les chercheurs, il y a 30 ans, étaient discordants (Raskin, Friedman, & DiMascio, 1982; Silberman, Weingartner, & Post, 1983). Actuellement, les auteurs s'accordent sur l'existence d'une perturbation des capacités de fluence verbale et de flexibilité chez les aînés présentant un niveau élevé de dépression (Beats, Sahakian, & Levy, 1996). Un déficit des FE a été également observé chez 23 patients âgés de 20 à 40 ans, présentant une dysphorie et une dépression légère (Channon & Green, 1999), ainsi que chez un groupe de sujets jeunes ayant un niveau modéré de dépression (Purcell, Maruff, Kyrios, & Pantelis, 1997). Dans cette dernière étude, les patients ne présentaient pas de perturbation de la mémoire de travail, mais des difficultés dans les tâches évaluant la vitesse motrice et la flexibilité.

D'autres études suggèrent que ces changements ne dépendraient pas de l'âge des sujets, de la sévérité de la dépression ou de son sous-type (endogène/exogène), de la complexité des tâches proposées ou du niveau de motivation, car les déficits cognitifs persistent même après avoir mis en place un suivi clinique spécifique (Austin et al., 2001). Les chercheurs posent l'hypothèse d'une interaction entre les aspects caractérisant les 2 versants, dorsal et ventral, du cortex préfrontal chez les patients atteints de dépression. En effet, des perturbations de la motivation (versant ventral), de l'auto-contrôle, ainsi que de la planification (versant dorsal), sont fréquemment associées à la dépression. De plus, des lésions circonscrites dans le cortex préfrontal ventromédian semblent avoir un impact sur le contrôle exécutif, la reconnaissance des émotions et l'humeur (Damásio, 1995). Ces résultats sont supportés par des études sur la dépression utilisant des technologies d'imagerie fonctionnelle ainsi qu'en neuropsychologie (Austin et al., 1999; Murphy et al., 1999).

Nous tenons à préciser que chez les personnes âgées présentant une hypertension, des pathologies cardiovasculaires ou cérébrovasculaires (facteurs de risque médicaux) et atteintes de dépression, il est également possible d'observer des déficits cognitifs et/ou une démence (Hickie & Scott, 1998). En outre, les aînés présentant des déficits cognitifs dus à une résistance au traitement médicamenteux de la dépression pourraient développer une démence vasculaire comme comorbidité (Austin et al., 2001).

## Anxiété et cognition

La plupart des études effectuées s'accordent sur le fait que l'anxiété soit associée à une perturbation des performances des sujets dans des tâches de courte durée (pour revue voir Eysenck, 1992). Ces tâches, généralement proposées en laboratoire, demandent aux sujets un niveau élevé de ressources cognitives. L'anxiété aurait un impact considérable sur le fonctionnement du système de contrôle attentionnel et, plus particulièrement, sur 2 types de FE : l'inhibition et la flexibilité (Eysenck et al., 2007). Des effets négatifs de l'anxiété ont également été montrés au niveau phonologique car elle impacterait plus l'activité verbale que les représentations mentales (Rapee, 1993). Des travaux de recherche réalisés chez des sujets adultes et des enfants dépressifs et anxieux confirment la présence de déficits attentionnels, et montrent aussi l'existence de déficits de reconnaissance visuelle, moteurs, ainsi qu'une réduction du TR (Emerson, Mollet, & Harrison, 2005).

La préoccupation ressentie par les sujets dans une situation donnée influence le processus d'anticipation et les capacités de stockage temporaire en mémoire de travail. De plus, une forte anxiété provoque la consommation excessive de ressources cognitives, qui ne peuvent donc pas être disponibles durant la réalisation de la tâche en cours. Un autre effet négatif de l'anxiété est la diminution de l'efficacité (e.g., distraction due à des stimuli internes ou externes) et de la motivation à utiliser des stratégies alternatives. En effet, si des mécanismes de compensation étaient mis en place par les sujets anxieux (e.g., changement de stratégie, effort supplémentaire), leurs capacités en mémoire de travail pourraient s'améliorer ou ne pas subir de modification pendant la réalisation d'une tâche donnée (Eysenck et al., 2007).

Une autre étude s'est intéressée au fonctionnement neuropsychologique dans l'anxiété (Airaksinen, Larsson, & Forsell, 2005). L'objectif de Airaksinen et al. (2005) était de savoir si des sujets ayant reçu un diagnostic de trouble anxieux (panique,  $n = 33$  ; phobie sociale,  $n = 32$  ; trouble anxieux généralisé,  $n = 7$  ; trouble obsessionnel-compulsif,  $n = 16$  ; phobie spécifique,  $n = 24$ ) montraient des perturbations au niveau cognitif, par rapport à des sujets contrôles ( $n = 175$ ). Ils devaient réaliser des tâches de mémoire épisodique (rappel de 32 mots neutres), de fluence verbale (FAS), de vitesse psychomotrice et exécutives (TMT A et B). Tous les groupes de participants anxieux montraient des modifications au niveau mnésique et exécutif. Plus en détail, la panique (avec et sans agoraphobie), ainsi que le trouble obsessionnel-compulsif, étaient liés à la perturbation de la mémoire et des FE. La phobie sociale était associée au déficit de la mémoire épisodique, tandis que la fluence verbale et la vitesse psychomotrice n'étaient pas influencées par l'anxiété. La phobie spécifique et l'anxiété généralisée ne semblaient pas affecter le fonctionnement

neuropsychologique (Airaksinen et al., 2005).

Tous les aspects frontaux (e.g., cognition sociale) n'ont pas été confrontés à la dépression et à l'anxiété. De plus, l'existence de ces éventuelles relations reste à explorer dans le vieillissement normal.



### 3.3 Synthèse

Ce troisième chapitre nous a permis de mettre l'accent sur plusieurs aspects caractérisant la capacité des personnes âgées à accomplir des AVQ ainsi que sur leur qualité de vie. Comme nous avons pu le voir, les facteurs qui peuvent influencer le niveau de satisfaction des aînés sont multiples et dépendent de leur santé physique (e.g., usage des sens), de leur autonomie (de base, instrumentale et sociale), des occasions qu'ils ont de participer aux activités collectives (e.g., spectacles) et de leur capacité à maintenir et instaurer des liens sociaux de qualité.

L'autonomie est fréquemment mesurée à travers des échelles simples appelées B-ADL, I-ADL et S-DAL. L'évaluation de la qualité de vie nécessite souvent l'utilisation de questionnaires d'auto-évaluation plus longs, comme le WHOQOL. Ils permettent de s'intéresser à plusieurs aspects en même temps. Grâce à ces mesures, il a été possible d'étudier les liens existant entre l'autonomie des sujets âgés, leur satisfaction générale et leur fonctionnement cognitif. À ce propos, le niveau d'autonomie instrumentale semble être associé à la perturbation de certains processus cognitifs, comme les FE (Cahn-Weiner et al., 2007). La qualité de vie, particulièrement influencée par le niveau socio-économique des sujets, semble aussi avoir un impact sur le fonctionnement cognitif individuel (Mani et al., 2013).

En outre, la qualité de vie des personnes âgées pourrait être influencée par des facteurs psychologiques tels que la présence de troubles anxieux et/ou dépressifs (Alexandre et al., 2009). Les niveaux de dépression et d'anxiété constituent, en effet, un aspect central dans l'étude du vieillissement normal car ils peuvent varier en fonction de l'histoire personnelle de chaque sujet, de ses expériences passées (e.g., deuil, solitude) et de sa peur pour l'avenir (e.g., création de nouveaux projets, proximité de la famille). Il existe quelques échelles cliniquement reconnues (échelles d'anxiété/de dépression de Beck et de Hamilton) qui sont utilisées pour évaluer ces 2 aspects.

Les travaux de recherche consacrés à l'étude des liens existant entre dépression, anxiété et cognition montrent que les personnes âgées présentant des symptômes dépressifs auraient des difficultés à réaliser des tâches cognitives qui impliquent des processus exécutifs tels que le contrôle, la planification et la flexibilité. La survenue de symptômes anxieux impacterait surtout la réalisation de tâches courtes, demandant un niveau élevé de ressources cognitives, surtout de type mnésique et attentionnel.

À partir de ces considérations, il semble pertinent d'effectuer une évaluation de ces facteurs psychoaffectifs chez les aînés, cela afin d'identifier les sujets qui présentent

un niveau pathologique de dépression et d'anxiété, et d'analyser les performances des personnes en bonne santé à la lumière d'informations concernant leur état psychologique ainsi que leur autonomie et leur qualité de vie.



## Deuxième partie

# Contributions expérimentales

We are convinced that there is no aspect of brain functioning that is as fascinating and mysterious as the frontal lobes. STUSS ET KNIGHT, 2013



## Chapitre 4

# Problématique et méthodologie générales

### 4.1 Problématique

Avec l'avancée en âge, il est possible d'observer des changements morphologiques au niveau frontal, constat qui a amené plusieurs auteurs à appliquer la notion de fractionnement des fonctions frontales à l'étude du vieillissement cognitif normal. Les travaux réalisés ont déjà permis de pointer quelques dissociations intéressantes. Par exemple, les résultats obtenus par MacPherson et al. (2002) suggèrent un dysfonctionnement plus marqué de l'unité frontale dorsolatérale que ventromédiane chez le sujet âgé sain. En outre, les capacités de planification de l'action étant des habiletés cognitives de haut niveau, elles seraient caractérisées par des processus plus élémentaires susceptibles d'être atteints de façon isolée. Dans une autre étude sur le vieillissement des capacités de planification (test du plan du zoo) les sujets âgés présentaient moins de difficultés à suivre des plans d'actions prédéfinis qu'à les élaborer (Allain et al., 2005).

Plus généralement, les aînés présenteraient quelques difficultés à réaliser des tâches qui demandent un certain contrôle exécutif, donc un bon niveau d'attention, de flexibilité et d'inhibition (Collette & Salmon, 2014; Sylvain-Roy, 2013). En outre, les capacités de PD dans des situations ambiguës (Denburg et al., 2007), ainsi que les habiletés de TDE, indispensables pour la construction d'une vie sociale satisfaisante, semblent également être perturbées avec l'avancée en âge (Duval, Piolino, Bejanin, Eustache, & Desgranges, 2011). Cependant, un débat est encore ouvert sur l'existence de liens entre ces habiletés frontales et, plus précisément, entre la perturbation des capacités des aînés à inférer des états mentaux (capacités de TDE) et les modifications observées chez les mêmes individus au niveau exécutif et de vitesse de traitement (Moran, 2013). Les capacités exécutives des

sujets âgés semblent avoir des liens avec leurs capacités MC, suggérant une implication de ces processus dans les tâches permettant de les évaluer (Duval, Piolino, Bejanin, Laisney, et al., 2011). En outre, les personnes âgées subiraient un ralentissement de la vitesse de traitement des informations qui pourrait avoir un impact sur leurs performances dans les épreuves neuropsychologiques (Salthouse, 1996).

Les résultats présentés dans la littérature à ce propos sont parfois discordants, probablement à cause de la différence entre les méthodologies utilisées par les chercheurs. Nous faisons notamment référence au matériel choisi (e.g., cartes, photos, vidéos, textes), ainsi qu'aux procédures suivies (études se basant sur les technologies de neuroimagerie et/ou sur des évaluations neuropsychologiques).

Le vieillissement normal semble donc s'accompagner d'une diminution de certaines capacités cognitives qu'il serait abusif de considérer comme globale. Les travaux les plus récents plaident en faveur de l'idée d'une atteinte sélective de certains systèmes frontaux avec l'avancée en âge (Calso et al., 2015). Considérant que, à notre connaissance, il n'existe pas d'études s'intéressant au vieillissement normal des 4 catégories de fonctions frontales (fonctions exécutives [FE], capacités de prise de décision [PD], d'activation psychique [AP] et métacognitives [MC]) décrites par Stuss (2008), chez les mêmes participants, il apparaît pertinent de conduire des travaux sur le sujet. De plus, considérant que quelques études effectuées chez l'adulte cérébrolésé et la personne âgée montrent un impact considérable des fonctions frontales sur l'autonomie (Cahn-Weiner et al., 2007; Perna, Loughan, & Talka, 2012) et sur la qualité de vie (Paçhalska et al., 2012) des sujets, nous tenterons de comprendre les liens existants entre modifications cognitives, autonomie et qualité de vie des aînés.

Poursuivre les travaux de recherche dans ce domaine nous paraît nécessaire pour mieux cerner la nature des modifications frontales liées à l'âge et les lignes de partage entre vieillissement normal et vieillissement pathologique des habiletés frontales. Ce type de travail est également à développer chez les sujets très âgés car nous ne savons encore que peu de choses sur l'évolution des compétences frontales dans le quatrième âge, si ce n'est que leur déclin semble s'accélérer (De Beni & Borella, 2015). En outre, des analyses fines des données sont nécessaires dans la mesure où des questions de diagnostic précoce et/ou différentiel sont régulièrement posées aux cliniciens spécialisés dans le dépistage des troubles neuropsychologiques chez le sujet âgé.

L'ensemble de ces considérations nous a amenés à formuler plusieurs questions, dont les plus pertinentes pour notre étude sont :

1. *Les différentes classes de compétences frontales sont-elles toutes atteintes dans le*

*vieillesse normale ? Si non, quelle(s) fonction(s) est(sont) la(les) plus atteinte(s) ? Existe-t-il des profils différents de dysfonctionnements frontaux dans le vieillissement normal ?*

**2.** *Le grand âge accentue-t-il la diminution des aptitudes frontales ? Si oui, selon quel mode ?*

**3.** *Quel(s) type(s) de modification(s) frontale(s) est(sont) le(s) plus lié(s) au niveau d'autonomie et de qualité de vie des aînés ?*

#### **4.1.1 Objectifs et hypothèses**

Notre objectif principal sera d'évaluer l'intérêt d'une approche théorique multidimensionnelle du fonctionnement frontal dans le vieillissement normal, en se basant sur le modèle neuroanatomique proposé par Stuss (2008). Le présent travail visera, plus particulièrement, à préciser la nature des perturbations frontales observables avec l'avancée en âge, examiner l'impact du grand âge sur les différentes fonctions frontales étudiées (FE, capacités de PD, d'AP et MC), préciser l'éventuelle variabilité interindividuelle, analyser les liens qui peuvent exister entre les modifications frontales, la qualité de vie, l'autonomie fonctionnelle et sociale des aînés rencontrés. L'exploration de plusieurs aspects relatifs à la sphère personnelle, familiale et sociale pourrait aider à dégager de bons indicateurs prédictifs d'un vieillissement « réussi ». Par exemple, la présence d'une participation sociale active aurait un impact sur l'état psychoaffectif et cognitif des personnes âgées (Raymond et al., 2008).

À partir de la littérature consultée et de notre problématique de recherche, nous formulons **3 hypothèses principales** :

**1)** Nous nous attendons à ce que le vieillissement cognitif normal soit caractérisé par des déclin sélectifs intéressant surtout les opérations mentales "fluides". Nous faisons l'hypothèse que certaines FE supportées par les régions dorsolatérales du cortex préfrontal (MacPherson et al., 2002), ainsi que des habiletés supportées par les régions ventromédianes et orbitofrontales, telles que les capacités de PD et de TDE, seront affectées précocement par l'avancée en âge (Denburg et al., 2007 ; Lindberg, 2012). Nous faisons aussi l'hypothèse qu'il sera possible de définir plusieurs profils de fonctionnement frontal dans le vieillissement normal. Concernant les capacités exécutives, nous distinguerons au moins 3 profils (Sylvain-Roy, 2013) : un sous-groupe de participants présentera des performances globalement élevées, un sous-groupe aura des performances se situant dans la moyenne et un autre sous-groupe aura des performances plus faibles à tous les tests exécutifs proposés, comparativement au reste de la population de chaque échantillon.



2) Le grand âge accentuera significativement la diminution des aptitudes frontales, surtout de celles qui sont particulièrement touchées au cours du troisième âge : les FE, les capacités de PD implicite et de TDE affective et cognitive surtout de deuxième ordre (Collette & Salmon, 2014 ; Moran, 2013). La vitesse de traitement sera progressivement ralentie chez les sujets âgés, ce dans toutes les épreuves neuropsychologiques proposées (Salthouse, 1996).

3) Nous faisons l'hypothèse que la détérioration de certaines fonctions cognitives, telles que les capacités exécutives et de PD, aura un impact sur l'autonomie des aînés (Eslinger & Geder, 2000 ; Hommet, Constans, Atanasova, & Mondon, 2010 ; Perna et al., 2012). La perturbation des fonctions MC impactera la qualité de vie des personnes âgées (Paçhalska et al., 2012). En outre, nous nous attendons à ce que les personnes très âgées présentent un niveau d'autonomie et de qualité de vie inférieur par rapport à celui des personnes âgées (P. B. Baltes, 1997 ; Smith, 2003 ; Smith & Baltes, 1996 ; cités par Bouisson, 2005).

## 4.2 Méthode

### 4.2.1 Participants

Afin d'apporter des réponses concrètes aux questions que nous nous sommes posées, un protocole expérimental a été proposé à des personnes âgées en bonne santé. Ces participants ont été divisés en 2 groupes selon leur classe d'âge : **65-79 ans**, **80-95 ans**. Un autre groupe constitué de sujets jeunes adultes, âgés de **20 à 40 ans**, a également été inclus dans l'étude. Notre objectif est d'effectuer des comparaisons intergroupes, à partir des performances de participants jeunes et âgés dans une batterie de tests dits frontaux.

Les participants âgés ont été sélectionnés sur la base des **critères d'inclusion** suivants : le score obtenu au MMSE (Folstein et al., 1975 ; voir aussi les normes proposées par Lechevallier-Michel, Fabrigoule, Lafont, Letenneur, & Dartigues, 2004) permettant d'évaluer l'état cognitif global du sujet, ainsi que l'absence d'antécédents psychiatriques ou neurologiques. Les aspects relatifs à la santé physique et mentale des aînés ont été étudiés au moyen d'un questionnaire de santé (voir l'Annexe 1) et de 2 échelles de dépression et d'anxiété. Les troubles parfois présents au niveau sensoriel, ceux auditifs et ophtalmologiques étant les plus fréquents, devaient être corrigés grâce à un appareil auditif, des lentilles ou des lunettes.

Cent-onze volontaires ont accepté de participer à la présente étude. Seulement une personne âgée a été exclue en phase d'évaluation initiale car elle présentait un niveau de dépression élevé ainsi qu'un score faible (inférieur à 24/30) au MMSE. Ensuite, les 110

participants sains ont été divisés en 3 groupes, le premier étant constitué de 40 sujets jeunes (SJ), le deuxième de 40 sujets âgés (SA) et le troisième de 30 sujets très âgés (STA).

#### 4.2.2 Matériel

L'évaluation cognitive globale (voir le Chapitre 5) effectuée ainsi que les questionnaires et les échelles nous ont permis d'obtenir des informations relatives à la sphère personnelle et sociale (état de santé général, niveau d'autonomie et de qualité de vie ; voir le Chapitre 9) de tous les participants. Les outils choisis sont présentés ci-après.

En ce qui concerne le fonctionnement frontal, les épreuves neuropsychologiques utilisées (voir les Tableaux 4.1 et 4.2) ont été sélectionnées à partir d'études effectuées précédemment dans le même domaine et sur la base du paradigme décrit par Stuss et Alexander (2007). Nous tenons à préciser que, dans le cadre de ce travail de recherche, nous avons développé et créé 2 nouveaux outils d'évaluation : une batterie de 6 tests informatisés de TR (voir la section 5.3.1, p. 125, et l'Annexe 2) permettant de mesurer les processus d'énergisation, de contrôle et d'inhibition, et une tâche évaluant les capacités de tromperie-coopération (voir la section 8.2.1, p. 154, et l'Annexe 3). L'ensemble des épreuves proposées nous a permis d'étudier les 4 catégories d'habiletés frontales décrites par Stuss et al. (2002) (voir aussi Stuss, 2008 ; Stuss & Levine, 2002).

**1. Les fonctions exécutives cognitives** (voir le Chapitre 5) ont été évaluées à l'aide de tests de fluence verbale littérale et sémantique (premières 15 secondes [s]/60s), de l'épreuve d'apprentissage et de rappel d'une liste de 16 mots (RL/RI 16), du test de classement de cartes, du test de Stroop (condition de dénomination) et de 5 tâches de TR (nombre d'erreurs) : *simple*, *easy choice*, *complex choice*, *no-go* et *tap 2* (TR - 1500 millisecondes [ms] ; pour plus de détails, voir la section 5.3.1, p. 125).

**2. Les capacités de prise de décision** implicite et explicite (voir le Chapitre 6) ont été évaluées au moyen de l'IGT (50 tirages de cartes) et du GDT (50 lancers de dé) respectivement.

**3. L'énergisation ou activation psychique** (voir le Chapitre 7) a été mesurée au travers de tests de fluence verbale littérale et sémantique (dernières 45s/60s), du test de Stroop (condition d'interférence) et de 4 tâches informatisées (TR) : *simple*, *easy choice*, *prepare* et *tap 1* (TR - 1500ms).

**4. Le test de conscience de soi** (Kuhn & McPartland, 1954), la tâche de FC appelée TOM-15, l'épreuve de tromperie-coopération (inspirée de la tâche de Brüne, 2003)

Fonctions exécutives	Activation psychique
FV littérale et sémantique 15s/60s, Test de Stroop (dénomination), Tâches de temps de réaction : <i>Simple, Easy choice, Complex Choice</i> (erreurs), <i>No-go, Tap 2</i> (sans indice sonore), MCST, RL-RI 16	FV littérale et sémantique 45s/60s, Test de Stroop (interférence), Tâches de temps de réaction : <i>Simple, Easy choice, Prepare</i> (temps), <i>Tap 1</i> (avec indice sonore)
Prise de décision	Fonctions métacognitives
IGT, GDT	TOM-15, Tâche de tromperie-coopération, RME, Test de conscience de soi

TABLE 4.1 – Épreuves permettant d'évaluer les 4 types de fonctions frontales (Stuss, 2008). FV : Fluence verbale, s : secondes, MCST : Modified Card Sorting Test, RL-RI 16 : Rappel Libre-Rappel Indicé 16, IGT : Iowa Gambling Task, GDT : Game of Dice Task, TOM-15 : Theory Of Mind-15, RME : Reading the Mind in the Eyes.

et le test de reconnaissance des émotions RME ont permis d'examiner les **fonctions métacognitives** : conscience autoéotique et capacités de TDE (voir le Chapitre 8).

### 4.2.3 Procédure

La moitié des volontaires ont été rencontrés à leur domicile (dans les villes d'Angers et de Paris), les autres dans des salles mises à disposition par 6 clubs seniors du Centre d'action sociale de la Ville de Paris. À ce propos, il est important de souligner que le club est considéré par les personnes âgées comme un lieu caractéristique de leur vie sociale. En effet, participer à plusieurs ateliers hebdomadaires qui ont lieu dans la même structure leur a permis de se sentir à l'aise et en sécurité durant les évaluations neuropsychologiques. De plus, pour certaines personnes, le club constitue un point de référence (parfois le seul) en cas de besoin ou de difficulté, à cause de la distance géographique les séparant de leur famille ou de leurs amis.

La mise en place du protocole expérimental s'est effectuée sur une durée globale de 3 heures chez les participants jeunes et de 4 heures chez les aînés. Tous les jeunes ont fait une pause de 10 minutes après avoir réalisé la première moitié de l'expérience. En revanche, les personnes âgées ont été vues 2 fois. Ce afin de limiter la fatigue et la baisse d'attention susceptibles d'influencer leurs performances. Chacune de ces rencontres a eu

Tests	Processus cognitifs et régions cérébrales qui peuvent être impliqués	Indices de performance
FV Littérale (s)	Processus verbaux, activation, initiation, flexibilité, maintien (Régions dorsolatérales gauches et médianes supérieures)	- Mots produits (15s,45s/60s, 120s) - Nombre d'erreurs
FV Sémantique (animaux)	Processus verbaux, activation, initiation, attention soutenue, flexibilité, maintien, contrôle, inhibition, mémoire explicite (Régions dorsolatérales et médianes supérieures et inférieures)	- Mots produits (15s,45s/60s, 120s) - Nombre d'erreurs
Apprentissage et rappel d'une liste de 16 mots	Processus verbaux, activation, initiation, flexibilité, maintien, inhibition, mémoire explicite (Régions dorsolatérales et médianes inférieures)	- Rim - RL + RI (1, 2, 3) - RD (libre + indicé) - Nombre d'erreurs
Stroop test	Processus verbaux, activation, initiation, flexibilité, maintien (Régions latérales gauches et médianes supérieures)	- TR (s) - Nombre d'erreurs
MCST (48 cartes)	Processus verbaux, activation, initiation, flexibilité, attention soutenue, maintien, contrôle, inhibition (Régions dorsolatérales et médianes supérieures)	- Temps (s) - Nombre de catégories - Nombre de PCP et de PRP
ARTIST (6 tâches de TR)	Activation, initiation, flexibilité, attention soutenue, maintien, contrôle, inhibition (Régions dorsolatérales et médianes supérieures)	- TR (ms) - Nombre d'erreurs
IGT	Prise de décision affective (gains et pertes implicites) (Cortex préfrontal ventromédian)	- Net score (50 tirages de cartes)
GDT	Prise de décision (gains et pertes explicites) (Cortex préfrontal dorsolatéral et orbitofrontal)	- Net score (50 lancers de dé)
« Qui suis-je ? » (test de conscience de soi)	Conscience autoérotique (Régions orbitofrontales, cortex préfrontal ventromédian et d'autres régions)	- Six aires spécifiques d'expérience
TOM-15 (tâche de fausses croyances)	TDE cognitive de 1 <sup>er</sup> et de 2 <sup>ème</sup> ordre (Régions latérales et médianes supérieures et inférieures)	- Scores TDE 1 <sup>er</sup> et 2 <sup>ème</sup> ordre - Score questionnaire - Temps (s)
RME	TDE affective (Cortex préfrontal orbital)	- Score
MPS-TOMQ (tâche de tromperie-coopération)	TDE affective (Régions frontales ventromédianes, amygdale et d'autres régions limbiques)	- Scores séquences et questionnaire - Temps (s)

TABLE 4.2 – Processus cognitifs associés aux épreuves frontales choisies et indices de performance nécessaires pour notre analyse. FV : Fluence verbale, s : secondes, ms : millisecondes, MCST : Modified Card Sorting Test, ARTIST : Attention Reaction Time Investigation in Subsequent Tasks, TR : Temps de réaction, IGT : Iowa Gambling Task, GDT : Game of Dice Task, TOM-15 : Theory Of Mind-15, RME : Reading the Mind in the Eyes, MPS-TOMQ : Modified Picture Stories-TOM Questionnaire, TDE : Théorie De l'Esprit, Rim : Rappel immédiat, RL-RI : Rappel Libre-Rappel Indicé, RD : Rappel Différé, PCP : Persévération du critère précédent, PRP : Persévération de la réponse précédente.

une durée d'environ 2 heures, avec une pause de 10 minutes au milieu de la passation des tests.

Les informations recueillies dans le cadre de ce travail de recherche ont fait l'objet d'analyses statistiques et les résultats relatifs à chaque domaine étudié seront présentés dans les chapitres suivants. Nous tenons à préciser que les traitements statistiques des données ont été effectués à l'aide du logiciel de calcul scientifique MATLAB<sup>®</sup>. Pour toutes les comparaisons intergroupes et les analyses corrélationnelles effectuées, le seuil de significativité statistique retenu était de .05.

Considérant que les échantillons pris en considération sont assez grands (nombre de participants dans chaque groupe supérieur ou égal à 30), nous avons utilisé des **tests statistiques paramétriques** (test t de Student, *analysis of variance* [ANOVA], coefficient de corrélation de Pearson) pour analyser nos données. Des modèles de régression linéaire simple et multiple ont aussi été construits, en utilisant les z-scores calculés à partir des données recueillies pour les 3 groupes de participants. Précisons que les tests paramétriques sont plus puissants (capables de mettre en évidence une différence significative entre 2 groupes de données lorsqu'il en existe une) par rapport aux tests non paramétriques (test U de Mann-Whitney, test de Kruskal-Wallis, coefficient de corrélation  $\rho$  de Spearman). En effet, les premiers se basent sur des paramètres précis tels que les moyennes et les écarts-types calculés, les deuxièmes utilisent les rangs, c'est-à-dire l'ordre dans lequel apparaissent les observations des 2 échantillons lorsqu'elles sont réunies et triées (Howell, Bestgen, Yzerbyt, & Rogier, 2008). Signalons également que, dans le présent travail de recherche, les analyses statistiques effectuées à travers ces 2 différents types de tests ont fourni des résultats similaires, mettant en évidence les mêmes différences significatives.

## Chapitre 5

# Étude du vieillissement normal des fonctions exécutives

### 5.1 Méthode

Avant de détailler la méthode et les épreuves frontales utilisées dans le cadre de notre étude, nous allons décrire les données obtenues suite à l'**évaluation cognitive** réalisée, chez tous les participants (jeunes, âgés et très âgés), au moyen de tests de lecture et d'efficiences frontale. Chez les SA et STA, le niveau cognitif global a été évalué à l'aide du MMSE.

En ce qui concerne les **FE**, considérant qu'elles sont parmi les habiletés cognitives les plus étudiées en neuropsychologie du vieillissement, de nombreuses épreuves ont été développées pour les évaluer. Dans les sections suivantes, nous détaillerons les épreuves sélectionnées pour effectuer notre étude ainsi que les résultats obtenus grâce aux comparaisons intergroupes effectuées. Notre objectif sera de répondre aux questions suivantes : *Est-ce que les FE se modifient avec l'avancée en âge ? Si oui, quel(s) est(sont) le(s) processus exécutif(s) qui subit(-ssent) le plus de perturbations dans le vieillissement normal ?*

### 5.2 Évaluation cognitive globale des participants

L'évaluation cognitive a été effectuée grâce à la version française du NART (**fNART** ; Mackinnon & Mulligan, 2005 ; Nelson, 1982) et à la Batterie Rapide d'Efficiences Frontales (**BREF** ; Dubois, Slachevsky, Litvan, & Pillon, 2000) chez tous les participants. Le fNART nous a donné un indice du « QI prémorbide » à partir de la lecture à voix haute de 40 mots plus ou moins communs (e.g., asthme, aulx, seing). La BREF a permis d'obtenir un score global, sur 18 points, représentatif des habiletés frontales de chaque sujet à l'aide

d'épreuves de similitudes, de fluence verbale (nombre de mots commençant par la lettre S, produits pendant 60s), motrice (séquence motrice de Luria, consignes conflictuelles), d'inhibition motrice (*go-no go*) et de préhension.

Le **MMSE** a permis d'explorer, chez les aînés, plusieurs aspects globaux tels que l'orientation temporo-spatiale, les capacités mnésiques, de calcul, pratiques, langagières et visuo-constructives.

Dans le tableau 5.1, nous présentons les performances (moyennes et écarts-types) des personnes rencontrées dans le cadre de ce travail de recherche ainsi que les résultats obtenus à partir des comparaisons intergroupes effectuées au moyen du test t de Student (SA/STA), de l'ANOVA à 1 facteur (SJ/SA/STA) et du test post-hoc, le test de Scheffé. Nous tenons à préciser que ce dernier test n'est qu'une généralisation du test t de Student, utilisé pour effectuer des comparaisons intergroupes 2 à 2 (SJ/SA, SJ/STA, SA/STA), suite à une ANOVA. Un test du  $\chi^2$  a été également effectué pour le sexe des sujets. Ce dernier test est statistiquement non significatif. Il n'existe donc pas de relation entre le nombre d'hommes et de femmes présents dans les 3 groupes de participants (indépendance entre les 2 variables prises en considération), sauf à admettre un risque d'erreur supérieur à 1 %.

Moyenne (écart-type)	SJ n = 40	SA n = 40	STA n = 30	P-value
Sexe	20 femmes 20 hommes	27 femmes 13 hommes	25 femmes 5 hommes	** a
Âge	26 (5)	68.7 (3.7)	83.4 (3.5)	*** b
Années d'études	16 (2.8)	13.5 (3.5)	9.1 (4.3)	*** b
fNART	25 (4.7)	27.4 (4.3)	24.9 (5.3)	* b
BREF	17.4 (0.8)	15.8 (1.8)	13.6 (2.1)	*** b
MMSE	-	28.2 (1.7)	27.2 (1.9)	* c

TABLE 5.1 – Caractéristiques générales de la population. Les P-values (\*  $p < .05$ , \*\*  $p < .01$ , \*\*\*  $p < .001$ ) indiquées dans le tableau font référence au résultat du (a) test du  $\chi^2$  (test non significatif), des (b) ANOVAs à 1 facteur réalisées entre les performances des 3 groupes de participants ainsi que des comparaisons intergroupes (SA/STA) effectuées au moyen du (c) test t de Student.

Les **résultats obtenus** montrent que les participants présentaient un niveau de scolarité significativement différent ( $F(2, 107) = 34.34$ ;  $p < .001$ ;  $\eta^2 = .39$ ). Plus précisément, le test post-hoc effectué montre que les SJ rencontrés ont effectué un nombre significativement plus élevé d'années d'étude par rapport aux SA ( $c = 2.57$ ;  $p = .005$ ) qui présentaient quant à eux un niveau d'étude plus élevé que les STA ( $c = 4.37$ ;  $p < .001$ ). Les SJ avaient effectué un nombre d'années d'étude supérieur par rapport aux STA ( $c = 6.95$ ;  $p < .001$ ).

Nos données mettent également en évidence une différence ( $F = 3.52$ ;  $p = .03$ ;  $\eta^2 = .06$ ) entre les scores obtenus par les 3 groupes de participants dans le test de lecture (fNART), les SA ayant eu, en moyenne, des scores plus élevés par rapport aux autres participants. Il existe une tendance des scores obtenus par les SA à se différencier de ceux obtenus par les SJ ( $c = -2.45$ ;  $p = .07$ ). Malgré cet écart, le test post-hoc n'a pas montré de différences significatives (SJ/SA, SJ/STA, SA/STA;  $p > .05$ ) pour cette épreuve.

L'évaluation effectuée avec la BREF a montré des performances qui se détériorent progressivement au niveau de l'efficiences frontale (SJ > SA > STA), les différences observées entre les 3 groupes de participants étant statistiquement significatives ( $F = 47.21$ ;  $p < .001$ ;  $\eta^2 = .47$ ). Plus en détail, les résultats issus du test post-hoc montrent que les SJ ont obtenu un score supérieur à la BREF par rapport aux SA ( $c = 1.57$ ;  $p < .001$ ), qui ont été à leur tour plus performants que les STA ( $c = 2.22$ ;  $p < .001$ ). Les SJ étaient aussi plus performants que les STA ( $c = 3.8$ ;  $p < .001$ ) dans cette épreuve. Les aînés ont montré plus de difficultés dans les tâches motrices et de fluence verbale littérale (nombre de mots produits pendant 60s).

Les personnes âgées présentaient un niveau cognitif global supérieur par rapport aux STA ( $t(69) = 2.19$ ;  $p = .03$ ;  $d$  de Cohen = .52), avec un score au MMSE supérieur ou égal à 25/30 (Lechevallier-Michel et al., 2004). Les performances des sujets étaient affaiblies surtout dans le subtest évaluant les capacités à effectuer des calculs mentaux.

### 5.3 Présentation des épreuves exécutives

L'un des tests qui impliquent des processus de contrôle exécutif est la tâche de fluence verbale littérale et sémantique (Cardebat et al., 1990). Afin d'évaluer la **fluence verbale littérale**, nous avons demandé aux participants de produire le plus possible de mots commençant par la lettre S (tâche incluse dans la BREF). Pour étudier la **fluence verbale sémantique**, nous avons demandé d'évoquer le plus possible de mots appartenant à la catégorie Animaux. Ensuite, nous avons pris en considération le nombre de mots produits pendant les **premières 15s de ces épreuves** de fluence verbale ainsi que le nombre d'erreurs commises durant les 2 tâches, qui ont eu chacune une durée globale de 2 minutes. Nous avons prolongé la durée globale de ces tâches (60s à 120s), car nous voulions obtenir une mesure plus précise de la capacité des participants à maintenir activée la consigne donnée, à accéder aux mots stockés en mémoire et d'être flexibles, en inhibant les informations non pertinentes pour un temps plus ou moins long (Stuss, 2011; Stuss & Alexander, 2007).



Le test d'apprentissage d'une liste de 16 mots **RL-RI 16** (Grober & Buschke, 1987 ; Van der Linden et al., 2004) a été choisi car il permet de mesurer les capacités de mémoire épisodique verbale des participants, dans une tâche qui demande aussi l'implication de processus exécutifs, attentionnels. Nous faisons notamment référence aux différentes stratégies d'encodage et de récupération mises en place, au processus de maintien et à la mémoire de travail, habiletés qui dépendent du bon fonctionnement des lobes frontaux et, plus précisément, de ses régions latérales (Diamond, 2013 ; Stuss, 2011). Cette épreuve, similaire au CVLT (Delis et al., 1987 ; Stuss et al., 2002), se base sur le principe de « spécificité de l'encodage », selon lequel plus la situation de rappel est proche de celle de l'encodage, meilleure sera la performance du sujet (Thomson & Tulving, 1970).

Dans ce test, les 16 mots sont présentés par l'examineur sur 4 fiches différentes, montrées l'une après l'autre (4 x 4 ; e.g., 1. sardine, bonnet, puzzle, muguet ; 2. plombier...). Cette épreuve est constituée de 4 phases d'évaluation, outre la phase initiale d'apprentissage : un rappel libre (RL), suivi d'un rappel indicé (RI) (x 3), une phase de reconnaissance des mots appris, insérés dans une nouvelle liste contenant des distracteurs, une dernière phase de rappel différé libre et indicé, après 20 minutes. Entre chaque phase de rappel (libre + indicé), il y a une tâche interférente qui consiste en un comptage à rebours à partir de 374, pendant 20s.

Le **test de Stroop** (Stroop, 1935) a été proposé dans sa version originale (voir la section 1.4, p. 27) constituée de 3 planches présentant 100 items chacune (Godefroy & le GREFEX, 2008). Dans le cadre de la présente étude, nous avons pris en compte le nombre d'erreurs (non corrigées et corrigées) effectuées dans la condition de dénomination du test de Stroop ainsi que le temps de réalisation de cette tâche. Ce choix est dû au fait que les processus impliqués dans cette tâche seraient sous-tendus par les régions frontales latérales du cerveau, surtout du côté gauche (Stuss et al., 2002).

Un test de classement de cartes a également été réalisé par tous les participants. La forme modifiée du WCST, le Modified Card Sorting Test (**MCST** ; Nelson, 1976 ; voir aussi Godefroy & le GREFEX, 2008), étant moins longue et complexe que sa version originale, nous paraissait plus appropriée pour notre population d'intérêt. Pour cette raison, le MCST a été inclus dans notre protocole expérimental. Ce test a comme objectif d'évaluer la flexibilité mentale et la capacité à bénéficier du feedback (« oui »/« non ») de l'examineur. Il utilise 48 cartes-stimulus (un paquet de 24 cartes montré 2 fois) qui n'ont qu'un seul attribut commun avec l'une ou l'autre des cartes-réponse, contrairement aux 64 cartes de la forme originale. Les cartes peuvent être classées suivant 3 critères

(forme, couleur et nombre) qui peuvent être acceptés dans l'ordre proposé par le sujet et non selon un ordre arbitrairement imposé par l'examineur, la seule contrainte étant de les redonner à nouveau dans le même ordre (Godefroy & le GREFEX, 2008). C'est l'examineur qui indique le moment du changement après 6 réussites consécutives, en demandant au sujet de trouver une autre règle. Considérant les différences existantes entre les versions du test de classement de cartes proposées par Nelson (1976) et par Stuss et al. (2002), nous considérerons les performances des sujets au MCST exclusivement comme une mesure des FE (voir la section 1.4, p. 27).

Certaines FE, comme les processus de contrôle et d'inhibition, semblent être impliquées dans un grand nombre de tests et, plus particulièrement, dans des tâches de TR (Stuss, 2011). Nous avons ainsi développé une batterie de tests informatisés, appelée Attention : Reaction Time Investigation in Subsequent Tasks (**ARTIST**), qui nous a permis de mesurer le nombre et le type d'erreurs effectuées par les sujets dans 5 tests de TR impliquant des processus attentionnels : *simple*, *easy choice*, *complex choice*, *no-go* et *tap*.

### 5.3.1 **ARTIST : Une nouvelle tâche d'énergisation et de contrôle exécutif**

ARTIST se base sur la sélection de certains subtests des batteries FIT et ROBBIA développées et décrites par Stuss et Alexander (2007), ces 2 outils étant constitués de 4 (*simple*, *easy choice*, *complex choice*, *redundant choice*) et de 7 tests informatisés (*simple RT*, *choice RT*, *prepare RT*, *concentrate*, *tap*, *suppress*, *no-go*), respectivement. Considérant que la batterie FIT utilise des figures de forme, couleur et orientation de lignes différentes, la ROBBIA des lettres et des stimuli auditifs, et que les 2 tests de TR simple et à choix se basent sur le même principe, nous avons effectué une première sélection qui réduisait les 11 (4 + 7) épreuves totales à 9. Ensuite, nous avons exclu d'autres tests sur la base des résultats que Stuss et Alexander (2007) ont présentés, gardant les tâches dans lesquelles les patients frontaux avaient montré des difficultés particulières (e.g., les sujets ayant des lésions dans les régions médianes supérieures des lobes frontaux étaient significativement plus lents que les sujets contrôles dans les tests *simple* et *choice RT*).

Puis, nous avons exclu les tests *redundant choice*, *concentrate* et *suppress* car ils permettent d'évaluer la capacité d'intégration de caractéristiques différentes (e.g., forme, couleur), les processus d'énergisation et d'inhibition qui peuvent être mesurés au moyen d'autres tests tels que le *complex choice* ou le test de Stroop dans sa version originale. De plus, certaines tâches (e.g., test *concentrate*) nous semblaient peu adaptées pour notre population d'intérêt, à cause de leur complexité ou de leur durée globale.

Notre batterie a été créée à l'aide du logiciel LabVIEW™, grâce à la collaboration d'un ingénieur. Elle permet de mesurer le TR de chaque sujet à l'apparition de stimuli visuels présentés sur l'écran d'un ordinateur, et de stimuli auditifs émis par l'ordinateur même (durant la tâche *prepare*), ou extérieurs (utilisation d'un métronome dans le test *tap*). Les 6 tests informatisés qui constituent la batterie ARTIST sont présentés dans la figure 5.1 et décrits ci-dessous :



	<u>CIBLES</u>	<u>DISTRACTEURS</u>	<u>PROCESSUS COGNITIFS</u>
- <i>Simple</i>	▲		Énergisation
- <i>Easy choice</i>	+	■ ● ▲ (2 touches)	Énergisation, contrôle, inhibition
- <i>Prepare</i>	● + Bip	■ + ▲ (2 touches)	Énergisation, contrôle, inhibition
- <i>Complex choice</i>	■	● ■ ▲	Énergisation, contrôle, inhibition
- <i>Tap</i>	1)  (1,5s) 2) Autorégulé  (1,5s)		Énergisation, contrôle
- <i>No-go</i>	1) A 2) B, C, D	B, C, D A	Énergisation, contrôle, inhibition

FIGURE 5.1 – Tests qui constituent la batterie ARTIST et processus cognitifs impliqués dans chacune des tâches informatisées (inspiré de Stuss & Alexander, 2007).

1. *Simple* est un test de TR **simple**, dans lequel le sujet réagit en appuyant sur une touche du clavier dès qu'il voit la cible - un triangle noir - en absence de distracteurs.

2. *Easy choice* est un test de TR **à choix facile**, dans lequel le sujet doit réagir à tous les stimuli, en appuyant sur une touche à droite du clavier lorsqu'il voit apparaître le stimulus target - croix noire - ou en appuyant sur une touche à gauche lorsque l'une des 3 figures non-target - cercle, carré ou triangle noirs - apparaît.

3. *Prepare* se base sur le même principe que le test *easy choice*, mais présente une différence fondamentale : un indice sonore précède la cible - cercle noir - de 1s ou 3s aléatoirement. Il est donc possible de faire des comparaisons entre les performances des sujets dans les 2 conditions de réalisation du test : réaction à un stimulus visuel en absence (*easy choice*) ou en présence (*prepare*) d'indices sonores.

4. *Complex choice* est un test de TR **à choix complexe**, dans lequel le sujet doit réagir exclusivement à la cible en appuyant sur une touche du clavier - carré bleu ayant des lignes en oblique - en présence de distracteurs. Les figures géométriques se ressemblent toutes pour leurs forme, couleur ou orientation de lignes.

5. *Tap* est une épreuve dans laquelle le sujet doit **appuyer sur une touche du clavier à un rythme** imposé par un métronome - une fois toutes les 1,5s - ce dans la première condition de réalisation de la tâche. Dans la deuxième condition, le sujet doit

réussir à maintenir le même rythme sans avoir de stimulus extérieur, donc en absence d'indice sonore prédictif.

6. *No-go* est une tâche d'**inhibition** constituée de 2 parties : dans la première, le sujet doit réagir dès qu'il voit la cible - lettre A - en présence de distracteurs. Dans la deuxième partie, il doit réagir à 3 lettres-cible - B, C, D - mais pas à la lettre A.

Il s'agit, en général, de tests d'intégration de caractéristiques qui demandent un certain niveau d'énergisation, d'inhibition et de contrôle. En effet, les régions préfrontales latérales et médianes supérieures du cerveau semblent être particulièrement impliquées dans la réalisation de ces épreuves (Stuss & Alexander, 2007).

Il est important de préciser que chacun de ces tests (voir la Figure 5.1) est caractérisé par la présentation aléatoire de 50 items, dont 4 essais (correspondants aux 4 premières réponses du sujet). Le pourcentage d'apparition de chaque figure est d'environ 25 %, pour ce qui concerne les tâches constituées de 4 figures (cibles + distracteurs). Dans le cadre de notre évaluation neuropsychologique, la durée des intervalles interstimuli est constante (3s), exception faite pour les tâches *prepare* (1s et 3s) et *tap 1* (1,5s). Après ce délai, si le sujet n'a pas donné de réponse, il lui est automatiquement présenté l'item suivant. La passation de la batterie ARTIST peut avoir une durée globale d'environ 20 minutes (les consignes sont indiquées dans l'Annexe 2).

## 5.4 Comparaisons intergroupes

L'ensemble des résultats obtenus, à partir de la réalisation des épreuves exécutives, sont présentés dans le tableau 5.2.

Plus en détail, l'élaboration statistique des données recueillies (ANOVA à 1 facteur) montre qu'il existe une différence significative entre le nombre de mots produits pendant les premières 15s de la tâche de fluence verbale littérale par les 3 groupes de participants ( $F(2, 107) = 5.06$ ;  $p = .008$ ;  $\eta^2 = .09$ ). Le test post-hoc effectué montre que les SJ ont produit plus de mots que les STA ( $c = 1.17$ ;  $p = .008$ ). Nos données ne permettent pas de mettre en évidence de différences significatives entre le nombre de mots produits par les SA et les autres groupes de participants. Tous les participants ont effectué un nombre similaire d'erreurs dans cette épreuve. Ils ont, par exemple, parfois produit des mots commençant par la lettre C (e.g., cigarette) autre que la lettre S. En ce qui concerne le test de fluence verbale sémantique, les résultats obtenus ne permettent pas de montrer des différences statistiquement significatives entre les performances des sujets appartenant aux 3 groupes (mots produits et nombre d'erreurs effectuées; voir le Tableau 5.2).

Moyenne (écart-type)	SJ n = 40	SA n = 40	STA n = 30	P-value (ANOVA)
<i>Fluence verbale 15s/60s</i>				
Littérale	5.3 (1.6)	4.7 (1.4)	4.1 (1.5)	**
Littérale (erreurs)	0.1 (0.4)	0.1 (0.3)	0.1 (0.4)	N.S.
Sémantique	9.1 (2.3)	9.2 (2.4)	8.5 (2.1)	N.S.
Sémantique (erreurs)	0 (0)	0 (0.2)	0.1 (0.2)	N.S.
<i>Apprentissage et rappels</i>				
Rim (16 mots)	15.8 (0.4)	15.5 (0.8)	15.4 (1)	*
RL-RI	15.7 (0.5)	15.2 (0.8)	13.9 (1.9)	***
RL-RI (erreurs)	0.3 (0.8)	1.1 (1.5)	2.1 (2)	***
Rec	16 (0)	15.8 (0.4)	15.4 (1)	***
RD	15.9 (0.3)	15.8 (0.6)	14.6 (1.4)	***
<i>Test de Stroop (déno.)</i>				
Erreurs	0 (0.2)	0.2 (0.7)	0.8 (1)	***
Erreurs corrigées	0.4 (0.7)	1 (1.2)	1.4 (1.2)	**
Temps (s)	64.2 (14)	76.4 (17.4)	84.5 (15.9)	***
<i>MCST</i>				
Temps (s)	194.6 (65.4)	285.8 (109.7)	363.4 (81.8)	***
Catégories	5.7 (0.6)	5.1 (1.1)	4.3 (1.1)	***
Erreurs	4.6 (4.5)	9.8 (6.9)	13.8 (5.3)	***
Erreurs PRP	1.4 (1.8)	4.4 (4.7)	6.3 (3.6)	***
Erreurs PCP	2.9 (2.7)	5 (3.2)	6.7 (2.5)	***
<i>ARTIST</i>				
Simple (erreurs)	0.5 (1.4)	0.2 (0.6)	0.6 (0.9)	N.S.
Choice (erreurs)	0.5 (0.8)	1.6 (4.5)	3.4 (6.1)	*
Complex (erreurs)	0.4 (0.7)	0.7 (1.7)	3.4 (5.7)	***
No-go (erreurs)	0.2 (0.5)	0.2 (0.4)	1.2 (1.6)	***
Tap 2 (temps - 1500 ms)	148.7 (100.8)	223 (159.7)	305.8 (148)	***

TABLE 5.2 – Performances des SJ, SA et STA aux épreuves exécutives proposées. Les différences statistiquement significatives observées entre les 3 groupes ont été mises en évidence au moyen de l'ANOVA à 1 facteur (\*  $p < .05$ , \*\*  $p < .01$ , \*\*\*  $p < .001$ ). N.S. : Non significatif.

Concernant l'évaluation des capacités exécutives à travers l'épreuve RL-RI 16, l'ANOVA à 1 facteur réalisée a permis de mettre en évidence une différence significative entre les performances des 3 groupes de participants ( $F = 3.5$ ;  $p = .03$ ;  $\eta^2 = .06$ ), dans l'apprentissage des 16 mots (rappel immédiat [Rim]). Toutefois, le test post-hoc effectué n'a pas montré de différences significatives entre les scores obtenus par les SJ, SA et STA (comparaisons 2 à 2) dans cette tâche mnésique.

Des différences statistiquement significatives existent, en revanche, entre les scores obtenus par les participants dans les rappels libres et indicés des 16 mots appris, tant pour le court (RL-RI) ( $F = 20.42$ ;  $p < .001$ ;  $\eta^2 = .28$ ) que pour le long terme (RD) ( $F = 23$ ;  $p < .001$ ;  $\eta^2 = .30$ ). Plus précisément, le test post-hoc effectué montre que les STA ont rappelé un nombre de mots significativement inférieur par rapport aux SJ ( $c = 1.77$ ;  $p < .001$ ) et aux SA ( $c = 1.3$ ;  $p < .001$ ), ce à court terme. À long terme, les STA ont été également moins performants que les SJ ( $c = 1.32$ ;  $p < .001$ ) et les SA ( $c = 1.17$ ;  $p < .001$ ). En outre, une différence significative a été observée entre les performances des participants à la tâche de reconnaissance (Rec) ( $F = 9.82$ ;  $p < .001$ ;  $\eta^2 = .15$ ). Le test post-hoc effectué montre que les STA ont donné un nombre inférieur de réponses correctes par rapport aux SJ ( $c = .63$ ;  $p < .001$ ) et SA ( $c = .46$ ;  $p = .009$ ). Les autres comparaisons intergroupes réalisées au moyen du test de Scheffé n'ont pas permis de montrer des différences significatives.

Notre analyse de la variance a aussi mis en évidence une différence significative entre le nombre d'erreurs effectuées par les 3 groupes de participants dans le test RL-RI 16 ( $F = 11.47$ ;  $p < .001$ ;  $\eta^2 = .18$ ). Chez les STA, nous avons observé un nombre significativement supérieur d'intrusions et d'erreurs persévératives (mots incorrects appartenants aux mêmes catégories sémantiques évoquées en phase d'apprentissage) par rapport aux SJ ( $c = -1.72$ ;  $p < .001$ ) et aux SA ( $c = -.92$ ;  $p = .04$ ). Les SA ont également eu une tendance à effectuer plus d'erreurs que les SJ dans cette tâche ( $c = -.80$ ;  $p = .06$ ).

L'analyse de la variance effectuée à partir des données relatives au test de Stroop a permis de mettre en évidence une différence statistiquement significative entre le nombre d'erreurs corrigées par les participants dans la condition de dénomination ( $F = 6.84$ ;  $p = .002$ ;  $\eta^2 = .11$ ). Le test de Scheffé montre que les SJ ont été plus performants que les STA ( $c = -.95$ ;  $p = .002$ ). Les 3 groupes de participants ont également réalisé un nombre significativement différent d'erreurs non corrigées dans la même condition de réalisation du test de Stroop ( $F = 10.26$ ;  $p < .001$ ;  $\eta^2 = .16$ ). Les STA ont effectué un nombre significativement supérieur d'erreurs non corrigées par rapport aux SJ ( $c = -.72$ ;  $p < .001$ ) et aux SA ( $c = -.54$ ;  $p = .005$ ). En outre, les participants n'ont pas eu besoin du même

temps pour réaliser cette tâche ( $F = 14.72$ ;  $p < .001$ ;  $\eta^2 = .22$ ). Plus précisément, les SJ ont été significativement plus rapides que les SA ( $c = -12.2$ ;  $p = .003$ ) et les STA ( $c = -20.27$ ;  $p < .001$ ) dans la dénomination des couleurs. Les autres comparaisons intergroupes réalisées à travers le test post-hoc n'ont pas permis de mettre en évidence de différence significative.

Les résultats obtenus pour le test de classement de cartes montrent qu'il existe des différences statistiquement significatives entre les performances des 3 groupes de participants. Plus précisément, il est possible d'observer une diminution du nombre de catégories correctes ( $F = 20.94$ ;  $p < .001$ ;  $\eta^2 = .28$ ) avec l'avancée en âge. Le test post-hoc effectué montre que les SJ ont été plus performants par rapport aux SA ( $c = .60$ ;  $p = .02$ ), qui ont été à leur tour plus performants que les STA ( $c = .88$ ;  $p = .001$ ). Les SJ ont été aussi plus performants que les STA ( $c = 1.48$ ;  $p < .001$ ).

Il a été possible d'observer une augmentation du temps nécessaire pour réaliser cette tâche ( $F = 32.09$ ;  $p < .001$ ;  $\eta^2 = .37$ ) avec l'avancée en âge. Les SJ ont été plus rapides que les SA ( $c = -91.27$ ;  $p < .001$ ) et les STA ( $c = -168.86$ ;  $p < .001$ ). Les SA ont été quant à eux plus rapides que les STA ( $c = -77.58$ ;  $p = .002$ ).

Les 3 groupes de participants ont également commis un nombre significativement différent d'erreurs totales ( $F = 22.72$ ;  $p < .001$ ;  $\eta^2 = .30$ ) ainsi que de persévérations du critère précédent (PCP) ( $F = 15.67$ ;  $p < .001$ ;  $\eta^2 = .23$ ) et de la réponse précédente (PRP) ( $F = 16.41$ ;  $p < .001$ ;  $\eta^2 = .23$ ). Le test post-hoc effectué montre que les SJ ont effectué moins d'erreurs totales que les SA ( $c = -5.12$ ;  $p < .001$ ) et les STA ( $c = -9.15$ ;  $p < .001$ ), sachant que les SA ont en général commis moins d'erreurs que les STA ( $c = -4.02$ ;  $p = .02$ ).

Concernant les erreurs persévératives, les SJ ont réalisé moins de PCP que les SA ( $c = -2.05$ ;  $p = .007$ ) et les STA ( $c = -3.78$ ;  $p < .001$ ). Les SA ont effectué moins de PCP que les STA ( $c = -1.73$ ;  $p = .04$ ). Le test de Scheffé montre également que les SJ ont réalisé un nombre significativement inférieur de PRP par rapport aux SA ( $c = -2.95$ ;  $p = .002$ ) et aux STA ( $c = -4.82$ ;  $p < .001$ ).

En ce qui concerne la réalisation des 5 tests informatisés de la batterie ARTIST, les performances des SJ et des SA ont été en général meilleures que celles des STA (voir les moyennes indiquées dans le Tableau 5.2). Nos données ne permettent pas de mettre en évidence des différences significatives (ANOVA à 1 facteur et test post-hoc) entre le nombre d'erreurs effectuées par tous les participants au test de TR simple. Une différence statistiquement significative a été mise en évidence entre le nombre d'erreurs effectuées par les participants dans le test de TR à choix simple ( $F = 4.07$ ;  $p = .02$ ;  $\eta^2 = .07$ ).

Plus précisément, les résultats obtenus grâce au test de Scheffé montrent que les SJ ont commis un nombre d'erreurs significativement inférieur par rapport aux STA ( $c = -2.88$ ;  $p = .02$ ). Les autres comparaisons intergroupes réalisées à travers le test post-hoc n'ont pas permis de mettre en évidence des différences significatives.

Il a été également possible d'observer des différences significatives entre les performances des participants dans l'épreuve de TR à choix complexe ( $F = 9.06$ ;  $p < .001$ ;  $\eta^2 = .14$ ), les STA ayant effectué plus d'erreurs par rapport aux SJ ( $c = -30$ ;  $p < .001$ ) et aux SA ( $c = -2.7$ ;  $p = .002$ ).

Notre analyse de la variance a mis en évidence des performances significativement différentes au test *tap 2* entre les 3 groupes de participants ( $F = 11.2$ ;  $p < .001$ ;  $\eta^2 = .17$ ). Le test post-hoc effectué montre que les STA ont été moins performants que les SJ ( $c = -157.07$ ;  $p < .001$ ) et les SA ( $c = -82.74$ ;  $p = .05$ ). Les SJ ont également été plus performants que les SA à ce test ( $c = -74.33$ ;  $p = .06$ ), même si cette dernière différence n'est pas statistiquement significative. Dans cette tâche, les STA ont eu plus de difficulté que les autres participants à maintenir un certain rythme sonore pendant environ 38s. Le temps indiqué dans le tableau 5.2 en millisecondes correspond à l'écart moyen existant entre les TR des sujets et 1500ms, rythme qui était scandé par un métronome dans la première partie de cette tâche (*tap 1*).

L'ANOVA à 1 facteur a mis aussi en évidence des différences significatives entre le nombre d'erreurs effectuées dans le test *no-go* ( $F = 11.2$ ;  $p < .001$ ;  $\eta^2 = .17$ ). Dans ce cas, les résultats du test post-hoc montrent que les STA ont commis plus d'erreurs que les SJ ( $c = -.92$ ;  $p < .001$ ) et les SA ( $c = -.99$ ;  $p < .001$ ). Les autres comparaisons intergroupes réalisées à travers le test de Scheffé n'ont pas permis de mettre en évidence des différences significatives.

## 5.5 Discussion

La première partie de ce chapitre a été consacrée à l'évaluation des capacités de lecture et du niveau cognitif frontal des participants de notre étude. Les résultats obtenus montrent que, malgré la différence observée entre les années de scolarité des SJ, SA et STA, il n'existe pas de différences significatives entre leurs capacités de lecture (QI prémorbide évalué au moyen du fNART). Cela lorsque la comparaison est effectuée entre les performances de 2 groupes à la fois. Les données recueillies ont, en revanche, permis de mettre en évidence des différences significatives entre le niveau cognitif global des participants âgés, mesuré au moyen du MMSE (SA > STA; scores en moyenne supérieurs



à 26/30), et entre les performances des 3 groupes de participants à la batterie rapide évaluant leur efficacité frontale, la BREF (SJ > SA > STA).

L'étude effectuée sur l'évolution des FE cognitives dans le vieillissement normal a mis en évidence une détérioration progressive de certains processus cognitifs (pour une synthèse voir le Tableau 5.2). Les habiletés qui subissent le plus de perturbation avec l'avancée en âge (SJ > SA > STA) semblent être celles impliquées dans le test de classement de cartes (flexibilité évaluée à travers le nombre de catégories correctes et d'erreurs effectuées dans le MCST).

Les autres processus exécutifs évalués semblent être préservés jusqu'à un âge avancé (79 ans). Plus précisément, les capacités de fluence verbale littérale (premières 15s/60s), de rappel (RL-RI, RD) et de reconnaissance d'une liste de 16 mots ainsi que la dénomination des couleurs (test de Stroop) se détérioreraient surtout après 80 ans (voir les performances des STA). En ce qui concerne les performances des participants aux tests informatisés de TR, les STA ont également été moins performants que les SJ et les SA (SJ = SA > STA). Les indices de performance pour ces tâches étaient le nombre d'erreurs commises dans les tests *simple*, *easy choice*, *complex choice*, *no-go* et *tap 2* (maintien d'un rythme sonore sans indice extérieur) de la batterie ARTIST.

Au début de ce chapitre, nous avons posé les questions suivantes : *Est-ce que les FE se modifient avec l'avancée en âge ? Si oui, quel(s) est(sont) le(s) processus exécutif(s) qui subit(-ssent) le plus de perturbations dans le vieillissement normal ?* Nos données montrent une détérioration de certains processus exécutifs chez les aînés, telles que la flexibilité, le contrôle, le maintien et l'inhibition (processus impliqués dans la plupart des tâches exécutives proposées). Nous avons donc vérifié partiellement notre première et deuxième hypothèse, selon lesquelles les fonctions sous-tendues par les régions latérales des lobes frontaux subiraient des changements dans le vieillissement normal, surtout dans le grand âge (après 80 ans).

Les résultats que nous avons obtenus pour les 15 premières secondes du test de fluence verbale sémantique semblent confirmer ceux de Henry et Phillips (2006) et contredire ceux de Troyer et al. (1997), qui se basaient, toutefois, sur les performances d'un seul groupe de personnes âgées. En effet, tous nos participants ont produit un nombre similaire de mots dans cette tâche de fluence verbale. En ce qui concerne le test de fluence verbale littérale, nos données contredisent celles présentées par Henry et Phillips (2006) car, si dans leur étude les SA étaient plus performants que les SJ, dans la nôtre les performances des aînés (2 groupes d'âge différent) à ce test se détériorent à partir de 80 ans. De plus, les

personnes âgées ayant participé à la présente étude n'ont pas effectué un nombre d'erreurs persévératives plus élevé par rapport aux SJ dans les 2 tâches de fluence verbale proposées, contredisant l'observation faite par Henry et Phillips (2006). Concernant les performances des sujets à ces épreuves, nous tenons à souligner que les résultats présentés ci-dessus font exclusivement référence à l'étude de la composante "catégorisation" impliquée dans ces épreuves (Troyer et al., 1997). Par la suite, il serait intéressant d'analyser la deuxième composante décrite par Troyer et al. (1997), relative à la capacité des sujets d'alterner entre les sous-catégories proposées tant en fluence verbale littérale que sémantique (analyse *cluster/swich* à partir des productions individuelles).

Les travaux de recherche s'intéressant aux erreurs effectuées dans les tâches exécutives montrent que la plupart des erreurs sont dues à l'impatience des sujets, qui ne prennent pas en considération le fait que leur première interprétation de certains mots ou actions peut être incorrecte (Diamond, 2013). Les performances des participants à notre étude confirment cette observation car la majorité des erreurs réalisées par les personnes jeunes, mais aussi par certains SA, étaient dues à une sorte d'impulsivité et à une sous-estimation des tâches proposées (e.g., tests de TR) qui étaient jugées "trop simples" (commentaires faits après la réalisation des épreuves).

Nos conclusions relatives aux capacités de contrôle et d'inhibition, généralement impliquées dans les tests de TR et de dénomination, vont dans le même sens que celles présentées par Sylvain-Roy et al. (2015) et Etienne et al. (2008), qui montraient également une détérioration de ces processus exécutifs chez les aînés. Toutefois, dans notre étude, les SA ont eu des performances similaires à celles des SJ, les STA ayant effectué un nombre plus important d'erreurs par rapport aux autres participants dans la plupart des tâches proposées. Ces derniers résultats concordent partiellement avec ceux présentés par Vaportzis et al. (2013), selon lesquels les SA effectuaient plus d'erreurs dans la tâche double simple (test de TR à choix avec une tâche de répétition de chiffres), tandis que les SJ présentaient des coûts cognitifs plus élevés dans la tâche double complexe. Nous tenons à préciser que tous les participants à l'étude de Vaportzis et al. (2013) étaient en moyenne plus jeunes que les participants à notre étude.

En ce qui concerne les capacités de flexibilité cognitive, nos données vont dans le même sens que celles présentées par Collette et Salmon (2014) et MacPherson et al. (2002). Il semblerait que le vieillissement normal soit caractérisé par une détérioration de la flexibilité globale après 65 ans. Outre les performances observées aux tests de fluence verbale, qui impliquent des capacités de flexibilité spontanée, nous pouvons analyser les performances des sujets au test de classement de cartes. Nos données confirment

l'existence d'une perturbation progressive des habiletés cognitives qui sont nécessaires à la réalisation de cette dernière tâche. Cela suggère une modification au niveau morphologique et neuro-fonctionnel des régions cérébrales sous-tendant ces processus avec l'avancée en âge : les régions frontales dorsolatérales (FE) et médianes supérieures (énergisation) (Stuss et al., 2000).

Précisons que, comme montré dans des études précédentes (Henry & Phillips, 2006), quelques habiletés restent stables avec l'avancée en âge. Nous faisons notamment référence aux capacités de lecture (fNART) et de fluence verbale sémantique des sujets, capacités dites cristallisées car elles se basent sur des connaissances acquises au fil du temps à travers les expériences personnelles.

## Chapitre 6

# Étude du vieillissement normal de la prise de décision

### 6.1 Méthode

Dans le premier chapitre, nous avons proposé une distinction entre les capacités de prise de décision (PD) en situation ambiguë, avec des risques implicites, et la PD dans une situation comportant des risques explicites (voir la section 1.3.2, p. 19). Nous avons aussi donné des exemples de tests neuropsychologiques qui permettent d'évaluer les 2 versants, ventral et dorsal, de cette habileté frontale. Dans les sections suivantes, nous présenterons les épreuves de PD que nous avons choisies ainsi que les résultats obtenus à partir de nos analyses statistiques (voir le Tableau 6.1).

Les questions auxquelles nous essayerons de répondre sont les suivantes : *Est-ce que les capacités de PD se modifient avec l'avancée en âge ? Si oui, quel processus est le plus perturbé dans le vieillissement normal, la PD sous risque implicite ou la PD sous risque explicite ?*

### 6.2 Présentation des épreuves neuropsychologiques

L'IGT (Bechara et al., 1994; Stuss et al., 2002), dont nous avons proposé une version papier-crayon utilisant 4 tas de cartes (A, B, C, D; voir la Figure 6.1), nous a permis d'évaluer le processus de PD en situation de risque implicite (versant ventral) (Brand et al., 2007). Dans le cadre de la présente étude, nous avons réduit le nombre de tirages des cartes de 100 à 50, car Brand et al. (2007) considèrent qu'au-delà du cinquantième tirage de cartes, l'IGT devient un test de PD sous risque explicite. Cela nous a permis de prendre en compte les choix effectués par chaque sujet tous les 10 tirages (5 blocs totaux),

en situation de risque implicite. C'est à partir de ces données (nombre de cartes tirées des tas A, B, C, D) qu'a été calculé un score individuel total et par bloc au moyen de la formule suivante :  $net\ score = [(C+D)-(A+B)]$ .

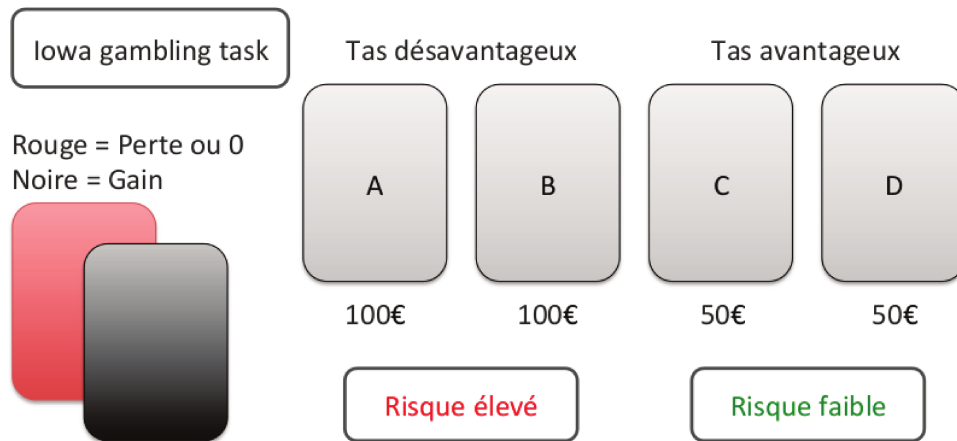


FIGURE 6.1 – Prise de décision dans une tâche qui présente des risques implicites. Image inspirée de Bechara, Tranel, et Damásio (2000).

La PD en situation de risque explicite a été évaluée à travers le **GDT** (Brand et al., 2005 ; Brand et al., 2007 ; voir aussi Drucaroff et al., 2011), dont nous avons proposé une version papier-crayon qui se base sur 50 lancers de dé. Le risque réside dans le fait que les conséquences et les probabilités de ces conséquences sont connues. Le GDT diffère du CGT (voir la section 1.4, p. 27) car les sujets peuvent mettre en place des stratégies de gain sur le long terme, alors qu'ils doivent réagir instantanément sur la base de la probabilité de gagner (ratio boîtes bleues/rouges) pour chacun des essais au CGT (Besnard & Ouerchefani, 2013).

Dans le cadre du GDT, le participant doit choisir entre un choix sûr (forte probabilité d'obtenir une récompense, même si faible en valeur) et un choix risqué (la récompense est plus importante en valeur, mais la probabilité de gagner est faible) (Allain, 2013 ; Calso et al., 2016). Plus précisément, le GDT se base sur le choix du sujet de l'une des 4 combinaisons proposées (nombre unique [A], combinaison de 2 [B], de 3 [C] ou de 4 nombres [D]) avant chaque lancer de dé. Le GDT nous a ainsi permis d'évaluer le versant dorsal des capacités de PD (Brand et al., 2005) tous les 10 lancers de dé (5 blocs totaux). Dans cette tâche, comme dans l'IGT, il a été calculé un score individuel total et par bloc ( $net\ score = [(C+D)-(A+B)]$ ), à partir du nombre de choix effectué par combinaison.

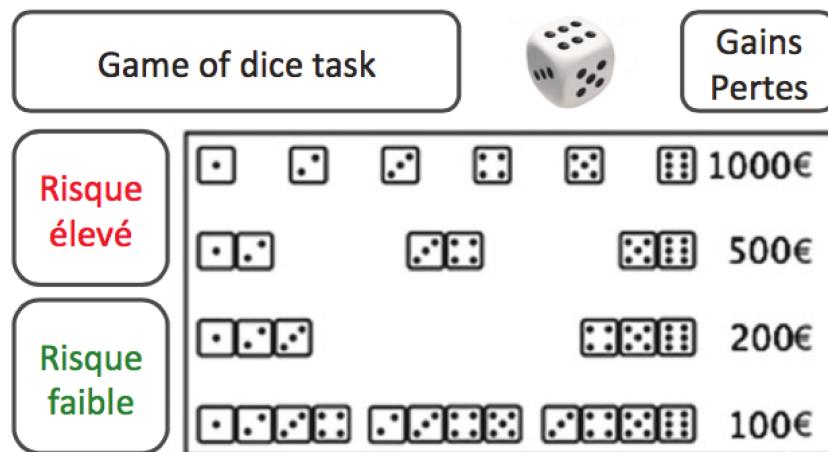


FIGURE 6.2 – Prise de décision dans une tâche qui présente des risques explicites. Image inspirée de Gorini et al. (2014).

### 6.3 Comparaisons intergroupes

Le calcul des moyennes réalisé montre une diminution des *net scores* totaux obtenus par les participants à l'IGT avec l'avancée en âge (voir le Tableau 6.1). De plus, les écarts-types indiquent l'existence d'une variabilité interindividuelle importante dans chaque groupe.

Les résultats issus de notre analyse de la variance ont mis en évidence une différence statistiquement significative entre les performances des 3 groupes de participants ( $F(2, 107) = 3.6; p = .03; \eta^2 = .06$ ) dans cette épreuve de PD en situation ambiguë. Plus précisément, le test de Scheffé effectué montre que les SJ ont obtenus des scores significativement plus élevés que les STA ( $c = 5.02; p = .04$ ). Cependant, nos données n'ont pas permis de mettre en évidence de différences significatives entre les performances des SA et celles des autres groupes de participants.

L'ANOVA à 1 facteur et le test post-hoc effectués pour chaque bloc (= 10 tirages de cartes) n'ont pas permis de montrer l'existence de différences significatives entre les *net scores* obtenus par les 3 groupes de participants à cette épreuve (voir le Tableau 6.1 et la Figure 6.3).

En ce qui concerne la réalisation du GDT, l'ANOVA à 1 facteur effectuée montre une différence significative entre les scores obtenus par les 3 groupes de participants ( $F = 5.79; p = .004; \eta^2 = .10$ ). Cette différence statistiquement significative a été également mise en évidence par le test post-hoc effectué entre les *net scores* totaux obtenus par les SJ et les SA ( $c = 6.65; p = .04$ ), les SJ et les STA ( $c = 9.08; p = .008$ ). En général, les SJ ont été plus performants que les aînés dans cette tâche (voir les moyennes indiquées dans le

Moyenne (écart-type)	SJ n = 40	SA n = 40	STA n = 30	P-value (ANOVA)
<i>Prise de décision</i>				
<b>IGT</b> Net score total	8 (9.7)	4.9 (7.4)	3 (5.9)	*
Bloc 1	0.9 (4.1)	-0.1 (2.5)	0.7 (2.5)	N.S.
Bloc 2	1.5 (5.5)	0.4 (4.5)	-0.8 (2.7)	N.S.
Bloc 3	1.9 (5.2)	0.3 (3.5)	0.5 (3.9)	N.S.
Bloc 4	1.6 (5.4)	2.2 (4.3)	1 (3)	N.S.
Bloc 5	2.1 (4.2)	2 (4.1)	1.6 (3.8)	N.S.
<b>GDT</b> Net score total	39.9 (9.4)	33.3 (13.6)	30.9 (11.9)	**
Bloc 1	6 (3.8)	3 (4.8)	3.2 (3)	**
Bloc 2	7.7 (3)	5.9 (3.9)	6 (3.2)	*
Bloc 3	8.2 (3.1)	7.3 (3.4)	7.5 (3.1)	N.S.
Bloc 4	8.5 (2.6)	7.9 (3.2)	7 (3.7)	N.S.
Bloc 5	8.4 (2.1)	8.4 (2.7)	7.2 (3.4)	N.S.

TABLE 6.1 – Performances (*net scores* totaux et par bloc) des SJ, SA et STA aux 2 tests de PD proposés. Les différences statistiquement significatives observées entre les 3 groupes ont été mises en évidence au moyen de l'ANOVA à 1 facteur (\*  $p < .05$ , \*\*  $p < .01$ , \*\*\*  $p < .001$ ). N.S. : Non significatif.

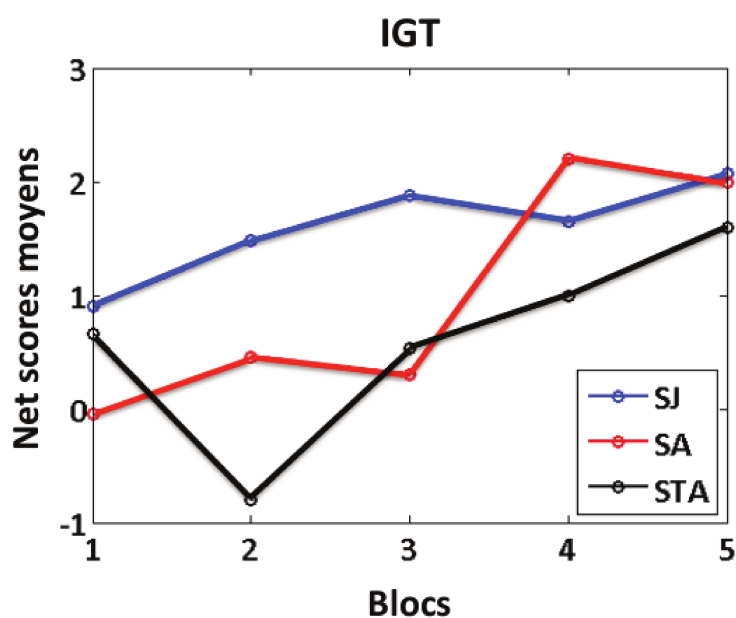


FIGURE 6.3 – Performances des SJ, SA et STA aux 5 blocs de l'IGT (risque implicite), constitués de 10 tirages de cartes chacun.

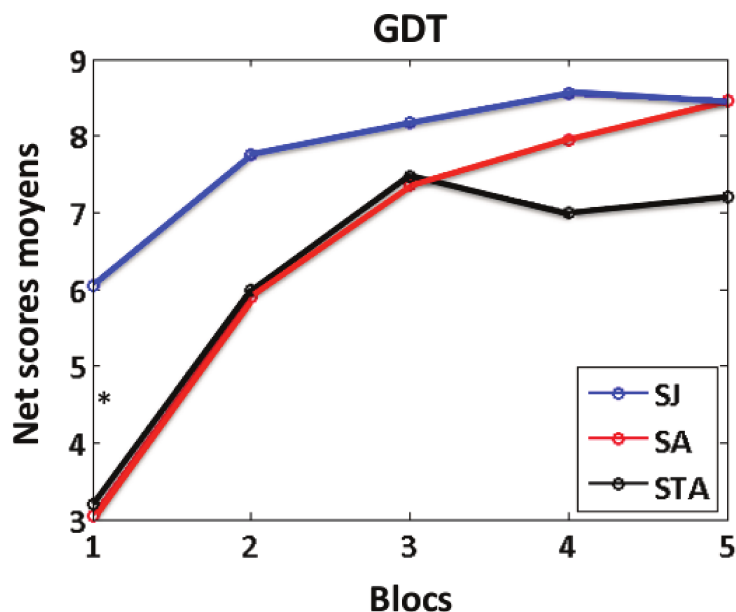


FIGURE 6.4 – Performances des SJ, SA et STA aux 5 blocs du GDT (risque explicite), constitués de 10 lancers de dé chacun.

Tableau 6.1). Ils ont donc pris moins de risques dans une situation dans laquelle les gains et pertes possibles étaient connus. Nous tenons également à souligner que le calcul des écarts-types effectué à partir des *net scores* totaux a mis en évidence une forte variabilité interindividuelle, et cela dans chaque groupe de participants.

L'ANOVA à 1 facteur effectuée pour chaque bloc (= 10 lancers de dé) montre l'existence de différences statistiquement significatives entre les *net scores* obtenus par les 3 groupes de participants dans le premier ( $F = 6.87$ ;  $p = .002$ ;  $\eta^2 = .11$ ) et le deuxième bloc ( $F = 3.57$ ;  $p = .03$ ;  $\eta^2 = .06$ ). Cependant, le test post-hoc effectué à partir des mêmes données ne met en évidence une différence significative que pour le bloc 1, les SJ ayant obtenu des *net scores* plus élevés que les SA ( $c = 3$ ;  $p = .005$ ) et les STA ( $c = 2.85$ ;  $p = .01$ ) (voir le Tableau 6.1 et la Figure 6.4). Grâce au test de Kruskal-Wallis ( $H = 8.12$ ;  $p = .02$ ), il a également été possible de montrer une différence significative entre les performances des SJ et celles des STA au bloc 2 ( $c = 18.63$ ;  $p = .04$ ). Il y a aussi une tendance des scores obtenus par les SJ dans le même bloc à se différencier de ceux obtenus par les SA ( $c = 16.51$ ;  $p = .05$ ).

Dans un deuxième temps, nous avons effectué une ANOVA à 2 facteurs pour les données relatives aux performances (*net scores* totaux) des SJ, SA et STA aux 2 tests de PD proposés (IGT et GDT). Cela, nous a permis de réaliser une analyse statistique plus fine des données recueillies. Trois tests ont ainsi été menés afin d'identifier si 1. le facteur



"groupe", ou 2. le facteur "condition", ou 3. le facteur "interaction" (groupe x condition) ont un effet significatif sur les performances observées. Le seuil à prendre en compte pour interpréter les résultats issus de cette analyse de la variance était de .0167 ( $0.05 \div 3$ ). Les résultats obtenus montrent l'existence d'un faible « effet groupe » ( $F(2) = 9.32$ ;  $p < .001$ ;  $\eta^2 = .03$ ) et d'un important « effet condition » ( $F(1) = 461.74$ ;  $p < .001$ ;  $\eta^2 = .65$ ) pour la variable prise en considération. L'ANOVA à 2 facteurs n'a pas permis de montrer un « effet d'interaction » ( $F(2) = .90$ ;  $p = .41$ ) entre le groupe (3 classes d'âge) et le type de PD évalué (implicite et explicite).

## 6.4 Discussion

Dans cette étude expérimentale, il a été possible d'évaluer les capacités de PD implicite et explicite dans le vieillissement normal, à partir des performances des participants à 2 tâches différentes : l'IGT et le GDT. Il s'agit d'épreuves dans lesquelles le sujet doit analyser le contexte (avantages et désavantages d'un choix) et adapter son propre comportement sur la base des gains et des "punitions" reçus durant la tâche. Il doit donc réussir à anticiper pour pouvoir modifier ses choix plus efficacement (autorégulation). Les résultats que nous avons obtenus montrent que ces habiletés se détériorent avec l'avancée en âge (pour une synthèse, voir le Tableau 6.1).

Les personnes très âgées ont été significativement moins performantes par rapport aux SJ dans l'IGT, sans que le test post-hoc effectué ne mette en évidence de différences significatives entre les scores obtenus par les 3 groupes de participants (SJ/SA, SJ/STA, SA/STA), cela aussi sur la base de l'analyse de chaque bloc (correspondant à 10 tirages de cartes).

La Figure 6.3 permet d'analyser l'évolution des performances moyennes de chaque groupe de participants par bloc. Nous pouvons observer que tous les sujets ont eu une légère tendance à améliorer leurs performances au cours de la tâche, même si cette progression semble être plus linéaire pour les SJ. Globalement, l'habileté à prendre des décisions dans des situations ambiguës, sous risque implicite, ne semble pas subir de modifications importantes avec l'avancée en âge. Nos données suggèrent l'absence d'un déficit du *reversal learning* chez les aînés rencontrés, confirmant les résultats obtenus par Fellows (2007) (SA en moyenne plus jeunes que nos participants âgés). En effet, cette difficulté à apprendre et à adapter son propre comportement en fonction des feedbacks reçus avait été observée chez des patients ayant des lésions du cortex préfrontal ventromédian et dorsolatéral (Fellows & Farah, 2005).

En ce qui concerne les performances des participants au GDT, nos analyses statistiques montrent une détérioration des capacités de PD sous risque explicite à partir de 65 ans (SJ > SA = STA). En effet, les SJ ont eu des performances meilleures que les aînés dans l'ensemble de la tâche (*net scores* totaux, blocs 1 et 2).

La représentation graphique des scores moyens divisés par bloc (voir la Figure 6.4) a mis en évidence une amélioration des performances des sujets plus évidente dans ce test que dans l'IGT, et cela pour les 3 groupes de participants. En outre, si les SJ ont été significativement plus performants que les SA et les STA dans les 2 premiers blocs (premiers 20 lancers de dé), cette différence s'est réduite tout au long de la tâche, les performances des aînés étant devenues similaires à celles des SJ. Les résultats obtenus montrent que, lorsque les risques étaient connus, les personnes âgées étaient capables de modifier leur comportement en fonction de leurs gains et pertes, choisissant les combinaisons (C et D) qui faisaient gagner plus fréquemment et perdre moins d'argent. Elles faisaient donc le choix plus avantageux.

Au début de ce chapitre, nous avons posé les questions suivantes : *Est-ce que les capacités de PD se modifient avec l'avancée en âge ? Si oui, quel processus est le plus perturbé dans le vieillissement normal, la PD sous risque implicite ou la PD sous risque explicite ?* Les résultats ci-dessus résumés montrent que les capacités de PD implicite (performances des STA) et explicite (performances des SA et des STA) subissent des perturbations dans le vieillissement normal. Nous validons ainsi notre première hypothèse. Toutefois, notre deuxième hypothèse, selon laquelle toutes les fonctions cognitives qui se modifient après 65 ans (dans le cas spécifique, les capacités de PD implicite) se détérioreraient encore plus après 80 ans, est partiellement validée. En effet, la PD implicite se détériorerait significativement dans le grand âge, alors que la PD explicite se modifierait et resterait relativement stable après 65 ans. Cela suggère l'existence de modifications morphologiques et neuro-fonctionnelles avec l'avancée en âge au niveau des régions cérébrales sous-tendant les processus cognitifs impliqués dans les tâches de PD sous risque. Nous faisons, plus particulièrement, référence aux régions préfrontales ventromédianes (autorégulation comportementale et émotionnelle) et dorsolatérales (FE) (Mell, 2009).

Les résultats que nous avons obtenus à partir des performances globales aux tests de PD proposés confirment partiellement ceux présentés par Deakin et al. (2004), Denburg et al. (2005), Fein et al. (2007), Zamarian et al. (2008), Mell (2009), Beitz et al. (2014). En effet, ces auteurs avaient montré une perturbation des capacités de PD chez les SA, par rapport à des personnes jeunes et adultes, dans des tâches impliquant des associations stimulus-choix-récompense/sanction. Cependant, si nous prenons en compte les résultats

obtenus pour chaque bloc, nos conclusions vont dans le même sens que celles formulées par Dror et al. (1998), MacPherson et al. (2002), Wood et al. (2005), selon lesquelles les SA obtiennent des scores similaires aux participants jeunes et adultes sains dans des tâches de PD. Dans notre étude, les SJ, SA et STA ont eu des performances similaires dans tous les blocs de l'IGT et dans les 3 derniers blocs du GDT.

Nous tenons à préciser que les données que nous avons recueillies pour les 3 groupes de participants montrent une grande hétérogénéité (calcul des écarts-types, effet des facteurs "groupe" et "condition") qui pourrait, en partie, expliquer les résultats issus de nos analyses (test post-hoc, étude par bloc). Ce phénomène observé au niveau des performances individuelles aux 2 tâches de PD proposées pourrait être dû aux différentes stratégies mises en place par les participants. Les aînés ont probablement donné plus de poids à leur chance (Tranel, 2002) qu'au déroulement du test en tant que tel (règles implicites), alors que les SJ ont essayé d'adapter leurs décisions à la situation vécue, donc aux tirages successifs de cartes, améliorant leurs performances. Les STA pourraient avoir eu tendance à se focaliser plus sur leur satisfaction immédiate, privilégiant la dimension émotionnelle, que sur les objectifs à atteindre dans le long terme (Denburg & Hedgcock, 2015). Ils se sont peut-être aussi appuyés sur la dimension positive de leurs souvenirs, liés à des décisions prises précédemment, plutôt que modifier leur comportement tout au long de la tâche.

Il est également possible que les participants jeunes et âgés aient mis en place des stratégies similaires à celles décrites par Wood et al. (2005). Nous faisons notamment référence à l'implication des habiletés d'apprentissage (renforcements positifs et négatifs) et de mémoire, pour ce qui concerne le groupe des SJ, et à la création de représentations fidèles des gains et des pertes, pour ce qui concerne les SA. Si ces capacités subissent des perturbations après 80 ans, alors les performances des STA pourraient se détériorer aux tests de PD proposés. Nos données montrent un déclin des capacités exécutives et mnésiques (RL-RI, Rec, RD) chez les STA. De plus, l'implication des capacités exécutives (Schiebener et al., 2014) et mnésiques (Beitz et al., 2014; Lighthall et al., 2014) dans les tâches de PD a été récemment confirmée (voir aussi le modèle de PD sous risque de Brand et al., 2006, décrit dans le Chapitre 1). Dans le cadre de notre travail de recherche, même si une analyse corrélacionnelle a été réalisée entre les indices de performance relatifs à toutes les tâches frontales réalisées (voir l'Annexe 6), nous ne discuterons pas les résultats obtenus. Rappelons que l'analyse des éventuels liens existant entre les 4 types d'habiletés frontales étudiées ne fait pas partie de nos objectifs principaux.

Considérant que quelque tâche informatisée de PD permet de connaître le temps de

réalisation de l'épreuve et que certains travaux (e.g., Dror et al., 1998) n'ont pas montré de différence significative entre le temps utilisé par le SJ et les SA, il serait intéressant, dans un travail futur, de mesurer le temps de réalisation de l'IGT (version papier-crayon). Même si, dans le présent travail, nous n'avons pas effectué cette mesure de façon systématique, nous pouvons affirmer que les personnes âgées rencontrées ont eu globalement besoin de plus de temps pour réaliser les 2 tâches de PD proposées, par rapport aux SJ.



## Chapitre 7

# Étude du vieillissement normal de l'énergisation

### 7.1 Méthode

Nous présenterons ci-après les outils choisis pour évaluer le processus d'énergisation ainsi que les résultats que nous avons obtenus (voir le Tableau 7.1) dans le cadre de notre étude.

Les capacités d'énergisation, comme nous l'avons évoqué dans le premier chapitre du présent manuscrit, peuvent être mesurées au moyen d'épreuves qui impliquent une certaine AP et vitesse de traitement des informations (e.g., tests de TR, de fluence verbale). Considérant que la plupart des épreuves qui constituent notre batterie ARTIST (voir la section 5.3.1, p. 125) permettent de mesurer le processus d'énergisation, nous avons choisi les tâches de TR plus pertinentes pour cette étude à partir des résultats présentés par Stuss et Alexander (2007).

Rappelons que leurs observations se basent sur les performances d'adultes ayant des lésions frontales focales aux tests de fluence verbale, de Stroop, CVLT, WCST, mais également aux épreuves constituant les batteries FIT et ROBBIA. Supposant que les capacités cognitives supportées par les régions frontales médianes supérieures se détériorent, suite à la survenue de changements dans ces zones, nous pouvons faire l'hypothèse que les performances de ces patients frontaux sont perturbées dans des tâches impliquant l'énergisation. À partir de cette hypothèse, nous avons retenu exclusivement les épreuves dans lesquelles les sujets ont été moins performants par rapport autres participants (Stuss & Alexander, 2007).

Nous essayerons ainsi de répondre aux questions suivantes : *Est-ce que les capacités d'énergisation ou d'AP subissent des modifications au cours du vieillissement normal ? Si*

*oui, le quatrième âge est-il caractérisé par un ralentissement plus important de la vitesse de traitement des informations par rapport au troisième âge ?*

## 7.2 Présentation des épreuves neuropsychologiques

La production de mots durant les **dernières 45s/60s de la tâche de fluence verbale** semble dépendre de l'intégrité des régions frontales médianes supérieures, donc impliquerait les capacités cognitives supportées par ces zones cérébrales (Stuss, 2011). C'est pour cette raison que nous avons pris en considération le nombre de mots évoqués par les participants après les premières 15s des tests de fluence verbale littérale et sémantique, pour évaluer le processus d'énergisation.

Les habiletés d'AP ont également été évaluées à travers la **condition d'interférence** du test de Stroop (1935). En effet, la réussite à cette épreuve semble dépendre de l'implication de processus exécutifs, mais également du niveau d'activation des consignes dans la mémoire de travail (Manning, 2007), qui détermine aussi la rapidité avec laquelle le sujet donne une réponse adaptée au contexte. Dans ce cas, il s'agirait d'inhiber la lecture pour permettre la dénomination correcte de la couleur de l'encre.

Les **tests de TR** semblent également sensibles aux modifications observées dans les régions frontales médianes supérieures, sous-tendant les capacités d'AP. Le vieillissement cognitif normal étant souvent associé à une réduction de la vitesse de traitement des informations, nous avons évalué cette habileté à travers la mesure du temps de réalisation de 4 tests constituant la batterie ARTIST : *simple, easy choice, prepare* et *tap 1* (Stuss & Alexander, 2007) (voir la section 5.3.1, p. 125).

## 7.3 Comparaisons intergroupes

Les résultats obtenus suite à l'ANOVA à 1 facteur montrent l'existence d'une différence significative ( $F(2, 107) = 10.09$ ;  $p < .001$ ;  $\eta^2 = .16$ ) entre les performances des 3 groupes de participants au test de fluence verbale littérale, pendant les dernières 45s de la première minute de la tâche. Le test post-hoc effectué montre que les STA ont été significativement moins performants par rapport aux SJ ( $c = 3.65$ ;  $p < .001$ ) et aux SA ( $c = 2.6$ ;  $p = .009$ ). Nos données mettent aussi en évidence une différence statistiquement significative ( $F = 10.35$ ;  $p < .001$ ;  $\eta^2 = .16$ ) entre les performances des SJ et SA dans l'épreuve de fluence verbale sémantique pendant les dernières 45s de la première minute de la tâche. Plus en détail, les SJ ont produit un nombre plus élevé de noms d'animaux que les SA ( $c = 2.37$ ;  $p = .04$ ) et les STA ( $c = 4.52$ ;  $p < .001$ ). Les autres comparaisons

intergroupes réalisées au moyen du test de Scheffé n'ont pas permis de mettre en évidence des différences significatives.

Si nous prenons en considération les performances des participants à ces 2 tâches de fluence verbale durant 120s, il est possible d'observer des différences significatives entre les performances des 3 groupes, tant pour la fluence verbale littérale ( $F = 11.08$ ;  $p < .001$ ;  $\eta^2 = .17$ ) que pour la fluence verbale sémantique ( $F = 10.57$ ;  $p < .001$ ;  $\eta^2 = .16$ ). Les résultats obtenus à partir du test post-hoc montrent des différences significatives entre le nombre de mots produits par les SJ et ceux produits par les STA dans le test de fluence verbale littérale ( $c = 7.72$ ;  $p < .001$ ). Les SA ont également été plus performants que les STA ( $c = 4.75$ ;  $p = .02$ ) à cette tâche. Nos analyses ne permettent pas de mettre en évidence une différence significative entre les performances des SJ et celles des SA. En ce qui concerne le test de fluence verbale sémantique, le test de Scheffé montre que les SJ ont produit un nombre significativement supérieur de mots par rapport aux STA ( $c = 9.75$ ;  $p < .001$ ). Les SJ ont été plus performants que les SA ( $c = 4.85$ ;  $p = .05$ ) et les SA ont été plus performants que les STA à ce test ( $c = 4.9$ ;  $p = .07$ ), même si ces différences ne sont pas statistiquement significatives.

Moyenne (écart-type)	SJ n = 40	SA n = 40	STA n = 30	P-value (ANOVA)
<i>Fluence verbale 45s/60s</i>				
Littérale	8.8 (3.8)	7.8 (3.5)	5.2 (2.5)	***
Sémantique	15.6 (4.1)	13.2 (3.7)	11.1 (4.7)	***
<i>Test de Stroop (interf)</i>				
Erreurs	0.1 (0.4)	0.5 (1)	2.3 (2.1)	***
Erreurs corrigées	1.6 (2.1)	1.3 (1.9)	3 (2.2)	**
Temps (s)	98.5 (22.5)	125.5 (29.8)	169.3 (44.3)	***
<i>ARTIST</i>				
Simple (temps, ms)	461.5 (155.1)	835.3 (359.1)	995.1 (367.9)	***
Choice (temps, ms)	601.5 (142.7)	864.1 (315.2)	879.5 (314.7)	***
Prepare (temps, ms)	692.1 (169.2)	922.9 (246)	1061.5 (415.8)	***
Tap 1 (temps - 1500 ms)	81.8 (50.1)	94.1 (59.4)	156 (109.5)	***

TABLE 7.1 – Performances des SJ, SA et STA aux tâches d'énergisation proposées. Les différences statistiquement significatives observées entre les 3 groupes ont été mises en évidence au moyen de l'ANOVA à 1 facteur (\*  $p < .05$ , \*\*  $p < .01$ , \*\*\*  $p < .001$ ).

L'analyse de la variance effectuée à partir des données relatives au test de Stroop montre l'existence de différences significatives ( $F = 27.8$ ;  $p < .001$ ;  $\eta^2 = .34$ ) entre le nombre d'erreurs non corrigées par les 3 groupes de participants dans la condition d'interférence de cette épreuve. Le test post-hoc effectué montre que les STA ont commis un nombre supérieur d'erreurs non corrigées par rapport aux SJ ( $c = -2.17$ ;  $p < .001$ ) et aux SA ( $c = -1.8$ ;  $p < .001$ ). Les participants ont également effectué un nombre d'erreurs



corrigées dans la condition d'interférence du test de Stroop significativement différent ( $F = 6.37$ ;  $p = .002$ ;  $\eta^2 = .11$ ), les STA ayant été significativement moins performants que les SJ ( $c = -1.42$ ;  $p = .02$ ) et les SA ( $c = -1.7$ ;  $p = .004$ ).

Le temps de réalisation de cette tâche d'interférence a été progressivement plus élevé (SJ > SA > STA; voir le Tableau 7.1) d'un groupe de participants à l'autre et significativement différent ( $F = 41.45$ ;  $p < .001$ ;  $\eta^2 = .44$ ). Le test post-hoc effectué montre que les SJ ont été plus rapides que les SA ( $c = -27$ ;  $p = .001$ ) et les STA ( $c = -70.83$ ;  $p < .001$ ). Les SA ont été plus rapides que les STA ( $c = -43.83$ ;  $p < .001$ ).

Les ANOVAs à 1 facteur réalisées ont permis de mettre en évidence une différence significative entre le temps nécessaire aux 3 groupes de participants pour réaliser les tests de TR *simple* ( $F = 29.30$ ;  $p < .001$ ;  $\eta^2 = .35$ ), *easy choice* ( $F = 13.11$ ;  $p < .001$ ;  $\eta^2 = .20$ ) et *prepare* ( $F = 15.58$ ;  $p < .001$ ;  $\eta^2 = .23$ ). Concernant le test *simple*, les SJ ont eu besoin de moins de temps pour effectuer cette tâche par rapport aux SA ( $c = -373.85$ ;  $p < .001$ ) et aux STA ( $c = -533.58$ ;  $p < .001$ ). Les SJ ont été aussi plus rapides que les SA ( $c = -262.51$ ;  $p < .001$ ) et les STA ( $c = -277.99$ ;  $p < .001$ ) dans le test *easy choice*. Des résultats similaires ont été obtenus pour le test *prepare*, dans lequel les SJ ont mis moins de temps pour effectuer cette tâche par rapport aux SA ( $c = -230.73$ ;  $p = .002$ ) et aux STA ( $c = -369.36$ ;  $p < .001$ ). Les autres comparaisons intergroupes réalisées au moyen du test de Scheffé n'ont pas permis de mettre en évidence de différence significative.

L'analyse de la variance effectuée à partir des données relatives au test *tap 1* a permis de mettre en évidence une différence significative ( $F = 9.56$ ;  $p < .001$ ;  $\eta^2 = .15$ ) entre les performances des 3 groupes de participants à cette tâche. Le test post-hoc réalisé montre que les STA étaient significativement moins performants que les SJ ( $c = -74.24$ ;  $p < .001$ ) et les SA ( $c = -61.91$ ;  $p = .003$ ). Les STA ont donc eu plus de difficulté que les autres participants à maintenir le rythme sonore demandé, en présence d'un indice sonore extérieur.

Nous tenons à préciser que les tâches *prepare* (TR à choix) et *tap* (maintien d'un rythme donné) ont été proposées à tous les participants afin de savoir s'ils bénéficiaient de la présence d'indices sonores prédictifs. Le comportement à adopter, après avoir reçu le signal extérieur, était d'appuyer le plus rapidement possible sur la touche à droite du clavier, dans le premier cas, et sur la touche centrale du clavier, dans le deuxième cas. Nous avons ainsi pu effectuer des comparaisons *easy choice/prepare* et *tap 1/tap 2*, à travers des tests t de Student, pour voir si l'indice sonore améliorait les performances de chaque groupe de participants à ces tests, réduisant leurs TR.

Les résultats obtenus montrent que les performances des SJ ( $t(79) = -2.59$ ;  $p = .01$ ;  $d$  de Cohen = .58) ont été meilleures dans le test *prepare* que dans le test *easy choice*. Nos données n'ont pas permis de mettre en évidence de différence significative entre les TR mesurés dans ces 2 tâches pour ce qui concerne les personnes âgées et très âgées. En revanche, tous les participants semblent avoir bénéficié de l'indice sonore reçu dans l'épreuve *tap*. Plus particulièrement, les participants jeunes ( $t(79) = -3.76$ ;  $p < .001$ ;  $d$  de Cohen = .84), âgés ( $t(79) = -4.79$ ;  $p < .001$ ;  $d$  de Cohen = 1.07) et très âgés ( $t(59) = -4.45$ ;  $p < .001$ ;  $d$  de Cohen = 1.15) ont été plus performants au test *tap 1* qu'au test *tap 2*.

## 7.4 Discussion

La présente étude nous a permis d'évaluer les capacités d'AP dans le vieillissement normal, au moyen de tâches de fluence verbale littérale et sémantique, d'interférence et de TR. Les analyses statistiques réalisées à partir des données recueillies montrent une détérioration de ces habiletés frontales dans tous les tests proposés avec l'avancée en âge. Les performances des participants âgés ont été particulièrement perturbées après 80 ans dans les épreuves suivantes : fluence verbale littérale (dernières 45s/60s), condition d'interférence du test de Stroop (erreurs corrigées et non corrigées, temps de réalisation) et *tap 1* (maintien d'un rythme sonore avec indice extérieur). Les performances des sujets durant les dernières 45s/60s de la tâche de fluence verbale littérale ont été similaires à celles observées durant les premières 15s/60s de la même tâche. Une discussion de ces résultats a été proposée dans le Chapitre 5. Les données relatives aux dernières 45s/60s de la tâche de fluence verbale sémantique montrent une détérioration des performances des SA et STA par rapport aux SJ. Ces derniers résultats permettent donc de confirmer ceux présentés par Troyer et al. (1997), selon lesquels les SJ produisent un nombre plus important de mots que les aînés dans cette épreuve. Il est important de préciser que, si nous prenons en considération les performances des sujets aux tests de fluence verbale durant 120s, les STA produisent un nombre inférieur de mots par rapport aux autres participants tant en fluence verbale littérale que sémantique.

Concernant les résultats obtenus dans la condition d'interférence du test de Stroop, ils ne vont pas dans le même sens que ceux présentés par Etienne et al. (2008) et Sylvain-Roy et al. (2015), montrant des performances altérées chez les SA par rapport aux SJ. En effet, les STA qui ont participé à notre étude ont été moins performants que les SJ et SA à cette épreuve, les SA ayant eu des performances similaires à celles des SJ.

Le calcul des écarts-types effectué pour les tests de TR a mis en évidence une grande variabilité interindividuelle dans chaque groupe, mais plus particulièrement chez les aînés (voir le Tableau 7.1), confirmant les résultats d'études précédentes (e.g., Hulstsch et al., 2002). À ce propos, il serait intéressant d'étudier la variabilité intraindividuelle (Myerson et al., 2007), c'est-à-dire la variabilité qui peut être observée chez un sujet à partir de la réalisation d'une même tâche dans des moments différents. Toutefois, ce type d'analyse n'est possible que dans le cadre de mesures répétées lors d'une même expérimentation (Dykiert et al., 2012), ou lors d'une étude longitudinale (Hulstsch et al., 2002).

Un aspect original du présent travail de recherche concerne l'aide que les indices sonores pouvaient apporter aux SA dans une tâche de TR, dans laquelle il fallait réagir rapidement à l'apparition d'une cible visuelle. Les aînés ayant participé à notre étude ne semblent pas avoir bénéficié de la présence des indices sonores précédant l'apparition du rond noir dans le test *prepare*, alors que les participants jeunes ont significativement amélioré leurs performances dans cette épreuve (TR) par rapport au test *easy choice* (TR en absence d'indices sonores). Lorsqu'il fallait appuyer sur une touche du clavier en respectant un certain rythme (*tap*), l'écart moyen entre le TR de chaque sujet et 1,5s (rythme initialement scandé par un métronome) a été inférieur dans la première partie de la tâche (*tap 1*) que dans la deuxième (*tap 2*). Les analyses statistiques réalisées indiquent que tous les participants jeunes, âgés et très âgés ont bénéficié de la présence de l'indice sonore extérieur, vue l'amélioration de leurs performances à ce test.

En outre, sur la base de nos observations, il semblerait que les personnes âgées aient pu bénéficier de l'indice sonore proposé, surtout lorsqu'il précédait immédiatement la cible. Autrement dit, le temps interstimuli (entre la survenue du son et l'apparition de la cible visuelle) devait être très court (e.g., inférieur à 3s) pour être utile, comme nous avons pu le constater dans les tests *tap 1* et *prepare*.

Les questions posées au début de ce chapitre étaient les suivantes : *Est-ce que les capacités d'énergisation ou d'AP subissent des modifications au cours du vieillissement normal ? Si oui, le quatrième âge est-il caractérisé par un ralentissement plus important de la vitesse de traitement des informations par rapport au troisième âge ?* Nos données montrent que les capacités d'énergisation se détériorent après 65 ans et encore plus après 80 ans. Les résultats que nous avons obtenus permettent de confirmer les considérations d'études précédentes (e.g., Kerchner et al., 2012 ; Salthouse, 1996 ; Vaportzis et al., 2013) et de vérifier une partie de notre deuxième hypothèse, selon laquelle le vieillissement cognitif normal serait caractérisé par un ralentissement progressif de la vitesse de traitement des informations. Ce phénomène, probablement dû à un ralentissement de la vitesse de

transmission neuronale, pourrait influencer les performances des sujets dans d'autres tâches, demandant un certain niveau de concentration et de rapidité. Nous tenons également à préciser que des facteurs psychoaffectifs, telle que la présence de traits dépressifs et/ou anxieux, pourraient avoir un impact sur plusieurs processus cognitifs, dont l'énergisation (Emerson et al., 2005 ; Mitchell & Phillips, 2007 ; Salthouse, 2012). Nous discuterons les résultats obtenus à ce sujet dans le Chapitre 11.

Toutes ces observations suggèrent l'existence d'une détérioration des régions cérébrales sous-tendant les processus d'AP, notamment les régions frontales médianes supérieures (Stuss, 2011 ; Stuss et al., 2005), au cours du vieillissement normal. Étudier les éventuels liens existant entre vitesse de traitement des informations et intégrité de la matière blanche pourrait nous donner des informations plus précises sur l'évolution de ces habiletés frontales. En effet, une étude de Kerchner et al. (2012) avait déjà montré qu'une augmentation du volume de substance blanche dans les régions frontales et pariétales (pariétales inférieures selon Jackson et al., 2012) était associée à des TR inférieurs.



## Chapitre 8

# Étude du vieillissement normal de la métacognition

### 8.1 Méthode

L'étude des fonctions MC permet de poser l'attention sur certains aspects caractérisant la "cognition sociale". Rappelons que cette dernière notion correspond à des aptitudes et expériences émotionnelles et sociales qui régulent les relations interpersonnelles, s'appuyant sur la conscience que chaque individu a de soi-même, des savoirs sociaux précédemment acquis et donc d'une compréhension profonde des comportements humains (Allain, Aubin, & Le Gall, 2012).

Plusieurs épreuves neuropsychologiques ont été récemment développées afin d'analyser ces capacités de niveau supérieur. La plupart de ces tests se basent sur la présentation de stimuli visuels (e.g., dessins, photos, textes) que le sujet doit traiter pour pouvoir se représenter les états mentaux cognitifs et affectifs d'autrui (e.g., personnages représentés ou décrits dans les différentes épreuves).

Dans les sections suivantes, nous décrirons les tâches choisies pour effectuer notre étude, ainsi que les résultats obtenus dans le cadre de l'évaluation de la conscience autoétiq (capacité à inférer ses propres états mentaux ; voir la Figure 8.7 et le Tableau 8.2) et des capacités de TDE cognitive et affective (voir le Tableau 8.3).

Les types d'analyses réalisées nous permettront de mieux comprendre l'évolution de ces capacités cognitives, donc de répondre aux questions suivantes : *Est-ce que les fonctions MC subissent des perturbations avec l'avancée en âge ? Si oui, en quoi consistent des modifications de la conscience de soi ? Quel(s) processus de TDE se modifie(-ent) dans le vieillissement normal : la TDE cognitive de premier/deuxième ordre, la TDE affective, les 2 types de processus ?*

## 8.2 Présentation des épreuves neuropsychologiques

### Test de conscience de soi

L'étude de la conscience autoévaluative a été possible grâce à une **tâche de conscience de soi**, dans laquelle le sujet doit compléter 20 phrases commençant par « Je suis... », en choisissant des mots qui permettent de le décrire le mieux. Les réponses obtenues ont été divisées selon les 3 classes d'âge des participants : 20-40 ans, 65-79 ans et 80-95 ans. Ensuite, nous avons utilisé un code couleur pour mettre en évidence les mots qui pouvaient être associés à une même dimension (e.g., personnelle), notre objectif étant de voir si les mots/dimensions évoqués pour se décrire changeaient avec l'avancée en âge.

Les sphères prises en considération pour notre analyse, tant qualitative que quantitative, ont été les suivantes : 1. personnelle (e.g., je suis patient, sensible, fidèle), 2. physique (e.g., je suis blond, maigre, petit), 3. académique et professionnelle (e.g., je suis doctorant, ingénieur, employé), 4. familiale (e.g., je suis l'aîné, mère, célibataire), 5. sociale (e.g., je suis bénévole, membre d'une association), 6. morale, politique et religieuse (e.g., je suis de gauche, croyant, athée). Pour faire ce choix, nous nous sommes inspirés du Conceptual Self Questionnaire (Duval et al., 2007 ; TSCS-II, Fitts & Warren, 1996) cité précédemment.

### Test de FC

La tâche de FC **TOM-15** (Desgranges et al., 2012) nous a permis d'évaluer les capacités de TDE cognitive de premier et de deuxième ordre. Dans ce test, le sujet doit être capable de comprendre la perspective des personnages des histoires proposées, afin de donner la réponse correcte à la question posée en bas de chaque page (voir les Figures 8.1 et 8.2). Cette épreuve inclue une première condition (8 planches) évaluant le premier ordre de TDE, une deuxième condition (7 planches) évaluant le deuxième ordre d'analyse et une condition contrôle (15 planches). Cette dernière condition "neutre" permet de savoir si les erreurs commises par les participants dans les 2 premières conditions de l'épreuve sont dues à une perturbation des capacités de TDE ou à une difficulté de compréhension écrite des histoires.

#### 8.2.1 MPS-TOMQ : Une nouvelle tâche de tromperie-coopération

Le test de tromperie-coopération, que nous avons appelé Modified Picture Stories-TOM Questionnaire (**MPS-TOMQ**), nous a permis d'étudier l'habileté des sujets à inférer des états mentaux aux personnages représentés dans chaque séquence d'images proposée (informations présentées sous forme visuelle).



Sébastien et Linda se donnent rendez-vous à 19h pour aller dîner. Sébastien, qui connaît bien Linda, lui demande de ne pas être, pour une fois, en retard

**Condition expérimentale**

Que croit Sébastien ?

- Que Linda a eu un accident
- Que Linda est en retard comme d'habitude



En se rendant au rendez-vous, Linda a un accident



Sébastien est à l'heure au rendez-vous. Il s'impatiente car Linda n'est toujours pas là

**Condition contrôlée**

Pourquoi Linda n'est-elle pas encore arrivée au rendez-vous ?

- Parce qu'elle a eu un accident de voiture
- Parce qu'elle est en retard comme d'habitude

FIGURE 8.1 – TOM-15 : Exemple de FC de premier ordre (Desgranges et al., 2012).



Un pêcheur sent qu'il a attrapé quelque chose au bout de sa ligne

**Condition expérimentale**

Si on demande au plongeur ce que le pêcheur pense avoir attrapé, que va-t-il répondre ?

- Une botte
- Un poisson



Le plongeur voit qu'une botte s'est accrochée à la ligne du pêcheur



Le pêcheur remonte sa ligne sous les yeux du plongeur

**Condition contrôlée**

Qu'est ce que le pêcheur a attrapé ?

- Une botte
- Un poisson

FIGURE 8.2 – TOM-15 : Exemple de FC de deuxième ordre (Desgranges et al., 2012).





FIGURE 8.3 – MPS-TOMQ : Exemple d'histoire impliquant une tromperie.

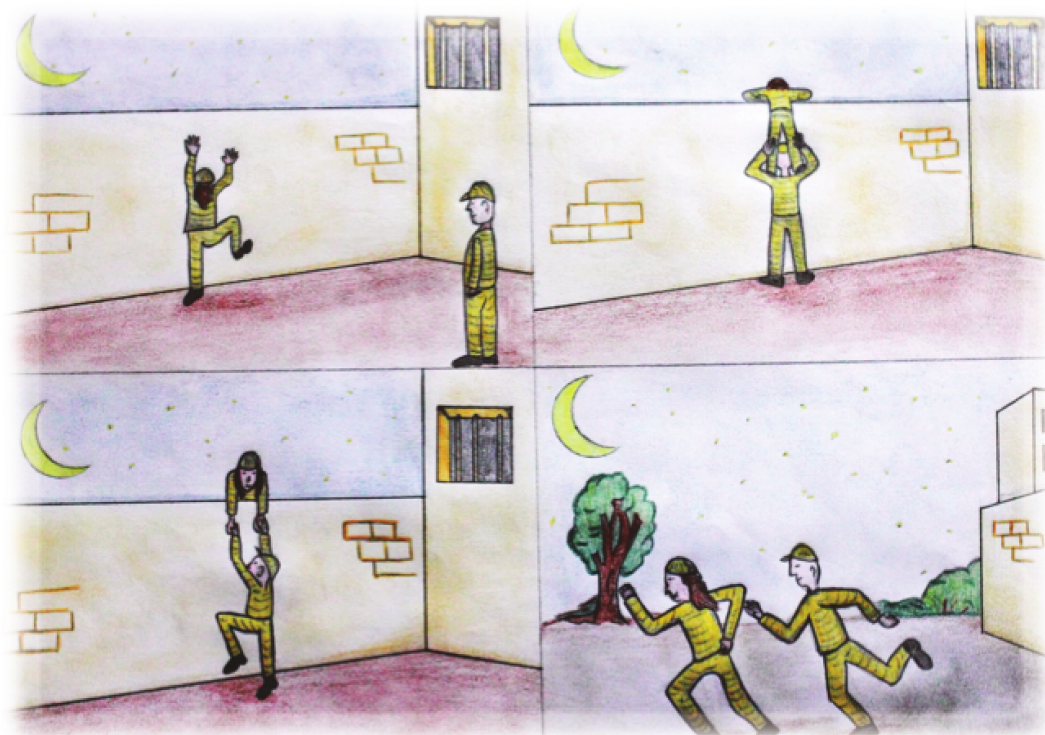


FIGURE 8.4 – MPS-TOMQ : Coopération entre 2 personnages (inspirée de Brüne, 2003).

Nous nous sommes inspirés de la version originale de cette épreuve (Brüne, 2003) pour réaliser les 6 histoires (2 de tromperie, 2 de coopération, 2 mixtes) constituées de 4 images chacune (voir les Figures 8.3 et 8.4). Nous avons décidé d'utiliser cette tâche modifiée car les histoires et les personnages représentés (âge, contexte) nous paraissaient plus adaptés pour la population étudiée. Les dessins faits au crayon représentent, plus précisément, différentes situations dans lesquelles une personne coopère avec une autre pour atteindre un objectif (e.g., cueillir une pomme, s'évader de prison), ou agit pour tromper quelqu'un (e.g., offrir quelque chose qui ne sera pas appréciée, faire du mal), ou coopère avec une personne en vue de réaliser une malveillance envers une tierce personne (e.g., voler un sac de courses ou un bocal de bonbons).

En ce qui concerne la passation de ce test, nous avons donné à chaque sujet le temps nécessaire pour disposer sur la table devant lui les 4 images, suivant l'ordre chronologique/logique correct, pour créer une histoire. Sur la base des performances à cette tâche, nous avons calculé un score de séquence individuel (MPS). Ensuite, en cas d'erreur, nous avons montré la séquence correcte au sujet, afin de lui permettre de répondre aux questions (TOMQ) évaluant ses capacités de TDE, de tromperie, de coopération, ainsi que sa compréhension générale de l'histoire (pour des exemples, voir l'Annexe 3).

### Test de reconnaissance des émotions

L'épreuve **RME-Adult test** (Baron-Cohen et al., 2001) nous a permis de mesurer les capacités de TDE affective (Duval, Piolino, Bejanin, Eustache, & Desgranges, 2011) et, plus précisément, l'habileté des participants à attribuer des états mentaux affectifs à partir de 36 photographies de regards en noir et blanc.



FIGURE 8.5 – RME : Exemple 1 de photographie présentée aux participants.

Dans cette tâche, le sujet doit reconnaître chaque fois une émotion différente, en

choisissant le nom correspondant à celle-ci parmi les 4 proposés (voir les Figures 8.5 et 8.6).



FIGURE 8.6 – RME : Exemple 2 de photographie présentée aux participants.

### 8.3 Résultats obtenus au test de conscience de soi

Avant de décrire les performances des participants au test de conscience de soi, nous tenons à préciser que certains sujets ont complété moins de 20 phrases (minimum 10/20) commençant par « Je suis... ». Au total, les réponses (mots ou phrases courtes) fournies au moins une fois par tous les participants ont été de 570. Les SJ ont donné 326 réponses totales, les SA 331 et les STA 238. Comme le nombre total de réponses l'indique, un certain nombre de mots ont été évoqués plusieurs fois par les sujets faisant partie des 3 groupes. Afin d'effectuer nos analyses, les synonymes ont été regroupés, après consultation d'un dictionnaire (e.g., paresseux, flemmard, fainéant, feignant), et n'ont été comptés qu'une seule fois.

Les résultats que nous avons obtenus au test de conscience de soi ont été, tout d'abord, analysés sur la base de la distinction faite entre les catégories **idiocentrique** (e.g., je suis grand, passionné), **allocentrique** (e.g., je suis sociable, généreux) et de l'**appartenance à un groupe** (e.g., je suis grand-mère, je suis retraité) (Eustache et al., 2013). Le soi est dit « idiocentrique » ou indépendant quand le sujet a tendance à privilégier sa propre personne et a donc une orientation individualiste, tandis que le soi « allocentrique » ou interdépendant est typique des individus qui privilégient la vie collective et ont pour cela une orientation sociale (Triandis, Leung, Villareal, & Clack, 1985). La troisième catégorie évoquée correspond à la tendance du sujet à s'identifier à un groupe donné. À partir de ces considérations, nous avons classé les réponses des participants comme appartenant à l'une de ces 3 orientations et calculé les pourcentages de fréquence pour chaque groupe

(voir Figure 8.7).

Parmi les mots évoqués par les SJ, 77,3 % de ceux-ci ont une orientation idiocentrique, alors que les SA et les STA ont respectivement évoqué 80,97 % et 82,35 % de mots ayant le même type d'orientation. Les aînés ont donné plus de réponses ayant une orientation allocentrique (SA : 9,97 %; STA : 11,34 %) que les SJ (8,59 %). Cependant, les SA (9,06 %) et les STA (6,30 %) ont donné moins de réponses exprimant leur appartenance à un ou à plusieurs groupes par rapport aux SJ (14,11 %).

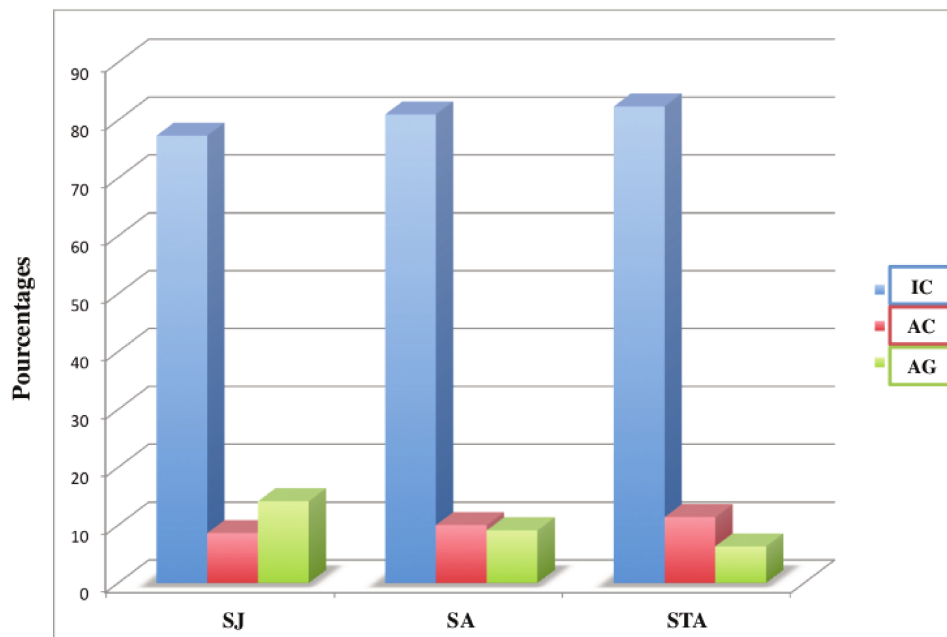


FIGURE 8.7 – Pourcentages de réponses données par les SJ, SA et STA, classées selon les catégories idiocentrique (IC), allocentrique (AC) et appartenance à un groupe (AG).

Dans le tableau 8.1, nous indiquons les distributions des réponses données par les SJ, SA et STA au test de conscience de soi. Les réponses ont été classées selon les 3 catégories prises en considération : idiocentrique, allocentrique et appartenance à un groupe. Considérant que les effectifs théoriques (total de chaque ligne x total de chaque colonne ÷ total général) sont supérieurs à 5, nous avons appliqué un test du  $\chi^2$  d'homogénéité (test de Pearson), posant comme hypothèse nulle le fait que les distributions des réponses soient les mêmes pour les 3 groupes de participants. L'hypothèse alternative, dans ce cas, correspond au fait que les distributions des réponses diffèrent.

Le résultat obtenu nous a permis de rejeter l'hypothèse nulle et d'accepter l'hypothèse alternative avec un risque d'erreur inférieur à 5 %. La dépendance entre la catégorie des réponses et le groupe des participants est statistiquement significative ( $\chi^2(4, N=895)$

<b>Catégories/ Groupes</b>	<b>Idiocentrique</b>	<b>Allocentrique</b>	<b>Appartenance à un groupe</b>	<b>Total</b>
<b>SJ</b>	252	28	46	326
<b>SA</b>	268	33	30	331
<b>STA</b>	196	27	15	238
<b>Total</b>	716	88	91	895

TABLE 8.1 – Distributions des réponses données par les SJ, SA et STA au test de conscience de soi proposé.

= 10.45;  $p = .03$ ). La relation entre ces 2 variables catégorielles est validée car le  $\chi^2$  calculé est supérieur au  $\chi^2$  théorique (pour ddl = 4 et  $\alpha = .05$ , la table indique  $\chi^2 = 9.49$ ). Autrement dit, la catégorie à laquelle les réponses des participants ont été associées dépend du groupe, donc de l'âge des sujets.

Considérant que plusieurs types de traitements peuvent être réalisés à partir des données recueillies pour le test des « Je suis... », nous présenterons par la suite une interprétation alternative des résultats obtenus. Plus précisément, l'analyse qualitative effectuée montre une tendance générale des sujets à se décrire sur la base des traits de leur caractère (e.g., je suis timide, ambitieux, généreux) et de leur appréciation (ou dépréciation) de domaines spécifiques (e.g., je suis cinéphile, gourmand, passionné d'art et de musique). En revanche, tous les participants ont donné un nombre de réponses faible concernant des aspects socio-économiques ou physiques (voir les pourcentages indiqués dans le Tableau 8.2). Les mots le plus fréquemment évoqués sont présentés dans le tableau ci-dessous et ne constituent que des exemples.

Le calcul des pourcentages réalisé a permis de mettre en évidence une augmentation, en proportion avec le nombre total des réponses données par chaque groupe de participants, des mots relatifs à la sphère personnelle avec l'avancée en âge : 284 (87,1 %) pour les SJ, 300 (90,6 %) pour les SA et 220 (92,4 %) pour les STA. En revanche, une diminution importante du nombre de mots évoquant la sphère académique et professionnelle a été observée entre les réponses données par les SJ et celles données par les SA et les STA : 17 (5,2 %), 3 (0,9 %) et 0 (0 %) respectivement. Nos résultats montrent aussi que les STA évoquent moins fréquemment des mots concernant la sphère morale, politique et religieuse, par rapport aux autres participants : 4 (1,2 %), 5 (1,5 %) et 0 (0 %), pour les SJ, les SA et les STA respectivement.

La fréquence des mots s'inscrivant dans les sphères physique et familiale a été similaire

Test de Conscience de soi	SJ n = 40	SA n = 40	STA n = 30	Fréquence des mots
Sphère personnelle	Pays/ville d'origine Curieux Gourmand Sexe Jeune	Sportif Curieux Dynamique Ouvert d'esprit Sociable	Curieux Gourmand Sociable Âgé Propre	SJ : 87.1 % SA : 90.6 % STA : 92.4 %
Sphère physique	Taille Couleur cheveux Jolie/beau En pleine forme	Taille Couleur cheveux En pleine forme Malade	Taille Couleur cheveux	SJ : 3.1 % SA : 2.5 % STA : 3.4 %
Sphère académique et professionnelle	Type de profession Étudiant Salarié Au chômage	Retraité Type de profession	–	SJ : 5.2 % SA : 0.9 % STA : 0 %
Sphère familiale	État civil Relations familiales Position dans la fratrie Mère	Grand-mère État civil Relations familiales Position dans la fratrie	Relations familiales Mère Grand-mère État civil	SJ : 3.1 % SA : 3.9 % STA : 3.4 %
Sphère sociale	Bénévole	Bénévole Une personne qui aime aider autrui	Attentif aux autres Anticonventionnel	SJ : 0.3 % SA : 0.6 % STA : 0.8 %
Sphère morale, politique et religieuse	Une bonne personne Un bon fils Orientation politique Athée Peu croyant	Croyant Politique/déçu par les politiciens Porteur de valeurs Orientation politique	–	SJ : 1.2 % SA : 1.5 % STA : 0 %

TABLE 8.2 – Exemples de réponses données par les participants dans l'épreuve des « Je suis... », divisées par sphères d'intérêt et écrites par ordre décroissant de fréquence. Les pourcentages indiqués dans la dernière colonne montrent la fréquence avec laquelle les sujets ont choisi des mots s'inscrivant dans chacune des sphères étudiées.

pour les 3 groupes de participants. Les SJ, SA et STA ont donné respectivement 10 (3,1 %), 8 (2,5 %) et 8 (3,4 %) réponses se référant à des aspects physiques, et 10 (3,1 %), 13 (3,9 %) et 8 (3,4 %) réponses totales relatives à la sphère familiale. Des résultats similaires ont été obtenus pour la sphère sociale. Les mots évoqués par les SJ, SA et STA ont été 1 (0,3 %) 2 (0,6 %) et 2 (0,8 %) respectivement.

Sur la base de cette deuxième classification des réponses données par les participants au test de conscience de soi, nous avons effectué un test de Pearson pour mesurer la relation entre les variables catégorielles prises en considération : les 3 groupes et les sphères de la vie, pour lesquelles les effectifs théoriques calculés étaient supérieurs à 5. Les 4 domaines retenus étaient la sphère personnelle, académique et professionnelle, familiale et physique. Selon notre hypothèse nulle, les distributions des réponses étaient les mêmes pour les 3 groupes de participants ; selon l'hypothèse alternative, les distributions des réponses différaient. Le test du  $\chi^2$  d'homogénéité nous a permis de rejeter l'hypothèse nulle et d'accepter l'hypothèse alternative avec un risque d'erreur de 0,1 %. La dépendance entre le domaine d'intérêt et le groupe des participants était statistiquement significative ( $\chi^2(6, N=881) = 22.14; p = .001$ ). La relation entre ces 2 variables est validée, le  $\chi^2$  calculé étant supérieur au  $\chi^2$  théorique (pour ddl = 6 et  $\alpha = .05$ , la table indique  $\chi^2 = 12.59$ ). La sphère à laquelle les réponses des participants font référence dépend donc de leur groupe d'appartenance (SJ, SA, STA).

## 8.4 Résultats obtenus aux tests de TDE

Dans cette section, nous présenterons les résultats obtenus par les participants aux épreuves de FC, de tromperie-coopération et de reconnaissance des émotions proposées (voir le Tableau 8.3). Cette évaluation nous a permis de compléter notre étude sur le vieillissement normal des fonctions MC, donc d'approfondir notre analyse sur les capacités des aînés à inférer des états mentaux et affectifs à autrui.

### Résultats obtenus au test de FC

L'analyse de la variance réalisée à partir des données relatives à l'épreuve de FC TOM-15, évaluant la TDE cognitive de premier ordre (Tom 1), a permis de mettre en évidence une différence significative ( $F(2, 107) = 13.75; p < .001; \eta^2 = .20$ ) entre les performances des 3 groupes de participants. Le test de Scheffé montre que les SJ étaient significativement plus performants que les SA ( $c = 1.02; p = .003$ ) et les STA ( $c = 1.61; p < .001$ ). Une différence statistiquement significative ( $F = 26.25; p < .001; \eta^2 = .33$ ) a aussi

Moyenne (écart-type)	SJ n = 40	SA n = 40	STA n = 30	P-value (ANOVA)
<b>TOM-15</b>				
Tom 1	7.7 (0.7)	6.6 (1.6)	6.1 (1.5)	***
Tom 1 (temps, s)	187.1 (44)	237.9 (66.6)	347.9 (152.2)	***
Tom 2	6.2 (0.8)	4.9 (1.6)	3.7 (1.9)	***
Tom 2 (temps, s)	185.1 (44.3)	214.6 (58.9)	321.5 (101.1)	***
Tom Questionnaire	14.7 (0.8)	14.1 (1.1)	12.8 (1.7)	***
Tom Q (temps, s)	121.3 (49.2)	248.7 (112)	413.5 (162.1)	***
<b>MPS-TOMQ</b>				
Tromperie	17.9 (3.5)	13.2 (3.6)	10.9 (3.4)	***
Tromp (temps, s)	75.1 (38.8)	117.5 (70.1)	190 (81.5)	***
Coopération	15.2 (1.4)	12.8 (2.1)	12.1 (2.2)	***
Coop (temps, s)	41.7 (14.4)	91.9 (74.4)	118.5 (57.8)	***
Mixte	19.8 (1.6)	16.7 (3.7)	15.8 (2.7)	***
Mixte (temps, s)	64 (36.6)	139.4 (82)	172.6 (62.7)	***
<b>RME</b>				
Score	26.3 (2.4)	22.4 (3.4)	19.7 (2.6)	***

TABLE 8.3 – Performances des SJ, SA et STA aux épreuves de TDE proposées. Les différences statistiquement significatives observées entre les 3 groupes ont été mises en évidence au moyen de l'ANOVA à 1 facteur (\*  $p < .05$ , \*\*  $p < .01$ , \*\*\*  $p < .001$ ). Tom 1 : TDE de premier ordre, Tom 2 : TDE de deuxième ordre, Tom Q : Questionnaire du TOM-15, s : secondes, Tromp : tromperie, Coop : coopération.

été mise en évidence pour le temps de réalisation de cette tâche (Tom 1). Plus précisément, les STA ont été plus lents que les SJ ( $c = -160.78$ ;  $p < .001$ ) et les SA ( $c = -110.01$ ;  $p < .001$ ). Les SJ ont également été plus rapides que les SA ( $c = -50.77$ ;  $p = .05$ ), même si cet écart n'est pas statistiquement significatif. Les autres comparaisons intergroupes effectuées à travers le test post-hoc n'ont pas montré de différences significatives.

Dans la deuxième partie de ce test, mesurant le deuxième ordre de TDE cognitive (Tom 2), l'ANOVA à 1 facteur a mis en évidence une différence significative ( $F = 25.77$ ;  $p < .001$ ;  $\eta^2 = .32$ ) entre les scores obtenus par les 3 groupes de participants (SJ > SA > STA; voir aussi les moyennes dans le Tableau 8.3). Plus en détail, le test de Scheffé effectué montre que les SJ ont eu des performances meilleures par rapport à celles des SA ( $c = 1.3$ ;  $p < .001$ ) et des STA ( $c = 2.55$ ;  $p < .001$ ). Le SA ont été à leur tour plus performants que les STA ( $c = 1.25$ ;  $p = .003$ ). En ce qui concerne le temps de réalisation de cette tâche (Tom 2) l'analyse de la variance a mis en évidence une différence significative ( $F = 35.77$ ;  $p < .001$ ;  $\eta^2 = .40$ ) entre les 3 groupes de données, les STA ayant été plus lents que les SJ ( $c = -136.35$ ;  $p < .001$ ) et les SA ( $c = -106.92$ ;  $p < .001$ ).

L'ANOVA à 1 facteur effectué à partir des données relatives à la condition contrôle du TOM-15, évaluant la compréhension des histoires proposées, a permis de mettre en évidence une différence significative ( $F = 21.24$ ;  $p < .001$ ;  $\eta^2 = .28$ ) entre les performances des 3



groupes de participants. Plus en détail, les STA ont donné moins de réponses correctes par rapport aux SJ ( $c = 1.87$ ;  $p < .001$ ) et aux SA ( $c = 1.32$ ;  $p < .001$ ) au questionnaire du TOM-15. Dans le cadre de cette condition contrôle, une différence significative ( $F = 58.19$ ;  $p < .001$ ;  $\eta^2 = .52$ ) a été mise en évidence entre le temps dont les 3 groupes de participants ont eu besoin pour répondre aux questions (SJ > SA > STA; voir aussi les moyennes dans le Tableau 8.3). Les résultats obtenus grâce au test post-hoc montrent que les SJ ont été plus rapides que les SA ( $c = -127.32$ ;  $p < .001$ ) et les STA ( $c = -292.15$ ;  $p < .001$ ). Les SA ont également été plus rapides que les STA ( $c = -164.82$ ;  $p < .001$ ).

### Résultats obtenus au test de tromperie-coopération

Le test MPS-TOMQ nous a permis d'évaluer les capacités à analyser des situations plus ou moins communes caractérisées par la tromperie et/ou la coopération entre 2 ou 3 personnes qui veulent atteindre un but précis. Les analyses de la variance effectuées montrent des différences significatives entre les 3 groupes de participants pour les données relatives aux scores de séquence totaux ( $F(2, 107) = 60.39$ ;  $p < .001$ ;  $\eta^2 = .53$ ), aux réponses correctes données au TOM Questionnaire ( $F = 22.73$ ;  $p < .001$ ;  $\eta^2 = .30$ ) et au temps total de réalisation du MPS-TOMQ ( $F = 46.81$ ;  $p < .001$ ;  $\eta^2 = .47$ ).

Le test post-hoc effectué pour les scores de séquence totaux montre que les SJ ont été plus performants que les SA ( $c = 8.72$ ;  $p < .001$ ) et les STA ( $c = 11.36$ ;  $p < .001$ ). Il existe aussi une tendance des scores obtenus par les SA à se différencier de ceux obtenus par les STA ( $c = 2.63$ ;  $p = .07$ ). Le test de Scheffé effectué pour les réponses obtenues au TOMQ montre que les SJ ont donné un nombre plus élevé de réponses correctes par rapport aux SA ( $c = 1.57$ ;  $p < .001$ ) et aux STA ( $c = 2.86$ ;  $p < .001$ ). Les SA ont aussi été plus performants que les STA dans cette tâche ( $c = 1.28$ ;  $p = .01$ ). Le test post-hoc effectué pour le temps de réalisation du MPS-TOMQ montre que les SJ ont été significativement plus rapides que les SA ( $c = -149.35$ ;  $p < .001$ ) et les STA ( $c = -293.89$ ;  $p < .001$ ), et que les SA ont été quant à eux plus rapides que les STA ( $c = -144.54$ ;  $p < .001$ ) (SJ > SA > STA).

Les données recueillies dans le cadre de cette évaluation peuvent être analysées suivant différentes démarches. Nous pouvons prendre en considération les scores de séquence totaux, les réponses obtenues à toutes les questions posées et le temps de réalisation du MPS-TOMQ, comme nous l'avons fait ci-dessus. Ces indices de performance donnent des informations concernant les capacités de raisonnement et de TDE, ainsi que la vitesse de traitement des sujets. Cependant, il est aussi possible d'analyser les données relatives aux histoires de tromperie, de coopération et mixtes séparément, comme nous le proposons

ci-après. Ce type d'analyse permet d'étudier plus précisément la capacité des sujets à reconnaître et à interpréter des situations d'interaction sociale caractérisées par la tromperie et/ou la coopération, donc d'évaluer les fonctions MC qui sont impliquées dans le MPS-TOMQ (Brüne, 2003).

L'ANOVA à 1 facteur effectuée a mis en évidence une différence statistiquement significative ( $F = 36.67$ ;  $p < .001$ ;  $\eta^2 = .41$ ) entre les performances des 3 groupes de participants dans les histoires se basant sur la compréhension de la tromperie (SJ > SA > STA; voir aussi les moyennes dans le Tableau 8.3). Le test post-hoc effectué montre que les SJ ont été plus performants par rapport aux SA ( $c = 4.7$ ;  $p < .001$ ) et aux STA ( $c = 7$ ;  $p < .001$ ). Les SA ont été à leur tour plus performants que les STA ( $c = 2.3$ ;  $p = .03$ ).

Il existe également une différence significative ( $F = 27.47$ ;  $p < .001$ ;  $\eta^2 = .34$ ) entre le temps dont les 3 groupes de participants ont eu besoin pour réaliser la tâche lorsqu'ils étaient en présence d'histoires impliquant une situation de tromperie. Plus précisément, le test de Scheffé montre que les SJ ont été plus rapides que les SA ( $c = -42.4$ ;  $p = .01$ ) et les STA ( $c = -114.85$ ;  $p < .001$ ), et que les SA ont été plus rapides que les STA ( $c = -72.45$ ;  $p < .001$ ).

Les performances des participants étaient aussi significativement différentes dans les histoires caractérisées par la coopération ( $F = 25.12$ ;  $p < .001$ ;  $\eta^2 = .32$ ) et mixtes ( $F = 20.51$ ;  $p < .001$ ;  $\eta^2 = .28$ ). Le test post-hoc réalisé pour les histoires impliquant une coopération montre que les SJ étaient significativement plus performants que les SA ( $c = 2.32$ ;  $p < .001$ ) et les STA ( $c = 3.04$ ;  $p < .001$ ). Des résultats similaires ont été obtenus pour les histoires mixtes car les SJ étaient significativement plus performants que les SA ( $c = 3.07$ ;  $p < .001$ ) et les STA ( $c = 4.01$ ;  $p < .001$ ).

Une différence significative a également été mise en évidence entre le temps utilisé pour analyser les histoires impliquant une coopération entre les personnages ( $F = 18.11$ ;  $p < .001$ ;  $\eta^2 = .25$ ) ainsi que les histoires mixtes ( $F = 27.89$ ;  $p < .001$ ;  $\eta^2 = .34$ ). Dans le premier cas, les SJ ont été significativement plus rapides que les SA ( $c = -50.25$ ;  $p < .001$ ) et les STA ( $c = -76.77$ ;  $p < .001$ ). Même dans le deuxième cas, les SJ ont été significativement plus rapides que les SA ( $c = -75.37$ ;  $p < .001$ ) et les STA ( $c = -108.61$ ;  $p < .001$ ). Les autres comparaisons intergroupes effectuées à travers le test post-hoc n'ont pas permis de montrer des différences significatives.

## Résultats obtenus au test de reconnaissance des émotions

L'analyse de la variance effectuée pour le test de reconnaissance des émotions (RME) a permis de mettre en évidence une différence significative ( $F(2, 107) = 46.76; p < .001; \eta^2 = .47$ ) entre les réponses données par les 3 groupes de participants. Le test post-hoc réalisé montre que les SJ ont donné un nombre significativement plus élevé de réponses correctes par rapport aux SA ( $c = 3.87; p < .001$ ) et aux STA ( $c = 6.61; p < .001$ ). Les SA ont quant à eux été plus performants que les STA ( $c = 2.73; p < .001$ ). Les aînés ont eu généralement plus de difficulté à reconnaître des émotions à partir de photographies de regards. Les moyennes et les écarts-types calculés montrent qu'ils ont obtenu dans l'ensemble des scores inférieurs à 25/36 (voir le Tableau 8.3).

## 8.5 Discussion

Dans ce chapitre, nous avons décrit la méthode utilisée pour étudier les capacités MC (conscience de soi et TDE), telles qu'envisagées par Stuss (2008), ainsi que les résultats obtenus grâce aux analyses qualitatives et quantitatives effectuées. Nous pouvons ainsi répondre aux questions posées au début de ce chapitre : *Est-ce que les fonctions MC subissent des perturbations avec l'avancée en âge ? Si oui, en quoi consistent des modifications de la conscience de soi ? Quel(s) processus de TDE se modifie(-ent) dans le vieillissement normal : la TDE cognitive de premier/deuxième ordre, la TDE affective, les 2 types de processus ?* Les données recueillies montrent que les 2 types de capacités MC évaluées subissent des modifications avec l'avancée en âge, confirmant ainsi notre première hypothèse. Nos résultats suggèrent l'existence d'une modification sur le plan morphologique et neuro-anatomique des régions cérébrales fréquemment associées aux capacités MC, au cours du vieillissement normal. Nous faisons ici référence aux régions préfrontales dorsomédianes (Moran et al., 2012), médianes (cortex cingulaire antérieur et cortex orbito-frontal ; Duval, Piolino, Bejanin, Laisney, et al., 2011), ainsi que fronto-temporales (Cabinio et al., 2015).

Plus précisément, concernant la conscience autoévaluative, les personnes très âgées ont eu plus tendance à se décrire suivant une orientation individualiste et se référant moins à leur appartenance à un(plusieurs) groupe(s) par rapport aux SJ et SA (test des « Je suis... »). Les réponses données par tous les participants dépendraient de leur âge et ces résultats ont été confirmés par l'analyse statistique effectuée à partir de l'appartenance des mots évoqués par les sujets à 3 catégories (idiocentrique, allocentrique et appartenance à un groupe).

Ces résultats ont été répliqués lorsque nous avons pris en considération l'appartenance de ces mots aux sphères personnelle, physique, académique et professionnelle, familiale, sociale, morale, politique et religieuse. Dans le cadre de cette analyse, nous avons pu observer une tendance de tous les participants, surtout des aînés, à se décrire en fonction de leur sphère personnelle (e.g., je suis curieux). Les personnes jeunes ont évoqué plus de mots appartenant à la sphère académique et professionnelle par rapport aux autres participants, suggérant une identification des SJ à leur activité principale (étude ou travail). Un nombre similaire de mots se référant aux sphères physique et familiale ont été évoqués par les SJ et STA, les SA ayant évoqué un nombre supérieur de mots relatifs à leur sphère familiale qu'à leur sphère physique. Il serait intéressant d'analyser les données recueillies sur la conscience de soi, en prenant en considération la valence (positive ou négative) des mots utilisés par les participants pour se décrire. Cela nous permettrait de faire des comparaisons avec les résultats d'études précédentes (Blazer, 2008 ; Levy et al., 2002 ; Noel, 2012), selon lesquels les aînés auraient une perception plus optimiste d'eux-mêmes, par rapport aux SJ, fait qui contribuerait au bien vieillir.

L'étude des capacités de TDE dans le vieillissement normal a permis de mettre en évidence une détérioration de ces habiletés frontales à partir de 65 ans. Les données relatives aux performances des personnes très âgées aux épreuves neuropsychologiques proposées montrent que les capacités de TDE cognitive de deuxième ordre et l'habileté à analyser une situation impliquant une tromperie seraient encore plus perturbées après 80 ans. Les STA ont également réalisé un nombre significativement supérieur d'erreurs dans la tâche contrôle du TOM-15 par rapport aux autres participants. La lecture des émotions dans le regard se détériorerait aussi avec l'âge (SJ > SA > STA). Nos résultats concernant le vieillissement normal des capacités de TDE permettent ainsi de vérifier notre deuxième hypothèse, selon laquelle les habiletés qui subissent le plus de perturbation après 65 ans se modifieraient encore dans le grand âge (dans le cas spécifique, les capacités de TDE affective et cognitive de deuxième ordre).

Notre travail de recherche confirme les résultats obtenus par d'autres auteurs, selon lesquels l'avancée en âge serait associée à une détérioration des capacités de TDE cognitive de premier et de deuxième ordre (Bottiroli et al., 2016 ; Charlton et al., 2009 ; Maylor et al., 2002) ainsi que de la TDE affective (Cabinio et al., 2015 ; Bailey & Henry, 2008 ; Phillips et al., 2002 ; Slessor et al., 2007). D'autres travaux qui ont utilisé une tâche de FC pour évaluer la TDE cognitive n'ont montré des différences significatives entre les performances des participants jeunes et âgés que pour le premier (Sullivan & Ruffman, 2004a) ou le deuxième ordre d'analyse (McKinnon & Moscovitch, 2007). Les résultats que nous avons

obtenus pour la tâche de FC concordent avec ceux présentés par Moran et al., 2012 et partiellement avec ceux de Desgranges et al. (2012). En effet, Desgranges et al. (2012) avaient montré une perturbation des capacités de TDE cognitive de deuxième ordre chez les SA par rapport aux SJ, mais des performances similaires de ces participants à la tâche de FC de premier ordre du TOM-15. Les SJ et les SA ont eu des performances similaires dans la condition contrôle de l'épreuve de FC et quelques difficultés à réaliser d'autres conditions évaluant la TDE. Ces données confirment celles de Slessor et al. (2007) et de Duval, Piolino, Bejanin, Eustache, et Desgranges (2011), même si ces derniers auteurs avaient effectué aussi une évaluation subjective de ces habiletés MC, ne montrant pas de différence significative entre les performances des SJ et celles des SA. L'ensemble de nos résultats ne vont pas dans le même sens que ceux présentés par Happé, Winner, et Brownell (1998) selon lesquels ces habiletés s'amélioreraient au fil du temps.

Ainsi, comparée aux études précédemment citées, notre étude offre une analyse plus approfondie des changements que les habiletés MC peuvent subir au cours du vieillissement normal. Cela a été rendu possible grâce à l'utilisation de tests variés (conscience de soi, FC, détection de la tromperie et de la coopération, lecture des émotions dans le regard), mais aussi grâce à la présence de 2 groupes de participants âgés, représentatifs du troisième et quatrième âge.

## Chapitre 9

# Étude de la sphère personnelle et sociale des aînés

### 9.1 Méthode

Nous avons étudié chez tous les participants le niveau de santé générale, afin d'exclure la présence d'éventuelles pathologies ou troubles pouvant s'inscrire dans un cadre pathologique (e.g., sclérose en plaques, tumeur au cerveau, dépression, anxiété). Une autre évaluation effectuée a été celle concernant le comportement que les individus adoptent dans des situations données (e.g., capacité à prévoir à l'avance ce qui peut se passer, se concentrer, exprimer ses propres émotions). Des mesures supplémentaires relatives au niveau de qualité de vie, d'autonomie fonctionnelle, familiale et sociale ont été proposées aux participants. Considérant que l'un des moyens les plus adaptés pour évaluer des aspects personnels est de proposer aux individus des questionnaires et des échelles d'auto-/hétéro-évaluation, nous en avons sélectionnés certains qui seront décrits dans la section suivante.

Le traitement statistique des données recueillies a été réalisé au moyen du test t de Student (pour effectuer des comparaisons entre 2 groupes de données), de l'ANOVA à 1 facteur et du test de Scheffé (pour effectuer des comparaisons entre 3 groupes de données). Nous présenterons ainsi les résultats obtenus à travers nos analyses intergroupes, notre objectif principal étant de répondre aux questions suivantes : *Est-ce que les comportements mis en place dans certaines situations (évoquées au moyen du Dysexecutive questionnaire [DEX]) varient avec l'avancée en âge ? Est-ce que les niveaux d'autonomie et de qualité de vie se modifient au cours du vieillissement normal ?*

## 9.2 Présentation des échelles et des questionnaires

### Évaluation de l'état de santé physique et psychologique

Les réponses obtenues au **Questionnaire de santé** nous ont permis de connaître l'état de santé général de tous les participants : éventuels antécédents neurologiques et psychiatriques, médicaments pris régulièrement, opérations subies et présence de séquelles, troubles sensoriels et/ou développementaux diagnostiqués.

Considérant que chez les personnes âgées il est parfois possible d'observer des symptômes dépressifs et/ou anxieux, pouvant impacter les AVQ, le niveau de qualité de vie ainsi que le fonctionnement cognitif, nous avons effectué chez tous les participants âgés une évaluation de certains aspects psychoaffectifs.

La version brève de la **GDS** (Sheikh & Yesavage, 1986) a été proposée aux aînés car elle permet d'évaluer plusieurs dimensions de la dépression. Il s'agit d'une échelle constituée de 15 questions (réponse possible : « oui/non »), sélectionnées parmi les 100 de la version originale. Notre critère d'inclusion des participants âgés a été un score individuel inférieur ou égal à 5/15, car les scores allant de 6 à 15 indiqueraient une (très) forte probabilité de dépression.

L'Hamilton Anxiety Rating Scale (**HAM-A** ; Hamilton, 1959) a été utilisée pour investiguer des aspects privés, liés à la santé physique et mentale des aînés (e.g., présence de phobies, d'insomnies, de troubles de concentration, au niveau gastro-intestinal et/ou cardiaque). Le critère d'inclusion des personnes âgées retenu dans le cadre de cette échelle a été un score individuel inférieur ou égal à 13/56 (14 questions ayant 5 réponses possibles, 0 à 4), car les scores allant de 14 à 30 indiqueraient un niveau modéré (ou élevé) d'anxiété.

Le **DEX** (emprunté à la batterie de tests Behavioural Assessment of the Dysexecutive Syndrome de Wilson, Alderman, Burgess, Emslie, & Evans, 1996), dont nous avons proposé la version française de Allain et al. (2004) à tous les participants, nous a donné des informations concernant la conscience que chaque individu a de ses propres attitudes, voire de son comportement dans certaines situations de la vie. Nous avons choisi cet outil car il semble exister des liens entre certains items du DEX et les habiletés frontales étudiées. Plus précisément, les FE seraient liées aux items 6, 4, 18 et 1 ; les capacités d'autorégulation comportementale et émotionnelle seraient liées aux items 8, 14, 7, 3, 15, 10, 17 et 13 ; les fonctions MC seraient liées aux items 12, 5, 2, 20, 16 et 9 (Simblett & Bateman, 2011). En revanche, l'AP semblerait être associée à la sous-échelle relative à l'autorégulation. Ce résultat obtenu par Simblett et Bateman (2011) pourrait être expliqué par le fait que tous nos comportements nécessitent une certaine énergisation (capacité

à activer un mouvement, avoir une certaine posture) afin de s'adapter à une situation donnée. C'est pour cette raison que le questionnaire n'aurait pas permis aux auteurs de distinguer ces 2 catégories de fonctions cognitives entre elles.

### **Évaluation de l'autonomie chez les participants âgés**

Les niveaux d'autonomie de base, instrumentale et sociale ont été mesurés respectivement à travers les échelles Activities of Daily Living (**ADL** ; S. Katz et al., 1963), **I-ADL** (Lawton & Brody, 1969) et **S-ADL** (M. M. Katz & Lyerly, 1963).

Les domaines étudiés au moyen de l'ADL sont : l'hygiène corporelle, l'habillement, l'autonomie pour aller aux toilettes, la locomotion, la continence et l'autonomie pendant le repas. L'I-ADL s'intéresse aux capacités individuelles d'utiliser le téléphone, faire les courses, préparer les repas, entretenir le domicile, faire la lessive, utiliser les moyens de transport, prendre des médicaments et gérer son propre budget. En revanche, l'échelle S-ADL a permis d'évaluer la qualité des relations entretenues par les aînés avec leur famille et leurs amis, ainsi que l'autonomie montrée dans leur vie sociale et dans les activités de loisirs pratiquées.

### **Évaluation du niveau de qualité de vie**

Le questionnaire WHOQOL (Power et al., 1999), dont il existe une version originale constituée de 100 items et une version plus courte à 26 items (**WHOQOL-BREF** ; Skevington et al., 2004), a permis d'effectuer une évaluation globale de la qualité de vie et de la satisfaction de l'état de santé individuel chez les participants jeunes (Low et al., 2013). Cet outil présente une bonne fiabilité (coefficient alpha de Cronbach supérieur à .65), en outre, sa sensibilité et sa validité sont globalement démontrées (Baumann, Erpelding, Regat, Collin, & Briancon, 2010).

Les items du WHOQOL-BREF touchent aux questions de la solitude ressentie de chacun, sa satisfaction des relations avec les personnes qui l'entourent, ses loisirs. Il a l'avantage d'être simple à utiliser, rapide à administrer et adapté pour des populations d'âges étendus (12-97 ans) et ayant des facultés intellectuelles hétérogènes (Timotin, 2012). Le WHOQOL-BREF, traduit dans plus de 20 langues, est un questionnaire d'autoévaluation générique et multidimensionnel qui peut être administré par différents professionnels, si nécessaire. Il permet d'évaluer les 4 facteurs susceptibles de refléter une perception suffisamment large et complète de la qualité de vie des personnes interrogées : 1. la *santé physique* (7 items sur la douleur et gêne, sommeil-repos, fatigue-énergie, mobilité, activités-travail, dépendance aux traitements), 2. la *santé mentale* ou *psychologique* (6



items sur les émotions positives, pensée, apprentissage, mémoire et concentration, estime de soi, image corporelle, émotions négatives, spiritualité et croyances personnelles), 3. les *relations sociales* (3 items sur les relations personnelles, soutien social, activité sexuelle), 4. l'*environnement* (8 items sur la liberté, sécurité, environnement du domicile, ressources financières et médico-sociales, accès aux informations, aux activités de loisirs, logement, transport). La cotation se fait selon 4 types d'échelles de réponses Likert en 5 points, permettant l'évaluation de l'intensité (« pas du tout – extrêmement »), la capacité (« pas du tout – complètement »), la fréquence (« jamais – toujours »), l'évaluation (« très satisfait/insatisfait ; très bon/mauvais ») variables en fonction des questions posées (Timotin, 2012).

Malgré les avantages présentés par le WHOQOL-BREF et le fait qu'il a déjà été proposé à une population francophone âgée de 60 à 90 ans (Von Steinbüchel, Lischetzke, Gurny, & Eid, 2006), il inclut des items qui ne nous semblent pas entièrement adaptés à une population vieillissante (e.g., êtes-vous satisfait(e) de votre vie sexuelle?). Nous avons ainsi décidé de proposer aux participants âgés et très âgés une version plus récente de ce questionnaire, le **WHOQOL-OLD** (Leplège et al., 2013) qui permet d'explorer 6 dimensions, en partie nouvelles et complémentaires par rapport aux items de la WHOQOL-BREF. Nous faisons notamment référence aux capacités sensorielles, à l'autonomie, aux activités passées, présentes et futures, à la participation sociale, aux relations affectives, à la mort et à la fin de vie.

### 9.3 Comparaisons intergroupes

Tous les participants à notre étude ne présentaient pas d'antécédents neurologiques et/ou psychiatriques et étaient en bonne santé. Le niveau de dépression et d'anxiété était normal (score GDS  $\leq 5$ ; score HAM-A  $\leq 13$ ) chez tous les SA et STA. Toutefois, les scores obtenus à l'échelle GDS par les SA étaient significativement inférieurs ( $t(69) = -3.26$ ;  $p = .002$ ;  $d$  de Cohen = .79) par rapport à ceux obtenus par les STA, cette différence étant moyenne. Aucune différence statistiquement significative n'a été mise en évidence entre les scores obtenus par les SA et les STA à l'échelle HAM-A. Cependant, il est possible d'observer une certaine hétérogénéité au niveau des réponses données par les aînés à cette échelle d'anxiété (voir les écarts-types indiqués dans le Tableau 9.1).

Dans le tableau ci-dessous, nous présentons les résultats issus de nos comparaisons intergroupes, effectuées à partir des réponses données par les participants aux échelles et questionnaires proposés.

Moyenne (écart-type)	SJ n = 40	SA n = 40	STA n = 30	P-value
DEX	22.9 (11.6)	18.3 (9.2)	20.2 (9.3)	N.S. <sup>a</sup>
DEX FE	4.5 (3)	3.2 (2.1)	3.5 (2.5)	N.S. <sup>a</sup>
DEX AR	8.1 (4.9)	6.1 (4)	6.9 (4.5)	N.S. <sup>a</sup>
DEX MC	7 (3.4)	6.4 (3.5)	7.1 (3.2)	N.S. <sup>a</sup>
WHOQOL-BREF	99 (10.2)	-	-	-
WHOQOL-OLD	-	81 (8.3)	80.1 (8.6)	N.S. <sup>b</sup>
ADL	-	5.9 (0.2)	5.8 (0.3)	N.S. <sup>b</sup>
I-ADL	-	7.8 (0.4)	7.2 (0.9)	** <sup>b</sup>
S-ADL	-	2.4 (3.1)	2.8 (3.4)	N.S. <sup>b</sup>
GDS	-	1.5 (1.7)	2.8 (1.7)	** <sup>b</sup>
HAM-A	-	4.9 (4.1)	5.5 (3.6)	N.S. <sup>b</sup>

TABLE 9.1 – Évaluation de la sphère personnelle et sociale de la population. Les P-values (\*  $p < .05$ , \*\*  $p < .01$ , \*\*\*  $p < .001$ ) indiquées dans le tableau font référence au résultat des (a) ANOVAs à 1 facteur réalisées entre les performances des 3 groupes de participants ainsi que des comparaisons intergroupes (SA/STA) effectuées au moyen du (b) test t de Student. N.S. : Non significatif.

L'ANOVA à 1 facteur et les tests post-hoc effectués à partir des données relatives au DEX ne permettent pas de montrer de différence significative entre les scores totaux obtenus par les 3 groupes de participants. Toutefois, une variabilité interindividuelle importante a été observée dans chaque groupe de participants à ce questionnaire (écarts-types importants). Il a été possible de mettre en évidence une tendance des 3 groupes de données à se différencier seulement pour les réponses relatives à la sphère exécutive (DEX FE) ( $F(2, 107) = 2.87$ ;  $p = .06$ ). Les comparaisons intergroupes (SJ/SA, SJ/STA, SA/STA) effectuées à travers le test post-hoc ont permis de montrer cette différence entre les scores obtenus par les SJ et ceux obtenus par les SA ( $c = 1.32$ ;  $p = .07$ ), même si cet écart n'est pas statistiquement significatif. Les moyennes calculées (voir le Tableau 9.1) montrent que les SJ ont eu des scores légèrement plus élevés par rapport aux aînés. Les analyses de la variance et les tests post-hoc réalisés pour les questions du DEX relatives aux capacités d'autorégulation (DEX AR) et de métacognition (DEX MC) n'ont pas permis de mettre en évidence de différence significative entre les réponses données par les 3 groupes de participants.

Toutes les personnes âgées rencontrées avaient un niveau d'autonomie assez élevé (voir les moyennes dans le Tableau 9.1). Toutefois, nos résultats mettent en évidence une différence significative moyenne ( $t(69) = 3.42$ ;  $p = .001$ ; d de Cohen = .78), entre les scores obtenus par les SA et les STA à l'échelle I-ADL évaluant les autonomies instrumentales. Nos données n'ont pas permis de montrer de différence significative entre

le niveau d'autonomie de base chez les aînés. Plus précisément, les sujets présentant des scores inférieurs à l'échelle I-ADL ne s'occupaient plus de l'entretien du domicile (e.g., ménage) et/ou se déplaçaient exclusivement avec les transports en commun (e.g., métro, bus, train), ceux ayant obtenu des scores inférieurs par rapport aux autres à l'échelle ADL avaient surtout des problèmes d'incontinence urinaire.

Nos résultats ne permettent pas de mettre en évidence des différences statistiquement significatives entre les scores des SA et des STA à l'échelle évaluant l'autonomie familiale et sociale. Tous les aînés ont obtenu, en moyenne, des scores faibles à l'échelle S-ADL, résultat exprimant un niveau plutôt satisfaisant de relation avec leurs proches, malgré les écart-types calculés, qui montrent une certaine hétérogénéité entre les réponses données par les participants à cette échelle (voir le Tableau 9.1).

Concernant l'évaluation de la qualité de vie, nous tenons à préciser qu'ayant été effectuée au moyen de 2 outils différents chez les personnes jeunes (WHOQOL-BREF) et les aînés (WHOQOL-OLD), nous n'avons pas pu effectuer une analyse de la variance à partir des scores obtenus par les participants. Cependant, l'analyse de la variance relative aux z-scores, calculés sur la base des scores totaux obtenus par les 3 groupes de participants à ces questionnaires, nous a permis de faire des comparaisons entre les résultats provenant de ces outils, sans mettre en évidence de différence significative. Seule une forte variabilité interindividuelle (écarts-types importants) a été observée, tant pour les SJ que pour les personnes âgées (voir le Tableau 9.1).

Nous avons ainsi réalisé un test t de Student à partir des réponses données par les SA et les STA au WHOQOL-OLD. Les résultats obtenus n'ont pas montré de différence significative entre les scores obtenus par les aînés au questionnaire évaluant le niveau de qualité de vie.

## 9.4 Discussion

L'étude de la sphère personnelle et sociale nous a permis de poser l'attention sur des aspects fondamentaux tels que le niveau de santé physique et mentale, d'autonomie et de qualité de vie des sujets rencontrés dans le cadre de notre travail de recherche. Sur la base des résultats obtenus, nous pouvons ainsi répondre aux questions suivantes : *Est-ce que les comportements mis en place dans certaines situations (évoquées au moyen du DEX) varient avec l'avancée en âge ? Est-ce que les niveaux d'autonomie et de qualité de vie se modifient au cours du vieillissement normal ?*

Les comportements adoptés dans certaines situations (e.g., j'agis sans réfléchir, en

faisant la première chose qui me vient à l'esprit, j'ai des difficultés à prendre des décisions ou à décider ce que je vais faire), ne semblent pas se modifier avec l'avancée en âge. Cependant, les résultats que nous avons obtenus grâce au DEX mettent en évidence une variabilité importante (écarts-types) entre les réponses données par les participants de chaque groupe aux différents items proposés.

Tous les participants âgés avaient un bon niveau d'autonomie et de santé générale, leur permettant d'effectuer la plupart des AVQ sans difficultés particulières. Seule une perturbation des autonomies instrumentales a été mise en évidence après 80 ans. Les SA et STA rencontrés avaient l'habitude de sortir seuls ou en compagnie, d'aller aux spectacles ou dans des restaurants qu'ils appréciaient. Ils pratiquaient une ou plusieurs activités physiques (e.g., vélo, yoga, gymnastique, danse). Certains chantaient dans une chorale, d'autres préféraient participer à des ateliers de langues, ou jouer aux cartes avec des amis, chez eux ou dans des clubs seniors. Ce style de vie peut constituer chez ces aînés une "protection" d'un point de vue cognitif (Chapman et al., 2016 ; Sofi et al., 2011) et avoir une influence sur leur niveau de qualité de vie (Netuveli, 2006 ; Raymond et al., 2008).

Les aînés rencontrés ne présentaient pas un niveau de dépression et d'anxiété s'inscrivant dans un cadre pathologique. En effet, les scores obtenus à la GDS et à l'HAM-A respectaient nos critères d'inclusion pour ces échelles.

L'histoire personnelle nous semble fondamentale dans ce type d'étude. Toutes les personnes âgées recrutées ont fait au moins une fois référence à une période de grande difficulté et de changement au niveau social, familial et économique, vécue durant ou après la seconde guerre mondiale, étant tous nés entre 1924 et 1951. Cette considération n'est pas négligeable, car la plupart de ces personnes n'ont pas pu poursuivre leurs études à cause de la guerre. En effet, la priorité pour de nombreuses familles, dans les années '40, c'était de trouver des moyens de subsistance, avec une situation alimentaire et hygiénique déséquilibrée pour la plupart des personnes.

Les aînés rencontrés affirmaient avoir actuellement une qualité de vie meilleure par rapport à celle de leur jeunesse, mais exclusivement pour ce qui concerne les aspects pratiques tels que l'utilisation des électroménagers, l'accès aux soins médicaux, ou les moyens de déplacement (e.g., voiture, bus, avion). Concernant les aspects socioéconomiques, ils avaient un souvenir plus joyeux de leur vie professionnelle passée ou de la société dans laquelle ils avaient grandi, malgré les difficultés rencontrées, car « il y avait moins de risques et le taux de chômage était inférieur par rapport à l'ère actuelle ».

L'une des explications possibles pour la grande variabilité interindividuelle observée chez les participants dans les questionnaires de qualité de vie (écarts-types calculés pour

le WHOQOL-BREF et le WHOQOL-OLD) est l'hétérogénéité des expériences vécues par chaque sujet. Par exemple, parmi les personnes jeunes recrutées certaines étudiaient et travaillaient en même temps, d'autres étaient "étudiants boursiers", la plupart vivaient loin de leur famille. Parmi les participants âgés certains se sentaient globalement inutiles et préféraient rester à la maison, plutôt que sortir ou participer à des activités collectives. Il s'agissait parfois de personnes qui vivaient un deuil, ayant perdu leur mari/frère/ami/fils et qui pouvaient présenter une humeur plus triste par rapport aux autres participants. Dans d'autres cas, il s'agissait de personnes présentant des douleurs importantes, ayant des difficultés motrices, ou encore des troubles légers de la vision et/ou de l'audition, entraînant une baisse de l'autonomie instrumentale et parfois une réduction de leur participation sociale.

Tous ces facteurs peuvent influencer le niveau individuel de satisfaction globale. Toutefois, dans le cadre de la présente étude, les SA et STA présentaient un niveau de qualité de vie similaire, suggérant une certaine stabilité de cette variable avec l'avancée en âge. Ces données ne permettent pas de confirmer notre troisième hypothèse, selon laquelle les STA présenteraient un niveau d'autonomie (validée pour ce qui concerne les I-ADL) et de qualité de vie inférieur par rapport à celui des SA.

Les dimensions explorées à travers le WHOQOL-BREF et le WHOQOL-OLD, le nombre d'items et les échelles utilisées dans ces questionnaires sont différents. Pour cela, nous n'avons pas pu réaliser de comparaisons intergroupes (SJ/SA/STA) à partir des scores brutes obtenus par les participants (pour plus de détails, voir la section 12.3, p. 213).

## Chapitre 10

# Étude de profils

### 10.1 Méthode

Après avoir réalisé des comparaisons intergroupes, nous avons décidé d'effectuer une étude de profils (ou *cluster analysis* ; Hubert, Köhn, & Steinley, 2009 ; Steinley & Hubert, 2008). Ce type de traitement statistique nous a permis d'analyser la variabilité intragroupe plus en détail, pour chacune des 4 fonctions frontales évaluées. Nous décrivons ici la méthode utilisée ainsi que les résultats obtenus à partir des données recueillies, en sachant que des résultats préliminaires ont été présentés en 2015 (voir Annexe 4).

Afin d'effectuer une étude de profils, nous avons d'abord obtenu, pour chaque participant, 4 scores composites relatifs aux fonctions frontales étudiées (voir le Tableau 10.1) : les FE, la PD, l'énergisation ou AP et les capacités MC. Ces scores ont été élaborés avec la moyenne des z-scores calculés à partir des performances individuelles aux tâches qui mesurent chacune de ces habiletés frontales (Calso et al., 2015). Avant de faire ce calcul, toutes les données relatives au temps de réalisation d'une épreuve et au nombre d'erreurs commises dans une tâche donnée ont subi une inversion. Cela nous a permis d'avoir une même échelle de valeurs pour tous les tests : un score plus élevé indique une performance meilleure du sujet.

Grâce au partitionnement en K-moyennes (Jain, 2010), il a été possible de mettre en évidence 3 clusters différents pour chaque groupe de participants, qui seront décrits dans la section suivante. Considérant qu'il existe plusieurs critères permettant de déterminer le nombre optimal de classes, comme la pertinence théorique, la taille de chaque échantillon, la capacité de distinguer les profils à partir des variables utilisées pour la classification (présence de différences significatives entre ces variables,  $p < .05$ ) (Vachon, Beaulieu-Prévost, Ouellette, & Achille, 2005), nous avons opté pour une solution à 3 profils. Si l'échantillon est grand, il est pertinent d'opter pour plusieurs classes.

<b>Fonctions exécutives</b>	<b>Activation psychique</b>
FV littérale et sémantique 15s/60s (mots, erreurs totales), Dénomination du Stroop test (erreurs non corrigées, erreurs corrigées, temps), Simple (erreurs), Easy choice (erreurs), Complex choice (erreurs), Tap 2 (temps - 1500ms), No-go (erreurs), MCST (catégories, erreurs totales, temps), Rim, RL-RI (réponses correctes, erreurs)	FV littérale et sémantique 45s/60s (mots), Interférence du Stroop test (erreurs non corrigées, erreurs corrigées, temps), Simple (temps), Easy choice (temps), Prepare (temps), Tap 1 (temps - 1500ms)
<b>Prise de décision</b>	<b>Fonctions métacognitives</b>
IGT (net score), GDT (net score)	TOM-15 (Tom 1, Tom 2, Tom Q, temps), MPS-TOMQ (Tromp, Coop, Mixte, temps), RME (réponses correctes)

TABLE 10.1 – Indices de performance pris en considération pour élaborer les scores composites correspondant aux 4 types de fonctions frontales étudiées (Stuss, 2008). FV : Fluence verbale, s : secondes, ms : millisecondes, MCST : Modified Card Sorting Test, Rim : Rappel immédiat, RL-RI : Rappel Libre-Rappel Indiqué, IGT : Iowa Gambling Task, GDT : Game of Dice Task, TOM-15 : Theory Of Mind-15, Tom 1 : TDE de premier ordre, Tom 2 : TDE de deuxième ordre, Tom Q : Questionnaire du TOM-15, MPS-TOMQ : Modified Picture Stories-TOM Questionnaire, Tromp : tromperie, Coop : coopération, RME : Reading the Mind in the Eyes.

L'ANOVA à 1 facteur et le test post-hoc (test de Scheffé) effectués dans chaque cluster nous ont ensuite permis d'étudier les différences entre les 4 scores composites pour le groupe des SJ, des SA et des STA, séparément. Rappelons que ce type d'analyse permet de répondre aux questions suivantes : *Existe-t-il des profils distincts de fonctionnement frontal chez les participants jeunes/âgés/très âgés rencontrés ? Si oui, quelles sont les caractéristiques cognitives associées à chacun de ces profils ?*

## 10.2 Résultats

### 10.2.1 Profils des participants jeunes

Le partitionnement en K-moyennes effectué montre l'existence d'un **premier profil** constitué de 14 personnes (35 %). L'ANOVA à 1 facteur réalisée à partir des données relatives à ce cluster montre des différences statistiquement significatives ( $F(3, 52) = 14.81$ ;  $p < .001$ ;  $\eta^2 = .46$ ) entre les performances des sujets aux tâches frontales évaluant les FE, la PD, l'AP et les capacités MC. Des différences significatives ont été mises en évidence par le test post-hoc effectué : FE/PD ( $c = -.61$ ;  $p < .001$ ), PD/AP ( $c = .67$ ;  $p < .001$ ), PD/MC ( $c = .66$ ;  $p < .001$ ). Il a été possible d'observer des performances moyennes chez tous les participants jeunes constituant ce cluster, comparativement au reste de la population de cet échantillon, cela dans l'ensemble des épreuves frontales proposées. Ce sous-groupe de SJ a été plus performant dans les tâches évaluant la PD que dans les autres épreuves (voir la Figure 10.1, SJ-Cluster 1).

Le **deuxième cluster** est constitué de 15 participants jeunes (37,5 %). L'ANOVA à 1 facteur réalisé montre l'existence de différences significatives ( $F(3, 56) = 26.02$ ;  $p < .001$ ;  $\eta^2 = .58$ ) entre les performances de ces sujets dans les différentes épreuves frontales proposées. Les différences significatives mises en évidence grâce au test post-hoc effectué ont été les suivantes : FE/PD ( $c = .83$ ;  $p < .001$ ), PD/AP ( $c = -1.02$ ;  $p < .001$ ), PD/MC ( $c = -.90$ ;  $p < .001$ ). Plus précisément, ce sous-groupe de participants jeunes a présenté de mauvaises performances à l'IGT et au GDT par rapport aux autres épreuves, comparativement au reste de la population de cet échantillon. Ces participants présentent des performances moyennes aux tâches évaluant les FE, les capacités MC et d'AP par rapport au reste de la population de cet échantillon (voir la Figure 10.1, SJ-Cluster 2).

Le **troisième profil** est constitué de 11 personnes jeunes (27,5 %). L'analyse de la variance et le test post-hoc effectués n'ont pas permis de mettre en évidence des différences significatives entre les différents scores composites, pour ce groupe de participants (voir la Figure 10.1, SJ-Cluster 3). Ce sous-groupe de participants jeunes a eu des performances



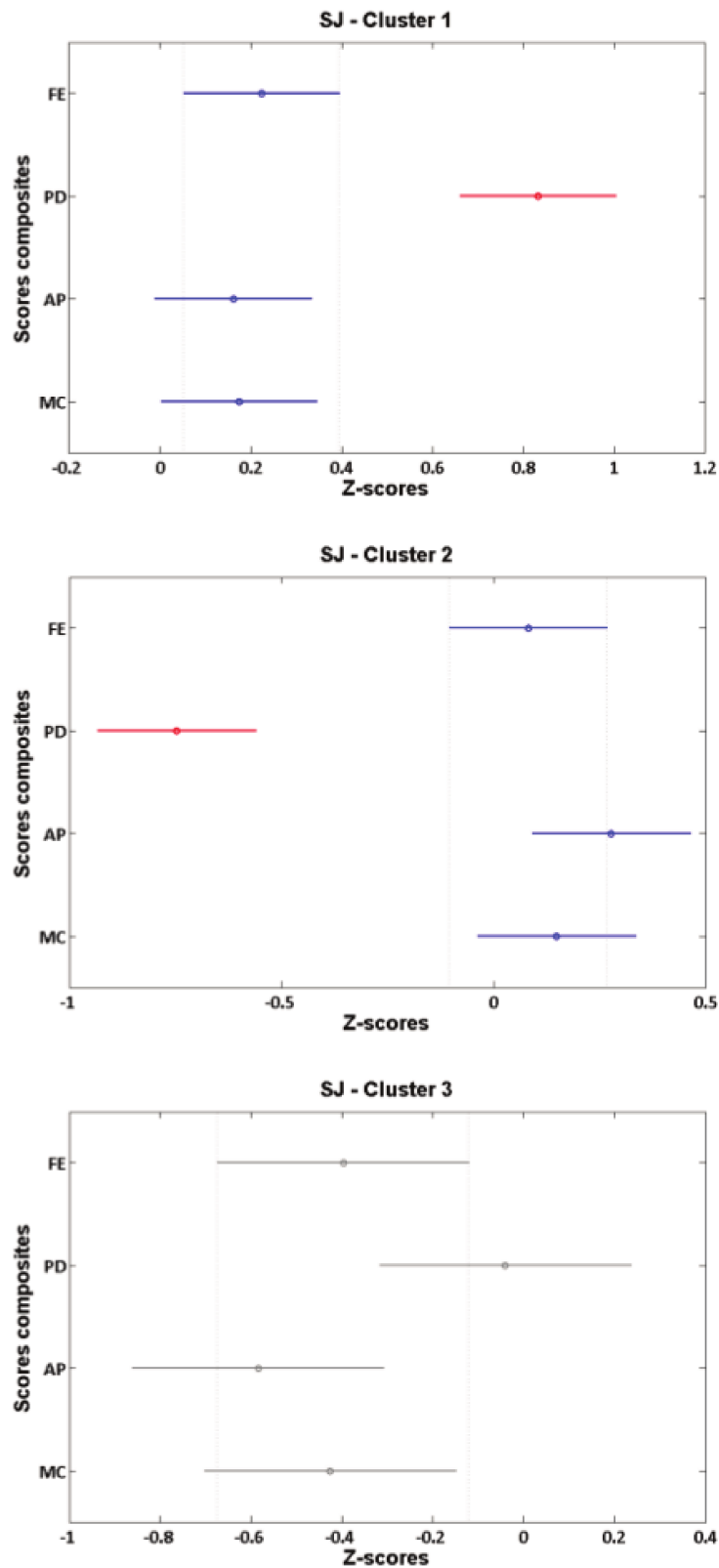


FIGURE 10.1 – Profils mis en évidence pour le groupe de participants jeunes. Les 4 scores composites sont indiqués ainsi : les fonctions exécutives (FE), la prise de décision (PD), l'énergisation ou activation psychique (AP) et les capacités métacognitives (MC). Les traits bleus, rouges et gris représentent les intervalles de confiance à 95 % autour des moyennes. Lorsque les traits sont bleus et rouges, cela veut dire qu'il existe une différence significative entre 2 scores composites (bleu *versus* rouge). Les traits sont gris lorsqu'aucune différence significative n'a été mise en évidence entre un score composite et les autres.

faibles, par rapport au reste de la population de cet échantillon, dans toutes les tâches proposées. Cependant, les performances observées dans les tests de PD ont été dans la moyenne pour ces sujets, par rapport au reste de l'échantillon.

### 10.2.2 Profils des participants âgés

Le partitionnement en K-moyennes a permis de montrer l'existence d'un **premier profil** constitué de 23 personnes âgées (57,5 %). Ensuite, l'ANOVA à 1 facteur effectuée à partir des données relatives à ce cluster a mis en évidence des différences significatives ( $F(3, 88) = 10.13; p < .001; \eta^2 = .26$ ) entre les performances de ce sous-groupe de SA dans les différentes tâches frontales proposées. Des différences significatives ont été observées grâce au test post-hoc effectué : FE/PD ( $c = -.52; p < .001$ ), PD/AP ( $c = .59; p < .001$ ), PD/MC ( $c = .49; p = .001$ ). Ce profil est caractérisé par des performances moyennes des sujets dans l'ensemble des épreuves frontales, cela comparativement au reste de la population de cet échantillon. Les résultats obtenus à travers le test de Scheffé montrent aussi que ce sous-groupe de participants âgés a été plus performant dans les tâches évaluant la PD que dans les autres épreuves (voir la Figure 10.2, SA-Cluster 1).

Le **deuxième cluster** est constitué de 11 participants âgés (27,5 %) qui ont eu des performances significativement différentes ( $F(3, 40) = 12.42; p < .001; \eta^2 = .48$ ) dans les épreuves évaluant les 4 types de fonctions frontales. Le test post-hoc réalisé a mis en évidence les différences significatives suivantes : FE/PD ( $c = .73; p = .002$ ), PD/AP ( $c = -.98; p < .001$ ), PD/MC ( $c = -.85; p < .001$ ). L'analyse effectuée montre que ces sujets ont eu des mauvaises performances à l'IGT et au GDT par rapport aux autres épreuves, comparativement au reste de la population de cet échantillon. En outre, ces participants présentent des performances moyennes aux tâches évaluant les FE, les capacités MC et d'AP par rapport au reste de l'échantillon (voir la Figure 10.2, SA-Cluster 2).

Le **troisième profil** mis en évidence est constitué de 6 personnes (15 %) et caractérisé par des performances faibles de ces SA, par rapport au reste de la population de cet échantillon, dans toutes les tâches proposées. L'analyse de la variance et le test post-hoc effectués n'ont pas permis de montrer des différences significatives entre les 4 scores composites, pour ce sous-groupe de participants âgés (voir la Figure 10.2, SA-Cluster 3).

### 10.2.3 Profils des participants très âgés

Le partitionnement en K-moyennes a mis en évidence l'existence d'un **premier profil** constitué de 7 personnes (23,3 %). L'ANOVA à 1 facteur effectuée montre des différences statistiquement significatives ( $F(3, 24) = 7.39; p = .001; \eta^2 = .48$ ) entre les performances

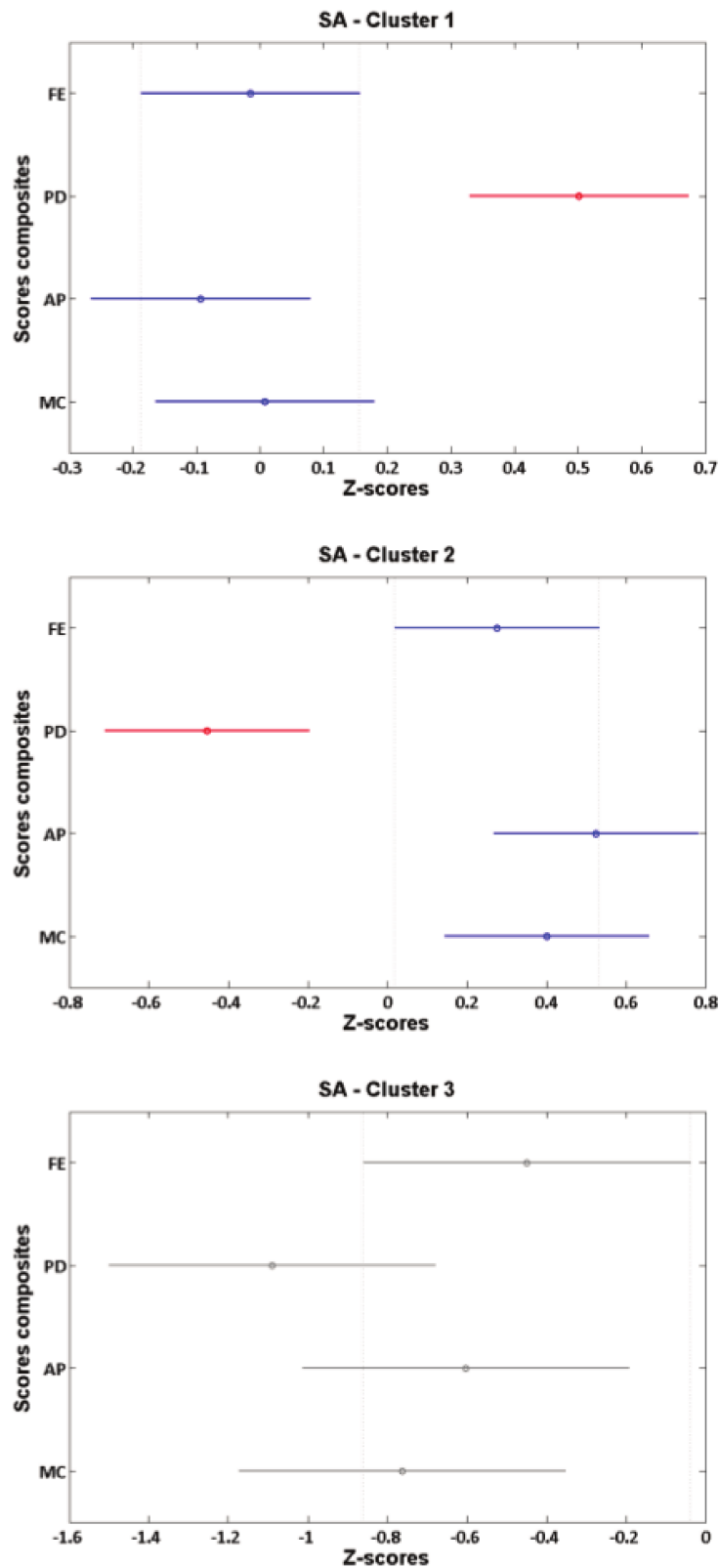


FIGURE 10.2 – Profils mis en évidence pour le groupe de participants âgés. Les 4 scores composites sont indiqués ainsi : les fonctions exécutives (FE), la prise de décision (PD), l'énergisation ou activation psychique (AP) et les capacités métacognitives (MC). Les traits bleus, rouges et gris représentent les intervalles de confiance à 95 % autour des moyennes. Lorsque les traits sont bleus et rouges, cela veut dire qu'il existe une différence significative entre 2 scores composites (bleu *versus* rouge). Les traits sont gris lorsqu'aucune différence significative n'a été mise en évidence entre un score composite et les autres.

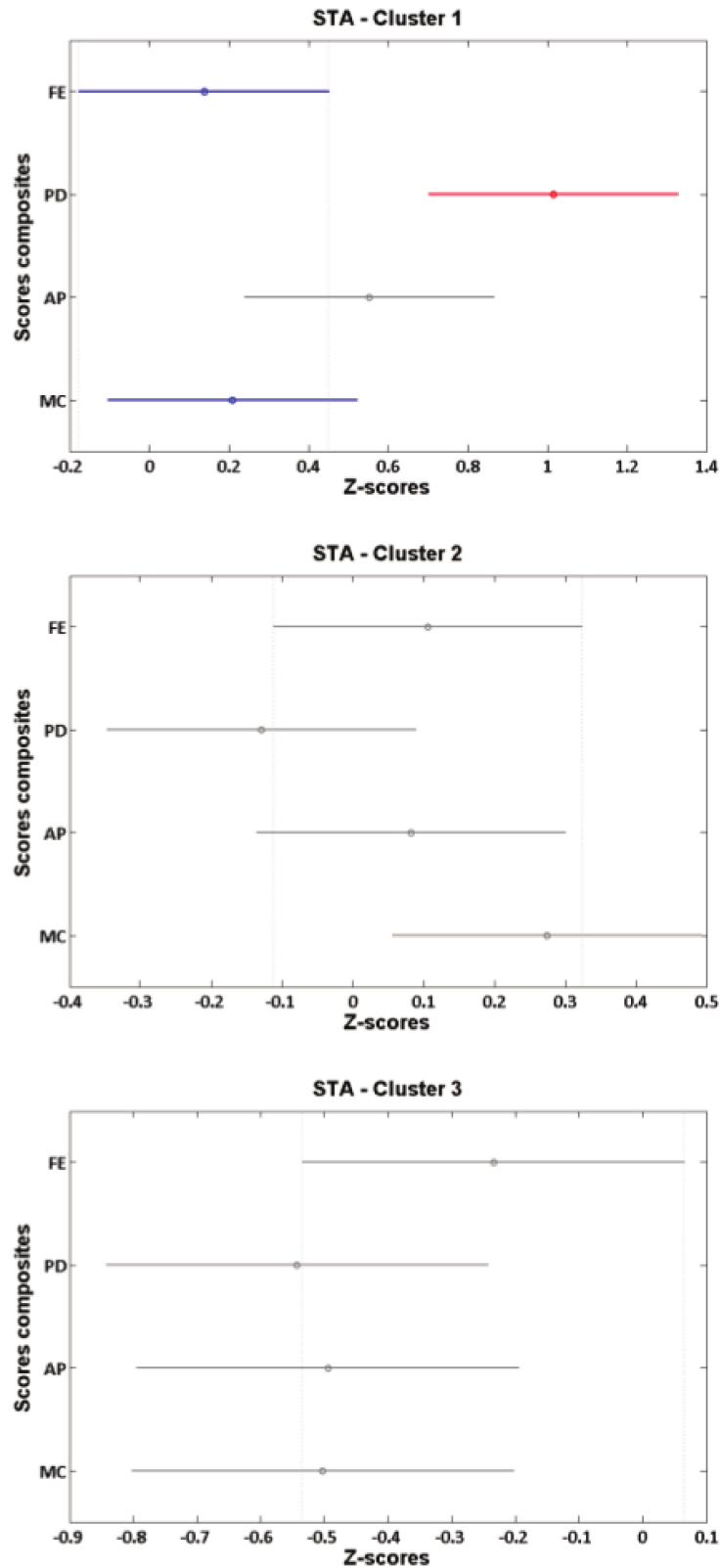


FIGURE 10.3 – Profils mis en évidence pour le groupe de participants très âgés. Les 4 scores composites sont indiqués ainsi : les fonctions exécutives (FE), la prise de décision (PD), l'énergisation ou activation psychique (AP) et les capacités métacognitives (MC). Les traits bleus, rouges et gris représentent les intervalles de confiance à 95 % autour des moyennes. Lorsque les traits sont bleus et rouges, cela veut dire qu'il existe une différence significative entre 2 scores composites (bleu *versus* rouge). Les traits sont gris lorsqu'aucune différence significative n'a été mise en évidence entre un score composite et les autres.

de ces sujets aux épreuves évaluant les 4 catégories de fonctions frontales étudiées. Le test post-hoc effectué a permis de montrer les différences significatives suivantes : FE/PD ( $c = -.88$ ;  $p = .004$ ), PD/MC ( $c = .81$ ;  $p = .008$ ). Plus précisément, ce sous-groupe de participants très âgés a eu des performances moyennes dans l'ensemble des épreuves frontales proposées, comparativement au reste de la population de cet échantillon. De plus, les participants ont été plus performants dans les tâches de PD que dans les autres épreuves (voir la Figure 10.3, STA-Cluster 1).

En ce qui concerne le **deuxième profil** du groupe de STA (voir la Figure 10.3, STA-Cluster 2), il est constitué de 13 personnes (43,3 %) et caractérisé par des performances moyennes de ces sujets dans tous les tests proposés. Nos analyses ne permettent pas de mettre en évidence de différence significative (ANOVA à 1 facteur et test de Scheffé) entre les 4 scores composites (FE, PD, AP, MC), pour ce sous-groupe de personnes très âgées.

Le **troisième profil** mis en évidence est constitué de 10 personnes très âgées (33,3 %) qui ont eu des performances faibles par rapport au reste de la population de cet échantillon, dans toutes les tâches proposées. Les résultats obtenus ne permettent pas de montrer des différences significatives (ANOVA à 1 facteur et test de Scheffé) entre les différents scores composites, pour ce sous-groupe de participants (voir la Figure 10.3, STA-Cluster 3).

### 10.3 Discussion

L'étude de profils, réalisée grâce au partitionnement en K-moyennes, nous a permis d'analyser de façon plus approfondie les données obtenues par chaque groupe de participants, lors de l'évaluation de 4 habiletés frontales (FE, PD, AP et MC). À partir de nos données, nous pouvons ainsi répondre aux questions posées au début de ce chapitre : *Existent-il des profils distincts de fonctionnement frontal chez les participants jeunes/âgés/très âgés rencontrés ? Si oui, quelles sont les caractéristiques cognitives associées à chacun de ces profils ?* La présente étude permet de valider la deuxième partie de notre première hypothèse, selon laquelle il serait possible de définir plusieurs profils de fonctionnement frontal chez les SJ, SA et STA.

Nous avons calculé un score composite individuel par fonction et pris en considération 3 profils ou clusters distincts pour chaque groupe, cela afin d'étudier les caractéristiques de différents sous-groupes de SJ, de SA et de STA au niveau cognitif frontal. Un premier profil est caractérisé par des performances moyennes des 3 sous-groupes de participants jeunes, âgés et très âgés dans toutes les tâches frontales proposées par rapport au reste de la population de ces échantillons. Cependant, les z-scores obtenus par ces sujets étaient

significativement plus élevés dans les tests évaluant les capacités de PD que dans les autres épreuves. La moitié des SA présentent ce profil.

Un deuxième profil est caractérisé par des performances moyennes des 3 sous-groupes de participants dans tous les tests proposés et des scores inférieurs dans les tâches de PD, cela comparativement au reste de la population de chaque échantillon. Presque la moitié des STA présente ce profil. Les capacités à prendre des décisions dans des situations ambiguës (IGT) et présentant des risques explicites (GDT) semblent donc être essentielles pour distinguer ces 2 premiers clusters de sujets, cela pour les 3 groupes de participants. La plupart des SJ présentent ces 2 profils de fonctionnement frontal.

Le troisième cluster mis en évidence n'a pas permis de montrer des différences significatives entre les 4 scores composites calculés pour chaque groupe de participants. Les performances de ces 3 sous-groupes de sujets étaient affaiblies dans toutes les épreuves neuropsychologiques proposées, par rapport au reste de la population de ces échantillons.

Les données que nous avons présentées dans ce chapitre confirment l'existence d'une grande variabilité intragroupe et permettent de mieux comprendre les résultats obtenus à travers d'autres analyses statistiques (ANOVA et test post-hoc). Cette hétérogénéité des données pourrait être due aux expériences passées de chaque individu, à son âge, à son niveau d'étude, ou encore à son niveau d'anxiété, de dépression, d'autonomie ou de qualité de vie. Si nous prenons en compte les 2 derniers profils décrits et, plus particulièrement, les données relatives à la PD, nos conclusions vont dans le même sens que celles présentées par Denburg et al. (2005). Ces auteurs, à partir des performances d'un même nombre de participants jeunes (en moyenne plus âgés que les participants de notre étude) et âgés (âge moyen inférieur à celui des aînés de notre étude), affirment qu'un nombre plus élevé de SA (14/40) obtenaient des scores faibles à l'IGT, par rapport aux SJ (3/40). Grâce à notre analyse de profils, nous pouvons affirmer que les SJ (25/40) étaient globalement plus performants que les participants âgés (23/40) et très âgés (7/30) aux tâches de PD proposées, cela par rapport au reste de la population de ces échantillons.

En ce qui concerne les FE, l'étude de Sylvain-Roy (2013), qui s'intéressait exclusivement à l'évolution de 3 processus exécutifs (flexibilité, inhibition et mise à jour), montre l'existence de 3 profils différents pour chaque groupe de participants, jeunes et âgés. Ce travail de recherche a ainsi permis d'identifier les capacités qui étaient perturbées (surtout l'inhibition) dans chaque cluster pris en considération. Nos résultats ne sont pas comparables à ceux de Sylvain-Roy (2013), car notre objectif a été d'étudier 4 fonctions frontales, dont les FE. En outre, Sylvain-Roy (2013) avait constitué 3 scores composites à partir des performances des sujets à plusieurs tâches évaluant un même processus exécutif.

Dans la présente étude, nous n'avons proposé qu'un seul test mesurant chaque processus (e.g., test de classement de cartes pour évaluer la flexibilité cognitive, test de TR pour évaluer le contrôle). Cependant, nous pouvons affirmer que seuls les sujets faisant partie du troisième cluster présentent des faiblesses dans les tests exécutifs, par rapport au reste de la population de chaque échantillon (11/40, 6/40 et 10/30 pour les SJ, SA et STA respectivement). Des résultats similaires ont été obtenus pour les capacités d'AP et MC.

Considérant que l'étude de profils permet d'analyser la variabilité interindividuelle et intragroupe sans montrer d'éventuelles associations existant entre les différents facteurs, nous poursuivrons notre traitement statistique des données recueillies au moyen d'analyses corrélationnelles et de modèles de régression linéaire simple et multiple.

# Chapitre 11

## Analyses corrélationnelles

### 11.1 Méthode

Afin d'étudier la relation existant entre les scores obtenus par les SJ, SA et STA aux échelles/questionnaires et entre ces scores et ceux qu'ils ont obtenus dans les différentes tâches frontales, nous avons effectué des analyses corrélationnelles. Dans la section suivante, nous présenterons les résultats issus de ces analyses. Les coefficients de corrélation de Pearson ont été interprétés exclusivement dans le cas où il a été possible de rejeter l'hypothèse nulle, selon laquelle les 2 facteurs étudiés seraient indépendants, avec un risque inférieur à 5 %. Dans ce chapitre, nous essayons de répondre à la question suivante : *Est-ce qu'il existe des liens entre chacune des fonctions frontales évaluées et les aspects personnels, sociaux et psychoaffectifs étudiés chez les aînés ?*

Dans la section 11.2.2 (p. 192), nous détaillerons les résultats issus des modèles de régression linéaire simple et multiple construits dans le cadre de ce travail de recherche, notre objectif final étant de répondre aux questions suivantes : *Dans quelle mesure notre variable dépendante (VD : autonomie, qualité de vie) dépend de la(des) variable(s) indépendante(s) (VI : FE/ PD/ AP/ MC) prise(s) en considération ? Dans quelle mesure le fonctionnement cognitif frontal dépend du niveau d'autonomie, de qualité de vie, de dépression et d'anxiété des aînés ?*

### 11.2 Résultats

#### 11.2.1 Liens entre les scores obtenus aux échelles/questionnaires et les capacités frontales

Nous détaillons ici les corrélations significatives mises en évidence pour chaque groupe de participants. Les coefficients  $r$  de Pearson sont indiqués dans les Tableaux 11.1, 11.2



Corrélations SJ	GDT	Stroop D	DEX	DEX FE	DEX AR	DEX MC
WHOQOL-BREF	.36	-.39		-.46		
Niveau d'étude			-.41		-.37	-.41
Âge			-.41	-.35	-.32	-.43

TABLE 11.1 – Corrélations significatives entre aspects personnels, sociaux, psychoaffectifs et fonctionnement cognitif frontal pour le groupe des participants jeunes. Les  $p < .05$  et  $p < .01$  sont indiquées dans le tableau en rouge et bleu respectivement.

Corrélations SA	DEX	DEX FE	DEX AR	DEX MC	HAM-A	GDS	ADL	I-ADL	S-ADL	WHOQOL-OLD
Âge		-.41						-.51		
Niveau d'étude	-.40		-.31	-.51					-.35	
fNART		-.38								
HAM-A	.57	.34	.56	.57						
GDS	.32		.42		.47					-.49
MPS										.40
TOMQ										.51
BREF										.47
Easy choice Err	.33				.34			-.33		
Stroop D					.32		-.42			
Stroop Dc								-.36		
Stroop I		.32								
Stroop Ic						.40			.34	
Rim					-.32					
RL-RI					-.38					
Rec					-.36					
RD						-.44		.33		
RL-RI Err					.41	.43				
FV sém. 45/60s								.40		
MCST C		-.38								
MCST Err		.41								
Tap 1		.47								

TABLE 11.2 – Corrélations significatives entre aspects personnels, sociaux, psychoaffectifs et fonctionnement cognitif frontal pour le groupe des participants âgés. Les  $p < .05$ ,  $p < .01$  et  $p < .001$  sont indiquées dans le tableau en rouge, bleu et vert respectivement.

et 11.3. Ces résultats nous permettront de mieux comprendre les liens existant entre les scores obtenus aux échelles/questionnaires évaluant les niveaux d'autonomie, de dépression et d'anxiété, chez les sujets âgés rencontrés, le niveau de qualité de vie, le comportement mis en place dans certaines situations (DEX) et les capacités frontales, chez tous les participants.

Nous tenons à préciser que de nombreux liens significatifs ont été observés entre les performances des sujets aux différentes épreuves frontales réalisées (pour plus de détails, voir l'Annexe 6).

Corrélations STA	DEX FE	DEX AR	DEX MC	HAM-A	GDS	ADL	S-ADL
DEX AR			.37				
WHOQOL-OLD					-.42		
HAM-A					.55		
ADL				-.43			
I-ADL						.64	
S-ADL				.37		-.37	
Stroop Dc	-.41						
GDT					-.37		
Tromp			-.38				
MPS-Coop							-.39
Prepare Err		.43	.53	.44	.37	-.38	.37
Complex choice Err			.52		.40		

TABLE 11.3 – Corrélations significatives entre aspects personnels, sociaux, psychoaffectifs et fonctionnement cognitif frontal pour le groupe des participants très âgés. Les  $p < .05$ ,  $p < .01$  et  $p < .001$  sont indiquées dans le tableau en rouge, bleu et vert respectivement.

### Sujets jeunes

Les résultats que nous avons obtenus montrent l'existence de liens positifs entre le niveau de qualité de vie (WHOQOL-BREF) des participants jeunes et leurs performances dans la tâche de PD explicite (GDT ;  $p = .02$ ). Les scores obtenus au WHOQOL-BREF corrélaient négativement ( $p = .01$ ) avec le nombre d'erreurs non corrigées dans la condition de dénomination du test de Stroop ainsi qu'avec les réponses données aux questions du DEX évaluant les aspects exécutifs (DEX FE ;  $p = .003$ ).

Le niveau d'étude des SJ a des liens statistiquement significatifs avec les scores totaux obtenus au DEX ( $p = .009$ ) et, plus particulièrement, avec les réponses données aux questions évaluant l'autorégulation (DEX AR ;  $p = .02$ ) et la métacognition (DEX MC ;  $p = .008$ ). Un autre facteur qui corréla négativement avec tous les indices de performance pris en considération pour le DEX est l'âge des participants jeunes : DEX ( $p = .009$ ), DEX FE ( $p = .03$ ), DEX AR ( $p = .04$ ) et DEX MC ( $p = .005$ ).

### Sujets âgés

Nos résultats mettent en évidence un lien statistiquement significatif entre les scores obtenus à l'échelle évaluant le niveau de dépression (GDS) chez les aînés et les réponses données au questionnaire de qualité de vie (WHOQOL-OLD). Ils s'agit ici d'un lien négatif moyen ( $p = .001$ ). Les scores obtenus à la GDS corrélaient positivement avec les données relatives au DEX ( $p = .04$ ), au DEX AR ( $p = .007$ ) et à l'échelle d'anxiété (HAM-A ;  $p = .002$ ).

Le niveau d'anxiété des participants âgés présente également des liens positifs moyens

avec les scores obtenus au DEX ( $p < .001$ ), au DEX FE ( $p = .03$ ), au DEX AR ( $p < .001$ ) et au DEX MC ( $p < .001$ ). Les réponses données au DEX FE corrént aussi avec l'âge des SA ( $p = .008$ ) et les scores qu'ils ont obtenus au fNART ( $p = .02$ ). Le niveau d'étude des SA montre des liens significatifs avec les scores totaux obtenus au DEX ( $p = .01$ ) et, plus précisément, avec les réponses données aux items évaluant l'autorégulation ( $p = .04$ ) et la métacognition ( $p = .001$ ).

En ce qui concerne le niveau d'autonomie instrumentale (I-ADL), nos résultats montrent une corrélation négative ( $p = .001$ ) entre cette variable et l'âge des SA. Les réponses données à l'échelle d'autonomie sociale (S-ADL) ont, en revanche, un lien ( $p = .02$ ) avec le niveau d'étude de ces participants.

Si nous nous intéressons aux liens existants entre les scores obtenus par les SA aux échelles/questionnaires et leurs performances aux épreuves frontales, nos analyses corrélationnelles ont permis de mettre en évidence plusieurs corrélations statistiquement significatives. Plus précisément, le niveau de qualité de vie des SA corréle avec les scores totaux de séquence obtenus au test de tromperie-coopération (MPS ;  $p = .01$ ) ainsi qu'avec le nombre total de réponses correctes données au questionnaire TOMQ, faisant partie de la même tâche métacognitive ( $p = .001$ ). Le niveau de qualité de vie des participants âgés a un lien positif ( $p = .002$ ) avec le score obtenu au test d'efficacité frontale (BREF).

Le niveau d'anxiété corréle positivement avec le nombre d'erreurs effectuées dans le test de TR *easy choice* ( $p = .03$ ), dans la condition de dénomination du test de Stroop ( $p = .04$ ) ainsi qu'avec les erreurs effectuées dans le test de rappel d'une liste de 16 mots (RL-RI 16 ;  $p = .008$ ). Des liens négatifs faibles existent, en revanche, entre les réponses données à l'HAM-A et d'autres indices de performance relatifs à la tâche mnésique proposée : Rim ( $p = .04$ ), RL-RI ( $p = .01$ ) et Rec ( $p = .02$ ). Les scores obtenus à la GDS corrént négativement ( $p = .005$ ) avec le nombre de mots évoqués pendant le test de rappel différé (RD), positivement ( $p = .006$ ) avec le nombre d'erreurs réalisées durant toute la tâche mnésique.

Les scores obtenus à l'échelle I-ADL ont un lien négatif avec le nombre d'erreurs effectuées dans le test *easy choice* ( $p = .03$ ) ainsi qu'avec les erreurs corrigées dans la condition de dénomination du test de Stroop ( $p = .02$ ). Des liens positifs existent, en revanche, entre le niveau d'autonomie instrumentale et le nombre de mots évoqués après les premières 15s de la tâche de fluence verbale sémantique ( $p = .01$ ) ainsi qu'avec les scores obtenus dans le RD du test de mémoire ( $p = .04$ ). Les erreurs non corrigées dans la condition de dénomination du test de Stroop corrént également avec le niveau d'autonomie de base (ADL ;  $p = .006$ ). Le nombre d'erreurs corrigées dans la condition

d'interférence du test de Stroop montrent des liens avec le niveau d'autonomie sociale ( $p = .03$ ), mais aussi avec les réponses données à la GDS ( $p = .01$ ).

Les scores obtenus au DEX corrént positivement ( $p = .04$ ) avec le nombre d'erreurs commises dans le test de TR *easy choice*. Les réponses données par les SA au DEX FE ont des liens ( $p = .02$ ) avec le nombre de catégories correctes au test de classement de cartes (MCST), les erreurs effectuées dans la même épreuve ( $p = .009$ ) ainsi que dans la condition d'interférence du test de Stroop ( $p = .04$ ). Les scores obtenus au DEX FE corrént également avec le test de TR *tap 1* ( $p = .002$ ).

### Sujets très âgés

Les niveaux d'autonomie de base ( $p = .04$ ) et d'autonomie sociale ( $p = .04$ ) corrént avec le nombre d'erreurs effectuées dans le test de TR *prepare*. Le niveau d'autonomie de base des participants très âgés corrént positivement avec leur autonomie instrumentale ( $p < .001$ ) et négativement avec les scores obtenus à l'échelle S-ADL ( $p = .04$ ). Le niveau d'autonomie sociale corrént également avec les performances des STA dans l'épreuve de coopération (MPS-Coop;  $p = .03$ ).

Les scores obtenus à l'échelle de dépression (GDS) corrént positivement ( $p = .002$ ) avec le niveau d'anxiété des STA, le nombre d'erreurs effectuées dans le test *prepare* ( $p = .04$ ) ainsi que dans l'épreuve *complex choice* ( $p = .03$ ). Les réponses données à la GDS ont aussi des liens négatifs avec le niveau de qualité de vie ( $p = .02$ ) et les capacités de PD en situation de risque explicite (GDT;  $p = .04$ ).

Le niveau d'anxiété des STA corrént avec leur niveau d'autonomie de base ( $p = .02$ ), d'autonomie sociale ( $p = .04$ ), ainsi qu'avec le nombre d'erreurs réalisées dans le test *prepare* ( $p = .01$ ).

Les réponses données aux questions du DEX relatives à l'autorégulation ( $p = .02$ ) et à la métacognition ( $p = .002$ ) corrént également avec les erreurs effectuées dans le test *prepare*. Les scores obtenus au DEX MC ont aussi des liens positifs ( $p = .003$ ) avec le nombre d'erreurs commises dans le test *complex choice*. Précisons que les données relatives au DEX MC corrént avec celles relatives au DEX AR ( $p = .04$ ) ainsi qu'avec les scores totaux de séquence obtenus à la tâche de tromperie-coopération ( $p = .04$ ). En revanche, les réponses données par les STA au DEX FE corrént ( $p = .02$ ) avec le nombre d'erreurs corrigées dans la condition de dénomination du test de Stroop.

### 11.2.2 Liens entre autonomie, qualité de vie, aspects psychoaffectifs et cognitifs

Considérant qu'il a été possible d'observer de nombreuses corrélations significatives ( $\rho$  de Pearson ;  $p < .05$ ) entre les réponses données par les participants aux différents échelles/questionnaires proposés et leurs performances aux tâches frontales, nous avons décidé d'effectuer des analyses supplémentaires. Nous avons, plus précisément, construit des modèles de régression linéaire simple et multiple, utilisant les z-scores calculés à partir des données recueillies pour les 3 groupes de participants. Ce type d'analyse nous a permis d'étudier, plus en détail, les éventuels liens existants entre différents aspects concernant la sphère personnelle et sociale (autonomie, qualité de vie, comportement) des SA rencontrés et chacune des habiletés frontales étudiées (FE, PD, AP, MC).

Dans nos premiers modèles de régression linéaire multiple, la VD prise en considération a été l'un des aspects évalués (réponses obtenues aux échelles ADL, I-ADL, S-ADL, et au WHOQOL-OLD) et les VI correspondaient aux 4 capacités frontales étudiées (scores composites : FE, PD, AP, MC ; voir la section 10.1, p. 177). Nous avons ainsi utilisé un modèle de régression linéaire multiple pour chacun des aspects pris en compte pour la sphère personnelle et sociale. Suite aux résultats obtenus, nous avons construit d'autres modèles, suivant une démarche dite descendante, qui consiste à utiliser les modèles complets, précédemment utilisés, avec toutes les VI, et à retirer de ce modèle les variables faiblement contributives.

Les modèles utilisés pour analyser les données relatives aux performances des 3 groupes de participants avaient comme VI les 4 fonctions frontales (FE, PD, AP, MC) et leur VD correspondait, dans un premier modèle, aux z-scores calculés sur la base des réponses données par les participants aux échelles d'autonomie séparément (ADL, I-ADL, S-ADL). Dans un deuxième modèle, la VD correspondait au score composite calculé à partir des scores obtenus (moyenne des z-scores) par les SA et les STA aux 3 échelles d'autonomie ensemble. Cependant, les tests des coefficients et des modèles effectués ne nous ont pas permis de mettre en évidence des relations significatives. Ces modèles de régression linéaire multiple utilisés ne nous semblent donc pas pertinents pour notre étude.

Dans le cadre d'un modèle de régression linéaire multiple utilisé pour le groupe de participants âgés, notre VD était la qualité de vie, nos VI étaient les scores composites calculés à partir des performances des participants aux épreuves évaluant chacune des habiletés frontales étudiées : FE, PD, AP et MC. Nous ne présentons que les résultats obtenus à partir des données relatives aux SA, car les mêmes modèles de régression linéaire multiple et simple (démarche descendante) ont été utilisés à partir des données relatives

aux SJ et aux STA sans réussir à mettre en évidence des relations significatives.

Considérant que nous avons effectué 4 tests (4 coefficients), le nouveau seuil à prendre en compte pour interpréter les résultats obtenus ne peut pas être égal à .05, mais à .012 ( $0.05 \div 4$ ). Les valeurs de  $p$  inférieures à .012 ont ainsi été considérées significatives. Le test des coefficients nous indique que l'ordonnée à l'origine ( $b=3,98e-16$ ) n'est pas significativement différente de 0. Le coefficient lié aux FE (-1.33) est significativement différent de 0. Le coefficient lié à la PD (.24) n'est pas significativement différent de 0. Le coefficient lié à l'AP (.76) n'est pas significativement différent de 0, même si la  $p$ -value est proche de .012. Le coefficient lié à la MC (.86) est significativement différent de 0.

Si nous ne prenons en considération que les coefficients significativement différents de 0, c'est-à-dire ceux liés aux FE et aux capacités MC, le premier est négatif et le deuxième positif. Cela veut dire qu'à PD, AP et MC égales, lorsque FE augmente, la qualité de vie diminue ; en outre, à FE, PD et AP égales, lorsque MC augmente, la qualité de vie augmente. Cette régression multilinéaire est hautement significative ( $F = 5.57$  ;  $p = .001$ ). Les variabilités des FE et de la MC expliquent 39 % des variabilités de la qualité de vie (voir le coefficient de détermination ;  $R^2$  ajusté = 32 %).

Bien que les coefficients liés aux FE et aux capacités MC soient significatifs, supposant que notre modèle contienne trop de paramètres, nous avons décidé de bâtir 4 modèles de régression linéaire simple (démarche descendante), un pour chacune des fonctions frontales étudiées (VI), ayant la qualité de vie comme VD. Parmi les modèles utilisés, le seul qui semble être pertinent a comme VD la qualité de vie et comme VI les capacités MC. Les autres modèles de régression linéaire simple utilisés n'ont pas permis de mettre en évidence des relations significatives, donc d'expliquer la variabilité de notre VD (qualité de vie) par d'autres variables.

Dans ce deuxième modèle de régression linéaire, considérant que nous n'avons effectué qu'un seul test (1 coefficient), le seuil à prendre en compte pour interpréter les résultats obtenus est égal à .05. Les valeurs de  $p$  inférieures à .05 ont ainsi été considérées significatives. Le test des coefficients nous indique que l'ordonnée à l'origine ( $b=7,11e-18$ ) n'est pas significativement différente de 0. Le coefficient lié aux capacités MC (.81) est significativement différent de 0. Le coefficient est positif. Par conséquent, lorsque la MC augmente, la qualité de vie augmente. Cette régression linéaire simple est hautement significative ( $F = 10.8$  ;  $p = .002$ ). La variabilité de la MC explique à elle seule 22 % de la variabilité de la qualité de vie (voir le coefficient de détermination ;  $R^2$  ajusté = 20 %).

Ensuite, plusieurs modèles de régression multilinéaire ont été construits afin de savoir quel(s) facteur(s) pouvait(-aient) expliquer les variabilités observées au niveau cognitif.

Nous avons ainsi considéré chacune des fonctions frontales comme VD et inclus aussi la dépression et l'anxiété comme VI, outre l'autonomie et la qualité de vie. Les relations mises en évidence par tous ces modèles ont été significatives seulement dans le cas suivant : VD = AP, VI = qualité de vie et anxiété.

Dans ce dernier modèle multilinéaire, considérant que nous avons effectué 2 tests (2 coefficients), le seuil à prendre en compte pour interpréter les résultats obtenus est égal à .025 ( $0.05 \div 2$ ). Les valeurs de  $p$  inférieures à .025 ont été considérées significatives. Le test des coefficients nous indique que l'ordonnée à l'origine ( $b = -1,66e-16$ ) n'est pas significativement différente de 0. Le coefficient lié à la qualité de vie (.20) est positif et significativement différent de 0. Le coefficient lié à l'anxiété (.21) est aussi positif et significativement différent de 0. Par conséquent, à niveau d'anxiété égal, lorsque la qualité de vie augmente, l'AP augmente. À niveau de qualité de vie égal, lorsque le niveau d'anxiété augmente, l'AP augmente. Cette régression multilinéaire est hautement significative ( $F = 7.29$ ;  $p = .002$ ). Les variabilités de la qualité de vie et de l'anxiété expliquent 28 % de la variabilité de l'AP (voir le coefficient de détermination;  $R^2$  ajusté = 24 %).

### 11.3 Discussion

Le présent chapitre nous a permis d'étudier les potentiels liens existant entre différents aspects relatifs à la sphère personnelle, sociale et psychoaffective des participants et leurs habilités frontales. L'un de nos objectifs est, en effet, de voir si certains de ces facteurs ont un impact sur les changements observés au niveau cognitif frontal au cours du vieillissement normal, ou si, au contraire, les capacités frontales influencent le niveau d'autonomie et de qualité de vie des aînés. Les questions posées au début de ce chapitre sont les suivantes : *Est-ce qu'il existe des liens entre chacune des fonctions frontales évaluées et les aspects personnels, sociaux et psychoaffectifs étudiés chez les aînés ? Dans quelle mesure notre VD (autonomie, qualité de vie) dépend de la(des) VI prise(s) en considération (FE/ PD/ AP/ MC) ? Dans quelle mesure le fonctionnement cognitif frontal dépend du niveau d'autonomie, de qualité de vie, de dépression et d'anxiété des aînés ?* La présente étude montre l'existence de nombreux liens significatifs entre les aspects personnels, sociaux et psychoaffectifs étudiés et le fonctionnement cognitif frontal. De plus, la qualité de vie des personnes âgées semble dépendre de la variabilité de leurs capacités MC. Nous avons également pu montrer que, chez les SA, l'énergisation dépend de la variabilité de leur niveau de qualité de vie et d'anxiété. Ci-après, nous résumons et discutons les résultats

obtenus à ce sujet.

Nos analyses corrélationnelles montrent que le niveau de qualité de vie des SJ rencontrés est lié positivement à leurs capacités de PD en situation de risque explicite et négativement à certaines mesures exécutives (erreurs dans la tâche de dénomination) ainsi qu'aux réponses données au DEX. Les aspects comportementaux évalués à travers le DEX sont également associés négativement au niveau d'études et à l'âge des participants âgés entre 20 et 40 ans. Plus le niveau de satisfaction générale est élevé, plus les sujets sont capables d'analyser des situations de risque et de faire le choix le plus avantageux pour eux. Plus ils sont âgés ou ont effectué d'années d'étude, moins ils rencontrent de difficultés dans plusieurs situations de vie quotidienne qui demandent d'anticiper, de rappeler des événements particuliers ou encore d'exprimer des émotions.

Chez les participants âgés, les scores obtenus au DEX ont des liens positifs avec le niveau de dépression et d'anxiété. Les réponses données au DEX par les SJ et SA, pour la dimension exécutive, sont liées négativement à l'âge ainsi qu'au niveau de QI verbal, évalué au moyen du fNART. Les réponses relatives aux autres dimensions étudiées par le DEX corrélerent avec le niveau d'éducation des aînés.

Il semble que l'attitude des participants jeunes et âgés, face aux situations proposées par le DEX, soit plus liée à leurs âge et niveau cognitif de base, qu'à leur fonctionnement frontal. Cependant, quelques associations positives ont été observées entre les mesures du DEX relatives aux FE et les habiletés impliquées dans le test de classement de cartes, le Stroop test et la tâche *tap 1*. Nous faisons notamment référence aux processus de flexibilité mentale, d'inhibition cognitive et motrice, d'énergisation.

En ce qui concerne l'autonomie, plus une personne est âgée, plus le niveau d'autonomie instrumentale est faible. Plus le niveau d'éducation est élevé, plus l'autonomie sociale est élevée (présence de relations interpersonnelles et activités de loisirs satisfaisantes).

Les capacités mnésiques (différentes phases de rappel évaluées grâce au test RL-RI 16) de nos participants âgés sont associées à leur niveau de dépression et d'anxiété, données qui vont dans le même sens que celles présentées par Salthouse (2012). Il semblerait également que plus un sujet présente des traits dépressifs, plus son niveau de qualité de vie est bas. La qualité de vie des SA est liée positivement à leur habileté à détecter des situations de tromperie et de coopération ainsi qu'à certains processus exécutifs (maintien, contrôle, inhibition, dénomination, mémoire de travail). Ces habiletés exécutives sont également corrélées au niveau d'autonomie de base ainsi que d'autonomie instrumentale, confirmant des données précédentes (e.g., Cahn-Weiner et al., 2007). En effet, Cahn-Weiner et al. (2007) avaient montré une relation entre mémoire épisodique, FE et activités



instrumentales. Dans leur étude, le volume de l'hippocampe était également associé aux I-ADL. Nos résultats confirment partiellement ceux de Vaughan et Giovanello (2010), qui avaient observé un lien entre inhibition, flexibilité, mise à jour et AVQ. Toutefois, ces auteurs n'avaient pas montré d'associations entre FE et réponses reçues au questionnaire d'auto-évaluation des I-ADL.

Les modèles de régression linéaire construits dans le cadre de cette étude montrent que lorsque les capacités MC des SA augmentent, leur niveau de qualité de vie augmente aussi. La variabilité de la métacognition explique à elle seule 22 % de la variabilité de la qualité de vie des personnes âgées. À partir d'un autre modèle de régression réalisé, nous avons pu montrer que les variabilités du niveau de qualité de vie et d'anxiété expliquent 28 % de la variabilité de l'énergisation. Nos résultats ne semblent pas confirmer ceux présentés dans des travaux précédents (e.g., Emerson et al., 2005), montrant une perturbation des performances de sujets dépressifs et anxieux dans des tâches attentionnelles, motrices et de TR. Il est possible qu'une consommation plus élevée de ressources cognitives dans ce type d'épreuves chez des sujets anxieux n'ait pas nécessairement d'effet négatif sur les habiletés d'AP, cela dans un cadre normal. De plus, le niveau de qualité de vie semble jouer un rôle important dans cette relation. Ces conclusions ne vont donc pas dans le même sens que celles proposées par Eysenck et al. (2007).

Chez les participants très âgés, il a été possible de montrer des liens entre les réponses obtenues aux différentes dimensions du DEX, qui renvoient spécifiquement au contrôle exécutif, à l'autorégulation comportementale/émotionnelle et à la métacognition, et les scores obtenus dans des épreuves impliquant les mêmes processus cognitifs (e.g., DEX MC et détection de la coopération ; DEX FE et dénomination).

Les niveaux d'autonomie de base et sociale des STA sont associés au processus d'énergisation, impliqué dans la tâche *prepare*, et ces différents facteurs corréleront avec le niveau d'anxiété des sujets (Eysenck et al., 2007). L'autonomie sociale des STA est également liée à leur capacité à détecter des situations de coopération. Nos analyses mettent en évidence des liens positifs entre le niveau de dépression des STA et les processus cognitifs d'énergisation, de contrôle et d'inhibition. En revanche, la présence de traits dépressifs corréle négativement avec la qualité de vie des STA ainsi qu'avec leur capacité de PD en situation de risque explicite.

Nos résultats ne permettent pas de confirmer les données d'autres chercheurs qui avaient montré une diminution globale de l'autonomie et de la qualité de vie au cours du vieillissement normal (P. B. Baltes, 1997). En outre, comme Netuveli (2006) l'avait montré chez des sujets adultes, les niveaux de qualité de vie et de dépression de nos participants

âgés et très âgés sont négativement liés. Ces observations vont dans le même sens que celles de Alexandre et al. (2009), qui montraient un impact des facteurs psychologiques (GDS) et socio-démographiques sur la qualité de vie des participants. La présence de traits dépressifs chez les aînés que nous avons rencontrés est aussi liée positivement avec leur niveau d'anxiété. Quelques études (Aartsen et al., 2002 ; Mani et al., 2013) avaient souligné le lien existant entre condition économique et fonctionnement cognitif chez les aînés. Considérant que nous n'avons pas recueilli d'informations relatives à la situation financière de nos participants, il serait intéressant de voir si leur profession, ou le type de travail effectué le plus récemment, a des liens avec leurs habiletés frontales.



## Troisième partie

### Discussion générale

Mi compiaccio con me stesso, perché se sento nel fisico le ingiurie del tempo, non le sento nell'anima. Sono invecchiati solo i vizi e gli strumenti dei vizi. [...] Il corpo mi ordina di pensare e di capire quanto di questa tranquillità e moderazione di costumi io devo alla saggezza, quanto devo all'età, e di esaminare con molta cura le cose che io non posso fare e quelle che io non voglio fare per rendermi utile. SENECA, 65 D.C.

Je me rends grâce ; à l'âme je ne sens point l'injure des ans, bien que mon corps la ressent. Je n'ai de vieilli que mes vices et leurs organes. [...] Le corps me demande de réfléchir et de comprendre, dans ce calme et cette retenue de mœurs, ce que je dois à la sagesse, ce que je dois à l'âge, et de me rendre compte de ce que je ne peux plus comme de ce que je ne veux plus faire pour me rendre utile. (Traduction en français depuis SENECA, 65 D.C.)



## Chapitre 12

# Synthèse et discussion générale des études expérimentales

Des études récentes (Fliss et al., 2013) suggèrent l'importance des régions frontales pour l'intégrité de certaines fonctions cognitives, telles que les capacités exécutives et les compétences en cognition sociale. Plus précisément, les régions frontales dorsolatérales du cerveau semblent être concernées par les domaines qui se rapportent à la connaissance du monde externe, ce qui implique les FE, tandis que les régions ventromédianes joueraient un rôle fondamental dans la biorégulation et les situations d'interaction sociale, ce qui implique les capacités d'autorégulation et MC (Damásio, 2010).

Les perturbations observées sur le plan comportemental peuvent donc être différentes, selon la région cérébrale modifiée ou lésée. Considérant que la plupart des études effectuées en neuropsychologie montrent que les diverses classes de fonctions frontales peuvent être atteintes de façon isolée, chez les patients à lésions frontales focales ou à lésions plus diffuses d'origine neurodégénérative (Stuss & Knight, 2002), il a été nécessaire d'intégrer la notion de fractionnement du fonctionnement frontal dans la plupart des modélisations théoriques développées (Miyake et al., 2000 ; Shallice & Burgess, 1998 ; Stuss, 2007).

Comme un certain nombre d'études ont pu le montrer (Cox et al., 2014 ; Lindberg, 2012 ; Nissim et al., 2016 ; Samson & Barnes, 2013), le vieillissement normal est caractérisé par des changements observés sur le plan morphologique, neuro-fonctionnel et cognitif, surtout au niveau frontal. Les travaux de recherche réalisés au cours des dernières années confirment ce que West (1996) et Raz (2000) avaient théorisé. Selon le premier auteur, si le cortex préfrontal se modifie surtout après 65 ans, dans un cadre non pathologique, alors les habiletés cognitives qui sont supportées par cette région du cerveau subiront des perturbations avant les fonctions sous-tendues par d'autres régions (temporales, pariétales et occipitales). L'hypothèse formulée par Raz (2000) va dans le même sens, puisqu'il

affirme que les habiletés cognitives qui ont complété leur développement tardivement (entre 20 et 40 ans), comme les capacités exécutives et de TDE, seraient les premières à se détériorer au cours du vieillissement normal. C'est à partir de ces 2 théories que nous avons réalisé la présente étude qui visait plus particulièrement à étudier la nature des perturbations frontales observables avec l'avancée en âge, à préciser l'éventuelle variabilité de ces modifications ainsi que les liens qu'elles peuvent avoir avec des facteurs personnels, sociaux et psychoaffectifs.

Afin d'atteindre nos objectifs, nous nous sommes appuyés sur le modèle neuroanatomique du fonctionnement frontal proposé par Stuss et al. (2002), qui a été essentiel pour sélectionner les capacités cognitives à évaluer. Quatre habiletés distinctes ont ainsi été prises en considération, chacune sous-tendue par une région frontale spécifique, mais interconnectées.

Nous avons également pu analyser les liens potentiels entre les scores obtenus par les aînés aux différentes épreuves frontales et ceux obtenus aux échelles mesurant les niveaux d'autonomie et de qualité de vie. Pour rappel, les FE (maintien, contrôle, mémoire de travail, flexibilité) seraient supportées par les régions frontales dorsolatérales, l'énergisation (AP, vitesse de traitement des informations, interférence) serait supportée par les régions médianes supérieures du cortex préfrontal. La PD implicite et explicite serait supportée par les régions ventromédianes et dorsolatérales, tandis que les capacités MC (conscience de soi, TDE cognitive et affective, détection de la tromperie et de la coopération) seraient surtout supportées par les régions frontales polaires et orbitofrontales.

Les travaux de recherche présentés dans la première partie de ce manuscrit nous ont permis de faire une revue de la littérature sur l'évolution des 4 types d'habiletés étudiées. À notre connaissance, aucune étude n'a permis d'évaluer les fonctions frontales chez les mêmes participants, la seule exception étant notre travail publié en 2015. De plus, de rares études se sont intéressées au grand-âge, proposant des évaluations neuropsychologiques à des groupes constitués de personnes âgées de 65 à 79 ans et de 80 ans et plus. L'originalité de ce travail de thèse se situe donc à ces différents niveaux. Nous avons recruté 3 groupes de personnes en bonne santé, de tranches d'âge différent (jeunes adultes, âgées et très âgées), afin de savoir quelles sont les fonctions frontales qui subissent une détérioration progressive et quels sont celles qui sont préservées au cours du vieillissement normal.

La littérature montre une perturbation de la mémoire de travail, de l'inhibition, de l'élaboration des informations, de la PD implicite ou explicite, de la TDE affective et cognitive, surtout de deuxième ordre, chez la personne âgée.

Concernant les niveaux d'autonomie et de qualité de vie, les rares études qui se sont

intéressées à des aspects personnels, sociaux, ou psychoaffectifs, montrent une diminution de l'autonomie instrumentale et de la qualité de vie avec l'avancée en âge, au moyen d'outils toujours différents. En général, les aînés qui n'effectuent pas d'activité physique et qui ont une faible participation sociale semblent avoir tendance à s'isoler, à être dépressifs (rappel constant des moments passés, sentiment d'inutilité, absence d'intérêt envers des projets futurs) et plus anxieux (incertitude envers l'avenir), par rapport aux personnes souvent de bonne humeur et socialement actives (Alexandre et al., 2009 ; Raymond et al., 2008).

Quelques études ont montré des liens entre l'autonomie des personnes âgées dans les AVQ et leurs FE, entre ces dernières et les capacités de TDE. Considérant le rôle crucial joué par ces habiletés dans l'instauration de liens sociaux de qualité, il nous a semblé pertinent d'étudier l'association pouvant exister entre le fonctionnement cognitif frontal des SA et la perception qu'ils avaient d'eux-mêmes, de leur style de vie ainsi que de leurs relations interpersonnelles, familiales et amicales.

Dans les sections suivantes, nous proposons une synthèse des résultats issus de notre étude. Nous tenons à préciser que l'un des aspects souvent négligés dans les études transversales est la période historique et le contexte socio-économique dans lesquels chaque participant est né et a grandi. Nous faisons ici référence à l'impact que peuvent, par exemple, avoir eu les lois en vigueur il y a 30 ou 60 ans sur la vie des participants âgés (e.g., dernier diplôme obtenu, type de formations suivies).

Malgré l'écart observé entre le niveau scolaire des 3 groupes de participants à notre étude, les données recueillies n'ont pas permis de montrer des différences significatives au niveau du QI verbal (test post-hoc). Toutefois, les SA obtiennent des scores plus élevés au test évaluant ces habiletés par rapport aux autres participants. Ce résultat est probablement dû aux connaissances acquises par les aînés en tant qu'autodidactes, aux professions connues (emplois demandant des compétences spécifiques) et aux lectures faites au cours de leur vie, qui ont contribué à enrichir leur vocabulaire. Les expériences vécues par chacun (e.g., deuil, situations particulièrement stressantes) ont aussi pu déterminer la grande variabilité interindividuelle observée dans les différentes tâches proposées, confirmant les résultats d'études précédentes (Denburg et al., 2005 ; Sylvain-Roy, 2013).

Nous aurions pu appairer nos 3 groupes de participants jeunes, âgés et très âgés sur la base de leurs années d'étude, mais nous aurions probablement constitué des échantillons qui n'étaient pas représentatifs de la population générale. Actuellement, en France, la plupart des personnes âgées entre 20 et 40 ans ont obtenu leur baccalauréat et sont inscrites à l'Université ou ont obtenu un diplôme de niveau supérieur. Seulement une



partie des personnes âgées entre 65 et 80 ans ont pu fréquenter un Lycée ou une Université, très peu de personnes âgées de 80 ans et plus ont pu avoir leur brevet et fréquenter un Lycée, encore moins une Université.

Les résultats obtenus montrent que les processus élémentaires constituant chaque système frontal ne sont pas tous perturbés avec l'avancée en âge, certains le sont plus que d'autres. En outre, les liens observés entre les performances de nos participants à des épreuves différentes ne font que confirmer l'implication de plusieurs processus dans une même tâche, l'existence d'interconnexions fonctionnelles et la complexité qui caractérise les lobes frontaux. Nous avons également pu montrer quelques associations significatives entre certaines habiletés frontales, l'autonomie et la qualité de vie chez les aînés.

## 12.1 Vieillesse normale des fonctions frontales

À partir de nos données, nous pouvons affirmer que le vieillissement normal est caractérisé par une diminution du niveau d'autonomie instrumentale et cognitif (surtout au niveau frontal). Un certain nombre d'habiletés seraient préservées, telles que les capacités de lecture, de fluence verbale sémantique (nombre de mots évoqués durant les premières 15s et d'erreurs commises) ainsi que d'apprentissage d'une liste de 16 mots. Les scores obtenus par tous les sujets au DEX ont également été similaires. Aucune différence significative n'a été observée entre les performances des 3 groupes de participants à ces épreuves.

Les performances des participants âgés ne se différencient pas de celles des SJ dans les tâches impliquant une certaine flexibilité spontanée, comme dans les tests de fluence verbale littérale (15s, 60s, 120s) et sémantique (120s). Ces sujets présentent des capacités de mémoire épisodique et de travail suffisantes pour rappeler une liste de 16 mots (associés à une catégorie sémantique spécifique en phase d'apprentissage), tant dans le court que dans le long terme. Les STA, outre des performances affaiblies dans les tâches ci-dessus, présentent également une détérioration significative de leurs capacités de PD implicite et de TDE, tant de premier que de deuxième ordre (temps de réalisation) par rapport aux autres participants. Ces sujets âgés de 80 ans et plus ont aussi réalisé un nombre supérieur d'erreurs, par rapport aux autres participants, dans la tâche neutre du TOM-15, évaluant leur compréhension des histoires proposées dans les 2 parties expérimentales de la même épreuve.

En outre, nos données montrent que les capacités de dénomination et d'interférence sont préservées jusqu'à un âge avancé (79 ans). Des résultats similaires ont été obtenus

grâce aux différents tests de TR proposés, évaluant les processus d'énergisation, de contrôle et d'inhibition (nombre d'erreurs).

D'autres capacités se détérioreraient avec l'avancée en âge, mais resteraient relativement stables après 65 ans. Nous faisons ici référence à la fluence verbale sémantique, à la PD en situation de risque explicite, à la TDE cognitive de premier ordre, aux persévérations de la réponse précédente, au temps de réalisation de la tâche de dénomination et de tous les tests de TR (sauf pour le maintien d'un rythme donné). Les SA et STA ont également été moins performants que les participants jeunes dans les tests de détection des situations de coopération ainsi que mixtes, ces dernières impliquant la coopération et la tromperie, dans des situations d'interaction sociale proposées sous forme de dessins.

Les processus de flexibilité mentale et de mémoire de travail, de détection de la tromperie, de TDE cognitive de deuxième ordre et affective semblent subir une détérioration progressive (SJ > SA > STA). Le temps nécessaire à la réalisation de la tâche contrôle de FC, d'interférence du Stroop test, du test de classement de cartes ainsi que de celui de détection de la tromperie augmente aussi avec l'avancée en âge. Ces résultats suggèrent la présence de changements au niveau des régions frontales dorsolatérales, médianes et orbitofrontales (Stuss et al., 2000 ; voir aussi Moran et al., 2012 ; Stuss, 2008).

Nos données permettent de confirmer l'hypothèse selon laquelle le vieillissement normal serait caractérisé par une perturbation des capacités d'énergisation, donc par une réduction de la vitesse de traitement des informations, tel que montré par Salthouse (1996). Une détérioration des FE (e.g., flexibilité, mémoire de travail, raisonnement) a également été mise en évidence chez les aînés, comme observé par d'autres auteurs (Collette & Salmon, 2014 ; Elderkin-Thompson, Ballmaier, Hellemann, Pham, & Kumar, 2008 ; Glisky, 2007 ; Sylvain-Roy, 2013) ainsi qu'une perturbation de leur mémoire épisodique (Fleischman, Wilson, Gabrieli, Bienias, & Bennett, 2004). En effet, les participants très âgés ont été moins performants que les SJ et SA dans les tests de fluence verbale littérale, de reconnaissance et de rappel d'une liste de mots ainsi que dans la condition de dénomination du test de Stroop.

L'étude de profils effectuée nous a permis de mettre en évidence 3 profils frontaux distincts pour chaque groupe de participants, sur la base des performances individuelles aux tâches évaluant les 4 fonctions frontales évaluées (calcul de 4 scores composites). L'un des rares travaux qui ont réalisé ce type d'analyse est celui de Sylvain-Roy (2013) qui a montré l'existence de 3 profils cognitifs différents (bonnes, moyennes et mauvaises performances des sujets), au cours du vieillissement normal, pour ce qui concerne les processus exécutifs de flexibilité, de mise à jour et d'inhibition. Cependant, si dans cette

étude le processus qui permettait de bien discriminer les 3 profils était l'inhibition, dans la nôtre, cela semble être la PD.

Par la suite, nous proposons une brève discussion des résultats obtenus pour chacune des 4 habiletés cognitives étudiées (pour plus de détails, nous renvoyons aux discussions des chapitres précédents).

### **Capacités exécutives**

Comme proposé par Stuss (2011), nous avons considéré les performances des sujets durant les premières 15s/60s des tâches de fluence verbale littérale et sémantique comme l'un des indices des FE. Nos résultats, présentés dans les Chapitres 5 et 7, confirment l'utilité de ce type d'analyse, car les performances des participants âgés ont subi des modifications au cours de cette épreuve. Les SA ont été plus performants que les STA lors de la tâche de fluence verbale littérale et moins performants que les SJ en fluence verbale sémantique, cela après les premières 15s. Ce résultat montre que les processus exécutifs et d'énergisation impliqués dans ce test subissent des changements avec l'avancée en âge. Nos données permettent ainsi de confirmer partiellement celles présentées par Henry et Phillips (2006) et Troyer et al. (1997), qui avaient montré une détérioration des capacités des aînés en fluence verbale sémantique. Toutefois, Henry et Phillips (2006) avaient aussi observé la présence d'un nombre plus élevé d'erreurs chez les SA dans ces tâches et une amélioration des capacités des mêmes sujets en fluence verbale littérale, résultats que nous n'avons pas pu confirmer.

Les résultats obtenus pour les autres processus exécutifs étudiés ont mis en évidence une perturbation des capacités d'inhibition, de flexibilité, de maintien et de contrôle dans le vieillissement normal. Ces observations vont dans le même sens que celles présentées par Sylvain-Roy et al. (2015), Etienne et al. (2008), MacPherson et al. (2002) et Vaportzis et al. (2013), ayant montré une détérioration de ces habiletés au cours du troisième âge. Toutefois, les performances des aînés que nous avons rencontrés étaient perturbées davantage après 80 ans. Le processus exécutif qui semble avoir subi le plus de modifications chez nos participants est la flexibilité globale, c'est-à-dire l'habileté à maintenir et à sélectionner en mémoire de travail 2 (ou plusieurs) plans mentaux, comme proposé par Collette et Salmon (2014), Harada et al. (2013).

### **Capacités de PD**

Selon Brand et al. (2007), dans l'IGT, les sujets ne doivent prendre de décisions en situation ambiguë que pendant les 40 premiers tirages de cartes. Notre choix de

proposer une version écourtée à 50 tirages de cartes plutôt qu'à 100 tirages s'appuie sur ces résultats. Une fois que le sujet a compris les règles sous-tendant l'épreuve, il impliquerait des processus de PD sous risque explicite pour la compléter. Nous avons ainsi proposé une autre tâche de PD, basée sur 50 lancers de dé, pour évaluer plus précisément cette deuxième composante de la PD. Notre étude montre que ces habiletés complexes et évolutives (PD sous risque implicite et explicite) sont susceptibles de perturbations lors du vieillissement normal, confirmant les observations de Jacus et al. (2012). Cela est probablement dû au fait que cette faculté repose sur des régions cérébrales qui se modifient avec l'avancée en âge.

Denburg et al. (2005) montrent qu'environ un tiers des personnes âgées rencontrées dans le cadre de leur travail de recherche n'ont pas réussi à modifier leurs choix de manière à maximiser leurs gains (performances similaires à celles des patients ayant des lésions cérébrales ventromédianes). En revanche, environ la moitié des participants âgés ont eu des performances similaires à celles des SJ. Les données issues de notre étude de profils vont partiellement dans le même sens. Plus précisément, nous avons distingué 3 profils, pour ce qui concerne la réalisation de l'IGT et du GDT, et cela pour chaque groupe de participants. Une partie des sujets a présenté de bonnes performances, une autre partie de mauvaises performances et une autre partie des performances moyennes, par rapport au reste de chaque échantillon. Un certain nombre de SA ont obtenu des scores supérieurs à ceux obtenus par d'autres participants du même âge, ou plus jeunes. Cependant, les personnes âgées et très âgées ont globalement obtenu des scores inférieurs à ceux des SJ, surtout dans le test de PD explicite.

Considérant que les SJ ont aussi réalisé beaucoup d'erreurs à ces tests, nous ne pouvons pas confirmer l'hypothèse de Maia et McClelland (2004), selon laquelle les SJ auraient une connaissance préalable des stratégies avantageuses à mettre en place dans l'IGT, leur permettant de réaliser correctement la tâche. Les comparaisons intergroupes que nous avons réalisées à partir des scores obtenus par les participants tous les 10 tirages de cartes n'ont pas mis en évidence de différences significatives entre les performances des SJ, SA et STA pour cette tâche. Nos résultats vont dans le même sens que ceux de Dror et al. (1998) et de MacPherson et al. (2002), selon lesquels la capacité à prendre des décisions sous risque serait préservée avec l'avancée en âge, même si les stratégies utilisées par les SJ et SA dans l'IGT diffèrent (Wood et al., 2005 ; Zamarian et al., 2008).

Nos résultats confirment partiellement ceux présentés par Fein et al. (2007), Deakin et al. (2004) et Zamarian et al. (2008), car selon ces auteurs il est possible d'observer une détérioration des capacités décisionnelles sous ambiguïté avant 80 ans. Nos données

laissent penser que la capacité à prendre des décisions en situation de risque implicite, reliée au versant ventral du cortex préfrontal, ne se détériorerait pas progressivement après 65 ans, mais qu'au contraire, elle resterait stable au cours du vieillissement normal (différence observée entre les performances des SJ et celles des STA). Cela ne semble pas être vrai pour la capacité de PD sous risque explicite, sous-tendue par le versant dorsolatéral du cortex préfrontal. En effet, les performances des SJ, dans cette dernière tâche, ont été meilleures par rapport à celles des aînés (net scores totaux), surtout lors des 20 premiers lancers de dé. L'habileté à analyser les risques liés à un choix (par exemple, à travers un calcul probabiliste) semble donc subir des perturbations avec l'avancée en âge.

### Capacité d'AP

En s'appuyant sur les résultats obtenus par Stuss et Alexander (2007), nous avons évalué le processus d'énergisation au moyen de tâches demandant un certain niveau d'AP et de rapidité : dernières 45s/60s des tests de fluence verbale littérale et sémantique, une tâche d'interférence et différentes épreuves informatisées de TR. Les STA ont globalement été moins performants que les participants jeunes et âgés dans les tests de fluence verbale et d'interférence, impliquant des processus d'énergisation et d'inhibition. Ces observations ne vont pas dans le même sens que celles de Sylvain-Roy et al. (2015) et de Etienne et al. (2008), car le processus d'inhibition ne se détériorerait pas après 65 ans, mais plutôt à partir de 80 ans. En revanche, la vitesse de traitement des informations semble se perturber au cours du troisième âge et rester relativement stable dans le quatrième âge, confirmant les résultats présentés par Kerchner et al. (2012), Salthouse (1996), Vaportzis et al. (2013).

Si nous prenons en considération les performances obtenues aux tests *easy choice* et *prepare*, nos résultats montrent que les participants âgés n'ont pas bénéficié de la présence de l'indice sonore, suggérant l'existence de modifications dans les régions frontales médianes supérieures (Stuss et al., 2005). En effet, chaque participant a eu besoin d'un temps similaire pour appuyer sur le clavier au moment de l'apparition de la cible (triangle noir dans le premier test et rond noir dans le deuxième), et cela dans les 2 tâches. Nous faisons l'hypothèse qu'une réduction de la durée des intervalles interstimuli dans le test *prepare*, de 3s à 1s entre la survenue du son (beep) et l'apparition de la cible (rond noir), aurait pu être plus efficace auprès d'une population vieillissante. Il est possible que les SA aient eu des difficultés à maintenir ce type d'information en mémoire pendant quelques secondes, les empêchant d'anticiper une réponse motrice.

Certaines personnes âgées utilisaient souvent un ordinateur, d'autres rarement, toutes

ont été capables de réaliser les tâches informatisées proposées, malgré les erreurs effectuées par les aînés dans les tests les plus complexes. En ce qui concerne le choix des épreuves qui constituent la batterie informatisée ARTIST, nous croyons avoir sélectionné les 6 tests les plus appropriés pour l'évaluation des processus d'énergisation, d'inhibition et de contrôle chez nos participants. Cependant, après avoir proposé les tests choisis (*simple, easy choice, prepare, complex choice, tap* et *no-go*), nous pensons qu'il serait intéressant d'ajouter à notre batterie un test, appelé *concentrate*. Cette tâche informatisée de TR, présente dans la ROBBIA, demande une concentration majeure par rapport aux autres tests proposés et implique les processus d'énergisation et d'attention soutenue grâce à la présentation visuelle rapide de 500 items. Les résultats obtenus par Stuss (2008) montrent que les sujets présentant des lésions médianes supérieures sont significativement moins performants que les autres patients frontaux à ce test. Il est donc possible qu'une perturbation des performances des SA au test *concentrate* serait associée à des modifications observées au niveau morphologique dans les mêmes régions cérébrales.

### Capacités MC

En ce qui concerne les capacités MC, il semblerait que la TDE affective et la TDE cognitive de deuxième ordre soient particulièrement touchées au cours du vieillissement normal, puisque les performances des personnes âgées rencontrées déclinent progressivement ( $SJ > SA > STA$ ) dans les tâches censées mesurer ces habiletés (RME, test de FC). Nos résultats confirment ceux de Slessor et al. (2007), selon lesquels la capacité des aînés à "lire" les émotions éprouvées par autrui, à travers des photographies de regards en noir et blanc, subit une forte détérioration avec l'avancée en âge.

Concernant la TDE cognitive, Desgranges et al. (2012) et Kemp et al. (2012) avaient montré une certaine similarité entre les performances des SJ et celles des SA dans une tâche de FC de premier ordre et des performances détériorées chez les aînés dans une tâche de deuxième ordre. Nos résultats confirment partiellement ces observations car il semblerait que les capacités de TDE cognitive de premier ordre soient perturbées à partir de 65 ans et qu'elles restent stables après 80 ans. En revanche, la TDE cognitive de deuxième ordre ainsi que les capacités à détecter des situations de tromperie se détérioreraient après 65 ans, pour décliner encore plus dans le grand âge. Nous avons ainsi pu confirmer les données d'études précédentes, effectuées par Bottiroli et al. (2016), Charlton et al. (2009), Maylor et al. (2002), Moran et al. (2012), pour ce qui concerne l'évolution de la TDE cognitive, par Cabinio et al. (2015), Bailey et Henry (2008), pour ce qui concerne le vieillissement normal de la TDE affective. D'un point de vue fonctionnel, une perturbation

de la capacité à détecter la tromperie peut être associée à des modifications du cortex préfrontal ventromédian (Asp et al., 2012; Stuss et al., 2001).

Nous tenons à préciser que notre tâche de tromperie-coopération a permis d'effectuer une analyse plus fine des habiletés MC grâce aux différentes situations proposées, impliquant une tromperie et/ou une coopération entre 2 ou 3 personnages, ainsi qu'aux questions évaluant la compréhension des histoires, les FC de premier, de deuxième et de troisième ordre (voir l'Annexe 3). Toutefois, l'utilisation de cette épreuve a rendu difficile la comparaison de nos données avec celles d'autres études. Nous faisons ici référence à la nature de la tâche (papier-crayon), des situations d'interaction sociale choisies et de l'âge des personnages dessinés pour chaque histoire. Dans un travail de recherche réalisé par Debey, De Schryver, Logan, Suchotzki, et Verschuere (2015), les auteurs ont étudié la tromperie (détection de la mensonge) dans une perspective *lifespan* (évaluation tout au long de la vie), en montrant une détérioration de cette habileté chez les participants âgés. Nos données confirment les résultats de Debey et al. (2015). Toutefois, ces auteurs ont utilisé un questionnaire constitué de 30 questions évaluant la connaissance générale de différentes situations de tromperie.

Dans l'épreuve de tromperie utilisée par Stuss et al. (2001), 2 tasses et une pièce de 25 centimes étaient utilisés. À chaque essai (14 totaux), l'assistant de l'expérimentateur pointait la tasse vide. En effet, l'assistant voyait ce que l'examineur faisait et cachait la pièce, le rideau s'ouvrait et, à ce moment là, il pointait la tasse dans laquelle il n'y avait pas de cible (balle). Le sujet devait pointer la tasse que, à son avis, contenait la balle. En cas de réponse correcte, il recevait une récompense (pièce). En cas de réponse erronée, c'était l'assistant qui recevait la pièce. Cette tâche avait comme objectif d'évaluer l'habileté des sujets à détecter la tromperie, mais la nature de cette épreuve ainsi que le matériel utilisé différent de ceux caractérisant notre tâche de tromperie.

L'évaluation de la conscience de soi effectuée chez tous nos participants a permis d'obtenir des informations supplémentaires sur les capacités MC, dont la capacité d'inférer des états mentaux et affectifs à soi-même. Cependant, les études effectuées au cours de ces dernières années montrent que, d'un point de vue fonctionnel, les régions cérébrales sous-tendant la conscience autoconsciente et la TDE seraient multiples et se superposeraient partiellement. Plus précisément, les régions préfrontales médianes et le précuneus seraient recrutés tant dans des tâches de TDE (e.g., FC) que dans celles impliquant une introspection (Saxe, Moran, Scholz, & Gabrieli, 2006). La réalisation des épreuves de TDE serait possible aussi grâce au recrutement des régions temporo-pariétales (Duval, Piolino, Bejanin, Laisney, et al., 2011). Ces habiletés cognitives n'impliqueraient donc pas

exclusivement les régions frontales polaires, comme suggéré par Stuss (2008).

Pour résumer, les résultats que nous avons présentés dans le présent manuscrit montrent les difficultés qu'une personne âgée pourrait rencontrer pendant la réalisation de tâches plus ou moins complexes, qui lui demandent d'être rapide et concentrée, ou nécessitent d'un certain degré d'analyse. La PD (risques connus), la TDE cognitive de premier ordre et la compréhension de situations de coopération semblent se détériorer à partir de 65 ans et rester stables au cours du vieillissement normal. La vitesse de traitement des informations, le niveau frontal global, la TDE affective et cognitive de deuxième ordre, la détection de la tromperie ainsi que les processus qui sont impliqués dans le test de classement de cartes (mémoire de travail, flexibilité, inhibition, anticipation) semblent subir un déclin progressif avec l'avancée en âge, après 65 ans, mais plus particulièrement après 80 ans.

À partir de ces observations, ainsi que du modèle neuroanatomique de Stuss (2008), nous suggérons l'existence d'une altération de certaines structures préfrontales (régions dorsolatérales droites, orbitaires et médianes supérieures) à partir de 65 ans. Ces régions cérébrales ainsi que les régions ventromédianes subiraient des modifications davantage au-delà de 80 ans.

Dans la section suivante, nous proposons une synthèse des résultats concernant les liens existant entre les fonctions frontales étudiées et différents aspects relatifs à la sphère personnelle (autonomie de base, instrumentale et sociale), sociale (qualité de vie) et psychoaffective (niveau de dépression et d'anxiété) de nos participants.

## **12.2 Liens entre vieillissement cognitif, aspects psychoaffectifs, autonomie et qualité de vie**

Comme nous l'avons déjà souligné, le cortex préfrontal supporte plusieurs types d'habiletés cognitives permettant d'analyser des situations plus ou moins complexes et nouvelles, de prendre des décisions sur la base des expériences vécues et d'adapter son propre comportement au contexte, en fonction des conséquences de ses propres actions ainsi que de celles d'autrui (en situation d'interaction sociale). Nous avons ainsi fait l'hypothèse d'un possible lien existant entre chaque système frontal étudié et le niveau d'autonomie, entre le fonctionnement frontal et la qualité de vie.

Les résultats que nous avons obtenus confirment en partie notre hypothèse de départ ainsi que les données d'études précédentes (e.g., Cahn-Weiner et al., 2007 ; Vaughan & Giovanello, 2010), car le niveau d'autonomie des participants âgés et très âgés semblent



être associé à plusieurs processus cognitifs (énergisation, maintien, contrôle et inhibition), sans qu'un lien de cause à effet ne soit mis en évidence à travers les modèles de régression linéaire construits avec ces variables. Le niveau d'autonomie est lié à l'âge et aux années d'étude des SA, mais également à leurs capacités mnésiques dans le long terme. Nos données vont dans le même sens que celles présentées par Cahn-Weiner et al. (2007), qui avaient montré un lien significatif entre FE, volume de l'hippocampe et I-ADL. Chez les STA, l'autonomie sociale est liée à la capacité de détecter les situations de coopération.

Le niveau de qualité de vie corrèle avec certains processus exécutifs, dont la dénomination, mais aussi avec la PD en situation de risque explicite chez les SJ. Chez les SA, la qualité de vie est associée au fonctionnement frontal global, à la détection de la tromperie et de la coopération, ainsi qu'à la compréhension de textes écrits (FC). En outre, il existe un lien moyen négatif entre la qualité de vie des SA et STA et leur niveau de dépression, comme il avait déjà été montré par Alexandre et al. (2009). La présence de traits dépressifs (dans un cadre normal) corrèle également avec des processus d'autorégulation, d'énergisation et de mémoire chez les SA, confirmant les résultats présentés par Austin et al. (2001) et partiellement ceux de Purcell et al. (1997), qui avaient montré un lien entre dépression et vitesse motrice. Chez les STA, la dépression est liée à la PD et à la capacité de réaliser des tests de TR à choix. Elle est liée positivement au niveau d'anxiété chez les SA et STA.

Chez les SA, la présence de traits anxieux (dans un cadre normal) est associée à des processus d'énergisation, mnésiques et exécutifs (inhibition, difficultés rencontrées dans toutes les situations évoquées au moyen du DEX). Ces résultats confirment ceux d'études précédentes, qui avaient montré une association entre anxiété et processus de contrôle attentionnel et d'inhibition (e.g., Emerson et al., 2005; Eysenck et al., 2007), ainsi que de mémoire épisodique (Airaksinen et al., 2005). Le niveau d'anxiété est lié à l'autonomie de base et sociale des STA, ainsi qu'à leur capacité de réaliser une tâche de TR en présence d'indices sonores.

Comme nous l'avons vu, le niveau de qualité de vie semble avoir des liens avec certaines habiletés exécutives et MC. Plus précisément, la variabilité de la satisfaction générale de vie des SA serait expliquée à 39 % par la variabilité de ces 2 capacités frontales sous-tendues par les régions dorsolatérales et orbitofrontales. La variabilité des capacités MC expliquerait, à elle seule, 22 % de la variabilité du niveau de qualité de vie chez ces sujets. Autrement dit, la capacité à inférer des états mentaux et affectifs à soi-même et à autrui a un impact sur l'évaluation que le sujet fait de sa propre vie (état de santé, satisfaction professionnelle, relations interpersonnelles et création de nouveaux projets).

La variabilité de la qualité de vie ainsi que la présence de traits anxieux chez les SA auraient un impact de 28 % sur leur capacité d'AP. La satisfaction générale de vie et la préoccupation ressentie durant la réalisation d'une tâche ont donc un impact sur la performance du sujet pour ce qui concerne la vitesse de traitement des informations, qui est susceptible de se modifier après 65 ans.

Les difficultés rencontrées par les SJ et SA dans plusieurs situations de la vie (évoquées au moyen du DEX), semblent être associées à leurs âge et niveau scolaire, ainsi qu'avec le niveau de QI verbale chez les SA (DEX FE). En outre, chez les participants âgés et très âgés, il a également été possible de mettre en évidence des liens négatifs entre les modifications comportementales exécutives (DEX FE) et certains processus exécutifs et d'énergisation.

Ainsi, nous avons atteint notre objectif principal, en démontrant l'intérêt d'une analyse multidimensionnelle, aussi bien de la sphère cognitive que personnelle des sujets rencontrés, et en apportant de nouvelles connaissances sur le vieillissement normal des capacités frontales. Toutefois, notre travail de recherche n'est pas exempt de critiques qui peuvent être avancées sur le plan méthodologique et qui seront détaillées dans la section suivante.

### **12.3 Critiques méthodologiques**

Le vieillissement normal est caractérisé par un accroissement de la vulnérabilité et une réduction des capacités d'adaptation aux variations de l'environnement (P. B. Baltes, 1997 ; Lang et al., 2013). C'est pour cela que la première remarque à faire concerne la "fragilité" et la fatigabilité que les personnes âgées peuvent présenter, comme nous l'avons vu dans le deuxième chapitre du présent manuscrit. Ces facteurs pourraient avoir influencé les performances de nos participants, malgré notre effort dans le choix des tests et la durée de passation (pauses effectuées après la réalisation d'un certain nombre d'épreuves).

Concernant le test impliquant la reconnaissance des émotions par le regard (RME), il serait intéressant d'analyser de façon plus approfondie les résultats obtenus. Il pourrait, par exemple, exister une différence significative entre la reconnaissance des émotions dites "complexes" et celle des émotions "simples", ou de base, mais également entre la reconnaissance des émotions positives et celle des émotions négatives, chez les aînés. Cette hypothèse, que nous n'avons pas vérifiée dans le cadre de notre étude, s'appuie sur les données présentées par Duval, Piolino, Bejanin, Eustache, et Desgranges (2011) et par Ruffman, Henry, Livingstone, et Phillips (2008). Selon Duval, Piolino, Bejanin, Eustache, et Desgranges (2011), les personnes adultes et âgées reconnaîtraient plus facilement les

émotions de base telles que la joie, la colère ou la tristesse, que les émotions complexes (e.g., appréhension, désappointement) qui sont liées à un contexte particulier. Selon Ruffman et al. (2008), les émotions positives, comme la joie ou le désir, seraient mieux reconnues par rapport aux émotions négatives telles que la colère ou la tristesse (voir aussi Sullivan & Ruffman, 2004a).

Une autre critique qui peut être avancée à la présente étude, comme aux autres effectuées dans le même domaine, concerne la nature des épreuves choisies (informatisées, papier-crayon sous-forme de questionnaires, d'histoires et d'images), mais également leur caractère plus ou moins écologique. Par exemple, l'évaluation des capacités MC a été réalisée à travers des épreuves qui se basent sur des dessins en couleurs et des questions plus ou moins longues et complexes (TOM-15 et MPS-TOMQ), sur plusieurs histoires, sur des photographies en noir et blanc (RME) ainsi que sur un test présentant une seule question ouverte (« Qui suis-je ? »). La réussite de ces épreuves dépend probablement de l'intégrité de différentes habiletés (Henry, Phillips, Ruffman, & Bailey, 2013 ; Ziaei & Fischer, 2016), comme la compréhension écrite et orale de textes, des bonnes capacités visuo-spatiales et attentionnelles. Il est évident qu'une évaluation écologique des fonctions MC devrait être réalisée au moyen de situations d'interaction sociale réelles, qui pourraient toutefois introduire des variables non contrôlées.

Le choix des tests est fondamental. À ce propos, Henry et al. (2015) soulignent que les tâches MC doivent représenter au mieux la façon dont les individus détectent et infèrent les états mentaux et affectifs d'autrui au quotidien. En effet, lorsque les personnes analysent une situation donnée et interprètent des états émotionnels, elles ne dénomment pas toujours l'émotion ressentie. De plus, les sujets ne doivent pas choisir le nom d'une émotion parmi plusieurs, sur la base d'une liste fournie par une tierce personne, tâche qui impliquerait des processus cognitifs conscients. Il est vrai aussi qu'un individu ne réagit pas aux stimuli de la même façon lorsqu'il se trouve dans un contexte expérimental ou en présence d'amis et/ou de membres de sa famille (interactions sociales plus spontanées).

Outre à la sphère cognitive, nous nous sommes intéressés à la sphère personnelle, sociale et psychoaffective des aînés rencontrés. Par conséquent, nous n'avons pas pu effectuer de comparaisons intergroupes (SJ/SA/STA) pour ce qui concerne des aspects cruciaux tels que la présence de traits dépressifs et/ou anxieux. Nous aurions peut-être dû proposer aux SJ des échelles ou des questionnaires évaluant leur niveau psychoaffectif, afin d'analyser les liens potentiels entre ces facteurs et les performances dans les tâches frontales pour ce groupe de participants.

Un autre aspect à ne pas négliger est le fait que les participants étaient tous des

volontaires motivés et intéressés par l'expérience proposée car sensibles au sujet de la prévention et de la recherche dans le vieillissement normal. Ils étaient assez autonomes et socialement actifs : ils aimaient bien sortir, aller au cinéma, au restaurant, se promener, faire des activités physiques au moins une fois par semaine. Cela pourrait constituer un biais de notre travail, car seulement une partie de la population d'intérêt présente un état physique, mental et socio-économique global de ce type ainsi qu'une qualité de vie satisfaisante. Si les SA et STA rencontrés ne sont pas représentatifs de la population générale, les résultats montrent néanmoins des différences entre les groupes, ce qui suggère que ces différences pourraient s'amplifier dans la population générale. Des sujets stimulés d'un point de vue affectif, social, physique et cognitif auraient dû bénéficier d'une "protection" contre la détérioration cognitive, fréquemment associée à l'avancée en âge (Sofi et al., 2011), mais nos résultats suggèrent plutôt qu'une participation sociale active n'est pas suffisante. Elle peut aider à augmenter le niveau de bien-être chez les aînés, sans pour autant éviter ou stopper la survenue de modifications frontales chez ces sujets.

L'un des objectifs des chercheurs et des professionnels qui travaillent auprès de personnes âgées est de proposer des activités et des exercices adaptés, s'appuyant sur les intérêts des aînés et impliquant les capacités cognitives qui semblent préservées. Cela pourrait réduire le plus possible les difficultés qu'ils rencontrent au quotidien.

Les clubs seniors, par exemple, s'ouvrent actuellement à des programmes d'entraînement cognitif permettant de sensibiliser le public à l'importance de l'exercice mental, outre à l'exercice physique. Ils proposent parfois des ateliers sur la mémoire répondant aux exigences des personnes âgées, qui affirment, par exemple, oublier des événements récents, les noms de personnes rencontrées, ou encore où elles ont rangé un objet dans la maison. Dans ces ateliers, les professionnels font réaliser plusieurs exercices en groupe (e.g., lecture et rappel d'une histoire, mémorisation d'une liste de mots ou de courses à faire). Toutefois, il y a 2 considérations que nous pouvons faire à ce propos : 1. considérant que le niveau de difficulté des exercices choisis est le même pour tous les membres d'un groupe, certains d'entre eux s'isolent progressivement, ou décident de ne plus participer aux ateliers, car jugés trop compliqués et parfois inutiles. 2. Malgré les plaintes des aînés, notre étude montre que les SA en bonne santé peuvent présenter des changements cognitifs pas seulement au niveau mnésique, mais aussi au niveau exécutif, de PD et métacognitif. D'autres programmes d'entraînement physique, cognitif, ou mixte ont été ainsi développés par les chercheurs. Les exercices proposés dans des études récentes (Ball et al., 2002 ; Chapman et al., 2016 ; Colcombe & Kramer, 2003 ; Tusch et al., 2016) impliquent principalement des processus de mémoire épisodique verbale, de résolution de problèmes, de planification,

d'inhibition, de vitesse de traitement des informations, ainsi que des capacités visuo-spatiales. Une combinaison d'entraînements, cognitif et physique, est de plus en plus proposée par les professionnels aux personnes âgées et très âgées.

Nous proposons, par la suite, une conclusion générale et des ouvertures pour notre travail de recherche.

# Conclusions et perspectives futures

Les individus sont souvent amenés à résoudre des problèmes de caractère général, à prendre des décisions dans des situations familières ou nouvelles, riches de risques implicites et explicites. Vivant en société, ils doivent adapter leur comportement au contexte dans lequel ils se trouvent, respectant des normes sociales qui sont partagées par les membres de leur communauté, observant les interactions interpersonnelles et analysant les conséquences de leurs propres actions ainsi que de celles d'autrui.

Il est évident que le quotidien de chaque sujet est plus complexe que n'importe quelle situation expérimentale proposée. Toutefois, plus une situation implique de ressources mentales, ou cognitives, moins il est possible d'isoler chacun des processus activés, et donc d'évaluer la performance du sujet dans une tâche donnée (e.g., raisonnement effectué, type d'erreurs réalisées). Pour cette raison, nous avons sélectionné et rencontré nos participants dans un lieu calme et familier, le plus standardisé possible, pour la passation des tests neuropsychologiques.

Les épreuves utilisées ont été choisies sur la base de critères méthodologiques précis et, lorsqu'aucune des tâches existantes ne répondait à ces critères, nous en avons développées de nouvelles. Nous faisons notamment référence à la batterie de tests informatisés Attention : Reaction Time Investigation in Subsequent Tasks (ARTIST) et à la tâche de détection de la tromperie et de la coopération, que nous avons appelée Modified Picture Stories-TOM Questionnaire (MPS-TOMQ). Nous avons essayé de les adapter à notre population d'intérêt (e.g., dimension des figures et son choisi dans les tests de TR, âge des personnages dessinés dans le MPS-TOMQ, durée globale).

Les éléments originaux introduits dans ce travail de recherche ne représentent, à notre avis, que des points de départ vers de nouvelles études multidimensionnelles. Par exemple, il serait intéressant de poursuivre notre étude sur le vieillissement cognitif normal en ajoutant des données neuroanatomiques (mesures du volume cérébral) aux données comportementales relatives aux 4 systèmes frontaux pris en considération. Cela nous permettrait d'analyser les liens possibles entre les modifications observées sur le

plan cognitif et celles qui pourraient se présenter au niveau neuroanatomique chez la personne âgée en bonne santé. En effet, la perturbation d'un type spécifique de fonction cognitive pourrait être associée à la réduction du volume cérébral dans les régions qui la sous-tendraient (e.g., perturbation des FE en lien avec des changements dans les régions dorsolatérales du cortex préfrontal).

En outre, considérant que les systèmes frontaux étudiés sont interconnectés (Stuss et al., 2002), des modifications morphologiques dans une région frontale donnée pourraient être liées à une perturbation de différentes fonctions cognitives (e.g., réduction du volume cérébral au niveau du cortex ventromédian associée à une détérioration des capacités de PD ainsi que de TDE).

Il faudrait également prendre en considération l'épaisseur corticale des régions frontales. Cela permettrait, par exemple, de voir si une épaisseur corticale plus importante du cortex préfrontal latéral est associée à de meilleures capacités exécutives, comme proposé par Yuan et Raz (2014). De plus, Thambisetty et al. (2010) avaient mis en évidence une détérioration étendue de l'épaisseur corticale au cours du vieillissement normal, qui concernait surtout les régions frontales et pariétales gauches.

Dans les années à venir, il serait pertinent d'approfondir notre étude concernant les effets de l'âge sur le fonctionnement cognitif à travers une étude longitudinale, qui permettrait, plus qu'une étude transversale, de comprendre l'évolution des fonctions frontales dans le vieillissement normal. De plus, considérant que dans le cadre de notre étude nous n'avons pu inclure que 2 groupes de personnes âgées, en fonction de 2 tranches d'âge (65-79 ans et 80 et plus), il serait pertinent d'ajouter un troisième groupe constitué de sujets âgés de 90 ans et plus.

Plusieurs organismes sociaux commencent à s'intéresser aux problématiques liées au cinquième âge, car de plus en plus de personnes atteignent 95-100 ans sans subir de pertes significatives limitant leur autonomie, tant instrumentale que sociale (Balard, 2013). Ces personnes très âgées participent régulièrement aux activités proposées par des clubs seniors (e.g., jeux de cartes, yoga), ou par leurs proches (e.g., aller au restaurant, faire une promenade). Elles présentent un niveau de qualité de vie satisfaisant, surtout si elles sont entourées d'amis et de membres de leur famille.

À ce propos, nous pouvons faire l'hypothèse que des personnes âgées de 90 ans et plus en bonne santé, ne présentant pas de maladies chroniques neurologiques et/ou psychiatriques, pourraient avoir des performances similaires à celles des personnes âgées et très âgées dans certains tests évaluant les habiletés cristallisées (QI verbal préservé) et montrer un déclin progressif d'autres habiletés de niveau supérieur comme les capacités de flexibilité

mentale, d'inhibition, d'énergisation, de PD explicite, de détection de la tromperie ainsi que de TDE de deuxième ordre.

En introduction, nous avons proposé 2 types de perspective, l'une fondamentale et l'autre clinico-pratique, pour le présent travail de recherche. D'un point de vue théorique, nous avons décrit les modifications cognitives observées au niveau frontal chez nos participants âgés. Nous avons également créé 2 nouveaux outils d'évaluation, qui pourraient aider d'autres chercheurs à étudier les capacités de détection de la tromperie et de la coopération, les processus d'énergisation, de contrôle et d'inhibition, qui semblent être particulièrement sensibles au vieillissement cognitif normal. De plus, les résultats obtenus (différents profils frontaux mis en évidence) pourraient faciliter le développement de programmes d'entraînement cognitif plus adaptés, à proposer lors de séances individuelles ou de groupes, en fonction des habiletés qui sont perturbées et préservées au cours du vieillissement normal (De Beni & Borella, 2015). L'idéal serait de réaliser ces tâches en parallèle d'activités physiques et sociales, cela afin d'essayer de cumuler les effets positifs liés à différents domaines.

Il serait également intéressant d'étudier les effets, sur le long terme, d'un programme d'entraînement mixte auprès de 3 groupes de sujets âgés (65-75 ans, 76-85 ans, 86 ans et plus) en bonne santé. Un groupe contrôle de sujets "inactifs" pourrait aussi être constitué. Dans le cadre de ce programme, nous pourrions, par exemple, proposer 3 séances hebdomadaires d'une durée de 45-60 minutes chacune, pendant 6 mois. Une séance individuelle serait consacrée à l'entraînement de certaines capacités cognitives (raisonnement, flexibilité, planification, attention, inhibition, mémoire de travail et épisodique, association stimulus-choix-récompense, énergisation et métacognition) au moyen de tâches papier-crayon et informatisées. La deuxième séance devrait permettre aux sujets de faire une activité aérobie au choix entre marche nordique, natation, vélo et danse. La troisième séance serait consacrée à une activité de groupe au choix entre jeux de cartes, chorale, ateliers d'art et de langues. Ces séances pourraient avoir lieu dans un laboratoire de recherche, dans des salles aménagées en fonction de l'activité prévue. Elles devraient favoriser la participation sociale de la personne âgée, ainsi que l'implication de ses capacités frontales au quotidien. Une fois la période d'entraînement terminée, les 3 groupes expérimentaux (sujets "actifs") bénéficieraient de 4 sessions d'entraînement mixte après un an. Nous pouvons faire l'hypothèse que des effets positifs seraient observés (comparaison entre pré- et post-test) même après 2 ans, chez les personnes âgées et très âgées ayant participé à ce type de programme. À présent, de nombreuses études (e.g., Chapman et al., 2016; Colcombe & Kramer, 2003) confirment que la pratique régulière d'activités physiques et



mentales, ainsi qu'une participation sociale active, peuvent aider les personnes âgées à garder une certaine vitalité cognitive, favorisant le maintien d'un niveau d'autonomie et de qualité de vie satisfaisant.

# Annexe 1

## QUESTIONNAIRE DE SANTÉ

Date de naissance : ...

Niveau scolaire (diplôme le plus élevé obtenu) : ...

Profession : ...

### Questions

1. Comment jugez-vous votre état de santé général ? (Très bon A, B, C, D, E Très mauvais)
2. Comment jugez-vous votre état de santé général par rapport à une personne de votre entourage du même âge ? (Très bon A, B, C, D, E Très mauvais)
3. Prenez-vous régulièrement des médicaments ? Si oui, pour quelle(s) raison(s) ? Si oui, quel(s) médicament(s) prenez-vous ?
4. Avez-vous déjà souffert d'important(s) problème(s) de santé ? (e.g., cancer, épilepsie). Si oui, merci de bien vouloir préciser le(s)quel(s) en indiquant la date de survenue.
5. Avez-vous déjà subi une(des) opération(s) chirurgicale(s) ? Si oui, merci de bien vouloir préciser la(es)quelle(s) en indiquant la date (année). En avez-vous des séquelles ?
6. Avez-vous été hospitalisé(e) ? Si oui, merci de bien vouloir préciser pour quelle(s) raison(s) en indiquant la date (année).
7. Présentez-vous une de ces pathologies actuellement ? Diabète ? Cholestérol ? Anémie ? Hypertension artérielle (trop de tension) ? Hypotension artérielle (trop peu de

tension) ? Troubles respiratoires (angine de poitrine, asthme) ? Glaucome (pression dans les yeux) ? Troubles du sommeil (apnée, insomnie, hypersomnie) ? Avez-vous un appareillage spécifique pour ces troubles ? Thyroïde ? Une myopathie (maladie des muscles) ? Une myasthénie (faiblesse sévère des muscles) ? Autres (e.g., dépression, anxiété) ?

**8.** Portez-vous des lunettes ou des lentilles ? Un appareil auditif ?

**9.** Indiquez si l'une des affections suivantes a été diagnostiquées pendant votre enfance (diagnostic établi par une équipe médicale) : prématurité ou insuffisance cardio-respiratoire à la naissance, trouble d'apprentissage (e.g., dysphasie, dyslexie, dyspraxie, hyperactivité), épilepsie, traumatisme crânien, maladie génétique, autisme ou autre trouble envahissant du développement.

# Annexe 2

## ATTENTION : REACTION TIME INVESTIGATION IN SUBSEQUENT TASKS

L'expérimentateur décrit le matériel et ensuite dit : « Les épreuves que je vais vous proposer sont plus ou moins simples et demandent un certain niveau d'attention. Essayez donc de rester concentré(e) durant toute l'expérience ».

### Consignes

#### **SIMPLE : TR Visuel Centré**

« Un triangle noir va apparaître au centre de l'écran. Appuyez le plus rapidement possible sur le bouton-réponse (montrer la touche du clavier) dès que vous le voyez ».

« Afin de vous familiariser avec la tâche, vos premières 4 réponses ne seront pas prises en compte (4 essais) ».

#### **CHOICE : TR Visuel Centré avec 3 distracteurs (2 boutons)**

« Des figures géométriques vont apparaître au centre de l'écran. Appuyez le plus rapidement possible sur le bouton à droite (montrer la touche du clavier) lorsqu'une croix noire apparaît. Appuyez sur le bouton à gauche (montrer la touche du clavier) lorsqu'un carré, ou un cercle, ou un triangle noirs apparaissent ».

« Afin de vous familiariser avec la tâche, vos premières 4 réponses ne seront pas prises en compte (4 essais) ».

#### **PREPARE : TR Mixte Visuel Centré + Auditif avec distracteurs (2 boutons)**

« Comme dans l'épreuve précédente, des figures géométriques vont apparaître au centre de l'écran. Appuyez le plus rapidement possible sur le bouton à droite (montrer la touche du clavier) lorsqu'un cercle noir apparaît. Appuyez sur le bouton à gauche (montrer la touche du clavier) lorsqu'un carré, ou une croix, ou un triangle noirs apparaissent.

L'apparition du cercle noir sera toujours précédée d'un son émis par l'ordinateur. Attendez de voir apparaître la figure avant d'appuyer sur le bouton-réponse ».

« Afin de vous familiariser avec la tâche, vos premières 4 réponses ne seront pas prises en compte (4 essais) ».

### **COMPLEX : TR Visuel Centré (intégration de 3 caractéristiques)**

« Vous allez voir apparaître, au centre de l'écran, des figures géométriques caractérisées par de couleurs, formes et orientation de lignes différentes. Appuyez le plus rapidement possible sur le bouton-réponse (montrer la touche du clavier) dès que vous voyez un carré bleu présentant des lignes en oblique ».

« Afin de vous familiariser avec la tâche, vos premières 4 réponses ne seront pas prises en compte (4 essais) ».

### **TAP : TR Auditif**

« Appuyez le plus rapidement possible sur le bouton-réponse (montrer la touche du clavier) chaque fois que le métronome (montrer l'instrument) émet un son. À un moment donné (après 25 beep), je vous demanderai de continuer à appuyer sur ce bouton, en absence d'indice sonore. Vous essayerez de garder le même rythme ».

« Afin de vous familiariser avec la tâche, vos premières 2 réponses pour chaque condition de réalisation ne seront pas prises en compte (4 essais) ».

### **NO-GO : TR Simple Binaire (1 cible, 3 distracteurs - 3 cibles, 1 distracteur)**

**Première partie de l'épreuve :** « Quatre lettres vont apparaître au centre de l'écran : A, B, C, D. Appuyez le plus rapidement possible sur le bouton-réponse (montrer la touche du clavier) lorsque la lettre A apparaît. N'appuyez pas à l'apparition des autres lettres ».

« Afin de vous familiariser avec la tâche, vos premières 2 réponses ne seront pas prises en compte (2 essais) ».

**Deuxième partie de l'épreuve :** « Maintenant, je vous demande d'appuyer le plus rapidement possible sur le bouton-réponse (montrer la touche du clavier) lorsque la lettre B, ou la lettre C, ou la lettre D apparaissent. N'appuyez pas à l'apparition de la lettre A ».

« Afin de vous familiariser avec la tâche, vos premières 2 réponses ne seront pas prises en compte (2 essais) ».

## Recueil informatisé des données

La réalisation d'une de ces tâches de TR comporte la création automatique d'un fichier en format *.txt* qui prend le nom du subtest réalisé et du numéro attribué à chaque participant.

Le contenu de ce fichier varie en fonction de la tâche. Il sera ainsi caractérisé de 1 à 6 colonnes de données, chacune correspondante à une variable spécifique, telle que le TR en ms, l'item présenté, le nombre et le type d'erreurs commises, ou encore la condition de réalisation de la tâche. Par exemple, si le sujet appuie sur une autre touche du clavier, par rapport à celle indiquée dans la consigne, ou entre la présentation de 2 items, ces réponses sont comptabilisées comme des erreurs.



# Annexe 3

## MODIFIED PICTURE STORIES - TOM QUESTIONNAIRE

Dessins au crayon réalisés par Cristina Calso

L'une des histoires impliquant une **tromperie** est celle intitulée "insecte dans le sac", dont la séquence correcte est indiquée par le mot SACK (score : max. 6). À titre d'exemple, nous indiquons ici les questions que nous avons posées aux participants afin d'évaluer leur niveau d'analyse et de compréhension de cette histoire (score : max. 5).

**2a)** Qu'est-ce que la personne habillée d'un t-shirt bleu croit qu'il y ait dans le sac (pointant la deuxième image) ?

Réponse correcte (**fausse croyance**) : Cadeau, don, fleurs (insecte, c'est incorrect).

**2b)** Qu'est-ce qu'il y a dans le sac (pointant la deuxième image) ?

Réponse correcte (**réalité**) : Guêpe, abeille, insecte, petite bête.

**2c)** Qu'est-ce que la personne habillée d'un t-shirt bleu croit que la personne habillée d'un t-shirt orange entend faire (pointant la deuxième image) ?

Réponse correcte (**deuxième ordre de fausse croyance**) : Lui offrir un cadeau, lui donner quelques choses.

**2d)** Qu'est-ce que la personne habillée d'un t-shirt orange suppose que la personne habillée d'un t-shirt bleu croit, par rapport à ses (t-shirt orange) intentions (pointant la deuxième image) ?

Réponse correcte (**troisième ordre de fausse croyance**) : Lui offrir un cadeau.

**2e)** Qu'est-ce que vous pensez que la personne habillée d'un t-shirt orange entend faire (toute l'histoire) ?

Réponse correcte (**tromperie**) : Lui faire peur, l'effrayer, le choquer.

L'une des histoires impliquant une **situation de coopération** entre 2 personnages est celle intitulée "sur le mur", dont la séquence correcte est indiquée par le mot JAIL



(score : max. 6). Les questions concernant cette histoire sont les suivantes (score : max. 2) :

**4a)** Qu'est-ce que la personne chauve pense que l'autre personne entend faire (pointant la première image) ?

Réponse correcte (**deuxième ordre de croyance**) : Grimper sur le mur ou s'évader de prison.

**4b)** Qu'est-ce que la personne chauve s'attend de l'autre personne (pointant la troisième image) ?

Réponse correcte (**réciprocité**) : L'arrêter ou l'aider à grimper sur le mur.

# Annexe 4

ARTICLE ORIGINAL



# Étude des fonctions frontales dans le vieillissement cognitif normal

## *Study of frontal lobe functions in normal aging*

Cristina Calso<sup>1</sup>, Jérémy Besnard<sup>1</sup>, Cosimo Calò<sup>2</sup>, Philippe Allain<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup> Université d'Angers, Laboratoire de psychologie des Pays-de-Loire (EA 4638), Maison des sciences humaines, 5 bis, boulevard Lavoisier, 49045 Angers cedex 01, France <crisrina.calso@etud.univ-angers.fr>

<sup>2</sup> Institut Mines-Télécom/Télécom SudParis, SAMOVAR-CNRS UMR 5157, 91011 Évry, France

<sup>3</sup> CHU d'Angers, Département de neurologie, Unité de neuropsychologie, 4, rue Larrey, 49033 Angers cedex 01, France

Pour citer cet article : Calso C, Besnard J, Calò C, Allain P. Étude des fonctions frontales dans le vieillissement cognitif normal. *Rev Neuropsychol* 2015 ; 7 (4) : 257-68 doi:10.1684/nrp.2015.0359

### Résumé

À partir de l'hypothèse exécutive-frontale (West, 1996), nous avons voulu étudier dans ce travail l'évolution des fonctions frontales (contrôle exécutif, prise de décision, énergisation, théorie de l'esprit ; Stuss, 2008), en nous intéressant également aux aspects d'autonomie et de qualité de vie des aînés. Dans cette perspective, trente-trois participants jeunes et vingt-neuf âgés sains ont été sélectionnés. Les comparaisons intergroupes effectuées montrent que les aînés seraient significativement moins performants que les personnes jeunes dans toutes les épreuves proposées, sauf dans les tests de lecture, de fluence verbale, de prise de décision implicite, de temps de réaction et de maintien d'un rythme sonore. Un ralentissement général de la vitesse de traitement a été observé chez les personnes âgées. En outre, nos données suggèrent que certains processus exécutifs et d'énergisation, ainsi que les capacités de prise de décision explicite et de théorie de l'esprit, se détérioreraient avec l'avancée en âge. L'analyse corrélative effectuée montre qu'il pourrait exister des liens entre l'autonomie des aînés, leur capacité à réaliser des épreuves exécutives et d'activation psychique. L'étude de profils a permis d'étudier trois clusters différents pour chaque groupe de participants. À partir de ces observations, nous confirmons l'intérêt d'une approche théorique multidimensionnelle du fonctionnement cognitif frontal.

**Mots clés :** vieillissement normal • fonctions exécutives • prise de décision • activation psychique • théorie de l'esprit

### Abstract

*In this study, we aimed at assessing four types of frontal lobe functions (Stuss, 2008) in normal aging: executive control, decision-making, energization and theory of mind, to evaluate the "frontal lobe hypothesis of cognitive aging" (West, 1996). In addition, we take into account the elderly's level of activities of daily living and quality of life. In this framework, thirty-three healthy young adults (aged 20 to 40) and twenty-nine healthy older adults (aged 65 to 90) participated in our study. Comparisons between the two groups show that the performances of older adults are significantly lower than that of younger participants on all neuropsychological tasks, except on reading, verbal fluency, implicit decision-making, reaction time (number of errors) and tone-paced (1500 ms) tasks. Normal aging seems also characterized by a reduction in the processing speed during the tasks. Furthermore, our results suggest that some of the executive processes and energization skills, explicit decision-making and theory of mind would deteriorate with aging. A positive correlation has been found between the level of activities of daily living and the performances of older adults on executive and energization tasks. From these observations, we confirm the relevance of multidimensional theoretical approach of frontal lobes functioning to study normal cognitive aging.*

**Key words:** normal aging • executive functions • decision-making • energization • theory of mind

**Correspondance :**  
C. Calso

## ■ Introduction

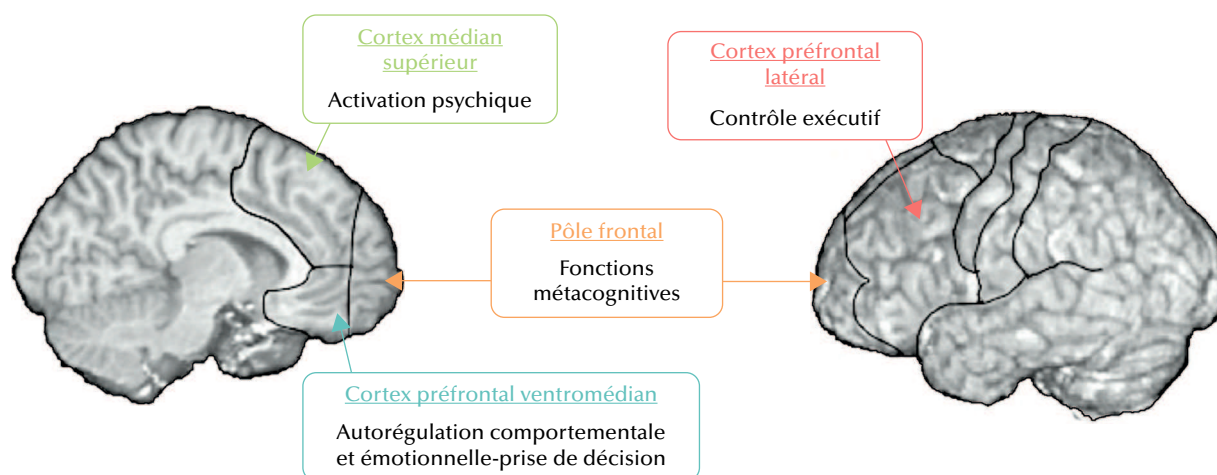
L'intérêt porté aux aînés s'est considérablement accru ces dernières décennies dans le domaine des sciences du vivant, mais également dans celui des sciences humaines et sociales. Les études consacrées à l'évolution des facultés mentales ont permis de faire des progrès importants, qui modifient graduellement nos représentations du vieillissement (processus évolutif) et de la vieillesse (état psychologique et socioéconomique). Par exemple, les termes « bien vieillir » et « vieillissement réussi » ont été récemment introduits pour valoriser la richesse que les personnes âgées peuvent apporter à notre société. Selon l'Organisation mondiale de la santé [3], la base d'un vieillissement réussi dépend de l'absence de maladie ainsi que d'un niveau satisfaisant de bien-être physique, mental et sociétal, et donc d'une combinaison de facteurs subjectifs (satisfaction générale pour la vie) et objectifs (occupation, état de santé, milieu de vie, autonomie et éducation). S'il est vrai que l'espérance de vie en bonne santé augmente régulièrement, il est vrai aussi qu'il faut faire face à de nouvelles problématiques liées à l'avancée en âge (e.g., maintien de l'autonomie fonctionnelle, participation sociale des aînés, création de programmes d'entraînement cognitif). Pour cela, il semble pertinent de s'intéresser au vieillissement cognitif normal sans négliger la sphère personnelle, familiale et sociale des personnes âgées rencontrées dans le cadre de la présente étude.

Ce travail se base sur l'hypothèse exécutive-frontale du vieillissement [1], selon laquelle les fonctions cognitives fréquemment associées à l'intégrité des lobes frontaux seraient les premières à se modifier avec l'avancée en âge. En effet, les régions cérébrales frontales subiraient plus de changements par rapport aux autres régions (temporales, pariétales et occipitales), tant sur le plan morphologique [4] que métabolique [5] et cognitif [6]. Les études effectuées auprès de personnes âgées en bonne santé, à l'aide de l'imagerie par résonance magnétique fonctionnelle, mettent en évidence un phénomène de « différenciation cérébrale » (voir le modèle *Harold*) [7]. Selon ce modèle, les aînés maintiendraient un niveau de performance équivalente à celui des sujets jeunes en recrutant des zones cérébrales distribuées sur les deux hémisphères, alors que la même tâche engage un seul hémisphère chez les personnes plus jeunes. En outre, il est possible d'observer chez les personnes âgées un phénomène de « compensation », leur permettant d'avoir des performances similaires à celles des personnes jeunes, dans des tâches qui ne demandent pas une charge cognitive élevée (voir le modèle *Crunch*) [7]. Cela signifie que la réalisation d'épreuves impliquant des processus cognitifs détériorés au cours du vieillissement normal serait rendue possible par la mobilisation de capacités préservées.

## ■ Les hypothèses du vieillissement et le modèle neuro-anatomique de D.T. Stuss

Depuis les années 1980, plusieurs hypothèses ont été formulées afin d'expliquer les changements cognitifs liés à l'âge. Selon l'hypothèse « alternative » du vieillissement, supportée par Salthouse *et al.* [8], la perturbation de la vitesse de traitement des informations serait à la base du déclin cognitif observé. Cette cause générale, influençant toutes les capacités cognitives, aurait un impact évident sur les activités de vie quotidienne. Toutefois, même si une baisse de la vitesse de traitement est souvent vérifiée chez les aînés, cette hypothèse ne permet pas d'expliquer toutes les modifications qui sont observées chez ces personnes sur le plan comportemental. Parmi les théories proposées, l'hypothèse frontale du vieillissement [1] semble être, à l'heure actuelle, la plus solide. Selon cette hypothèse, partagée par la plupart des chercheurs, les détériorations mises en évidence dans le vieillissement normal s'expliqueraient par l'atteinte préférentielle des habiletés supportées par les lobes frontaux. L'hypothèse dite de « réserve cérébrale » [9] est née par la suite, des discordances observées entre clinique cognitive et neuropathologie. Par exemple, les personnes ayant un haut coefficient intellectuel et/ou des responsabilités professionnelles d'un certain niveau pourraient ne pas présenter de difficulté cognitive fonctionnelle jusqu'à un âge avancé tout en souffrant de lésions cérébrales, comme celles caractérisant la maladie d'Alzheimer [10]. Ainsi, connaître certains facteurs de réserve cognitive [9] relatifs au niveau de santé, au mode de vie et à l'histoire antérieure des personnes âgées pourrait aider à distinguer plus précisément un vieillissement normal ou « réussi » d'un vieillissement pathologique.

Considérant que cette étude s'appuie sur l'hypothèse frontale du vieillissement [1], le modèle de Stuss [2] semble particulièrement intéressant car il propose l'existence de différents processus frontaux en fonction de leur localisation anatomique. Rappelons que le lobe frontal désigne la partie du cerveau située en avant de la scissure de Rolando. Il s'agit de la partie du cortex la plus étendue chez l'homme (25-33 % de tout le cortex [11]) par rapport aux primates non humains. Le cortex est, dans cette portion, pourvu d'afférences thalamiques issues des noyaux ventral, antérieur et dorso-médian [12]. Les principales sous-divisions des régions frontales comprennent : le *gyrus central* (circonvolution frontale ascendante), le cortex moteur primaire bordant la scissure de Rolando ; le *cortex prémoteur* ou aire d'association motrice, situé en avant du précédent, qui comprend plusieurs aires dont l'aire de Broca et l'aire motrice supplémentaire à la face interne de l'hémisphère ; le *cortex préfrontal*, en avant du précédent. Le cortex préfrontal est lui-même divisible en trois parties : le cortex dorsolatéral au niveau de la convexité cérébrale, le cortex orbitofrontal ou ventral et le cortex médian qui est constitué du *gyrus cingulaire*, inclus dans le système limbique, ainsi



**Figure 1.** Fonctions cognitives associées à l'intégrité des régions frontales selon le modèle de Stuss (2008).

que de la partie interne des aires de Brodmann 6, 8 et 9 [12]. Ces régions cérébrales sont les plus importantes d'un point de vue neuropsychologique et le modèle de Stuss [2] permet d'étudier de façon isolée chacune des habiletés cognitives qu'elles sous-tendraient.

Sur la base de différentes études lésionnelles, Stuss [11] définit quatre types de fonctions frontales spécifiques et interconnectées (voir *figure 1*) :

- les *fonctions exécutives* seraient supportées par les régions latérales du cortex préfrontal et correspondraient à des habiletés de haut niveau, nécessaires au contrôle et à la réalisation de tâches complexes, nouvelles et non automatiques dirigées vers un but. Elles se déclinent en différentes sous-composantes : initiation de l'action, inhibition, division de l'attention, déduction de règles, maintien d'une règle correcte, flexibilité conceptuelle, génération d'informations, planification et résolution de problèmes, processus stratégiques en mémoire épisodique [13] ;
- l'*autorégulation comportementale et émotionnelle* et la *prise de décision* seraient supportées par le cortex frontal ventromédian. L'autorégulation serait engagée dans les traitements émotionnels (e.g., acquisition, renversement et extinction d'associations stimulus-récompenses). La prise de décision correspondrait à un ensemble de compétences et d'expériences cognitives et émotionnelles permettant de sélectionner une réponse parmi plusieurs, au regard d'une situation donnée ou lors de la confrontation à un problème [14] ;
- l'*énergisation* ou *activation psychique* serait supportée par les régions médianes supérieures du cortex préfrontal et permettrait les processus de volition/motivation ;
- les *fonctions métacognitives* seraient supportées en majeure partie par les régions frontales polaires et permettraient la représentation de ses propres états mentaux (conscience autoéotique) ou de ceux d'autrui (théorie de l'esprit cognitive et affective).

Toutes ces habiletés frontales s'assembleraient de façon flexible en réponse au contexte, à la complexité de la situation vécue et aux intentions du sujet. Ce modèle théorique [2] semble particulièrement intéressant car il permet de poser la question du rôle du contrôle exécutif, sur lequel reposent la plupart des études effectuées sur le vieillissement cognitif normal, ainsi que sur l'évolution des capacités d'énergisation, de prise de décision et de théorie de l'esprit. Plusieurs travaux ont déjà mis en évidence des modifications cognitives au niveau du fonctionnement frontal (pour une revue de la littérature, voir Calso *et al.* [15]), mais à notre connaissance, aucun de ces travaux ne s'appuie sur le modèle de Stuss [2]. De récentes études montrent que le vieillissement normal serait caractérisé par une perturbation des fonctions exécutives [16-18], des capacités de prise de décision implicite [19, 20], de théorie de l'esprit affective et cognitive [21, 22], principalement de deuxième ordre [23-25].

## ■ Liens entre fonctionnement frontal, autonomie et qualité de vie

À notre connaissance, il n'existe pas d'études ayant permis d'évaluer le lien entre fonctionnement cognitif frontal, niveau d'autonomie et de qualité de vie dans le vieillissement normal. Cependant, quelques travaux se sont intéressés aux fonctions exécutives en relation avec le niveau d'autonomie des aînés. Cahn-Weiner *et al.* [26] ont mesuré la relation pouvant exister entre mémoire épisodique, fonctions exécutives, volume cérébral et activités instrumentales. Ce travail a montré que les fonctions exécutives et le volume de l'hippocampe étaient plus particulièrement associés au changement observé dans les I-ADL. Une autre étude [27] a mis en évidence une corrélation

entre trois processus exécutifs (inhibition, flexibilité et mise à jour) et les performances de soixante-quinze personnes âgées en bonne santé dans les activités de vie quotidienne. Toutefois, leurs données n'ont pas permis de montrer un lien entre les scores relatifs aux tâches exécutives et ceux obtenus dans le questionnaire d'autoévaluation des I-ADL proposé. La présente étude visera plus particulièrement à étudier la nature des perturbations frontales observables avec l'avancée en âge, à préciser l'éventuelle variabilité de ces modifications, à évaluer les liens qui pourraient exister entre les scores obtenus par les aînés aux épreuves dites frontales, ainsi qu'entre ces scores et ceux obtenus aux échelles mesurant les niveaux d'autonomie et de qualité de vie.

## Méthode et procédure

### Population

Soixante-deux personnes jeunes adultes (JA,  $n = 33$ ) et âgées (AS,  $n = 29$ ) en bonne santé ont été sélectionnés. Les participants ne présentaient pas d'antécédents neurologiques et/ou psychiatriques (Questionnaire de santé, *Geriatric Depression Scale* [GDS], *Hamilton anxiety scale* [HAMA]). Le *tableau 1* présente les caractéristiques socio-démographiques et personnelles (moyennes et écarts-types) des participants.

### Matériel

#### Évaluation cognitive globale

Une évaluation de l'état cognitif global a été effectuée chez tous les participants grâce au *National Adult Reading Test* (NART ; lecture de 40 mots), à la batterie rapide d'efficacité frontale (BREF), et au moyen du *Mini Mental State Examination* (MMSE ; critère d'inclusion : score supérieur ou égal à 26/30) chez les aînés. L'utilisation d'échelles et de questionnaires d'autoévaluation a permis d'obtenir des informations plus précises concernant le niveau de qualité de vie (*World Health Organisation Quality Of Life*, WHOQOL-BREF et WHOQOL-OLD) et d'autonomie domestique et sociale des aînés (*Activities of Daily Living* [ADL], *Instrumental-Activities of Daily Living* [I-ADL], *Social-Activities of Daily Living* [S-ADL] ; voir *tableau 1*).

#### Évaluation des fonctions cognitives frontales

Le choix des épreuves neuropsychologiques a été effectué sur la base de précédentes études sur le vieillissement cognitif frontal et du paradigme décrit par Stuss et Alexander [28]. Afin de réaliser notre travail de recherche, nous avons proposé des tests classiques et procédé à la création d'une tâche de tromperie inspirée de celle de Brüne [29] (six séquences constituées de quatre images chacune), ainsi qu'au développement d'une batterie de six épreuves informatisées de temps de réaction (« simple », « easy choice »,

**Tableau 1.** Caractéristiques générales de la population.

Moyenne (écart-type)	JA $n = 33$	AS $n = 29$
Sexe	16 F 17 H	20 F 9 H
Âge	25,9 (5,4)	72,4 (7,4)
Années d'études	15,7 (2,8)	13,2 (3,6) <sup>a**</sup>
NART	24,5 (4,7)	27,5 (4,6) <sup>a*</sup>
BREF	17,3 (0,9)	15,3 (2) <sup>a***</sup>
MMSE	-	28 (1,8)
ADL	-	5,9 (0,2)
I-ADL	-	7,4 (1)
S-ADL	-	1,6 (2,2)
WHOQOL-OLD	-	79,2 (6,2)
GDS	-	1,7 (1,7)
HAMA	-	4,7 (4)

<sup>a</sup> Comparaisons intergroupes entre les performances des participants jeunes adultes (JA) et âgés sains (AS) effectuées à travers le test U de Mann-Whitney. Les différences statistiquement significatives sont indiquées par \*  $p < 0,05$  ; \*\*  $p < 0,01$  ; \*\*\*  $p < 0,001$ .

« prepare », « complex choice », « tap » et « nogo » ; voir *figure 2*). Nous tenons à préciser que cette batterie, appelée « Attention : Reaction Time Investigation in Subsequent Tasks » (ARTIST), a été inspirée des batteries « Feature Integration Task » et « Rotman-Baycrest Battery to Investigate Attention » [11, 28] qui évaluent les capacités d'intégration de trois caractéristiques différentes (forme, couleur, orientation de lignes) de figures géométriques simples, ainsi que les processus d'énergisation, d'inhibition et de contrôle.

Les *fonctions exécutives* ont été évaluées à l'aide du test de fluence verbale (FV) littérale et sémantique (premières 15/60 secondes), de l'épreuve d'apprentissage et de rappel d'une liste de 16 mots (RL-RI), du test de classement de cartes (*Modified Card Sorting Test* [MCST]), de la condition de dénomination du Stroop test et de cinq tâches de temps de réaction (nombre d'erreurs) : « simple », « easy choice », « complex choice », « nogo » et « tap2 ». Dans cette dernière épreuve, le participant devait appuyer sur une touche du clavier toutes les 1 500 millisecondes (ms), cela en absence d'un indice sonore. Les *capacités de prise de décision* implicite et explicite ont été évaluées respectivement au moyen de l'*Iowa Gambling Task* (IGT ; 50 tirages de cartes) et du *Game of Dice Task* (GDT ; 50 lancers de dé). L'*énergisation* a été mesurée à travers la condition d'interférence du Stroop test, le test de

	CIBLES	DISTRACTEURS	PROCESSUS COGNITIFS
Simple			Énergisation
Easy choice		(2 touches)	Énergisation, contrôle, inhibition
Prepare	+Bip	(2 touches)	Énergisation, contrôle, inhibition
Complex choice			Énergisation, contrôle, inhibition
Tap	1)   (1.5 s) 2) Autorégulé  (1.5 s)		Énergisation, contrôle
Nogo	1) A 2) B, C, D	B, C, D A	Énergisation, contrôle, inhibition

Figure 2. Tâches informatisées de temps de réaction qui constituent la batterie ARTIST.

FV littérale et sémantique (dernières 45/60 secondes) et quatre tâches informatisées (temps de réaction) : « simple », « easy choice », « prepare » (en présence d'indice sonore) et « tap1 » (maintien d'un rythme donné en présence d'un indice sonore). Le test *Reading the Mind in the Eyes* (RME), la tâche de tromperie que nous avons créée et l'épreuve de fausses croyances appelée TOM-15 [24] ont permis d'examiner les capacités de théorie de l'esprit affective et cognitive de premier et de deuxième ordre.

Deux tiers des volontaires ont été rencontrés à leur domicile, les autres dans une salle mise à disposition par l'un des clubs seniors du Centre d'action sociale de la Ville de Paris. Il est important de souligner que le club est un lieu caractéristique de la vie sociale des personnes âgées. Le fait de participer à plusieurs ateliers hebdomadaires qui ont lieu dans la même structure a permis aux participants de se sentir en sécurité et à l'aise pendant la réalisation des tests proposés. La mise en place du protocole a eu une durée globale de trois heures chez les personnes jeunes et de quatre heures chez les aînés. Tous les participants jeunes ont fait une pause de dix minutes après avoir réalisé la première moitié des épreuves. En revanche, les personnes âgées ont réalisé l'expérience en deux fois (deux rencontres de deux heures chacune), cela afin de limiter leur état général de fatigue ainsi que la baisse d'attention pouvant influencer les performances. Le traitement statistique des données recueillies a été réalisé à l'aide du logiciel MATLAB R2011a, MathWorks®.

## Résultats

### Comparaisons intergroupes

Les analyses statistiques intergroupes effectuées (test U de Mann-Whitney ; voir *tableau 2*) montrent que les par-

ticipants jeunes sont plus performants ( $p < 0,05$ ) que les aînés dans toutes les épreuves sauf dans le test de FV littérale (15", 60", 120", nombre d'erreurs) et sémantique (15", nombre d'erreurs), l'IGT, les tâches informatisées (nombre d'erreurs), le test « tap1 » et la condition d'interférence (nombre d'erreurs corrigées) du Stroop test. En outre, les personnes jeunes ont été plus rapides que les âgées dans toutes les tâches proposées ( $p < 0,01$ ).

### Analyses corrélationnelles pour le groupe des aînés

Nous présentons ici les liens significatifs ( $\rho$  de Spearman) existant entre les scores obtenus par les participants âgés aux échelles/questionnaires et ceux obtenus dans les différentes tâches frontales. Le niveau d'autonomie de base (ADL) corrèle négativement avec le nombre d'erreurs commises aux tests de temps de réaction « simple » ( $r = -0,49$  ;  $p = 0,007$ ) et « nogo » ( $r = -0,44$  ;  $p = 0,01$ ). Le niveau d'autonomie dans les activités dites instrumentales (I-ADL) corrèle positivement avec la production de mots pendant 120 secondes ( $r = 0,39$  ;  $p = 0,03$ ) et avec le nombre de catégories correctes dans le MCST ( $r = 0,40$  ;  $p = 0,02$ ). Les scores obtenus aux I-ADL corrèlent négativement avec le temps de réalisation de la tâche de tromperie ( $r = -0,58$  ;  $p = 0,001$ ) et le nombre d'erreurs corrigées dans la condition de dénomination du Stroop test ( $r = -0,51$  ;  $p = 0,004$ ). Les scores relatifs à l'autonomie sociale (S-ADL) corrèlent négativement avec le nombre de mots produits en FV littérale pendant 120 secondes ( $r = -0,39$  ;  $p = 0,03$ ). Le niveau de qualité de vie (WHOQOL-OLD) corrèle négativement avec les erreurs corrigées dans les conditions de dénomination ( $r = -0,47$  ;  $p = 0,009$ ) et d'interférence ( $r = -0,43$  ;  $p = 0,02$ ) du Stroop test, ainsi qu'avec le nombre d'erreurs effectuées dans le RL-RI ( $r = -0,46$  ;  $p = 0,01$ ). Les scores obtenus à la GDS corrèlent positivement avec le niveau d'anxiété ( $r = 0,58$  ;  $p = 0,001$ ), le nombre d'erreurs effectuées dans le



**Tableau 2.** Comparaisons intergroupes JA/AS effectuées au moyen du test U de Mann-Whitney.

Tests frontaux Indices de performance	JA Moyenne (E-T)	AS Moyenne (E-T)	U Test de Mann-Whitney	Valeur de p
FV littérale 15/60 s	5,2 (1,6)	4,8 (1,4)	407,5	0,31
FV littérale 45/60 s	8,6 (3,3)	7,5 (4)	395,5	0,24
FV littérale 120 s	21,2 (6,8)	18,2 (7,2)	383,5	0,18
FV littérale err	0,1 (0,4)	0,1 (0,4)	472,5	0,94
FV sémantique 15/60 s	9,1 (2,4)	9,1 (2,2)	456,5	0,76
FV sémantique 45/60 s	15,2 (4,3)	12,7 (4,4)	306,5	<b>0,01*</b>
FV sémantique 120 s	37,5 (9,3)	31,9 (9,5)	311,5	<b>0,02*</b>
FV sémantique err	0 (0,2)	0 (0,2)	476,5	0,98
RL-RI	15,6 (0,7)	14,6 (1,7)	258,0	<b>0,001**</b>
RL-RI err	0,4 (1,1)	1,5 (1,9)	297,5	<b>0,003**</b>
Stroop Déno err	0,1 (0,2)	0,3 (0,7)	374,5	<b>0,02*</b>
Stroop Déno err c	0,4 (0,6)	1,3 (1,1)	233,0	< <b>0,001***</b>
Stroop Déno T (s)	63,7 (13,5)	81,1 (14,4)	183,0	< <b>0,001***</b>
Stroop Int err	0,1 (0,4)	0,8 (0,9)	260,5	< <b>0,001***</b>
Stroop Int err c	1,3 (1,9)	1,8 (2,2)	407,0	0,29
Stroop Int T (s)	97,6 (21,7)	139,3 (35,3)	132,0	< <b>0,001***</b>
MCST catégories	5,7 (0,7)	5 (1)	290,5	<b>0,002**</b>
MCST err	4,9 (4,5)	10,8 (6,6)	218,5	< <b>0,001***</b>
MCST T (s)	200,7 (66,4)	323,2 (122,1)	166,5	< <b>0,001***</b>
IGT net score	6,3 (8,5)	5 (8,1)	447,0	0,66
GDT net score	39 (9,4)	31,6 (14,7)	338,0	<b>0,04*</b>
Tromperie	30,4 (4,1)	21,8 (5,2)	89,5	< <b>0,001***</b>
Tromperie Q	21,8 (1,2)	20,1 (1,9)	210,5	< <b>0,001***</b>
Tromperie T (s)	191,4 (74,1)	353,7 (128,3)	122,0	< <b>0,001***</b>
TOM 1	7,6 (0,7)	6,9 (1,2)	295,0	<b>0,004**</b>
TOM 1 T (s)	191,1 (46,4)	279,4 (142,8)	185,0	< <b>0,001***</b>
TOM 2	6,2 (0,8)	4,7 (1,6)	214,5	< <b>0,001***</b>
TOM 2 T (s)	187,4 (48,2)	250 (80,3)	209,0	< <b>0,001***</b>
TOM Q	14,7 (0,8)	14 (1,5)	320,0	<b>0,008**</b>
TOM Q T (s)	122,8 (49,2)	272,1 (101,5)	76,5	< <b>0,001***</b>
RME	26 (2,4)	21,4 (3,4)	118,5	< <b>0,001***</b>

Tableau 2. (Suite).

Tests frontaux Indices de performance	JA Moyenne (E-T)	AS Moyenne (E-T)	U Test de Mann-Whitney	Valeur de <i>p</i>
Simple err	0,5 (1,5)	0,2 (0,5)	413,0	0,17
Simple T (ms)	523,7 (266,9)	798,9 (357,1)	199,0	< 0,001***
Easy choice err	0,9 (2,5)	1,9 (4,6)	365,5	0,08
Easy choice T (ms)	662 (256,9)	781,4 (240,9)	283,0	0,006**
Prepare err	1,4 (1,9)	0,7 (1,2)	374,0	0,11
Prepare T (ms)	751 (259,4)	886,2 (223,5)	258,0	0,002**
Complex choice err	0,5 (0,7)	0,3 (0,7)	403,5	0,21
Complex choice T (ms)	846,3 (301,5)	1112 (302)	223,0	< 0,001***
Tap 1-1 500 ms	83,3 (54,3)	97,6 (67,9)	433,0	0,52
Tap 2-1 500 ms	161,6 (125,1)	252,7 (175,2)	274,0	0,004**
Tap 1/2 (JA)	-	-	242,0	< 0,001***
Tap 1/2 (AS)	-	-	132,0	< 0,001***
Nogo err	0,3 (0,6)	0,1 (0,3)	424,5	0,27
Nogo T (ms)	552,1 (174,8)	718,6 (214,1)	212,0	< 0,001***

RL-RI ( $r = 0,42$  ;  $p = 0,02$ ), ainsi qu'avec les erreurs corrigées dans les conditions de dénomination ( $r = 0,52$  ;  $p = 0,003$ ) et d'interférence ( $r = 0,46$  ;  $p = 0,01$ ) du Stroop test. Le niveau de dépression corrèle négativement avec les scores relatifs aux I-ADL ( $r = -0,37$  ;  $p = 0,04$ ). En ce qui concerne les épreuves frontales, de nombreuses corrélations statistiquement significatives ont été mises en évidence. Tous les coefficients de corrélation ( $\rho$  de Spearman), calculés entre les différents indices de performance, sont présentés dans le *annexe A* (en fin d'article page 266).

### ■ Étude de profils pour chaque groupe de participants

Afin d'effectuer une étude de profils, nous avons d'abord obtenu, pour chaque participant, quatre scores composites relatifs aux fonctions frontales évaluées : les fonctions exécutives (FE), la prise de décision (PD), l'activation psychique (AP) et les fonctions métacognitives (MC). Ces scores ont été élaborés avec la moyenne des z-scores calculés à partir des performances individuelles aux tâches qui mesurent chacune de ces habiletés frontales [2]. Grâce au partitionnement en K-moyennes il a été possible d'observer trois clusters différents pour chaque groupe de participants (voir *figures 3 et 4*).

Les analyses de la variance (Anova à un facteur) et les tests *post-hoc* (test de Scheffé), effectués dans tous les clusters mis en évidence, ont permis de montrer un

premier profil caractérisé par de mauvaises performances ( $p < 0,05$ ) des sujets jeunes et âgés à l'IGT et au GDT, comparativement au reste de chaque échantillon. Ces participants présentent également des performances moyennes aux tâches évaluant les fonctions exécutives, les capacités métacognitives et d'activation psychique (voir *figure 3*, JA-Cluster 1 ; *figure 4*, AS-Cluster 1), par rapport au reste de chaque échantillon.

Le deuxième cluster présente un profil caractérisé par des performances moyennes (légèrement plus élevées que celles observées dans les deux premiers clusters) de tous les participants dans l'ensemble des épreuves proposées, ce comparativement au reste de chaque échantillon. Ces personnes jeunes et âgées sont très performantes dans les tâches évaluant la prise de décision (voir *figure 3*, JA-Cluster 2 ; *figure 4*, AS-Cluster 2). Cependant, la différence entre la PD et les autres scores composites n'est significative que pour le groupe des participants jeunes ( $p < 0,05$ ).

Le troisième cluster des jeunes permet de mettre en évidence une différence significative ( $p < 0,05$ ) entre les scores composites PD et MC (voir *figure 3*, JA-Cluster 3). Ce sous-groupe de personnes jeunes aurait ainsi des capacités moyennes comparativement au reste de l'échantillon, pour réaliser les tâches de prise de décision et des capacités très en deçà des autres participants pour réaliser les épreuves exécutives, d'activation psychique et de théorie de l'esprit. Concernant l'échantillon des aînés, le troisième

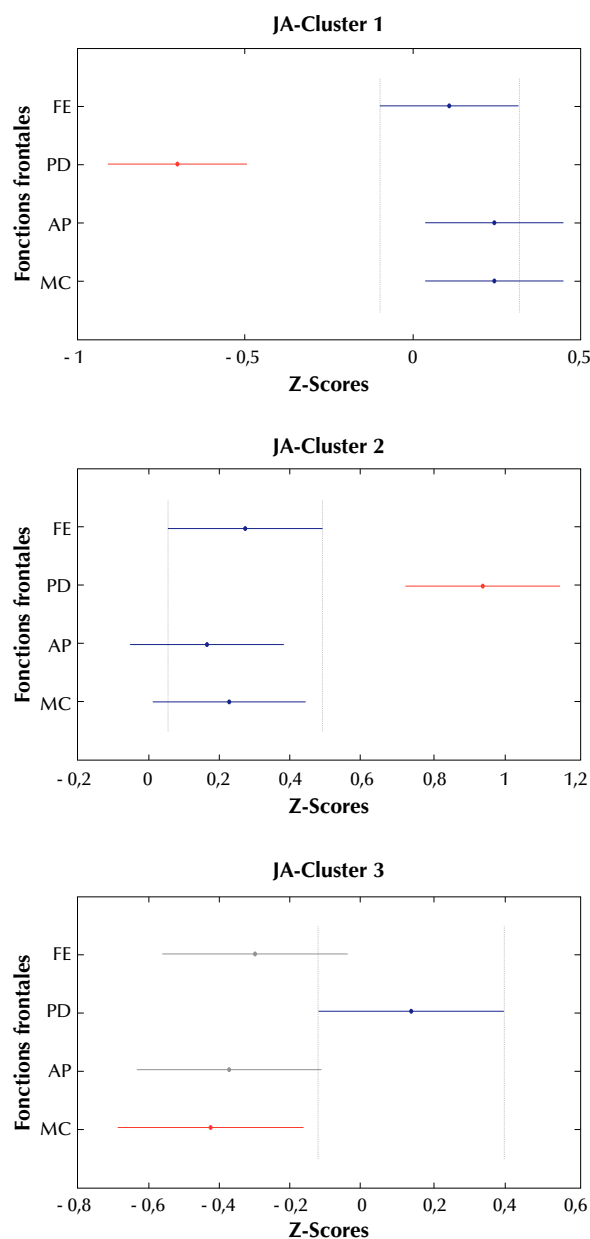
cluster (voir *figure 4*, AS-Cluster 3) ne permet pas de distinguer les quatre catégories de fonctions frontales entre elles, car aucune différence significative n'a été mise en évidence entre les scores composites. Ce sous-groupe de personnes âgées présente de mauvaises performances dans toutes les épreuves frontales proposées par rapport au reste de l'échantillon.

## ■ Discussion

L'objectif principal de notre étude était d'évaluer quatre catégories de fonctions frontales définies par le modèle de Stuss [11] et de préciser la variabilité des modifications frontales avec l'avancée en âge. Le présent travail permet également d'examiner les liens existant entre vieillissement normal des habiletés frontales, autonomie et qualité de vie d'un échantillon de personnes âgées.

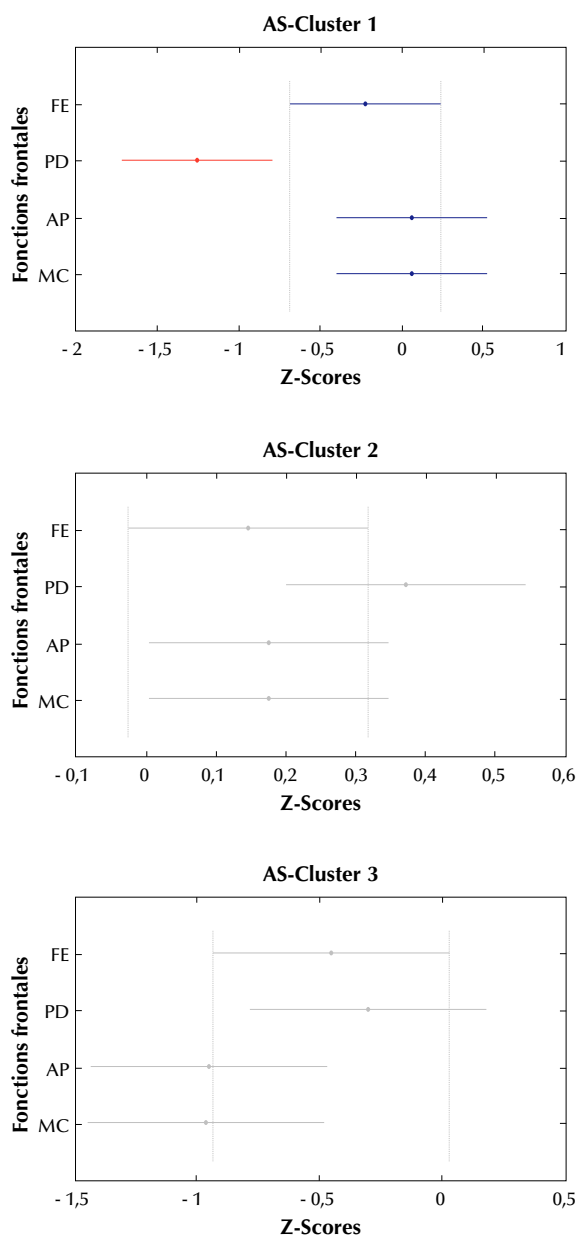
Les résultats obtenus montrent qu'un certain nombre d'habiletés cognitives serait préservé chez les aînés : les capacités de lecture (NART et condition de lecture du Stroop test), de prise de décision implicite (IGT), de fluence verbale sémantique et littérale. Les aînés réussissent également les tâches de temps de réaction (nombre d'erreurs) proposées et à maintenir un rythme sonore. Les personnes âgées qui ont participé à notre étude ont été significativement plus lentes que les jeunes, et ce dans l'ensemble des épreuves neuropsychologiques réalisées. Les résultats obtenus permettent de confirmer partiellement l'hypothèse alternative de Salthouse *et al.* [8] car cette lenteur pourrait être expliquée, par exemple, par une détérioration de certaines capacités de contrôle exécutif (e.g., flexibilité, stratégies mnésiques d'encodage et de récupération) qui seraient impliquées dans la réalisation des tâches proposées. Il semblerait que les performances des personnes âgées (temps de réaction et nombre d'erreurs) s'améliorent en présence d'indices sonores, lorsque les consignes sont de maintenir un rythme scandé par un métronome (« *tap1* »), ou d'appuyer sur une touche qui se trouve à droite ou à gauche du clavier selon la figure apparue sur l'écran (« *prepare* »). Dans cette dernière épreuve, l'apparition d'un rond noir est toujours précédée d'un son qui est émis par l'ordinateur même. En effet, les personnes âgées semblent avoir des performances similaires à celles des jeunes au test « *tap1* » et réaliseraient moins d'erreurs dans le test « *prepare* » que dans le test « *easy choice* » (en absence d'indice sonore).

Les résultats obtenus montrent que les aînés subiraient une baisse des capacités de prise de décision explicite (GDT), de théorie de l'esprit affective et cognitive de premier et de deuxième ordre (RME, tâche de tromperie, TOM-15), ainsi qu'une perturbation sélective de certains processus exécutifs et d'énergisation. En ce qui concerne le vieillissement normal des fonctions exécutives, notre étude permet de confirmer les résultats présentés dans des travaux précédents [16, 18] : les personnes âgées étant moins performantes que les jeunes dans les tests de Stroop (temps et



**Figure 3.** Profils mis en évidence pour le groupe des personnes jeunes adultes. Les traits bleus, gris et rouges représentent les intervalles de confiance à 95 % autour des moyennes.

nombre d'erreurs) et de classement de cartes (diminution du nombre de catégories correctes et augmentation des erreurs persévératives). Les stratégies mnésiques semblent aussi être perturbées (scores inférieurs au test RL-RI). Concernant les capacités de fluence verbale, les personnes âgées rencontrées présentent des performances similaires à celles des jeunes, surtout en fluence verbale littérale. Nos données confirment en partie les résultats de Henry et Phillips [30]



**Figure 4.** Profils mis en évidence pour le groupe des personnes âgées. Les traits bleus, gris et rouges représentent les intervalles de confiance à 95 % autour des moyennes.

car aucune différence significative n'a été mise en évidence entre le nombre d'erreurs effectuées dans les deux tâches de fluence verbale par les participants jeunes et âgés.

Concernant la prise de décision, nos données ne permettent pas de confirmer les résultats de précédentes études [19, 20] car les aînés que nous avons rencontrés présentent des performances similaires à celles des personnes jeunes dans l'IGT évaluant la prise de décision sous ambiguïté, et des performances inférieures par rapport aux jeunes dans

le GDT qui mesure la prise de décision sous risque. Considérant que, dans le cadre de cette étude, un grand nombre de participants jeunes (66,7 %) et âgés (75,9 %) a obtenu des scores inférieurs à 10/50 à l'IGT, nous ne pouvons pas réellement conclure : soit les capacités de prise de décision implicite sont préservées (absence de différence significative) soit elles se modifient (scores faibles) lors du vieillissement normal.

L'évaluation de la théorie de l'esprit réalisée à travers la tâche de tromperie que nous avons créée a permis de mettre en évidence une difficulté des aînés à inférer les états mentaux d'autrui dans des situations de réciprocité, de complot, ou dans lesquelles une personne manifeste des intentions négatives envers une autre (e.g., voler un objet, lui faire peur). Les aînés ont également obtenu des scores significativement inférieurs par rapport aux participants jeunes au RME évaluant la capacité à reconnaître des émotions à partir de trente-six photographies de regards, comme cela avait été montré par d'autres auteurs [21].

En outre, l'avancée en âge semble perturber les capacités de théorie de l'esprit de premier et de deuxième ordre : les participants âgés étant moins performants que les jeunes dans une tâche de fausses croyances (TOM-15). Nos données confirment les résultats obtenus par Charlton *et al.* [22] et partiellement ceux présentés dans d'autres études [23, 24], qui montrent une perturbation spécifique des capacités de théorie de l'esprit de deuxième ordre lors du vieillissement normal. Cependant, le fait que les scores obtenus par les aînés dans la condition contrôle du TOM-15 soient significativement inférieurs à ceux des participants jeunes suggérerait l'implication d'autres facteurs. Nous faisons notamment référence aux capacités de compréhension d'un texte écrit, aux fonctions exécutives qui peuvent aussi être impliquées dans la réalisation de cette tâche et au ralentissement de la vitesse de traitement (le temps de réalisation du TOM-15 corrèle positivement avec les temps de réalisation du Stroop test et du MCST). Nos données suggèrent que, au niveau anatomique, les personnes âgées subiraient une détérioration du cortex pré-frontal touchant plus particulièrement les régions polaires, dorsolatérales et médianes.

L'analyse corrélacionnelle effectuée pour le groupe des personnes âgées a permis de mettre en évidence des liens entre le niveau d'autonomie domestique et sociale, de qualité de vie, de dépression, et les scores obtenus aux différents tests frontaux proposés. À ce propos, il est important de préciser qu'il ne s'agit pas ici de liens de causalité. Plus les aînés sont autonomes, moins ils effectueraient d'erreurs dans les tâches « simple » et « nogo » évaluant les processus d'énergisation, d'inhibition et de contrôle. La capacité à réaliser des activités instrumentales semble associée avec les performances observées dans plusieurs épreuves exécutives et de théorie de l'esprit, ensemble d'habiletés impliquées dans la régulation comportementale en situations de vie quotidienne. Les personnes présentant une vie sociale active (e.g., ayant des activités de loisir, des rencontres spontanées avec leurs amis/proches) sont

plus performantes en fluence verbale par rapport aux autres participants. Le niveau de dépression semble associé aux résultats obtenus dans les épreuves RL-RI et Stroop test. En effet, plus les scores à la GDS sont élevés, plus les personnes âgées effectuent d'erreurs dans les épreuves de dénomination, d'inhibition, et de mémoire. Concernant la prise de décision, le fait que nos données ne nous aient pas permis de mettre en évidence une corrélation entre les scores obtenus à l'IGT et au GDT suggérerait que les processus cognitifs impliqués dans la réalisation de ces deux tâches sont différents (versant ventral ou dorsal), nous permettant ainsi d'étudier les capacités de prise de décision implicite et explicite séparément. En revanche, il a été possible de montrer des liens modérés entre les indices de performance relatifs aux trois tâches de théorie de l'esprit proposées, et des liens forts entre les indices relatifs aux tests informatisés de temps de réaction. Ces résultats suggèrent que les épreuves choisies semblent pertinentes pour évaluer les fonctions cognitives que nous voulions étudier.

Considérant que l'avancée en âge ne semble pas être accompagnée d'un déclin cognitif général, nous retiendrons l'intérêt d'une approche théorique multidimensionnelle dans l'étude du fonctionnement frontal au cours du vieillissement normal. À ce propos, il serait pertinent de réaliser des études additionnelles sur l'évolution des habiletés frontales définies par Stuss [2], auprès de deux (ou trois) groupes de personnes âgées en bonne santé (tranches

d'âges différents), au moyen d'un protocole similaire à celui que nous avons proposé. Cela permettrait d'étudier plus précisément le fonctionnement frontal dans le grand âge, c'est-à-dire au-delà de quatre-vingt ans. Les futurs travaux en neuropsychologie devraient également pouvoir intégrer, dans un même cadre conceptuel, le savoir relatif à la sphère cognitive, psychosociale et neuro-anatomique des aînés. C'est à partir de ces résultats qu'il sera possible de développer des programmes de révalidation adaptés aux personnes âgées, afin de leur permettre de rester le plus longtemps possible autonomes, capables de prendre des décisions de façon indépendante et de vivre des relations sociales satisfaisantes.

### Remerciements

Cette étude a bénéficié d'un financement par l'Université d'Angers. Les auteurs remercient vivement le bureau des actions d'animation du Centre d'action sociale de la Ville de Paris pour avoir permis de rencontrer un certain nombre de participants âgés au sein d'un de ses clubs seniors.

### Liens d'intérêts

Les auteurs déclarent ne pas avoir de lien d'intérêt en rapport avec l'article.

### Références

- West RL. An application of prefrontal cortex function theory to cognitive aging. *Psychol Bull* 1996; 120 : 272-92.
- Stuss DT. Rehabilitation of frontal lobe dysfunction: a working framework. In : Oddy M, Worthington A, eds. *Rehabilitation of executive disorders: a guide to theory and practice*. Oxford: Oxford University Press, 2008, p. 3-17.
- World Health Organization. *The European health report. Targets and beyond – Reaching new frontiers in evidence*. Highlights 2015.
- Raz N. Aging of the brain and its impact on cognitive performance: integration of structural and functional findings. In : Craik FIM, Salthouse TA, eds. *The handbook of aging and cognition*, Second edition. London : Lawrence Erlbaum Associates, 2000, p. 1-90.
- Anderson ND, Craik FIM. Memory in the aging brain. In : Tulving E, Craik FIM, eds. *The Oxford handbook of memory*. Oxford: Oxford University Press, 2000, p. 411-25.
- Lamar M, Resnick SM. Aging and prefrontal functions: dissociating orbitofrontal and dorsolateral abilities. *Neurobiol Aging* 2004; 25 : 553-8.
- Cabeza R, Dennis NA. Frontal lobes and aging: deterioration and compensation. In : Stuss DT, Knight RT, eds. *Principles of frontal lobe function*, Second edition. Oxford ; New York : Oxford University Press, 2013, p. 628-52.
- Salthouse TA. The processing-speed theory of adult age difference in cognition. *Psychol Rev* 1996; 3 : 403-28.
- Villeneuve S, Belleville S. Réserve cognitive et changements neuronaux associés au vieillissement. *Psychol Neuropsychiatr Vieil* 2010; 8 : 133-40.
- Michel JP, Herrmann FR, Zekry D. Rôle de la réserve cérébrale en pathologie cognitive. *Rev Med Suisse* 2009; 5 : 2190-4.
- Stuss DT. Functions of the Frontal lobes: relation to executive functions. *J Int Neuropsych Soc* 2011; 17 : 759-65.
- Manning L. *La neuropsychologie clinique : approche cognitive*. Paris : Armand Colin, 2007.
- Godefroy O, Jeannerod M, Allain P, et al. Lobe frontal, fonctions exécutives et contrôle cognitif. *Rev Neurol* 2008; 164 : 119-27.
- Allain P. La prise de décision : aspects théoriques, neuro-anatomie et évaluation. *Rev Neuropsychol* 2013; 5 : 69-81.
- Calso C, Besnard J, Allain P. Le vieillissement normal des fonctions cognitives frontales. *Geriatr Psychol Neuropsychiatr Vieil* accepté.
- MacPherson SE, Phillips LH, Della Sala S. Age, executive function and social decision-making: a dorsolateral prefrontal theory of cognitive aging. *Psychol Aging* 2002; 17 : 598-609.
- Huizinga M, Dolan CV, van der Molen MW. Age-related change in executive function: developmental trends and a latent variable analysis. *Neuropsychologia* 2006; 44 : 2017-36.
- Collette F, Salmon E. Les modifications du fonctionnement exécutif dans le vieillissement normal. *Psychol Fr* 2014; 59 : 41-58.
- Denburg NL, Cole C, Hernandez M, et al. The orbitofrontal cortex, real-world decision-making, and normal aging. *Ann NY Acad Sci* 2007; 1121 : 480-98.
- Zamarian L, Sinz H, Bonatti E, et al. Normal aging affects decisions under ambiguity, but not decisions under risk. *Neuropsychology* 2008; 22 : 645-57.
- Bailey PE, Henry JD. Growing less empathic with age: disinhibition of the self-perspective. *J Gerontol B Psychol Sci Soc Sci* 2008; 63 : 219-26.
- Charlton RA, Barrick TR, Markus HS, et al. Theory of mind associations with other cognitive functions and brain imaging in normal aging. *Psychol Aging* 2009; 24 : 338-48.
- McKinnon MC, Moscovitch M. Domain-general contributions to social reasoning: theory of mind and deontic reasoning re-explored. *Cognition* 2007; 102 : 179-218.
- Desgranges B, Laisney M, Bon L, et al. TOM-15 : une épreuve de fausses croyances pour évaluer la théorie de l'esprit cognitive. *Rev Neuropsychol* 2012; 4 : 216-20.

25. Kemp J, Després O, Sellal F, *et al.* Theory of Mind in normal ageing and neurodegenerative pathologies. *Ageing Res Rev* 2012; 11 : 199-219.
26. Cahn-Weiner DA, Farias ST, Julian L, *et al.* Cognitive and neuroimaging predictors of instrumental activities of daily living. *J Int Neuropsychol Soc* 2007; 13 : 747-57.
27. Vaughan L. *Executive function in daily life: age-related influences of executive processes on instrumental activities of daily living*. Paris : The University of North Carolina at Chapel Hill, 2008.
28. Stuss DT, Alexander MP. Is there a dysexecutive syndrome? *Philos T Roy Soc B* 2007; 362 : 901-15.
29. Brüne M. Social cognition and behaviour in schizophrenia. In : Brüne M, Ribbert H, Schiefenhövel W, éd. *The social brain: evolution and pathology*. Chichester: John Wiley & Sons, 2003, p. 277-313.
30. Henry J, Phillips LH. Covariates of production and perseveration on tests of phonemic, semantic and alternating fluency in normal aging. *Aging Neuropsychol C* 2006; 13 : 529-51.



# Annexe 5

ARTICLE DE SYNTHESE





## Le vieillissement normal des fonctions cognitives frontales

### *Normal aging of frontal lobe functions*

**CRISTINA CALSO<sup>1</sup>**  
**JÉRÉMY BESNARD<sup>1</sup>**  
**PHILIPPE ALLAIN<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup> Laboratoire de psychologie des Pays-de-Loire (EA 4638), Université d'Angers, Maison des sciences humaines, Angers, France  
<crisrina.calso@etud.univ-angers.fr>

<sup>2</sup> Unité de neuropsychologie, Département de neurologie, CHU d'Angers, France

**Tirés à part :**  
C. Calso

**Résumé.** L'avancement en âge est souvent associé à des modifications morphologiques, métaboliques et cognitives qui intéressent surtout les régions cérébrales frontales. À partir de l'hypothèse dite « exécutive/frontale », nous appuyons la présente revue de littérature sur le modèle neuroanatomique développé par Stuss qui décrit quatre catégories d'habiletés frontales : le contrôle exécutif, l'autorégulation et la prise de décision, l'énergisation et les fonctions métacognitives. Les études sélectionnées dans cet article portent exclusivement sur l'évolution d'au moins l'une de ces fonctions. Les résultats obtenus mettent en évidence la perturbation d'un ensemble de capacités lors du vieillissement normal : flexibilité, inhibition, planification, fluence verbale, prise de décision implicite, théorie de l'esprit cognitive de deuxième ordre et affective. L'avancée en âge peut être également caractérisée par un ralentissement général de la vitesse de traitement observé lors des évaluations neuropsychologiques réalisées. Néanmoins, certaines habiletés resteraient préservées : les processus d'inhibition automatiques ou non intentionnels, les capacités de flexibilité spécifiques et de théorie de l'esprit de premier ordre. Cette revue permet de supporter l'hypothèse selon laquelle le vieillissement normal ne serait pas lié à un déclin cognitif global, mais plutôt à une perturbation sélective de certains systèmes frontaux.

**Mots clés :** vieillissement normal, fonctions exécutives, prise de décision, activation psychique, métacognition

**Abstract.** Normal aging in individuals is often associated with morphological, metabolic and cognitive changes, which particularly concern the cerebral frontal regions. Starting from the "frontal lobe hypothesis of cognitive aging" (Vest, 1996), the present review is based on the neuroanatomical model developed by Stuss (2008), introducing four categories of frontal lobe functions: executive control, behavioural and emotional self-regulation and decision-making, energization and meta-cognitive functions. The selected studies only address the changes of one at least of these functions. The results suggest a deterioration of several cognitive frontal abilities in normal aging: flexibility, inhibition, planning, verbal fluency, implicit decision-making, second-order and affective theory of mind. Normal aging seems also to be characterised by a general reduction in processing speed observed during neuropsychological assessment (Salthouse, 1996). Nevertheless many cognitive functions remain preserved such as automatic or non-conscious inhibition, specific capacities of flexibility and first-order theory of mind. Therefore normal aging doesn't seem to be associated with a global cognitive decline but rather with a selective change in some frontal systems, conclusion which should be taken into account for designing caring programs in normal aging.

**Key words:** normal aging, executive functions, decision-making, energization, metacognition

Aujourd'hui, de nombreuses études s'intéressent au vieillissement normal car les données démographiques montrent une augmentation régulière de l'espérance de vie [1]. L'un des enjeux principaux pour les pouvoirs publics est actuellement de comprendre quels sont les facteurs qui influencent le bien-être de la personne âgée, afin de l'aider à conserver, le plus longtemps possible, un niveau satisfaisant d'autonomie et de participation sociale active. Avec l'avancée en âge, des modifications

sont observées sur le plan morphologique, fonctionnel, cognitif et psychologique [2]. Parmi les hypothèses formulées [2-4], à partir des années quatre-vingt, pour expliquer ces changements, celle dite exécutive/frontale [3] est supportée par la plupart des chercheurs. Selon cette théorie, les lobes frontaux subissent le plus de modifications par rapport aux autres régions cérébrales lors du vieillissement normal. Les études montrent : une diminution du volume cérébral plus importante dans les régions préfrontales [5],

une atrophie de la substance grise et de la substance blanche frontales [6, 7], une diminution du métabolisme frontal lorsque les aînés effectuent des activités cognitives complexes [8], une détérioration des processus cognitifs associés à l'intégrité des structures frontales [3]. Dans une moindre mesure, les cortex temporal et pariétal subissent également des modifications avec l'avancée en âge [9]. Considérant que les fonctions cognitives qui sont sous-tendues par ces régions cérébrales ne présentent pas le même degré de détérioration que les fonctions frontales, dans notre revue nous présenterons les études qui portent exclusivement sur l'évolution des quatre catégories d'habiletés frontales décrites par Stuss [10] (voir paragraphe sur le modèle de Stuss). Nous montrerons qu'il n'existe à ce jour aucune étude qui se soit intéressée à l'évaluation de l'ensemble de ces processus chez les mêmes individus.

Approfondir notre compréhension du fonctionnement frontal pourrait aider à mieux cerner les lignes de partage entre vieillissement normal et vieillissement pathologique, en posant l'attention sur les capacités cognitives qui sont préservées ou détériorées avec l'avancement en âge.

## Aspects neuro-anatomiques du vieillissement des lobes frontaux

D'un point de vue neuro-anatomique, le lobe frontal désigne la partie du cerveau située en avant de la scissure de Rolando. Le cortex est, dans cette portion, pourvu d'afférences thalamiques issues des noyaux ventraux antérieurs et dorso-médians ; il est en relation avec le système limbique et les aires associatives rétro-rolandiques [11]. Les principales subdivisions des lobes frontaux comprennent : le gyrus central, le cortex prémoteur et le cortex préfrontal qui est lui-même divisible en cortex dorsolatéral, cortex orbitofrontal et cortex médian [12]. Une grande partie de la littérature plaide en faveur d'une atteinte sélective de certains systèmes frontaux [13-15], d'où l'intérêt d'appliquer l'idée de partition des fonctions frontales au vieillissement normal.

West [3] a montré que la région dorsolatérale du cortex préfrontal subit un déclin linéaire durant l'âge adulte et que la région orbitofrontale se détériore surtout après l'âge de soixante-dix ans. D'autres études sur le vieillissement normal, utilisant les technologies de neuro-imagerie cérébrale (imagerie par résonance magnétique fonctionnelle, tomographie par émission de positons, etc.), mettent en évidence des changements morphologiques et fonctionnels, pendant la réalisation de tâches frontales. Cabeza et Dennis [2] suggèrent une hypothèse du vieillissement, dite de « dé-

différentiation cérébrale », selon laquelle les personnes âgées maintiendraient un niveau de performance équivalent à celui des personnes plus jeunes en faisant appel à des zones cérébrales distribuées sur les deux hémisphères, alors que la même tâche est latéralisée (dépendante d'un seul hémisphère) chez les plus jeunes. Sur la base de ce phénomène, aussi connu sous le nom de *modèle Harold* [2], l'un des modèles centraux à l'heure actuelle, il existerait moins de différence d'activation cérébrale entre les deux hémisphères chez les aînés lors de la réalisation d'une tâche donnée. Différentes études montrent une augmentation de l'activité cérébrale au niveau des régions préfrontales, mais également un recrutement des aires controlatérales supplémentaires chez les personnes âgées, par rapport aux sujets jeunes [16]. D'autres travaux ont permis d'observer des augmentations de l'activité pariétale liées à l'âge alors que certains rapportent des diminutions dans les mêmes régions. À partir de ces considérations, nous pouvons faire l'hypothèse que l'altération des fonctions de contrôle attentionnel induit un déficit dans les tâches sollicitant ces processus. En revanche, la compensation des déficits de certaines fonctions cognitives par des processus préservés pourrait induire des performances comparables à celles des sujets jeunes adultes (voir par exemple le *modèle Crunch*) [2]. Nous tenons à préciser que tous les travaux réalisés ne permettent pas de vérifier cette hypothèse. En outre, les processus déficitaires et les mécanismes compensatoires observés pendant la réalisation d'une tâche sont fortement influencés par la demande cognitive. Autrement dit, l'augmentation de la charge cognitive est susceptible d'induire une détérioration des performances des personnes âgées par rapport à celles des participants jeunes [16] (voir pour revue de littérature Turner et Spreng [17]).

## Le modèle de D. T. Stuss et le vieillissement normal des fonctions frontales

Les fonctions comportementales et affectives supportées par les lobes frontaux sont à la base des représentations internes du monde environnant. Ces représentations permettent la comparaison entre les informations présentes et passées, ce qui permet l'ajustement du comportement aux contingences de l'environnement [12]. Considérant le rôle joué par les lobes frontaux pour la régulation comportementale, plusieurs chercheurs ont essayé d'isoler et de localiser les habiletés sous-tendues par les différentes régions frontales (latérales, polaires,

médianes supérieures et médianes inférieures) [18] pour étudier leur évolution plus en détail. Afin de mieux comprendre la nature des changements observés sur le plan cognitif lors du vieillissement normal, nous avons choisi d'appuyer cette revue sur le modèle développé par Stuss *et al.* [18-20]. Ce modèle est l'un des modèles parmi les mieux étayés par les données expérimentales. Les résultats obtenus par ces auteurs sont considérés comme fiables car leur méthodologie est caractérisée par : 1) des études lésionnelles effectuées auprès de patients observés au moins trois mois après la survenue des lésions cérébrales ; 2) la localisation des lésions à l'aide de cartes cytoarchitectoniques ; 3) l'utilisation de tests neuropsychologiques usuels (tests de fluence verbale, *Stroop test*, *Trail making test*, *Wisconsin card sorting test*, *California verbal learning test*, tâches de temps de réaction) ; 4) la réplique des résultats obtenus par le biais de divers tests engageant les mêmes processus cognitifs (e.g. tâches de mémoire et de fluence verbale impliquant des processus exécutifs) ; 5) des comparaisons intergroupes entre les performances de patients ayant des lésions frontales latérales, ou médianes supérieures, ou médianes inférieures et celles de personnes qui ne présentent pas de lésions cérébrales.

À partir des études effectuées, Stuss [10] décrit quatre catégories de fonctions frontales qui sont spécifiques et interconnectées : 1) les fonctions exécutives, supportées par les régions latérales du cortex préfrontal ; 2) l'autorégulation comportementale et émotionnelle et la prise de décision, supportées par le cortex frontal ventromédian ; 3) l'énergisation ou activation psychique, supportée par les régions médianes supérieures du cortex préfrontal ; 4) les fonctions métacognitives, supportées par les régions frontales polaires. Ces habiletés frontales participent de concert à la régulation du comportement en fonction du contexte, de la complexité de la situation vécue et des intentions du sujet. Les mêmes auteurs [18] tiennent à préciser que, dans le cadre de la catégorie exécutive, qui peut être définie comme l'ensemble des mécanismes nécessaires au contrôle et à la réalisation de comportements dirigés vers un but, les données obtenues ne permettent pas de supporter le concept de système exécutif central unitaire. Toutefois, elles peuvent être interprétées sur la base de l'existence d'un fractionnement du système de contrôle attentionnel. Les perturbations observées sur le plan cognitif se situeraient ainsi au niveau d'au moins trois processus de nature attentionnelle, interconnectés mais anatomiquement et fonctionnellement indépendants [15]. Plus précisément, l'énergisation (liée aux régions frontales médianes supérieures) permettrait de mobiliser des ressources sur une tâche particulière et l'initiation des réponses, le maintien (lié aux régions latérales gauches)

permettrait d'établir une relation stimulus-réponse et de faire une sélection des réponses possibles, tandis que le contrôle (lié aux régions latérales droites) permettrait de vérifier la qualité des réponses pendant la réalisation de la tâche, à travers une discrimination cible/distracteur, et d'ajuster le comportement sur la base de cette analyse. Il s'agit de processus de contrôle de l'activité qui entrent en jeu dans toutes les tâches cognitives impliquant leur intervention. Dans le modèle d'organisation du fonctionnement cérébral proposé par Stuss et Anderson [20], la fonction principale de ces processus attentionnels serait d'intégrer les informations issues des systèmes sensoriels postérieurs, afin d'organiser des réponses dirigées vers un but. Il a été montré que, en vieillissant, les processus qui constituent le système de contrôle attentionnel se modifient [16].

Il faut également préciser que, dans ce domaine de recherche, de nombreuses études s'appuient sur le modèle développé par Miyake *et al.* [14]. À partir d'analyses factorielles confirmatoires, les auteurs avancent que les fonctions exécutives seraient constituées de trois processus : la flexibilité mentale, la mise à jour et l'inhibition. Considérant que ces processus font partie des fonctions exécutives décrites par Stuss et Levine [19], nous tiendrons aussi compte des résultats obtenus à partir du modèle de Miyake *et al.* [14] dans les paragraphes suivants. Notons cependant que les données obtenues par Stuss et Alexander [18] ne permettent pas d'isoler l'inhibition d'un point de vue cognitif. Cette fonction existerait seulement d'un point de vue neurobiologique et neurochimique. Les auteurs expliquent leurs résultats par le fait que tout choix présuppose la sélection d'une réponse considérée comme la plus adaptée au contexte et donc l'inhibition des réponses non pertinentes. Les résultats divergents relatifs à l'évolution de l'inhibition pourraient être expliqués par le fait qu'elle n'est pas un processus unitaire, mais plutôt un ensemble de processus spécifiques et distincts [16].

### Les fonctions exécutives dans le vieillissement normal

Les régions latérales du cortex préfrontal sous-tendraient le contrôle exécutif, concept qui renvoie à celui de « fonctions exécutives ». Même si la définition des fonctions exécutives n'est pas consensuelle, nous pouvons les considérer comme des habiletés de haut niveau qui se déclinent en différentes sous-composantes : initiation de l'action, inhibition, division de l'attention, déduction de règles, maintien d'une règle correcte, flexibilité conceptuelle, génération d'informations, planification et résolution de problèmes, processus stratégiques en mémoire épisodique [21]. Ces fonctions sous-tendent l'autonomie

humaine car elles permettent la création de plans d'action intégrant les besoins propres au sujet et les informations du monde extérieur [10, 19]. Lors du vieillissement normal, il semblerait que les opérations mentales engageant principalement les fonctions exécutives soient précocement affectées [3, 9]. En revanche, les opérations mentales cristallisées, s'appuyant davantage sur des connaissances et expériences acquises au fil du temps, comme le vocabulaire, ne se modifieraient que tardivement.

Les travaux réalisés depuis une dizaine d'années révèlent une symptomatologie spécifique au vieillissement normal, à savoir des difficultés d'accès au lexique, de fluence verbale [22], l'amoindrissement des ressources attentionnelles [16]. Les capacités de mémoire de travail semblent aussi diminuer avec l'avancée en âge, ce qui signifie que le système permettant le maintien temporaire d'une quantité limitée d'informations et leur manipulation serait perturbé [23]. Comparées à des sujets jeunes, les personnes âgées obtiennent des scores inférieurs à des tests neuropsychologiques tels que le test de Stroop [24], le *Wisconsin card sorting test* [25], le *Trail making test* [26], les tests de la tour de Londres et de la tour de Hanoï [27]. Une étude s'est intéressée aux capacités de résolution de problèmes numériques dans le vieillissement normal [21], et suggère que le vieillissement normal ne s'accompagne pas d'un dysfonctionnement de l'ensemble du système frontal, mais qu'il affecterait préférentiellement le système frontal dorsolatéral ce qui, sur le plan cognitif, se traduirait par une perturbation sélective des processus cognitifs sous-tendus par ces régions. Certaines études [28-30] montrent que les trois composantes exécutives décrites par Miyake *et al.* [14] (inhibition, mise à jour et flexibilité mentale) ne subissent pas les effets du vieillissement de manière identique. Dans une revue de littérature, Collette et Salmon [16] ont détaillé les effets du vieillissement en fonction de ces trois processus, ainsi que les modifications au sein des réseaux cérébraux qui y sont associés. Selon ces auteurs, l'intelligence et les habiletés spécifiques, comme l'exécution et la formulation d'un plan d'action, l'alternance entre deux tâches cognitives, peuvent se modifier de façon isolée lors du vieillissement normal. Les capacités de mise à jour, lorsque la charge mnésique est plus importante et les capacités globales de flexibilité (maintien et sélection en mémoire de travail de schémas mentaux) seraient particulièrement perturbées, alors qu'il n'existerait pas d'effet de l'âge sur les capacités spécifiques de flexibilité qui concernent l'alternance entre deux schémas mentaux. Concernant l'inhibition, il existerait également une altération spécifique des processus contrôlés, tandis que les processus automatiques seraient préservés

[16]. Ces perturbations exécutives sont reconnues pour influencer négativement le comportement des personnes âgées au quotidien [31].

Étienne *et al.* [29] ont comparé les performances de trente adultes jeunes et de vingt-neuf sujets âgés dans la réalisation des tests d'une batterie d'évaluation étendue du fonctionnement exécutif. Les auteurs, s'appuyant sur le modèle de Miyake *et al.* [14], ont observé une altération des capacités de mise à jour et d'inhibition, tandis que la flexibilité mentale apparaissait préservée, résultats qui ont été confirmés par des études successives, comme le montre une récente revue de littérature [16]. Sylvain-Roy [23] a essayé d'identifier les processus qui contribueraient à la réalisation de différentes tâches de mémoire de travail et de voir si cette contribution diffère selon le groupe d'âge des participants. Dans ce travail, bien que les performances des personnes âgées soient inférieures à celles des adultes jeunes dans les tâches d'alternance, d'inhibition et de mise à jour, la différence n'est significative que pour l'inhibition lorsque l'impact du ralentissement cognitif est contrôlé. Ainsi, une réduction de la vitesse de traitement pourrait empêcher la personne âgée de réaliser une analyse efficiente de la situation vécue : les informations disponibles en mémoire de travail pourraient se dégrader, être oubliées ou ne plus être pertinentes [4]. À l'appui, certaines études montrent que la vitesse de traitement et la mémoire de travail peuvent être considérées comme des bons indicateurs de la performance des aînés au test de Stroop [16].

Sylvain-Roy [23] a également étudié la variabilité inter-individuelle auprès des mêmes participants. À partir d'analyses hiérarchiques en grappes, elle a pu mettre en évidence trois profils distincts de contrôle attentionnel au sein de l'échantillon de personnes âgées : un sous-groupe ayant des meilleures performances en inhibition par rapport à la moyenne de l'échantillon, un sous-groupe présentant des performances moyennes dans les tâches d'inhibition et des meilleures performances en mise à jour comparativement au reste de l'échantillon, et un troisième sous-groupe pour lequel les performances dans les tests d'inhibition étaient plus faibles. Les capacités d'inhibition semblent donc être essentielles pour distinguer ces trois sous-groupes. Les résultats obtenus indiquent que les profils des participants âgés sont plus hétérogènes par rapport à ceux des sujets jeunes, pour lesquels il a été possible de distinguer trois profils, dont le premier est caractérisé par de faibles performances, le deuxième par des performances moyennes et le troisième par de bonnes performances, comparativement au reste de l'échantillon, et ce pour l'ensemble des tests proposés. Les aînés présentant des scores inférieurs à la moyenne du groupe dans les tests d'inhibition montrent aussi des niveaux de fonctionnement cognitif global et

d'intelligence cristallisée plus bas, ainsi que des symptômes dépressifs et des facteurs de risque vasculaire. À ce propos, il nous semble important de préciser que la fragilisation physique et psychologique qui se manifeste à travers une baisse de l'autonomie fonctionnelle, l'isolement et la solitude de la personne âgée (présence de traits dépressifs), l'apparition d'une confusion mentale, de troubles de la personnalité ainsi que d'hallucinations s'inscrivent uniquement dans le cadre du vieillissement pathologique [1].

### Les capacités d'autorégulation et de prise de décision dans le vieillissement normal

Le rôle principal du cortex préfrontal ventromédian serait de réguler le comportement dans les situations où l'analyse cognitive, les habitudes ou les indices environnementaux ne sont pas suffisants pour déterminer la réponse la plus pertinente [10]. Ces régions cérébrales sous-tendraient les fonctions d'autorégulation émotionnelle et comportementale qui sont engagées dans les traitements émotionnels, y compris ceux permettant l'acquisition, le renversement et l'extinction d'associations stimulus-récompenses [19]. Les régions ventromédianes supporteraient aussi les capacités de prise de décision qui correspondraient à un ensemble de compétences et d'expériences cognitives et émotionnelles permettant de sélectionner une réponse parmi un choix possible, au regard d'une situation donnée ou lors de la confrontation à un problème [19, 32]. Cette sélection se base sur l'analyse des conséquences positives ou négatives de la situation vécue, en faisant référence aux expériences passées. L'habileté à prendre des décisions peut donc relever autant de la stratégie, donc de la cognition, que dépendre de composantes psycho-affectives et émotionnelles [33]. Dans le champ des neurosciences, Bechara *et al.* [34] distinguent les décisions comportant des risques des décisions comportant des ambiguïtés, d'où la création d'épreuves permettant d'évaluer le versant dorsal (sous risque : *Cambridge gamble task*, CGT ou *Game of dice task*, GDT) et le versant ventral (sous ambiguïté : *Iowa gambling task*, IGT) de la prise de décision [33]. Plus précisément, le CGT est une tâche informatisée qui consiste pour le participant à parier sur l'emplacement d'un jeton jaune, en choisissant la couleur (bleue ou rouge) de la boîte sous laquelle le jeton devrait être caché. Le GDT se base sur le choix du sujet de l'une des quatre combinaisons proposées (nombre unique, combinaison de deux, de trois ou de quatre nombres) avant chaque lancer de dé. Dans ces deux tâches de prise de décision, le risque réside dans le fait que les conséquences et les probabilités de ces conséquences soient connues. Le participant choisit entre un choix sûr (forte probabilité d'obtenir

une récompense, même si faible en valeur) et un choix risqué (la récompense est plus importante en valeur, mais la probabilité de gagner est faible) [33]. L'IGT, dans sa version originale, est caractérisé par cent tirages de cartes (rouges ou noires) à partir de quatre tas (A, B, C, D) qui sont posés devant le participant. Dans cette dernière épreuve, les gains et les pertes possibles, ainsi que la durée du jeu ne sont pas connus. Le participant doit identifier sur la base des tirages déjà effectués quels sont les tas avantageux (C et D) et privilégier ensuite le tirage de cartes dans ces tas pour augmenter ses gains.

La prise de décision est un processus cognitif complexe qui est susceptible d'être perturbé lors du vieillissement normal [32]. Cela est probablement dû au fait que ce processus repose sur des régions cérébrales qui se modifient avec l'avancée en âge. Le vieillissement peut modifier le fonctionnement cognitif, mais aussi la façon dont nous régulons et utilisons nos émotions. Ainsi, les personnes âgées utilisent plus volontiers les émotions positives pour effectuer un choix, alors que les personnes jeunes s'appuient davantage sur le système aversif qui recouvre les mécanismes neurobiologiques liés à la menace et à l'évitement. Au quotidien, cela se traduit, par exemple, par un risque plus élevé pour les aînés d'être victimes de fraudes [35]. Quelques travaux portent exclusivement sur le vieillissement normal des capacités de prise de décision. Dans l'étude effectuée par MacPherson *et al.* [36], les participants âgés obtiennent des scores inférieurs dans toutes les tâches exécutives par rapport aux adultes et aux jeunes sains, et des scores similaires dans les tâches évaluant les capacités de prise de décision et métacognitives. Cependant, les données relatives au vieillissement normal des fonctions d'autorégulation et de prise de décision ne sont pas toutes concordantes. Un autre travail montre que les personnes âgées ont des performances similaires à celles des adultes dans la tâche informatisée *Probability-associated gambling task* [37], qui évalue la prise de risques explicite, mais des scores inférieurs à l'IGT. Une étude [38] effectuée à l'aide de l'imagerie par résonance magnétique fonctionnelle montre que les personnes âgées sont moins performantes que les jeunes dans une tâche qui demande l'apprentissage d'associations stimulus-récompense et peuvent présenter une altération au niveau de l'interaction fronto-striatale dans la prise de décision basée sur la récompense.

### Les fonctions d'activation psychique dans le vieillissement normal

Les régions médianes supérieures du cortex préfrontal supporteraient les fonctions d'activation psychique en permettant les processus de volition/motivation. En effet,

sur le plan comportemental, la présence d'une réduction d'activité avec aboulie/asponanéité est souvent attribuée à un déficit de l'initiation de l'action. Des modifications de ces régions frontales pourraient également avoir un impact sur les capacités d'autorégulation [19], précédemment décrites. Peu de travaux ont été consacrés à l'évolution des fonctions d'activation psychique dans le vieillissement normal. Dans le cadre d'une étude effectuée par Hultsch *et al.* [39], huit-cent-soixante-deux participants, divisés en quatre groupes (jeunes, adultes, âgés et très âgés), ont été évalués au moyen d'une batterie de questionnaires, de tests évaluant la vitesse de perception, la mémoire de travail, la mémoire épisodique, le vocabulaire, et de tâches de temps de réaction (simple, à choix, de décision lexicale et sémantique). Les résultats obtenus montrent que les personnes âgées sont plus performantes que les jeunes, même lorsque les différences intergroupes relatives à la vitesse de traitement sont contrôlées. Selon les auteurs, la variabilité peut être un indicateur du fonctionnement cognitif et du vieillissement.

Considérant que les capacités de fluence verbale (FV) dépendent de l'intégrité des régions frontales latérales, mais également de celle des régions frontales médianes [19], étudier les fonctions exécutives et les capacités d'énergisation à travers des tâches de FV d'une durée de deux minutes semble être pertinent. Les processus exécutifs seraient impliqués dans la production de mots surtout pendant les premières 15/60 secondes de la tâche de FV, alors que les capacités d'activation psychique joueraient un rôle important pendant les dernières 45/60 secondes [18]. Un travail [22] montre, par exemple, que les personnes âgées peuvent avoir des performances similaires à celles des jeunes pour la tâche de FV sémantique, et des meilleures performances pour le test de FV littérale.

### Les fonctions métacognitives dans le vieillissement normal

La partie frontale polaire du cerveau supporterait les fonctions métacognitives qui permettent la représentation de ses propres états mentaux (conscience autoéotique) ou ceux d'autrui (théorie de l'esprit cognitive et affective). Ces habiletés seraient indispensables à la régulation comportementale en situation d'interaction sociale [10, 19]. Elles faciliteraient les relations sociales en permettant de comprendre, juger, ou prédire les comportements d'autrui. Certaines études [40, 41] ont montré que les performances des aînés seraient inférieures à celles d'autres participants aux épreuves de théorie de l'esprit. De plus, aucune corrélation n'a été trouvée entre les performances aux tests

de théorie de l'esprit et celles observées dans les tâches exécutives [40]. D'autres données viennent contredire ces résultats, comme celles de German et Hehman [42] qui ont montré que les performances des aînés seraient plus à associer au déclin des compétences de sélection exécutives qu'à celui de la capacité à se représenter les états mentaux d'autrui, posant la question des relations entre ces processus.

Au cours du vieillissement normal, le décodage d'émotions à partir de descriptions verbales semble être préservé. Dans une étude effectuée par Phillips *et al.* [40], les deux groupes de participants ont obtenu des scores similaires à la tâche proposée. Les personnes âgées présentent toutefois des difficultés dans l'identification des expressions faciales de colère et de détresse [41] ou de détresse et de peur selon une étude effectuée par Keightley *et al.* [43]. En outre, dans ce dernier travail, les aînés avaient un temps de réaction plus long pour les émotions faciales négatives et obtenaient des scores similaires à ceux des jeunes dans la *Self-reference task*, la *Word valence task* et les tâches de théorie de l'esprit (test d'attribution d'intentions et de compréhension d'histoires, tâche de fausses croyances). Les personnes âgées sont performantes dans les tâches contrôlées, mais elles peuvent rencontrer des difficultés dans la réalisation des versions statique et dynamique des tâches de théorie de l'esprit [44]. En ce qui concerne la réalisation des tests de fausses croyances, les aînés obtiennent des scores similaires à ceux des jeunes dans une tâche de premier ordre (« A pense que... »), mais des scores inférieurs dans une tâche de deuxième ordre (« A pense que B pense que... ») [45, 46]. À partir d'une évaluation subjective et objective de la capacité à inférer les états mentaux d'autrui, Duval *et al.* [47] ont montré que les performances des aînés sont similaires à celles des sujets jeunes et des adultes lors de l'évaluation subjective (à travers un questionnaire d'autoévaluation), mais qu'elles sont fortement perturbées dans le cadre de l'évaluation objective (au moyen de tâches classiques de théorie de l'esprit). Les personnes âgées présentent également des difficultés importantes dans la réalisation de tests usuels mesurant les capacités de théorie de l'esprit cognitive et affective (tests d'attribution d'intentions et de fausses croyances). Une revue de la littérature a été récemment publiée par Kemp *et al.* [46] sur le vieillissement normal et pathologique de trois sous-composantes de la cognition sociale : la théorie de l'esprit, la reconnaissance des émotions faciales et l'empathie. Les auteurs mettent en évidence une détérioration de la cognition sociale, chez les personnes âgées en bonne santé, qui serait partiellement indépendante d'un déclin cognitif général. Les

résultats présentés dans leur article de synthèse montrent qu'une perturbation progressive des capacités de théorie de l'esprit pourrait être en lien avec une augmentation de la vulnérabilité au niveau des lobes frontaux lors du vieillissement normal.

## Conclusion

L'objectif principal de la présente revue était de présenter, à partir de l'hypothèse frontale du vieillissement, les études qui se sont intéressées à l'évolution des fonctions frontales définies par Stuss [10] : les fonctions exécutives, les capacités d'autorégulation et de prise de décision, les capacités d'activation psychique et les fonctions métacognitives. Nous avons décidé de focaliser notre attention sur ces habiletés car, avec l'avancée en âge, ces systèmes pourraient être atteints de façon isolée. En outre, ces systèmes cognitifs semblent indispensables à l'accomplissement des objectifs de vie personnels (e.g. participer à des activités collectives, prendre des décisions). Considérant que, jusqu'à présent, aucun travail n'a permis d'évaluer ces habiletés à partir d'un même échantillon de personnes âgées, nous avons présenté des travaux portant sur l'étude d'au moins l'une des fonctions frontales. Pour synthétiser, les fonctions exécutives, les capacités métacognitives et de prise de décision sembleraient subir le plus de modifications par rapport aux autres habiletés. De façon plus détaillée, les processus les plus altérés chez les aînés seraient l'inhibition, la flexibilité, la prise de décision implicite, la théorie de l'esprit cognitive de deuxième ordre et affective. Un ralentissement général de la vitesse de traitement des informations a été également observé. Le fait que les fonctions frontales ne soient pas perturbées de la même façon lors du vieillissement normal pourrait être dû au différent degré de détérioration subie par les régions cérébrales, et plus particulièrement par les régions frontales dorsolatérales et orbitaires sur le plan morphologique [9, 36, 48]. Une autre explication pourrait être le fait que le retentissement de ces modifications cérébrales dépendrait du milieu de vie de la personne âgée, de son histoire antérieure et de ses ressources qui peuvent être de nature biologique, psychologique, cognitive, sociale (e.g. santé, éducation, phénomènes de plasticité cérébrale et de

### Points clés

- Le vieillissement normal est caractérisé par des modifications morphologiques, métaboliques et cognitives qui intéressent plus particulièrement les régions frontales du cerveau.
- Quatre catégories de fonctions frontales peuvent subir des perturbations de façon isolée avec l'avancée en âge.
- La variabilité interindividuelle observée lors des évaluations neuropsychologiques peut être en lien avec plusieurs facteurs, tels que l'âge, le niveau de santé, d'autonomie et d'éducation, ainsi que le mode de vie et l'histoire antérieure de chaque personne âgée (concept de réserve cognitive).

compensation) [1]. Tous ces facteurs renvoient à la notion de réserve cognitive [49] et peuvent être à la base de la forte hétérogénéité intra- et interindividuelle observée chez les aînés lors des évaluations neuropsychologiques [23]. Il semble donc pertinent de réaliser des recherches additionnelles à partir d'une approche multidimensionnelle du vieillissement normal pour mieux comprendre la nature des modifications frontales sans négliger la sphère personnelle et sociale des participants. Repérer les vulnérabilités qui se présentent avec l'avancée en âge permettrait de prévenir les processus qui accélèrent le déclin des facultés physiques et mentales. Dans cette perspective, certaines structures (e.g. clubs seniors, maisons de retraite) proposent des ateliers mémoire ou des activités permettant d'effectuer un entraînement cognitif en groupe, à travers la lecture de journaux, la compréhension et l'écriture de textes. Il nous semble que ces programmes de révalidation adressés aux personnes âgées devraient être intensifiés et s'appuyer sur les capacités cognitives qui sont préservées (opérations mentales cristallisées, capacités de flexibilité spécifiques, de prise de décision explicite, d'inhibition automatiques, et de théorie de l'esprit de premier ordre), cela afin de favoriser le bien-être individuel et d'augmenter la qualité des relations interpersonnelles, avec un bénéfice attendu sur l'autonomie des personnes.

**Liens d'intérêts :** Les auteurs déclarent ne pas avoir de lien d'intérêt en rapport avec cet article.



## Références

1. Bouisson J. *Psychologie du vieillissement et vie quotidienne*. Marseille : Solal, 2005.
2. Cabeza R, Dennis NA. Frontal lobes and aging: deterioration and compensation. In : Stuss DT, Knight RT, eds. *Principles of frontal lobe function*, Second edition. Oxford, New York: Oxford University Press, 2013, p. 628-52.
3. West RL. An application of prefrontal cortex function theory to cognitive aging. *Psychol Bull* 1996 ; 120 : 272-92.
4. Salthouse TA. The processing-speed theory of adult age difference in cognition. *Psychol Rev* 1996 ; 3 : 403-28.
5. Lindberg O. *The aging frontal lobe in health and disease : a structural magnetic resonance imaging study*. Thesis, 2012. Retrieved from <http://publications.ki.se/xmlui/handle/10616/40977>.
6. Tisserand DJ, Pruessner JC, Sanz Arigita EJ, van Boxtel MPJ, Evans AC, Jolles J, *et al.* Regional frontal cortical volumes decrease differentially in aging: an MRI study to compare volumetric approaches and voxel-based morphometry. *NeuroImage* 2002 ; 17 : 657-69.
7. Driscoll I, Davatzikos C, An Y, Wu X, Shen D, Kraut M, *et al.* Longitudinal pattern of regional brain volume change differentiates normal aging from MCI. *Neurology* 2009 ; 72 : 1906-13.
8. Anderson ND, Craik FIM. Memory in the aging brain. In : Tulving E, Craik FIM, eds. *The Oxford handbook of memory*. Oxford: Oxford University Press, 2000, p. 411-25.
9. Phillips LH, Della Sala S. Aging, intelligence, and anatomical segregation in the frontal lobes. *Learn Individ Differ* 1998 ; 10 : 217-43.
10. Stuss DT. Rehabilitation of frontal lobe dysfunction: a working framework. In : Oddy M, Worthington A, eds. *Rehabilitation of executive disorders: a guide to theory and practice*. Oxford: Oxford University Press, 2008, p. 3-17.
11. Cambier J, Masson M, Dehen H, Masson C. *Neurologie. Collection Les abrégés*. Paris : Masson, 2008.
12. Manning L. *La neuropsychologie clinique: approche cognitive*. Paris : Armand Colin, 2007.
13. Shallice T, Burgess PW. Domain of supervisory processes and the temporal organization. In : Roberts AC, Robbins TW, Weiskrantz L, eds. *The frontal cortex*. Oxford: Oxford University Press, 1998, p. 22-35.
14. Miyake A, Friedman NP, Emerson MJ, Witzki AH, Howerter A. The unity and diversity of executive functions and their contribution to complex "frontal lobe" tasks: a latent variable analysis. *Cognitive Psychol* 2000 ; 41 : 49-100.
15. Stuss DT. Frontal lobes and attention: processes and networks, fractionation and integration. *J Int Neuropsychol Soc* 2006 ; 12 : 261-71.
16. Collette F, Salmon E. Les modifications du fonctionnement exécutif dans le vieillissement normal. *Psychologie Française* 2014 ; 59 : 41-58.
17. Turner GR, Spreng RN. Executive functions and neurocognitive aging: dissociable patterns of brain activity. *Neurobiol Aging* 2012 ; 33 : 826.e1-13.
18. Stuss DT, Alexander MP. Is there a dysexecutive syndrome ? *Philos T Roy Soc B* 2007 ; 362 : 901-15.
19. Stuss DT, Levine B. Adult clinical neuropsychology: lessons from studies of the frontal lobes. *Ann Rev Psychol* 2002 ; 53 : 401-33.
20. Stuss DT, Anderson V. The frontal lobes and theory of mind: developmental concepts from adult focal lesion research. *Brain Cogn* 2004 ; 55 : 69-83.
21. Allain P, Kauffmann M, Dubas F, Berrut G, Le Gall D. Fonctionnement exécutif et vieillissement normal: étude de la résolution de problèmes numériques. *Psychol Neuropsychiatr Vieil* 2007 ; 5 : 315-25.
22. Henry J, Phillips LH. Covariates of production and perseveration on tests of phonemic, semantic and alternating fluency in normal aging. *Aging Neuropsychol C* 2006 ; 13 : 529-51.
23. Sylvain-Roy S. *Contrôle attentionnel et vieillissement normal: contribution à la mémoire de travail et variabilité interindividuelle*. Thèse ou mémoire numérique, 2013. Retrieved from <https://papyrus.bib.umontreal.ca/xmlui/handle/1866/10827>.
24. Houx PJ, Jolles J, Vreeling FW. Stroop interference: aging effects assessed with the Stroop Color-Word test. *Exp Aging Res* 1993 ; 19 : 209-24.
25. Ashendorf L, McCaffrey RJ. Exploring age-related decline on the Wisconsin card sorting test. *Clin Neuropsychol* 2008 ; 22 : 262-72.
26. Ashendorf L, Jefferson A, Oconnor M, Chaisson C, Green R, Stern R. Trail making test errors in normal aging, mild cognitive impairment, and dementia. *Arch Clin Neuropsych* 2008 ; 23 : 129-37.
27. Sorel O, Pennequin V. Aging of the planning process: the role of executive functioning. *Brain Cognition* 2008 ; 66 : 196-201.
28. Salthouse TA, Atkinson TM, Berish DE. Executive functioning as a potential mediator of age-related cognitive decline in normal adults. *J Exp Psychol Gen* 2003 ; 132 : 566-94.
29. Etienne V, Marin-Lamellet C, Laurent B. Évolution du contrôle exécutif au cours du vieillissement normal. *Rev Neurol (Paris)* 2008 ; 164 : 1010-7.
30. Taconnat L, Lemaire P. Fonctions exécutives, vieillissement cognitif et variations stratégiques. *Psychologie française* 2014 ; 59 : 89-100.
31. Vaughan L, Giovanello K. Executive function in daily life: age-related influences of executive processes on instrumental activities of daily living. *Psychol Aging* 2010 ; 25 : 343-55.
32. Jacus JP, Bayard S, Raffard S, Bonnoron S, Gely-Nargeot MC. Decision-making in normal and pathological aging. *Geriatr Psychol Neuropsychiatr Vieil* 2012 ; 10 : 437-44.
33. Allain P. La prise de décision: aspects théoriques, neuro-anatomie et évaluation. *Rev Neurol (Paris)* 2013 ; 5 : 69-81.
34. Bechara A, Damasio H, Tranel D, Damasio AR. The Iowa gambling task and the somatic marker hypothesis: some questions and answers. *Trends Cogn Sci* 2005 ; 9 : 159-62.
35. Denburg NL, Cole C, Hernandez M, Yamada T, Tranel D, Bechara A, *et al.* The orbitofrontal cortex, real-world decision-making, and normal aging. *Ann NY Acad Sci* 2007 ; 1121 : 480-98.
36. MacPherson SE, Phillips LH, Della Sala S. Age, executive function and social decision making: a dorsolateral prefrontal theory of cognitive aging. *Psychol Aging* 2002 ; 17 : 598-609.
37. Zamarian L, Sinz H, Bonatti E, Gamboz N, Delazer M. Normal aging affects decisions under ambiguity, but not decisions under risk. *Neuropsychology* 2008 ; 22 : 645-57.
38. Mell T. Altered function of ventral striatum during reward-based decision making in old age. *Front Hum Neurosci* 2009 ; 3 : 1-10.
39. Hultsch DF, MacDonald SW, Dixon RA. Variability in reaction time performance of younger and older adults. *J Gerontol B-Psychol* 2002 ; 57 : 101-15.
40. Phillips LH, MacLean RD, Allen R. Age and the understanding of emotions: neuropsychological and sociocognitive perspectives. *J Gerontol B Psychol Sci Soc Sci* 2002 ; 57 : 526-30.
41. Sullivan S, Ruffman T. Social understanding: how does it fare with advancing years ? *Brit J Psychol* 2004 ; 95 : 1-18.

- 42.** German TP, Hehman JA. Representational and executive selection resources in 'theory of mind': evidence from compromised belief-desire reasoning in old age. *Cognition* 2006 ; 101 : 129-52.
- 43.** Keightley ML, Winocur G, Burianova H, Hongwanishkul D, Grady CL. Age effects on social cognition: faces tell a different story. *Psychol Aging* 2006 ; 21 : 558-72.
- 44.** Slessor G, Phillips LH, Bull R. Exploring the specificity of age-related differences in theory of mind tasks. *Psychol Aging* 2007 ; 22 : 639-43.
- 45.** Desgranges B, Laisney M, Bon L, Duval C, Mondou A, Bejanin A, et al. TOM-15: une épreuve de fausses croyances pour évaluer la théorie de l'esprit cognitive. *Revue de neuropsychologie* 2012 ; 4 : 216-20.
- 46.** Kemp J, Després O, Sellal F, Dufour A. Theory of mind in normal ageing and neurodegenerative pathologies. *Ageing Res Rev* 2012 ; 11 : 199-219.
- 47.** Duval C, Piolino P, Bejanin A, Eustache F, Desgranges B. Age effects on different components of theory of mind. *Conscious Cogn* 2011 ; 20 : 627-42.
- 48.** Lamar M, Resnick SM. Aging and prefrontal functions: dissociating orbitofrontal and dorsolateral abilities. *Neurobiol Aging* 2004 ; 25 : 553-8.
- 49.** Stern Y. Cognitive reserve. *Neuropsychologia* 2009 ; 47 : 2015-28.



# Annexe 6

## Analyse corrélacionnelle réalisée entre les indices de performance relatifs aux tâches frontales

Nous présentons ici les liens significatifs observés pour chaque groupe de participants (voir les Tableaux 1, 2 et 3). Les indices de performance pris en compte dans le cadre de cette analyse corrélacionnelle sont : le nombre de mots et d'erreurs produits durant les tests de fluence verbale littérale et sémantique (120s), le nombre de mots rappelés et d'erreurs effectuées dans la tâche mnésique (RL-RI 16), les scores de séquence totaux obtenus au test de tromperie-coopération (MPS), les réponses correctes données au questionnaire faisant partie de la même épreuve (TOMQ), le temps de réalisation de ce test (TromT), les performances des sujets aux tests IGT et GDT, aux tests de FC (Tom 1, Tom 1 T, Tom 2, Tom 2 T, Q, Q T) et de reconnaissance des émotions (RME). Nous avons aussi indiqué les indices relatifs aux 2 conditions du test de Stroop (Déno, Déno C, Déno T, Int, Int C, Int T), au MCST (nombre de catégories correctes, erreurs effectuées et temps de réalisation), ainsi qu'aux tests de TR (erreurs commises et temps de réalisation de chaque épreuve).

### Sujets jeunes

En ce qui concerne les performances des participants jeunes, notre analyse montre l'existence de liens significatifs entre les performances dans la tâche de fluence verbale et celles observées dans des épreuves exécutives et d'AP (voir le Tableau 1). Les scores obtenus au test de mémoire corrélient avec les réponses données au questionnaire du TOM-15, avec les performances observées dans la condition d'interférence du test de Stroop et du *tap 1*.

Les réponses données par les SJ aux questions posées lors de la tâche de tromperie-coopération (TOMQ) ont des liens significatifs avec les scores obtenus aux tests de reconnaissance des émotions (RME) et de classement de cartes (MCST). Les scores

obtenus au test RME corrént aussi avec le nombre de catégories correctes et d'erreurs effectuées dans le MCST.

Les performances observées dans le test de PD en situation de risque explicite (GDT) corrént avec le nombre d'erreurs non corrigées dans la condition de dénomination du test de Stroop.

Les scores obtenus dans la tâche du TOM-15 évaluant la TDE cognitive de deuxième ordre (Tom 2) ont des liens négatifs avec les erreurs commises dans les tests de TR *prepare* et *no-go*. Le temps nécessaire pour effectuer le test TOM-15 (Tom 1 T, Tom 2 T, QT) corréle avec le temps de réalisation de tests impliquant des processus exécutifs et d'énergisation, comme les conditions de dénomination et d'interférence du test de Stroop, le MCST, les tests *choice*, *prepare* et *tap 2*.

Le nombre d'erreurs commises dans la condition d'interférence (Int) a également des liens significatifs avec les performances aux tests *tap 1*, *no-go* et *prepare*. Les erreurs effectuées dans les tests *prepare* et *complex* corrént entre elles. Les résultats obtenus montrent des associations entre les performances observées dans le test *tap 1* et les erreurs effectuées dans le test *no-go*. Les scores relatifs au *tap 2* corrént, en revanche, avec les erreurs réalisées dans le MCST (voir le Tableau 1).

### Sujets âgés

L'analyse corrélationnelle réalisée a mis en évidence des liens significatifs entre les compétences en fluence verbale littérale des participants âgés et leurs scores de séquence totaux au test de tromperie-coopération (MPS), mais aussi entre ces performances en fluence verbale et celles observées dans l'épreuve Tom 2 (voir le Tableau 2). Le nombre de mots évoqués dans l'épreuve de fluence verbale sémantique corrént avec les performances des SA dans le test de mémoire (RL-RI, RL-RI E) ainsi qu'avec les erreurs corrigées dans la condition de dénomination du test de Stroop. Les erreurs réalisées durant la tâche mnésique corrént également avec les erreurs effectuées dans la condition d'interférence du test de Stroop et dans le test *choice*.

Les erreurs effectuées dans le test de fluence verbale littérale corrént avec les erreurs commises dans le test *complex*. En revanche, le nombre d'erreurs réalisées dans le test de fluence verbale sémantique ont un lien positif avec celles effectuées dans le test *simple*.

Les scores obtenus au test GDT ont un lien positif avec le MCST (nombre de catégories correctes).

Les scores obtenus au MPS corrént avec les réponses données aux questions posées dans le cadre de la même tâche de tromperie-coopération (TOMQ). D'autres corrélations

	FVL	FVLE	FVS	RL-RI	RL-RIE	MPS	TOMQ	TromT	IGT	GDT	Tom1	Tom1T	Tom2	Tom2T	Q	QT	RME	Déno	DénoC	DénoT	Int	Int C	Int T	McstT	McstC	McstE	SimpT	SimpE	ChoiT	ChoiE	PrepT	PrepE	CompT	CompE	Tap1	Tap2	NogoT	NogoE			
FVL	1																																								
FVLE	-0.27	1																																							
FVS	0.54	0.021	1																																						
RL-RI	-0.0042	-0.37	-0.081	1																																					
RL-RIE	-0.27	0.39	0.012	-0.73	1																																				
MPS	-0.16	-0.1	-0.32	-0.073	0.16	1																																			
TOMQ	0.24	0.11	0.15	-0.14	0.18	0.059	1																																		
TromT	0.034	-0.075	-0.079	-0.14	-0.069	-0.15	-0.29	1																																	
IGT	0.12	-0.043	-0.049	0.15	-0.3	-0.1	0.041	-0.27	1																																
GDT	0.0048	-0.085	0.045	0.016	-0.17	0.054	-0.037	0.022	0.25	1																															
Tom1	-0.033	-0.072	-0.068	0.054	0.027	-0.031	0.11	-0.33	0.034	0.022	1																														
Tom1T	-0.18	-0.039	-0.39	-0.0058	-0.064	0.0067	-0.12	0.38	0.061	0.049	-0.23	1																													
Tom2	0.027	-0.33	0.17	-0.087	0.059	0.24	-0.12	-0.03	0.12	0.056	0.06	0.1	1																												
Tom2T	-0.18	-0.15	-0.48	0.056	-0.11	-0.019	0.034	0.23	0.039	0.23	0.085	0.77	-0.096	1																											
Q	0.15	-0.062	0.081	0.32	-0.35	-0.12	0.096	-0.32	0.14	-0.038	0.14	-0.023	0.093	-0.0061	1																										
QT	-0.35	0.012	-0.34	-0.14	0.16	0.12	-0.31	0.4	0.052	0.051	-0.038	0.29	-0.13	0.24	-0.38	1																									
RME	0.3	-0.058	0.19	-0.17	0.12	0.03	0.42	-0.065	-0.018	-0.11	0.22	-0.11	0.2	-0.11	-0.088	-0.2	1																								
Déno	-0.2	-0.061	-0.11	0.079	0.19	0.037	-0.3	-0.12	-0.072	-0.34	-0.062	0.049	0.22	-0.093	-0.21	0.048	-0.074	1																							
DénoC	-0.18	0.019	-0.15	-0.095	0.17	0.18	0.11	-0.0044	0.061	0.072	-0.17	0.3	0.16	0.25	-0.29	0.13	0.015	-0.15	1																						
DénoT	-0.35	-0.11	-0.24	-0.011	0.16	0.13	-0.19	0.047	0.061	0.0071	0.11	0.56	0.23	0.52	-0.0098	0.5	-0.13	0.046	0.51	1																					
Int	-0.12	0.59	0.058	-0.44	0.49	0.074	0.27	-0.15	0.025	0.18	-0.13	-0.004	-0.098	-0.11	-0.28	-0.0074	0.068	-0.072	0.33	0.076	1																				
Int C	-0.097	0.28	-0.0035	-0.33	0.3	0.076	0.21	0.14	0.056	0.27	-0.2	0.18	-0.19	0.16	-0.52	0.17	0.15	-0.17	0.35	0.12	0.76	1																			
Int T	-0.33	0.039	-0.2	0.012	0.081	0.018	-0.26	0.077	0.2	0.1	-0.067	0.53	-0.025	0.41	-0.24	0.53	-0.24	0.031	0.44	0.74	0.28	0.43	1																		
McstT	-0.55	0.25	-0.37	0.12	-0.06	0.12	-0.37	0.14	0.012	-0.083	-0.17	0.27	-0.3	0.13	-0.32	0.53	-0.45	0.014	0.15	0.27	0.003	0.13	0.53	1																	
McstC	0.28	-0.11	0.36	-0.1	0.076	-0.036	0.5	-0.19	-0.07	0.22	0.17	-0.36	0.13	-0.1	0.04	-0.45	0.36	-0.092	-0.26	-0.45	0.025	0.034	-0.51	-0.6	1																
McstE	-0.46	0.17	-0.3	0.24	-0.15	0.13	-0.32	0.061	-0.042	-0.22	-0.31	0.21	-0.21	0.038	-0.049	0.36	-0.48	-0.034	0.31	0.37	0.067	0.058	0.56	0.8	-0.74	1															
SimpT	-0.29	0.075	-0.25	0.13	-0.16	-0.21	-0.5	0.14	0.16	-0.14	0.12	0.25	0.07	0.019	0.1	0.25	-0.25	0.21	-0.12	0.16	-0.15	-0.22	0.26	0.38	-0.68	0.38	1														
SimpE	-0.082	-0.1	-0.2	0.062	-0.047	-0.034	0.057	-0.0038	-0.11	0.066	0.1	-0.13	-0.3	-0.0021	-0.16	0.033	-0.17	-0.085	-0.026	-0.22	-0.023	0.094	-0.1	0.24	0.06	0.013	-0.2	1													
ChoiT	-0.24	0.064	-0.47	0.22	-0.16	0.029	-0.4	0.23	0.063	-0.21	-0.096	0.38	-0.14	0.18	0.089	0.3	-0.32	0.17	0.059	0.22	-0.17	-0.19	0.33	0.48	-0.8	0.55	0.74	-0.056	1												
ChoiE	0.16	-0.19	-0.16	-0.3	0.012	0.022	-0.18	0.29	-0.25	0.15	0.16	0.29	-0.061	0.46	-0.036	0.31	-0.00...	-0.16	0.05	0.35	-0.14	-0.041	0.19	-0.063	-0.078	-0.046	-0.086	-0.048	-0.016	1											
PrepT	-0.15	0.021	-0.32	0.18	-0.21	-0.14	-0.37	0.42	0.067	-0.086	-0.049	0.5	-0.051	0.29	0.17	0.37	-0.29	0.048	-0.003	0.26	-0.21	-0.14	0.35	0.41	-0.71	0.43	0.74	-0.048	0.86	0.036	1										
PrepE	-0.048	0.034	-0.16	-0.16	0.021	0.031	0.096	0.24	-0.029	0.14	-0.098	-0.067	-0.52	0.053	-0.54	0.17	-0.077	-0.17	-0.1	-0.35	0.094	0.44	0.0061	0.28	0.086	-0.023	-0.21	0.41	-0.12	-0.00...	-0.19	1									
CompT	-0.09	-0.046	0.037	0.095	-0.089	-0.4	-0.35	0.2	0.012	-0.19	-0.035	0.23	0.18	-0.028	0.22	0.086	-0.12	0.1	-0.16	0.11	-0.21	-0.27	0.17	0.24	-0.44	0.25	0.74	-0.16	0.5	-0.12	0.59	-0.29	1								
CompE	0.0076	0.24	-0.095	-0.2	-0.029	-0.25	0.085	0.18	0.14	-0.12	-0.1	0.073	-0.19	-0.068	-0.09	0.15	0.025	0.035	0.043	-0.17	0.094	0.069	0.073	0.13	-0.12	0.048	0.12	-0.056	0.2	0.0098	0.21	0.32	0.074	1							
Tap1	-0.17	0.54	0.031	-0.35	0.42	0.04	0.14	-0.32	0.04	0.18	-0.0053	-0.24	-0.26	-0.16	-0.038	-0.012	-0.18	-0.046	0.025	-0.085	0.69	0.37	-0.003	-0.052	0.11	-0.019	-0.084	0.13	-0.13	-0.23	-0.17	0.039	-0.23	-0.01	1						
Tap2	-0.0038	-0.034	-0.035	0.18	-0.098	-0.12	-0.3	0.14	-0.0023	-0.27	-0.11	-0.087	-0.054	-0.15	0.11	0.39	-0.11	0.018	0.024	0.24	-0.083	-0.18	0.18	0.08	-0.21	0.32	0.13	-0.2	0.16	0.11	0.14	-0.27	0.14	0.074	0.075	1					
NogoT	0.0059	0.057	-0.078	0.082	-0.13	-0.16	-0.32	0.15	0.24	-0.12	0.036	0.31	0.2	0.021	0.2	0.22	-0.2	0.037	-0.0061	0.25	-0.013	-0.15	0.39	0.32	-0.61	0.39	0.79	-0.24	0.73	-0.074	0.77	-0.36	0.77	0.16	-0.093	0.2	1				
NogoE	-0.072	0.37	-0.046	-0.17	0.21	-0.1	-0.091	0.037	-0.016	0.11	0.018	-0.092	-0.38	-0.031	-0.23	0.32	-0.072	-0.11	-0.033	-0.0042	0.32	0.21	0.042	0.15	0.11	-0.058	-0.24	0.1	-0.3	0.15	-0.22	0.27	-0.25	0.28	0.41	0.29	-0.29	1			

TABLE 1 – Coefficients de corrélation obtenus pour le groupe de participants jeunes. Les coefficients de corrélation indiqués en noir dans le tableau montrent des liens non significatifs entre les indices de performance pris en considération. Les coefficients sont indiqués en rouge, bleu ou vert si la valeur de  $p$  est inférieure à .05, .01 et .001 respectivement.

ont été mises en évidence entre le MPS, le Tom 1, le Tom 2, le MCST (nombre d'erreurs et de catégories correctes) et les erreurs effectuées dans les tests de TR *choice* et *prepare*.

Les scores obtenus au questionnaire TOMQ corrént avec les performances observées dans les épreuves Tom 1, Tom 2, RME, *tap 1* ainsi qu'avec le nombre d'erreurs effectuées dans le MCST. Le temps qui a été nécessaire pour répondre au TOMQ a des liens avec le temps de réalisation du test TOM-15 (Tom 1 T, Tom 2 T, QT). Les performances aux tests Tom 1 et Tom 2, qui évaluent les capacités de TDE cognitive de premier et de deuxième ordre, corrént avec le RME et les erreurs effectuées dans les épreuves MCST et *prepare*.

Le temps de réalisation du test TOM-15 corréle avec le temps de réalisation d'épreuves impliquant des processus exécutifs et d'énergisation, telles que les tests de Stroop, *no-go* et MCST. Les performances observées au test de Stroop corrént également avec le nombre de catégories correctes au MCST. Tous les indices de performances pris en considération pour le MCST corrént avec les tests *tap 1* et *tap 2*. Précisons que les données relatives à ces 2 derniers tests de TR corrént entre elles. De plus, les temps de réalisation des différentes tâches informatisées de TR corrént également entre eux. Pour connaître tous les coefficients de corrélation calculés pour le groupe de participants âgés voir le Tableau 2 ci-dessous.

### **Sujets très âgés**

Concernant les liens existants entre les performances des STA dans les différentes épreuves frontales, les résultats obtenus sont présentés dans le Tableau 3.

Les performances observées dans le test de fluence verbale littérale ont des liens significatifs avec le nombre de mots évoqués dans le test de fluence verbale sémantique, les erreurs effectuées dans le test *simple*, les réponses données au TOMQ et au RME. Le nombre d'erreurs réalisées pendant la tâche de fluence verbale littérale corrént avec les scores obtenus au RME ainsi qu'au test *tap 2*. En revanche, les erreurs effectuées dans le test de fluence verbale sémantique ont des liens avec l'IGT, évaluant la PD en situation de risque implicite, et avec les erreurs non corrigées dans la condition de dénomination du test de Stroop.

Les scores obtenus à l'IGT ont aussi des liens avec le nombre d'erreurs non corrigées dans la condition de dénomination du test de Stroop. Le test GDT corrént avec le nombre de catégories correctes dans le MCST ainsi qu'avec les erreurs effectuées dans les tests *prepare* et *complex*.

Les performances des STA dans le test de mémoire ont des liens avec les erreurs

	FVL	FVLE	FVS	FVSE	RL-RI	RL-RIE	MPS	TOMQ	TromT	IGT	GDT	Tom1	Tom1T	Tom2	Tom2T	Q	QT	RME	Déno	DénoC	DénoT	Int	Int C	Int T	McstT	McstC	McstE	SimpT	SimpE	ChoiT	ChoiE	PrepT	PrepE	CompT	CompE	Tap1	Tap2	NogoT	NogoE								
FVL	1																																														
FVLE	0.076	1																																													
FVS	0.2	0.086	1																																												
FVSE	0.052	-0.046	0.16	1																																											
RL-RI	0.11	-0.032	<b>0.45</b>	-0.044	1																																										
RL-RIE	-0.15	0.16	<b>-0.33</b>	-0.016	<b>-0.74</b>	1																																									
MPS	<b>0.38</b>	0.048	0.2	0.21	0.059	-0.27	1																																								
TOMQ	0.15	0.077	0.2	0.044	0.11	-0.13	<b>0.59</b>	1																																							
TromT	0.035	0.084	-0.23	0.21	-0.039	0.12	<b>-0.33</b>	-0.13	1																																						
IGT	0.016	0.043	-0.048	-0.064	0.0091	0.052	0.073	-0.00...	-0.23	1																																					
GDT	0.032	0.18	-0.22	0.032	-0.24	0.07	0.044	0.052	-0.0051	0.23	1																																				
Tom1	0.3	0.19	0.086	0.14	-0.096	0.044	<b>0.34</b>	<b>0.48</b>	0.15	-0.074	0.024	1																																			
Tom1T	-0.25	0.025	-0.31	-0.11	-0.26	0.29	<b>-0.42</b>	<b>-0.37</b>	<b>0.41</b>	0.031	0.038	-0.25	1																																		
Tom2	<b>0.51</b>	0.19	0.22	0.11	0.17	-0.16	<b>0.67</b>	<b>0.5</b>	-0.15	-0.14	0.017	<b>0.54</b>	<b>-0.33</b>	1																																	
Tom2T	-0.026	-0.12	-0.24	-0.054	-0.24	0.22	-0.23	-0.23	<b>0.38</b>	-0.13	-0.027	-0.13	<b>0.79</b>	-0.064	1																																
Q	0.16	0.053	0.25	-0.018	0.13	-0.19	0.21	0.03	-0.18	-0.2	-0.29	-0.018	0.084	<b>0.4</b>	0.15	1																															
QT	<b>-0.38</b>	-0.27	<b>-0.34</b>	-0.16	-0.03	-0.013	<b>-0.57</b>	<b>-0.48</b>	<b>0.38</b>	-0.24	0.018	<b>-0.46</b>	<b>0.52</b>	<b>-0.54</b>	<b>0.41</b>	-0.098	1																														
RME	0.14	-0.0056	-0.11	0.26	-0.032	0.028	0.3	<b>0.38</b>	0.071	-0.19	0.11	<b>0.32</b>	<b>-0.39</b>	0.27	-0.24	0.02	-0.18	1																													
Déno	-0.15	-0.093	-0.16	-0.052	-0.067	0.14	0.028	0.089	-0.057	-0.11	-0.25	0.073	-0.2	-0.059	-0.29	-0.3	-0.18	-0.028	1																												
DénoC	-0.098	0.077	<b>-0.4</b>	-0.13	-0.22	0.3	-0.11	-0.061	0.049	-0.067	-0.12	-0.052	0.16	0.026	0.23	-0.036	0.13	-0.072	0.15	1																											
DénoT	-0.13	-0.19	<b>-0.4</b>	0.015	-0.28	0.16	-0.039	0.062	0.18	-0.16	-0.09	-0.039	<b>0.33</b>	0.019	<b>0.43</b>	0.005	<b>0.4</b>	-0.17	-0.012	<b>0.49</b>	1																										
Int	-0.15	-0.04	-0.23	-0.076	-0.28	0.29	-0.16	0.0056	-0.022	-0.22	-0.22	0.043	0.039	-0.096	0.055	-0.23	-0.074	-0.034	<b>0.79</b>	<b>0.39</b>	0.18	1																									
Int C	-0.26	0.16	-0.2	-0.025	-0.094	<b>0.32</b>	-0.28	-0.26	0.057	0.082	-0.26	-0.1	0.14	-0.012	0.075	0.15	0.16	0.000...	0.14	<b>0.4</b>	0.1	0.22	1																								
Int T	-0.19	-0.16	<b>-0.52</b>	0.035	<b>-0.34</b>	0.057	0.0095	-0.07	0.21	-0.1	-0.082	-0.083	<b>0.44</b>	0.0081	<b>0.55</b>	0.18	0.26	0.008	-0.062	<b>0.38</b>	<b>0.51</b>	0.13	0.2	1																							
McstT	-0.18	-0.14	<b>-0.41</b>	-0.17	-0.16	0.017	-0.17	-0.22	0.3	<b>-0.38</b>	-0.07	-0.16	<b>0.41</b>	-0.037	<b>0.35</b>	0.1	<b>0.5</b>	-0.13	-0.0036	0.23	<b>0.48</b>	0.083	0.063	0.3	1																						
McstC	0.28	0.049	0.27	0.13	0.11	-0.16	<b>0.38</b>	0.31	-0.15	0.29	<b>0.39</b>	0.27	-0.28	0.26	-0.21	0.11	<b>-0.35</b>	0.28	<b>-0.39</b>	<b>-0.33</b>	<b>-0.36</b>	<b>-0.42</b>	-0.17	<b>-0.32</b>	<b>-0.49</b>	1																					
McstE	-0.3	0.0093	-0.27	-0.2	-0.12	0.084	<b>-0.39</b>	<b>-0.33</b>	0.16	-0.22	-0.29	<b>-0.44</b>	<b>0.36</b>	<b>-0.37</b>	0.2	-0.032	<b>0.45</b>	<b>-0.32</b>	0.25	0.28	0.26	0.26	0.15	<b>0.33</b>	<b>0.57</b>	<b>-0.87</b>	1																				
SimpT	-0.15	-0.22	-0.15	0.22	-0.24	0.27	-0.2	-0.2	0.25	0.12	-0.12	-0.04	0.13	-0.2	0.19	-0.0041	0.18	-0.14	0.26	0.16	0.12	0.2	0.28	0.21	-0.079	-0.19	0.13	1																			
SimpE	0.11	-0.1	0.068	<b>0.73</b>	0.061	-0.037	0.12	-0.082	0.23	0.022	0.055	-0.022	0.19	0.037	0.2	0.068	0.000...	0.077	-0.12	-0.1	0.012	-0.17	-0.12	0.17	-0.11	0.025	0.0061	0.23	1																		
ChoiT	-0.18	-0.27	-0.18	0.017	<b>-0.39</b>	0.3	-0.16	-0.16	0.13	0.082	-0.014	-0.089	0.21	-0.25	0.28	0.092	<b>0.36</b>	-0.14	-0.19	0.14	<b>0.31</b>	-0.11	0.096	0.16	-0.025	-0.037	0.031	<b>0.67</b>	-0.022	1																	
ChoiE	-0.18	-0.11	-0.015	-0.06	-0.1	<b>0.35</b>	<b>-0.4</b>	-0.15	0.02	-0.12	-0.24	-0.072	-0.16	-0.23	-0.1	-0.052	0.21	0.17	0.16	0.2	-0.089	0.2	<b>0.51</b>	-0.18	-0.12	-0.095	0.096	0.21	-0.1	0.24	1																
PrepT	-0.052	-0.21	-0.26	0.057	<b>-0.46</b>	<b>0.32</b>	-0.16	<b>-0.39</b>	0.15	0.039	-0.02	-0.19	0.29	<b>-0.36</b>	0.3	0.15	<b>0.44</b>	-0.13	-0.23	0.15	0.27	-0.15	0.07	0.16	0.088	-0.042	0.11	<b>0.56</b>	0.098	<b>0.85</b>	0.22	1															
PrepE	-0.031	-0.19	-0.12	-0.11	-0.19	0.16	<b>-0.32</b>	-0.25	0.038	0.12	0.12	<b>-0.4</b>	0.0087	<b>-0.41</b>	-0.13	-0.14	0.21	<b>-0.36</b>	0.0057	0.042	0.15	-0.035	-0.025	-0.19	0.1	-0.071	0.18	0.25	-0.036	<b>0.4</b>	0.26	<b>0.4</b>	1														
CompT	-0.09	<b>-0.31</b>	-0.22	0.2	<b>-0.33</b>	-0.015	0.041	-0.26	-0.05	0.18	0.037	-0.063	0.13	-0.094	0.23	0.19	0.19	-0.046	-0.14	-0.085	0.087	-0.16	0.0045	<b>0.38</b>	0.02	-0.044	0.13	<b>0.49</b>	0.17	<b>0.6</b>	0.037	<b>0.6</b>	0.13	1													
CompE	-0.073	<b>0.45</b>	0.022	-0.067	-0.23	0.24	0.071	0.18	0.11	0.089	0.12	0.14	0.26	0.12	-0.032	0.034	-0.11	0.026	0.015	-0.14	0.0045	0.011	0.28	-0.03	-0.013	0.054	-0.028	-0.28	-0.13	-0.18	-0.1	-0.22	-0.097	-0.28	1												
Tap1	-0.044	-0.074	-0.15	-0.079	-0.14	-0.074	-0.24	<b>-0.43</b>	0.076	-0.29	-0.089	-0.23	0.21	-0.072	0.15	0.24	<b>0.33</b>	-0.16	-0.014	0.061	0.065	0.02	-0.021	0.27	<b>0.31</b>	<b>-0.5</b>	<b>0.52</b>	0.083	0.022	0.15	0.035	0.18	0.036	<b>0.37</b>	0.017	1											
Tap2	-0.098	-0.066	-0.26	-0.17	-0.072	-0.12	-0.12	-0.25	0.012	-0.21	-0.28	-0.26	0.066	-0.18	-0.046	0.026	0.11	-0.18	0.062	0.019	0.088	0.011	-0.14	0.3	<b>0.37</b>	<b>-0.39</b>	<b>0.48</b>	-0.21	-0.22	-0.13	-0.094	-0.012	0.13	0.24	-0.12	<b>0.51</b>	1										
NogoT	0.077	-0.25	-0.25	0.012	<b>-0.4</b>	0.11	-0.046	-0.27	0.17	0.043	-0.0094	-0.13	<b>0.34</b>	-0.26	<b>0.37</b>	0.2	<b>0.44</b>	-0.15	-0.19	0.11	0.24	-0.086	0.033	0.27	0.12	-0.0027	0.12	<b>0.47</b>	0.077	<b>0.7</b>	0.055	<b>0.8</b>	0.24	<b>0.65</b>	-0.097	0.24	-0.021	1									
NogoE	-0.05	-0.11	0.047	-0.064	-0.013	-0.12	-0.092	0.08	0.13	-0.25	0.18	-0.17	0.21	-0.2	0.25	-0.15	<b>0.32</b>	0.22	-0.13	-0.046	-0.03	0.095	-0.21	0.068	0.12	-0.0027	0.046	-0.15	-0.053	0.046	-0.084																



commises dans le MCST ; les erreurs réalisées dans la même tâche (RL-RI E) corrént avec les erreurs effectuées dans le test *choice* et dans la condition de dénomination du test de Stroop.

Les scores obtenus au MPS ont des liens positifs avec les réponses données au TOMQ ainsi qu'au test de reconnaissance des émotions RME. Les performances au TOMQ corrént également avec celles observées dans les épreuves Tom 2, RME, *tap 1* ainsi qu'avec le nombre d'erreurs effectuées dans le MCST (voir le Tableau 3). Le nombre de réponses correctes données dans le test RME corrént avec les erreurs effectuées dans les tests *simple* et *prepare*.

Le temps de réalisation de la tâche de tromperie-coopération corréle avec le temps nécessaire pour réaliser le test Tom 2. Les performances observées dans le test Tom 1 ont des liens avec les scores obtenus au questionnaire du TOM-15 (Q) et avec les erreurs corrigées dans la condition d'interférence du test de Stroop (Int C). Les réponses obtenues à ce questionnaire (Q) corrént aussi avec le nombre d'erreurs corrigées dans la condition d'interférence des tests de Stroop et *simple*, ainsi qu'avec les données relatives au test *tap 2*. Les temps de réalisation des tâches Tom 1 et Tom 2 corrént aussi entre eux.

Les performances observées dans la condition de dénomination du test de Stroop montrent des liens entre les erreurs corrigées, le temps de réalisation de cette tâche et plusieurs tests exécutifs et d'énergisation : la condition d'interférence du test de Stroop, les tests *no-go*, *choice*, *prepare* et *complex*. Les erreurs corrigées dans la condition d'interférence du test de Stroop corrént avec les erreurs effectuées dans les tests *simple* et *no-go*.

Enfin, précisons que les performances observées aux tests *tap 1* et *tap 2* corrént entre elles et que, en général, les scores et les temps de réalisation des tâches constituant la batterie ARTIST ont des liens assez forts entre eux (pour une synthèse, voir le Tableau 3).

	FVL	FVLE	FVS	FVSE	RL-RI	RL-RIE	MPS	TOMQ	TromT	IGT	GDT	Tom1	Tom1T	Tom2	Tom2T	Q	QT	RME	Déno	DénoC	DénoT	Int	Int C	Int T	McstT	McstC	McstE	SimpT	SimpE	ChoiT	ChoiE	PrepT	PrepE	CompT	CompE	Tap1	Tap2	NogoT	NogoE					
FVL	1																																											
FVLE	-0.043	1																																										
FVS	0.45	-0.031	1																																									
FVSE	0.12	-0.083	0.29	1																																								
RL-RI	0.29	-0.2	0.21	0.032	1																																							
RL-RIE	-0.0017	-0.01	-0.11	0.12	-0.57	1																																						
MPS	0.31	-0.32	0.27	0.14	0.074	0.16	1																																					
TOMQ	0.36	-0.1	-0.032	-0.16	0.083	-0.069	0.39	1																																				
TromT	-0.014	-0.035	-0.077	-0.21	0.12	-0.4	-0.032	0.068	1																																			
IGT	0.17	-0.054	0.26	0.6	-0.095	0.3	0.3	0.043	-0.22	1																																		
GDT	0.33	0.017	0.21	0.003	0.21	0.076	0.17	0.0024	-0.28	0.26	1																																	
Tom1	0.35	0.038	0.16	-0.012	0.023	0.2	0.28	0.27	-0.36	0.076	0.06	1																																
Tom1T	-0.44	0.13	-0.28	-0.077	0.17	-0.28	0.089	0.023	0.3	-0.18	-0.074	-0.28	1																															
Tom2	0.0051	-0.074	0.078	-0.17	0.22	-0.14	0.24	0.43	0.032	-0.3	-0.31	0.33	0.053	1																														
Tom2T	-0.15	0.015	-0.16	-0.12	0.21	-0.34	0.13	-0.0098	0.37	-0.12	0.0067	-0.21	0.72	-0.13	1																													
Q	0.093	-0.34	0.021	0.11	0.2	-0.056	-0.089	0.13	-0.39	-0.028	0.21	0.39	-0.16	0.28	0.065	1																												
QT	-0.25	0.01	-0.26	-0.011	-0.053	-0.19	-0.25	-0.18	0.33	-0.39	-0.44	-0.42	0.29	-0.086	0.27	-0.34	1																											
RME	0.37	-0.45	-0.058	-0.07	0.13	-0.028	0.37	0.52	0.22	0.023	-0.28	0.25	0.009	0.29	0.02	0.21	-0.076	1																										
Déno	-0.042	-0.0055	0.3	0.62	0.048	-0.044	-0.096	-0.19	-0.078	0.36	0.2	-0.2	0.00012	-0.039	-0.11	0.26	-0.18	-0.1	1																									
DénoC	-0.11	0.089	0.16	-0.087	0.2	-0.4	-0.081	0.16	0.32	-0.085	-0.024	-0.17	0.32	0.17	0.17	0.12	-0.044	0.053	0.25	1																								
DénoT	-0.31	-0.28	-0.051	0.15	-0.0053	-0.29	-0.2	0.028	0.25	0.055	-0.5	-0.24	0.14	-0.11	-0.01	-0.019	0.28	0.25	0.12	0.47	1																							
Int	-0.31	-0.0076	0.094	-0.039	0.048	-0.2	-0.2	-0.21	0.074	-0.19	-0.24	-0.21	-0.0019	0.19	-0.14	-0.061	0.35	-0.2	0.17	0.14	0.26	1																						
Int C	-0.19	0.35	-0.062	0.12	0.0071	-0.31	-0.17	-0.19	0.24	-0.16	-0.09	-0.54	0.29	-0.21	0.0055	-0.53	0.43	-0.33	0.11	0.43	0.3	0.24	1																					
Int T	-0.49	0.028	-0.22	0.01	-0.06	-0.25	-0.11	-0.11	0.2	-0.16	-0.41	-0.28	0.2	-0.059	0.05	-0.33	0.48	-0.088	-0.037	-0.0069	0.56	0.49	0.37	1																				
McstT	-0.055	0.058	0.11	0.27	-0.27	-0.0072	-0.042	0.0012	-0.08	-0.029	-0.35	-0.029	-0.046	-0.11	0.071	0.15	0.068	0.16	0.21	0.12	0.33	-0.23	0.069	0.24	1																			
McstC	0.26	-0.0048	-0.11	-0.065	0.2	-0.11	0.14	0.27	0.18	0.14	0.47	0.11	0.12	0.087	0.18	0.011	-0.28	-0.064	0.16	-0.005	-0.38	-0.3	-0.055	-0.32	-0.36	1																		
McstE	-0.3	0.12	0.15	0.088	-0.37	0.26	-0.11	-0.42	-0.23	-0.11	-0.32	-0.2	-0.14	-0.26	-0.19	-0.2	0.36	-0.21	-0.084	-0.024	0.24	0.33	0.23	0.4	0.38	-0.83	1																	
SimpT	-0.35	0.033	-0.38	-0.31	-0.31	0.23	-0.081	-0.16	0.047	-0.02	-0.17	-0.096	-0.011	-0.23	-0.13	-0.38	0.17	0.15	-0.38	-0.24	0.13	0.02	0.054	0.4	-0.087	-0.34	0.38	1																
SimpE	-0.41	0.24	-0.19	-0.02	0.098	-0.13	-0.34	-0.24	0.15	-0.11	-0.11	-0.28	0.29	-0.24	0.031	-0.38	0.15	-0.38	-0.12	0.28	0.37	-0.094	0.55	0.32	-0.028	-0.053	0.11	0.29	1															
ChoiT	-0.39	-0.082	-0.32	-0.28	-0.14	-0.077	-0.25	-0.13	0.34	-0.078	-0.36	-0.37	0.047	-0.21	-0.027	-0.23	0.11	0.23	-0.14	0.15	0.52	-0.044	0.15	0.43	0.26	-0.26	0.22	0.63	0.43	1														
ChoiE	0.071	-0.049	0.35	-0.019	0.23	-0.36	-0.17	0.12	0.14	-0.055	-0.25	0.03	-0.14	0.16	-0.08	-0.052	-0.007	0.0095	0.088	0.035	0.19	0.3	-0.0076	-0.0078	-0.039	0.079	-0.18	-0.34	-0.015	-0.036	1													
PrepT	-0.37	0.13	-0.31	-0.2	-0.22	0.036	-0.41	-0.2	0.081	-0.082	-0.4	-0.31	0.094	-0.27	-0.0095	-0.19	0.2	0.12	-0.15	0.021	0.48	-0.047	0.084	0.36	0.23	-0.4	0.36	0.6	0.45	0.8	-0.12	1												
PrepE	-0.11	-0.12	-0.17	0.2	0.07	-0.099	-0.28	-0.19	0.08	0.16	-0.47	-0.039	0.062	-0.18	-0.041	-0.032	0.17	0.36	0.022	-0.067	0.65	0.077	0.035	0.47	0.29	-0.28	0.12	0.28	0.19	0.49	0.082	0.58	1											
CompT	-0.26	-0.044	-0.45	-0.36	-0.13	0.0047	-0.16	0.16	0.13	-0.014	-0.35	-0.27	-0.027	-0.15	-0.09	-0.28	0.079	0.23	-0.33	0.000...	0.37	0.012	0.074	0.36	0.052	-0.14	0.14	0.59	0.32	0.81	-0.012	0.74	0.37	1										
CompE	-0.18	-0.13	-0.13	-0.14	0.036	-0.18	-0.15	0.054	0.33	-0.15	-0.8	-0.15	0.08	0.17	-0.029	-0.28	0.31	0.36	-0.26	0.094	0.62	0.33	0.12	0.43	0.15	-0.37	0.16	0.17	0.14	0.43	0.31	0.45	0.66	0.5	1									
Tap1	0.042	-0.028	-0.095	-0.2	-0.29	0.01	0.2	0.049	0.092	0.064	-0.029	-0.1	0.18	-0.26	0.26	-0.17	0.069	0.21	-0.26	-0.12	0.063	0.0063	-0.045	-0.017	-0.15	-0.2	0.019	0.17	-0.23	0.055	-0.098	0.14	0.06	0.094	0.13	1								
Tap2	0.1	0.4	-0.063	-0.19	-0.08	-0.077	0.16	0.0091	0.3	-0.088	0.0075	-0.36	0.25	-0.099	0.25	-0.51	0.095	-0.052	-0.24	-0.079	-0.24	-0.23	0.28	0.069	-0.079	-0.016	0.053	0.18	0.14	0.17	-0.22	0.2	-0.14	0.15	-0.082	0.47	1							
NogoT	-0.4	0.032	-0.49	-0.22	-0.29	0.012	-0.29	-0.13	0.14	-0.15	-0.33	-0.34	0.28	-0.23	0.12	-0.15	0.26	0.2	-0.11	0.14	0.4	-0.12	0.2	0.24	0.29	-0.16	0.2	0.49	0.27	0.72	-0.22	0.76	0.46	0.65	0.37	0.023	-0.02	1						
NogoE	0.031	-0.033	-0.024	0.056	0.35	-0.27	-0.17	0.044	0.2	-0.083	-0.072	-0.27	0.0098	-0.13	-0.055	-0.11	-0.098	-0.16	0.026	0.39	0.32	0.036	0.41	0.02	-0.081	0.11	-0.11	-0.28	0.55	0.084	0.3	0.057	0.038	0.2	0.24	-0.26	-0.011	-0.054	1					

TABLE 3 – Coefficients de corrélation obtenus pour le groupe de participants très âgés. Les coefficients de corrélation indiqués en noir dans le tableau montrent des liens non significatifs entre les indices de performance pris en considération. Les coefficients sont indiqués en rouge, bleu ou vert si la valeur de  $p$  est inférieure à .05, .01 et .001 respectivement.



# Références

- Aartsen, M. J., Smits, C. H. M., van Tilburg, T., Knipscheer, K. C. P. M., & Deeg, D. J. H. (2002). Activity in older adults cause or consequence of cognitive functioning? A longitudinal study on everyday activities and cognitive performance in older adults. *The Journals of Gerontology Series B : Psychological Sciences and Social Sciences*, 57(2), 153–162.
- Airaksinen, E., Larsson, M., & Forsell, Y. (2005). Neuropsychological functions in anxiety disorders in population-based samples : Evidence of episodic memory dysfunction. *Journal of Psychiatric Research*, 39(2), 207–214.
- Ajuriaguerra, J. D. (1964). *Désafférentation expérimentale et clinique*. Communication présentée au Symposium de Bel-Air, Université de Genève, Genève, Suisse.
- Alaphilippe, D., Bailly, N., Gana, K., & Martin, B. (2005). Les prédicteurs de l'adaptation chez l'adulte âgé. *L'Année Psychologique*, 105(4), 649–667.
- Albinet, C. (2008). Vieillesse, activité physique et cognition. *Science & Motricité*, 63(1), 9–36.
- Albinet, C., Fezzani, K., & Thon, B. (2008). Aging, physical exercise, and cognition. *Science & Motricité*, 63(1), 9–36.
- Alexander, G. E., Crutcher, M. D., & DeLong, M. R. (1990). Basal ganglia-thalamocortical circuits : Parallel substrates for motor, oculomotor, "prefrontal" and "limbic" functions. *Progress in Brain Research*, 85, 119–146.
- Alexander, G. E., DeLong, M. R., & Strick, P. L. (1986). Parallel organization of functionally segregated circuits linking basal ganglia and cortex. *Annual Review of Neuroscience*, 9(1), 357–381.
- Alexandre, T. d. S., Cordeiro, R. C., & Ramos, L. R. (2009). Factors associated to quality of life in active elderly. *Revista de Saúde Pública*, 43(4), 613–621.
- Allain, P. (2013). La prise de décision : Aspects théoriques, neuro-anatomie et évaluation. *Revue de Neuropsychologie*, 5(2), 69–81.
- Allain, P., Aubin, G., & Le Gall, D. (2012). *Cognition sociale et neuropsychologie*. Marseille, France : Solal.
- Allain, P., Kauffmann, M., Dubas, F., Berrut, G., & Le Gall, D. (2007). Fonctionnement exécutif

- et vieillissement normal : Étude de la résolution de problèmes numériques. *Psychologie & NeuroPsychiatrie du Vieillissement*, 5(4), 315–325.
- Allain, P., Nicoleau, S., Pinon, K., Etcharry-Bouyx, F., Barré, J., Berrut, G., ... Le Gall, D. (2005). Executive functioning in normal aging : A study of action planning using the Zoo Map Test. *Brain and Cognition*, 57(1), 4–7.
- Allain, P., Roy, A., Kefi, M. Z., Pinon, K., Etcharry-Bouyx, F., & Le Gall, D. (2004). Fonctions exécutives et traumatisme crânien sévère : Une évaluation à l'aide de la "Behavioural Assessment of the Dysexecutive Syndrome". *Revue de Neuropsychologie*, 14(3), 285–323.
- Amarantos, E., Martinez, A., & Dwyer, J. (2001). Nutrition and quality of life in older adults. *The Journals of Gerontology Series A : Biological Sciences and Medical Sciences*, 56(Suppl 2), 54–64.
- American College of Sports Medicine. (2000). *ACSM's guidelines for exercise testing and prescription* (6e éd.). Philadelphia, PA : Lippincott Williams & Wilkins.
- Amieva, H., Mokri, H., Le Goff, M., Meillon, C., Jacqmin-Gadda, H., Foubert-Samier, A., ... Dartigues, J.-F. (2014). Compensatory mechanisms in higher-educated subjects with Alzheimer's disease : A study of 20 years of cognitive decline. *Brain*, 137(4), 1167–1175.
- Amieva, H., Phillips, L., & Della Sala, S. (2003). Behavioral dysexecutive symptoms in normal aging. *Brain and Cognition*, 53(2), 129–132.
- Anderson, N. D., & Craik, F. I. M. (2000). Memory in the aging brain. In E. Tulving (Ed.), *The Oxford handbook of memory* (pp. 411–425). New York, NY : Oxford University Press.
- Anderson, S. W., Bechara, A., Damásio, H., Tranel, D., & Damásio, A. R. (1999). Impairment of social and moral behavior related to early damage in human prefrontal cortex. *Nature Neuroscience*, 2(11), 1032–1037.
- Anderson, S. W., Damásio, H., Jones, R. D., & Tranel, D. (1991). Wisconsin Card Sorting Test performance as a measure of frontal lobe damage. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 13(6), 909–922.
- Andrés, P. (2004). L'inhibition : Une approche cognitive et neuropsychologique. In T. Meulemans, F. Collette, & M. Van der Linden (Eds.), *Neuropsychologie des fonctions exécutives* (pp. 53–79). Marseille, France : Solal.
- Andrés, P., Guerrini, C., Phillips, L. H., & Perfect, T. J. (2008). Differential effects of aging on executive and automatic inhibition. *Developmental Neuropsychology*, 33(2), 101–123.
- Andrés, P., & Van der Linden, M. (2000). Age-related differences in supervisory attentional system functions. *The Journals of Gerontology Series B : Psychological Sciences and Social Sciences*, 55(6), 373–380.
- Andrian, J. (1999). Suicide des personnes âgées. *Gérontologie et Société*(90), 49–69.
- Anstey, K. J., & Smith, G. A. (1999). Interrelationships among biological markers of aging,

- health, activity, acculturation, and cognitive performance in late adulthood. *Psychology and Aging*, 14(4), 605.
- Arendt, H. (1961). *Condition de l'homme moderne*. Paris, France : Calmann-Lévy.
- Asp, E., Manzel, K., Koestner, B., Cole, C., Denburg, N. L., & Tranel, D. (2012). A neuropsychological test of belief and doubt : Damage to ventromedial prefrontal cortex increases credulity for misleading advertising. *Frontiers in Neuroscience*, 6(100).
- Austin, M.-P., Mitchell, P., & Goodwin, G. M. (2001). Cognitive deficits in depression. *The British Journal of Psychiatry*, 178(3), 200–206.
- Austin, M.-P., Mitchell, P., Wilhelm, K., Parker, G., Hickie, I., Brodaty, H., . . . Hadzi-Pavlovic, D. (1999). Cognitive function in depression : A distinct pattern of frontal impairment in melancholia? *Psychological Medicine*, 29(1), 73–85.
- Austin, M.-P., Ross, M., & Murray, C. (1992). Cognitive function in major depression. *Journal of Affective Disorders*, 25(1), 21–29.
- Baddeley, A. D. (1986). *Working memory*. Oxford, Angleterre : Oxford University Press.
- Baddeley, A. D. (1996). The fractionation of working memory. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 93(24), 13468–13472.
- Baddeley, A. D., Bressi, S., Della Sala, S., Logie, R., & Spinnler, H. (1991). The decline of working memory in Alzheimer's disease. A longitudinal study. *Brain*, 114(6), 2521–2542.
- Bailey, P. E., & Henry, J. D. (2008). Growing less empathic with age : Disinhibition of the self-perspective. *The Journals of Gerontology Series B : Psychological Sciences and Social Sciences*, 63(4), 219–226.
- Balard, F. (2010). « Les plus âgés des âgés » : Une culture vivante aux portes de la mort. Analyse ethno-anthropologique d'une classe d'âge en devenir. Thèse de doctorat, Université Paul-Valéry, Montpellier 3, Montpellier, France. *Bulletin Amades. Anthropologie Médicale Appliquée au Développement et à la Santé*, 81.
- Balard, F. (2013). "Bien vieillir" et "faire bonne vieillesse". Perspective anthropologique et paroles de centenaires. *Recherches Sociologiques et Anthropologiques*(44-1), 75–95.
- Baldo, J. V., Shimamura, A. P., Delis, D. C., Kramer, J., & Kaplan, E. (2001). Verbal and design fluency in patients with frontal lobe lesions. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 7(5), 586–596.
- Ball, K., Berch, D. B., Helmers, K. F., Jobe, J. B., Leveck, M. D., Marsiske, M., . . . Willis, S. L. (2002). Effects of cognitive training interventions with older adults : A randomized controlled trial. *Journal of the American Medical Association*, 288(18), 2271–2281.
- Ballenger, J. C., Davidson, J. R. T., Lecrubier, Y., Nutt, D. J., Borkovec, T. D., Rickels, K., . . . Wittchen, H.-U. (2001). Consensus statement on generalized anxiety disorder from the International Consensus Group on Depression and Anxiety. *Journal of Clinical Psychiatry*,

62(Suppl 11), 53–58.

- Baltes, M. M., & Lang, F. R. (1997). Everyday functioning and successful aging : The impact of resources. *Psychology and Aging, 12*(3), 433–443.
- Baltes, P. B. (1997). On the incomplete architecture of human ontogeny : Selection, optimization, and compensation as foundation of developmental theory. *American Psychologist, 52*(4), 366–380.
- Baltes, P. B., & Lindenberger, U. (1997). Emergence of a powerful connection between sensory and cognitive functions across the adult life span : A new window to the study of cognitive aging? *Psychology and Aging, 12*(1), 12–21.
- Baron-Cohen, S., Wheelwright, S., Hill, J., Raste, Y., & Plumb, I. (2001). The "Reading the Mind in the Eyes" test revised version : A study with normal adults, and adults with Asperger syndrome or high-functioning autism. *Journal of Child Psychology and Psychiatry, 42*(2), 241–251.
- Barris, R. W., & Schuman, H. R. (1953). Bilateral anterior cingulate gyrus lesions ; syndrome of the anterior cingulate gyri. *Neurology, 3*(1), 44–52.
- Baumann, C., Erpelding, M.-L., Regat, S., Collin, J.-F., & Briancon, S. (2010). The WHOQOL-BREF questionnaire : French adult population norms for the physical health, psychological health and social relationship dimensions. *Revue d'Épidémiologie et de Santé Publique, 58*(1), 33–39.
- Beats, B. C., Sahakian, B. J., & Levy, R. (1996). Cognitive performance in tests sensitive to frontal lobe dysfunction in the elderly depressed. *Psychological Medicine, 26*(3), 591–603.
- Bechara, A., Damásio, A. R., Damásio, H., & Anderson, S. W. (1994). Insensitivity to future consequences following damage to human prefrontal cortex. *Cognition, 50*(1), 7–15.
- Bechara, A., Damásio, H., & Damásio, A. R. (2000). Emotion, decision making and the orbitofrontal cortex. *Cerebral Cortex, 10*(3), 295–307.
- Bechara, A., Damásio, H., Damásio, A. R., & Lee, G. P. (1999). Different contributions of the human amygdala and ventromedial prefrontal cortex to decision-making. *The Journal of Neuroscience, 19*(13), 5473–5481.
- Bechara, A., Damásio, H., Tranel, D., & Damásio, A. R. (1997). Deciding advantageously before knowing the advantageous strategy. *Science, 275*(5304), 1293–1295.
- Bechara, A., Damásio, H., Tranel, D., & Damásio, A. R. (2005). The Iowa Gambling Task and the somatic marker hypothesis : Some questions and answers. *Trends in Cognitive Sciences, 9*(4), 159–162.
- Bechara, A., Tranel, D., & Damásio, H. (2000). Characterization of the decision-making deficit of patients with ventromedial prefrontal cortex lesions. *Brain, 123*(11), 2189–2202.
- Bechara, A., Tranel, D., Damásio, H., & Damásio, A. R. (1996). Failure to respond autonomically

- to anticipated future outcomes following damage to prefrontal cortex. *Cerebral Cortex*, 6(2), 215–225.
- Beck, A. T., & Beamesderfer, A. (1974). Assessment of depression : The Depression Inventory. In P. Pichot & R. Olivier-Martin (Eds.), *Modern problems of pharmacopsychiatry. Psychological measurements in psychopharmacology* (pp. 151–169). Basel, Suisse : Karger.
- Beck, A. T., Epstein, N., Brown, G., & Steer, R. A. (1988). An inventory for measuring clinical anxiety : Psychometric properties. *Journal of Consulting and Clinical Psychology*, 56(6), 893–897.
- Beer, J. S., Heerey, E. A., Keltner, D., Scabini, D., & Knight, R. T. (2003). The regulatory function of self-conscious emotion : Insights from patients with orbitofrontal damage. *Journal of Personality and Social Psychology*, 85(4), 594–604.
- Beitz, K. M., Salthouse, T. A., & Davis, H. P. (2014). Performance on the Iowa Gambling Task : From 5 to 89 years of age. *Journal of Experimental Psychology : General*, 143(4), 1677–1689.
- Belleville, S., Bherer, L., Lepage, E., Chertkow, H., & Gauthier, S. (2008). Task switching capacities in persons with Alzheimer’s disease and mild cognitive impairment. *Neuropsychologia*, 46(8), 2225–2233.
- Benaim, C., Froger, J., Compan, B., & Péliissier, J. (2005). Évaluation de l’autonomie de la personne âgée. *Annales de Réadaptation et de Médecine Physique*, 48(6), 336–340.
- Benton, A. L. (1968). Differential behavioral effects in frontal lobe disease. *Neuropsychologia*, 6(1), 53–60.
- Berquin, A. (2010). Le modèle biopsychosocial : Beaucoup plus qu’un supplément d’empathie. *Revue Médicale Suisse*, 6(258), 1511–1513.
- Besnard, J., & Ouerchefani, R. (2013). Lobes frontaux et prise de décision sous ambiguïté et sous risque : Données lésionnelles, psychiatriques et de neuro-imagerie fonctionnelle. *Revue de Neuropsychologie*, 5(2), 82–92.
- Bezzina, C., & Rampon, C. (2013). Réserve cérébrale et réserve cognitive dans la maladie d’Alzheimer : L’apport des modèles murins. *Revue de Neuropsychologie*, 5(4), 293–297.
- Bherer, L., Belleville, S., & Hudon, C. (2004). Le déclin des fonctions exécutives au cours du vieillissement normal, dans la maladie d’Alzheimer et dans la démence frontotemporale. *Psychologie & NeuroPsychiatrie du Vieillissement*, 2(3), 181–189.
- Bier, B., & Belleville, S. (2010). Optimiser le fonctionnement cognitif au cours du vieillissement : Facteurs de réserve, stimulation cognitive et plasticité cérébrale. *Revista Neuropsicologia Latinoamericana*, 2(3), 37–47.
- Blanchot, M. (1962). *L’attente, l’oubli*. Paris, France : Gallimard.
- Blazer, D. G. (2008). How do you feel about...? Health outcomes in late life and self-perceptions



- of health and well-being. *The Gerontologist*, 48(4), 415–422.
- Blumenthal, J. A., Emery, C. F., Madden, D. J., George, L. K., Coleman, R. E., Riddle, M. W., . . . Williams, R. S. (1989). Cardiovascular and behavioral effects of aerobic exercise training in healthy older men and women. *Journal of Gerontology*, 44(5), M147–M157.
- Borella, E., Ludwig, C., Fagot, D., & De Ribaupierre, A. (2011). The effect of age and individual differences in attentional control : A sample case using the Hayling test. *Archives of Gerontology and Geriatrics*, 53(1), e75–e80.
- Bottiroli, S., Cavallini, E., Ceccato, I., Vecchi, T., & Lecce, S. (2016). Theory of Mind in aging : Comparing cognitive and affective components in the faux pas test. *Archives of Gerontology and Geriatrics*, 62, 152–162.
- Bouisson, J. (2005). *Psychologie du vieillissement et vie quotidienne*. Marseille, France : Solal.
- Brand, M., Kalbe, E., Labudda, K., Fujiwara, E., Kessler, J., & Markowitsch, H. J. (2005). Decision-making impairments in patients with pathological gambling. *Psychiatry Research*, 133(1), 91–99.
- Brand, M., Labudda, K., & Markowitsch, H. J. (2006). Neuropsychological correlates of decision-making in ambiguous and risky situations. *Neural Networks*, 19(8), 1266–1276.
- Brand, M., Recknor, E. C., Grabenhorst, F., & Bechara, A. (2007). Decisions under ambiguity and decisions under risk : Correlations with executive functions and comparisons of two different gambling tasks with implicit and explicit rules. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 29(1), 86–99.
- Brodmann, K. (1909). *Vergleichende lokalisationslehre der grosshirnrinde in ihren prinzipien dargestellt auf grund des zellenbaues [Brodmann's localization in the cerebral cortex]*. Leipzig, Allemagne : Johann Ambrosius Barth.
- Brothers, L., & Ring, B. (1992). A neuroethological framework for the representation of minds. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 4(2), 107–118.
- Brouillet, D. (2011). *Le vieillissement cognitif normal. Maintenir l'autonomie de la personne âgée*. Bruxelles, Belgique : De Boeck.
- Bruder, G. E., Fong, R., Tenke, C. E., Leite, P., Towey, J. P., Stewart, J. E., . . . Quitkin, F. M. (1997). Regional brain asymmetries in major depression with or without an anxiety disorder : A quantitative electroencephalographic study. *Biological Psychiatry*, 41(9), 939–948.
- Brüne, M. (2003). Social cognition and behaviour in schizophrenia. In M. Brüne, H. Ribbert, & W. Schiefenhövel (Eds.), *The social brain-evolution and pathology* (pp. 277–313). Chichester, Angleterre : John Wiley & Sons.
- Bugajska, A., Clarys, D., Jarry, C., Tacconnat, L., Tapia, G., Vanneste, S., & Isingrini, M. (2007). The effect of aging in recollective experience : The processing speed and executive functioning hypothesis. *Consciousness and Cognition*, 16(4), 797–808.

- Bull, R., Phillips, L. H., & Conway, C. A. (2008). The role of control functions in mentalizing : Dual-task studies of Theory of Mind and executive function. *Cognition*, *107*(2), 663–672.
- Bunce, D. (2001). The locus of age x health-related physical fitness interactions in serial choice responding as a function of task complexity : Central processing or motor function ? *Experimental Aging Research*, *27*(1), 103–122.
- Buss, A. H. (1980). *Self-consciousness and social anxiety*. San Francisco, CA : Freeman.
- Bylund, E., & Athanasopoulos, P. (2017). The whorfian time warp : Representing duration through the language hourglass. *Journal of Experimental Psychology : General*, *146*(7), 911–916.
- Cabeza, R. (2002). Hemispheric asymmetry reduction in older adults : The HAROLD model. *Psychology and Aging*, *17*(1), 85–100.
- Cabeza, R., & Dennis, N. A. (2013). Frontal lobes and aging : Deterioration and compensation. In D. T. Stuss & R. T. Knight (Eds.), *Principles of frontal lobe function* (pp. 628–652). Oxford ; New York, NY : Oxford University Press.
- Cabeza, R., Grady, C. L., Nyberg, L., McIntosh, A. R., Tulving, E., Kapur, S., . . . Craik, F. I. M. (1997). Age-related differences in neural activity during memory encoding and retrieval : A positron emission tomography study. *The Journal of Neuroscience*, *17*(1), 391–400.
- Cabinio, M., Rossetto, F., Blasi, V., Savazzi, F., Castelli, I., Massaro, D., . . . Baglio, F. (2015). Mind-reading ability and structural connectivity changes in aging. *Frontiers in Psychology*, *6*(1808).
- Cahn-Weiner, D. A., Farias, S. T., Julian, L., Harvey, D. J., Kramer, J. H., Reed, B. R., . . . Chui, H. (2007). Cognitive and neuroimaging predictors of instrumental activities of daily living. *Journal of the International Neuropsychological Society*, *13*(5), 747–757.
- Calero, D., & Navarro, E. (2011). Differences in cognitive performance, level of dependency and quality of life (QoL), related to age and cognitive status in a sample of Spanish old adults under and over 80 years of age. *Archives of Gerontology and Geriatrics*, *53*(3), 292–297.
- Calso, C., Besnard, J., & Allain, P. (2016). Le vieillissement normal des fonctions cognitives frontales. *Gériatrie et Psychologie Neuropsychiatrie du Vieillissement*, *14*(1), 77–85.
- Calso, C., Besnard, J., Calò, C., & Allain, P. (2015). Étude des fonctions frontales dans le vieillissement cognitif normal. *Revue de Neuropsychologie*, *7*(4), 257–268.
- Cambier, J., Masson, M., Dehen, H., & Masson, C. (2008). *Neurologie*. Issy-les-Moulineaux, France : Elsevier-Masson.
- Cannon, W. B. (1915). *The energizing influence of emotional excitement*. New York, NY : D. Appleton & Company.
- Cardebat, D., Demonet, J. F., Viallard, G., Faure, S., Puel, M., & Celsis, P. (1996). Brain functional profiles in formal and semantic fluency tasks : A SPECT study in normals. *Brain*

- and Language*, 52(2), 305–313.
- Cardebat, D., Doyon, B., Puel, M., Goulet, P., & Joanette, Y. (1990). Évocation lexicale formelle et sémantique chez des sujets normaux. Performances et dynamiques de production en fonction du sexe, de l'âge et du niveau d'étude. *Acta Neurologica Belgica*, 90(4), 207–217.
- Carlson, S. M., & Moses, L. J. (2001). Individual differences in inhibitory control and children's theory of mind. *Child Development*, 72(4), 1032–1053.
- Cepeda, N. J., Blackwell, K. A., & Munakata, Y. (2013). Speed isn't everything : Complex processing speed measures mask individual differences and developmental changes in executive control. *Developmental Science*, 16(2), 269–286.
- Chan, R., Shum, D., Touloupoulou, T., & Chen, E. (2008). Assessment of executive functions : Review of instruments and identification of critical issues. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 23(2), 201–216.
- Channon, S., & Green, P. S. S. (1999). Executive function in depression : The role of performance strategies in aiding depressed and non-depressed participants. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*, 66(2), 162–171.
- Chapman, S. B., Aslan, S., Spence, J. S., Keebler, M. W., DeFina, L. F., Didehbani, N., . . . D'Esposito, M. (2016). Distinct brain and behavioral benefits from cognitive vs. physical training : A randomized trial in aging adults. *Frontiers in Human Neuroscience*, 10(338).
- Charlot, V., & Feyereisen, P. (2005). Mémoire épisodique et déficit d'inhibition au cours du vieillissement cognitif : Un examen de l'hypothèse frontale. *L'Année Psychologique*, 105(2), 323–357.
- Charlton, R. A., Barrick, T. R., Markus, H. S., & Morris, R. G. (2009). Theory of mind associations with other cognitive functions and brain imaging in normal aging. *Psychology and Aging*, 24(2), 338–348.
- Chavagnat, J.-J. (2009). La solitude, le grand âge et la mort. *Études sur la Mort*, 135(1), 23–31.
- Chodzko-Zajko, W. J., & Moore, K. A. (1994). Physical fitness and cognitive functioning in aging. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 22(1), 195–220.
- Clark, L., Bechara, A., Damásio, H., Aitken, M. R. F., Sahakian, B. J., & Robbins, T. W. (2008). Differential effects of insular and ventromedial prefrontal cortex lesions on risky decision-making. *Brain*, 131(5), 1311–1322.
- Clark, L., Manes, F., Antoun, N., Sahakian, B. J., & Robbins, T. W. (2003). The contributions of lesion laterality and lesion volume to decision-making impairment following frontal lobe damage. *Neuropsychologia*, 41(11), 1474–1483.
- Clément, J.-P. (2009). Quelques considérations sur le deuil de la personne âgée. *Études sur la Mort*, 135(1), 33–39.
- Clercq, Y. (2014). *Bien vieillir : Une injonction mortifère*. Communication présentée au Colloque

- International Interdisciplinaire Grandir & Vieillir. Comment repenser les âges de la vie ?, Université Catholique de l'Ouest, Angers, France.
- Colcombe, S. J., & Kramer, A. F. (2003). Fitness effects on the cognitive function of older adults : A meta-analytic study. *Psychological Science*, *14*(2), 125–130.
- Colcombe, S. J., Kramer, A. F., Erickson, K. I., Scalf, P., McAuley, E., Cohen, N. J., . . . Elavsky, S. (2004). Cardiovascular fitness, cortical plasticity, and aging. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, *101*(9), 3316–3321.
- Collette, F., Poncelet, M., & Majerus, S. (2003). L'évaluation des troubles de la mémoire de travail. In T. Meulemans, S. Adam, F. Eustache, & B. Desgranges (Eds.), *Évaluation et prise en charge des troubles mnésiques*. Marseille, France : Solal.
- Collette, F., & Salmon, E. (2014). Les modifications du fonctionnement exécutif dans le vieillissement normal. *Psychologie Française*, *59*(1), 41–58.
- Cordeiro, J. D. (1993). Le monde délirant de la personne âgée. In J. Montangero (Ed.), *Psychologie de la personne âgée* (pp. 219–234). Paris : Presses Universitaires de France.
- Coricelli, G. (2005). Two-levels of mental states attribution : From automaticity to voluntariness. *Neuropsychologia*, *43*(2), 294–300.
- Cotinat, J. (2014). *Bien vieillir-vieillir bien*. Communication présentée au Colloque International Interdisciplinaire Grandir & Vieillir. Comment repenser les âges de la vie ?, Université Catholique de l'Ouest, Angers, France.
- Coubard, O. A. (2014). A unified signal of attentional control. *Frontiers in Psychology*, *5*(1056).
- Cox, S. R., MacPherson, S. E., Ferguson, K. J., Nissan, J., Royle, N. A., MacLulich, A. M. J., . . . Deary, I. J. (2014). Correlational structure of "frontal" tests and intelligence tests indicates two components with asymmetrical neurostructural correlates in old age. *Intelligence*, *46*, 94–106.
- Crimmins, E. M., Hayward, M. D., & Saito, Y. (1996). Differentials in active life expectancy in the older population of the United States. *The Journals of Gerontology Series B : Psychological Sciences and Social Sciences*, *51*(3), S111–S120.
- Cummings, J. L. (1993). Frontal-subcortical circuits and human behavior. *Archives of Neurology*, *50*(8), 873–880.
- Daigneault, G., Joly, P., & Frigon, J.-Y. (2002). Executive functions in the evaluation of accident risk of older drivers. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, *24*(2), 221–238.
- Damásio, A. R. (1995). *L'erreur de Descartes*. Paris, France : Éditions Odile Jacob.
- Damásio, A. R. (2002). *Le sentiment même de soi - Corps, émotions, conscience* (2e éd.). Paris, France : Éditions Odile Jacob.
- Damásio, A. R. (2010). *Self comes to mind : Constructing the conscious mind*. New York, NY : Pantheon.

- Davidson, R. J., Abercrombie, H., Nitschke, J. B., & Putnam, K. (1999). Regional brain function, emotion and disorders of emotion. *Current Opinion in Neurobiology*, *9*(2), 228–234.
- Davis, S. W., Dennis, N. A., Daselaar, S. M., Fleck, M. S., & Cabeza, R. (2008). Que PASA ? The posterior–anterior shift in aging. *Cerebral Cortex*, *18*(5), 1201–1209.
- Deakin, J., Aitken, M., Robbins, T., & Sahakian, B. J. (2004). Risk taking during decision-making in normal volunteers changes with age. *Journal of the International Neuropsychological Society*, *10*(4), 590–598.
- De Beni, R., & Borella, E. (2015). *Psicologia dell'invecchiamento e della longevità*. Bologna, Italie : Il mulino.
- Debey, E., De Schryver, M., Logan, G. D., Suchotzki, K., & Verschuere, B. (2015). From junior to senior Pinocchio : A cross-sectional lifespan investigation of deception. *Acta Psychologica*, *160*, 58–68.
- Deeg, D. J. H., Knipscheer, C. P. M., & van Tilburg, W. (1993). *Autonomy and well-being in the aging population : Concepts and design of the Longitudinal Aging Study Amsterdam*. Bunnik, Pays Bas : Netherlands Institute of Gerontology.
- Deline, S. (2011). *Différences individuelles dans les processus de contrôle attentionnel chez des personnes jeunes et âgées : Approches expérimentale et computationnelle*. Thèse de doctorat, Université Rennes 2, Rennes, France.
- Delis, D. C., Kramer, J. H., Kaplan, E., & Thompkins, B. A. O. (1987). *CVLT : California Verbal Learning Test-Adult version : Manual*. New York, NY : Psychological Corporation.
- Denburg, N. L., Cole, C. A., Hernandez, M., Yamada, T. H., Tranel, D., Bechara, A., & Wallace, R. B. (2007). The orbitofrontal cortex, real-world decision making, and normal aging. *Annals of the New York Academy of Sciences*, *1121*(1), 480–498.
- Denburg, N. L., & Hedgcock, W. M. (2015). Age-associated executive dysfunction, the prefrontal cortex, and complex decision making. In T. M. Hess, J. Strough, & C. Löckenhoff (Eds.), *Aging and decision making : Empirical and applied perspectives* (pp. 79–101). Salt Lake City, UT : Academic Press.
- Denburg, N. L., Recknor, E. C., Bechara, A., & Tranel, D. (2006). Psychophysiological anticipation of positive outcomes promotes advantageous decision-making in normal older persons. *International Journal of Psychophysiology*, *61*(1), 19–25.
- Denburg, N. L., Tranel, D., & Bechara, A. (2005). The ability to decide advantageously declines prematurely in some normal older persons. *Neuropsychologia*, *43*(7), 1099–1106.
- Dennis, N. A., & Cabeza, R. (2008). Neuroimaging of healthy cognitive aging. In F. I. M. Craik & T. A. Salthouse (Eds.), *The handbook of aging and cognition* (3e éd., pp. 1–54). Mahwah, NJ : Erlbaum.
- Desgranges, B., Laisney, M., Bon, L., Duval, C., Mondou, A., Bejanin, A., ... Muckle, G. (2012).

- TOM-15 : Une épreuve de fausses croyances pour évaluer la théorie de l'esprit cognitive. *Revue de Neuropsychologie*, 4(3), 216–220.
- Diamond, A. (2013). Executive functions. *Annual Review of Psychology*, 64(1), 135–168.
- Diamond, A., Kirkham, N. Z., & Amso, D. (2002). Conditions under which young children can hold two rules in mind and inhibit a prepotent response. *Developmental Psychology*, 38(3), 352–362.
- Driscoll, I., Davatzikos, C., An, Y., Wu, X., Shen, D., Kraut, M., & Resnick, S. M. (2009). Longitudinal pattern of regional brain volume change differentiates normal aging from MCI. *Neurology*, 72(22), 1906–1913.
- Dror, I. E., Katona, M., & Mungur, K. (1998). Age differences in decision making : To take a risk or not? *Gerontology*, 44(2), 67–71.
- Drucaroff, L. J., Kievit, R., Guinjoan, S. M., Gerschovich, E. R., Cerquetti, D., Leiguarda, R., ... Vigo, D. E. (2011). Higher autonomic activation predicts better performance in Iowa Gambling Task. *Cognitive and Behavioral Neurology*, 24(2), 93–98.
- Dubois, B., Slachevsky, A., Litvan, I., & Pillon, B. (2000). The FAB : A frontal assessment battery at bedside. *Neurology*, 55(11), 1621–1626.
- Ducarne de Ribaucourt, B. (1997). La naissance et le développement de la rééducation neuropsychologique. In F. Eustache, J. Lambert, & F. Viader (Eds.), *Rééducations neuropsychologiques. Historique, développements actuels et évaluation. Séminaire Jean-Louis Signoret* (p. 25). Bruxelles, Belgique : Éditions De Boeck Université.
- Dustman, R. E., Emmerson, R., & Shearer, D. (1994). Physical activity, age, and cognitive-neuropsychological function. *Journal of Aging & Physical Activity*, 2(2), 143–181.
- Dustman, R. E., Ruhling, R. O., Russell, E. M., Shearer, D. E., Bonekat, H. W., Shigeoka, J. W., ... Bradford, D. C. (1984). Aerobic exercise training and improved neuropsychological function of older individuals. *Neurobiology of Aging*, 5(1), 35–42.
- Duval, C., Desgranges, B., Eustache, F., & Piolino, P. (2009). Le soi à la loupe des neurosciences cognitives. *Psychologie & NeuroPsychiatrie du Vieillissement*, 7(1), 7–19.
- Duval, C., Eustache, F., & Piolino, P. (2007). Self multidimensionnel, mémoire autobiographique et vieillissement. *Psychologie & NeuroPsychiatrie du Vieillissement*, 5(3), 179–192.
- Duval, C., Piolino, P., Bejanin, A., Eustache, F., & Desgranges, B. (2011). Age effects on different components of theory of mind. *Consciousness and Cognition*, 20(3), 627–642.
- Duval, C., Piolino, P., Bejanin, A., Laisney, M., Eustache, F., & Desgranges, B. (2011). La théorie de l'esprit : Aspects conceptuels, évaluation et effets de l'âge. *Revue de Neuropsychologie*, 3(1), 41–51.
- Duverne, S., & Lemaire, P. (2004). Age-related differences in arithmetic problem-verification strategies. *The Journals of Gerontology Series B : Psychological Sciences and Social*

*Sciences*, 59(3), 135–142.

- Dykiert, D., Der, G., Starr, J. M., & Deary, I. J. (2012). Age differences in intra-individual variability in simple and choice reaction time : Systematic review and meta-analysis. *PLOS ONE*, 7(10), e45759.
- Elderkin-Thompson, V., Ballmaier, M., Hellemann, G., Pham, D., & Kumar, A. (2008). Executive function and MRI prefrontal volumes among healthy older adults. *Neuropsychology*, 22(5), 626–637.
- El Haj, M., & Allain, P. (2012). Relations entre contrôle de la source en mémoire épisodique et fonctionnement exécutif dans le vieillissement normal. *Gériatrie et Psychologie Neuropsychiatrie du Vieillissement*, 10(2), 197–205.
- Emerson, C. S., Mollet, G. A., & Harrison, D. W. (2005). Anxious-depression in boys : An evaluation of executive functioning. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 20(4), 539–546.
- Engel, G. L. (1980). The clinical application of the biopsychosocial model. *American Journal of Psychiatry*, 137(5), 535–544.
- Eslinger, P. J., & Geder, L. (2000). Behavioral and emotional changes after focal frontal lobe damage. In J. Bogousslavsky & J. L. Cummings (Eds.), *Behavior and mood disorders in focal brain lesions* (pp. 217–260). Cambridge, Angleterre : Cambridge University Press.
- Etienne, V., Marin-Lamellet, C., & Laurent, B. (2008). Évolution du contrôle exécutif au cours du vieillissement normal. *Revue Neurologique*, 164(12), 1010–1017.
- Etnier, J. L., Salazar, W., Landers, D. M., Petruzzello, S. J., Han, M., & Nowell, P. (1997). The influence of physical fitness and exercise upon cognitive functioning : A meta-analysis. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 19(3), 249–277.
- Etnier, J. L., Sibley, B. A., Pomeroy, J., & Kao, J. C. (2003). Components of response time as a function of age, physical activity, and aerobic fitness. *Journal of Aging and Physical Activity*, 11(3), 319–332.
- Eustache, M.-L., Laisney, M., Juskenaitė, A., Letortu, O., Platel, H., Eustache, F., & Desgranges, B. (2013). Sense of identity in advanced Alzheimer’s dementia : A cognitive dissociation between sameness and selfhood? *Consciousness and Cognition*, 22(4), 1456–1467.
- Euteneuer, F., Schaefer, F., Stuermer, R., Boucsein, W., Timmermann, L., Barbe, M. T., . . . Kalbe, E. (2009). Dissociation of decision-making under ambiguity and decision-making under risk in patients with Parkinson’s disease : A neuropsychological and psychophysiological study. *Neuropsychologia*, 47(13), 2882–2890.
- Eysenck, M. W. (1992). *Anxiety : The cognitive perspective*. Hove, Angleterre : Erlbaum.
- Eysenck, M. W., Derakshan, N., Santos, R., & Calvo, M. G. (2007). Anxiety and cognitive performance : Attentional control theory. *Emotion*, 7(2), 336–353.
- Fargeau, M. N., Jaafari, N., Ragot, S., Houeto, J. L., Pluchon, C., & Gil, R. (2010). Alzheimer’s

- disease and impairment of the Self. *Consciousness and Cognition*, 19(4), 969–976.
- Fein, G., McGillivray, S., & Finn, P. (2007). Older adults make less advantageous decisions than younger adults : Cognitive and psychological correlates. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 13(3), 480–489.
- Fellows, L. K. (2007). The role of orbitofrontal cortex in decision making. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1121(1), 421–430.
- Fellows, L. K., & Farah, M. J. (2005). Different underlying impairments in decision-making following ventromedial and dorsolateral frontal lobe damage in humans. *Cerebral Cortex*, 15(1), 58–63.
- Fernández-Ballesteros, R., Arias-Merino, E. D., Santacreu, M., & Ruvalcaba, N. M. (2012). Quality of life in Mexico and in Spain. In J. L. Powell & S. Chen (Eds.), *The global dynamics of aging* (pp. 9–30). Hauppauge, NY : Nova Science Publishers.
- Fillit, H. M., Butler, R. N., O'Connell, A. W., Albert, M. S., Birren, J. E., Cotman, C. W., . . . Tully, T. (2002). Achieving and maintaining cognitive vitality with aging. *Mayo Clinic Proceedings*, 77(7), 681–696.
- Fine, C., Lumsden, J., & Blair, R. J. R. (2001). Dissociation between "theory of mind" and executive functions in a patient with early left amygdala damage. *Brain*, 124(2), 287–298.
- Fitts, W. H., & Warren, W. L. (1996). *Tennessee Self-Concept Scale : TSCS-2*. Los Angeles, CA : Western Psychological Services.
- Fleischman, D. A., Wilson, R. S., Gabrieli, J. D. E., Bienias, J. L., & Bennett, D. A. (2004). A longitudinal study of implicit and explicit memory in old persons. *Psychology and Aging*, 19(4), 617–625.
- Fliss, R., Theze, C., Allain, P., Pinon, K., Havet-Thomassin, V., Aubin, G., & Le Gall, D. (2013). Étude clinique des niveaux de perturbation de la métacognition, de la cognition sociale et du contrôle exécutif dans la pathologie frontale. *Revue de Neuropsychologie*, 5(1), 9–19.
- Floden, D., Vallesi, A., & Stuss, D. T. (2011). Task context and frontal lobe activation in the Stroop task. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 23(4), 867–879.
- Folstein, M. F., Folstein, S. E., & McHugh, P. R. (1975). Mini Mental State : A practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician. *Journal of Psychiatric Research*, 12(3), 189–198.
- Frith, U., & Frith, C. D. (2003). Development and neurophysiology of mentalizing. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B : Biological Sciences*, 358(1431), 459–473.
- Fugl-Meycr, A. R., Jääskö, I. L., Olsson, S., & Steglind, S. (1975). The post-stroke hemiplegic patient. 1. A method for evaluation of physical performance. *Scandinavian Journal of Rehabilitation Medicine*, 7(1), 13–31.
- Fuster, M. J. (2013). Cognitive functions of the prefrontal cortex. In D. T. Stuss & R. T. Knight



- (Eds.), *Principles of frontal lobe function* (pp. 11–22). New York, NY : Oxford University Press.
- Gangbè, M., & Ducharme, F. (2006). Le « bien vieillir » : Concepts et modèles. *M/S : Médecine Sciences*, 22(3), 297–300.
- Garrett, D. D., MacDonald, S. W. S., & Craik, F. I. M. (2012). Intraindividual reaction time variability is malleable : Feedback- and education-related reductions in variability with age. *Frontiers in Human Neuroscience*, 6(101).
- Geraci, L., & Barnhardt, T. M. (2010). Aging and implicit memory : Examining the contribution of test awareness. *Consciousness and Cognition*, 19(2), 606–616.
- German, T., & Hehman, J. (2006). Representational and executive selection resources in "theory of mind" : Evidence from compromised belief-desire reasoning in old age. *Cognition*, 101(1), 129–152.
- Ghisletta, P., & Lindenberger, U. (2005). Exploring structural dynamics within and between sensory and intellectual functioning in old and very old age : Longitudinal evidence from the Berlin Aging Study. *Intelligence*, 33(6), 555–587.
- Gil, R. (2006). *Neuropsychologie*. Paris, France : Masson.
- Gil, R. (2007). Conscience de soi, conscience de l'autre et démences. *Psychologie & NeuroPsychiatrie du Vieillissement*, 5(2), 87–99.
- Gluscock, A. P., & Feinman, S. L. (1980). A holocultural analysis of old age. *Comparative Social Research*, 3, 311–332.
- Glisky, E. L. (2007). Changes in cognitive function in human aging. In D. R. Riddle (Ed.), *Brain aging : Models, methods, and mechanisms* (pp. 3–20). Boca Raton, FL : CRC press.
- Godefroy, O., Cabaret, M., Petit-Chenal, V., Pruvo, J. P., & Rousseaux, M. (1999). Control functions of the frontal lobes. Modularity of the central-supervisory system ? *Cortex*, 35(1), 1–20.
- Godefroy, O., Jeannerod, M., Allain, P., & Le Gall, D. (2008). Lobe frontal, fonctions exécutives et contrôle cognitif. *Revue Neurologique*, 164(Suppl 3), S119–S127.
- Godefroy, O., & le GREFEX. (2004). Syndromes frontaux et dysexécutifs. *Revue Neurologique*, 160(10), 899–909.
- Godefroy, O., & le GREFEX. (2008). *Fonctions exécutives et pathologies neurologiques et psychiatriques : Évaluation en pratique clinique*. Marseille, France : Solal.
- Godefroy, O., Roussel-Pierronne, M., Routier, A., & Dupuy-Sonntag, D. (2004). Étude neuropsychologique des fonctions exécutives. In T. Meulemans, F. Collette, & M. Van der Linden (Eds.), *Neuropsychologie des fonctions exécutives*. Marseille, France : Solal.
- Gokcen, S., Bora, E., Erermis, S., Kesikci, H., & Aydin, C. (2009). Theory of mind and verbal working memory deficits in parents of autistic children. *Psychiatry Research*, 166(1), 46–53.

- Goldman, S. L., & Fisher, A. G. (1997). Cross-cultural validation of the Assessment of Motor and Process Skills (AMPS). *The British Journal of Occupational Therapy*, *60*(2), 77–85.
- Goldman-Rakic, P. S. (1992). Dopamine-mediated mechanisms of the prefrontal cortex. *Seminars in Neuroscience*, *4*(2), 149–159.
- Gonneaud, J., Eustache, F., & Desgranges, B. (2009). La mémoire prospective dans le vieillissement normal et la maladie d'Alzheimer : Intérêts et limites des études actuelles. *Revue de Neuropsychologie*, *1*(3), 238–246.
- Gorini, A., Lucchiari, C., Russell-Edu, W., & Pravettoni, G. (2014). Modulation of risky choices in recently abstinent dependent cocaine users : A transcranial direct-current stimulation study. *Frontiers in Human Neuroscience*, *8*(661).
- Grady, C. L., McIntosh, A. R., Horwitz, B., Maisog, J. M., Ungerleider, L. G., Mentis, M. J., . . . Haxby, J. V. (1995). Age-related reductions in human recognition memory due to impaired encoding. *Science*, *269*(5221), 218–221.
- Grober, E., & Buschke, H. (1987). Genuine memory deficits in dementia. *Developmental Neuropsychology*, *3*(1), 13–36.
- Groenewegen, H. J., Berendse, H. W., Wolters, J. G., & Lohman, A. H. (1991). The anatomical relationship of the prefrontal cortex with the striatopallidal system, the thalamus and the amygdala : Evidence for a parallel organization. *Progress in Brain Research*, *85*, 95–118.
- Gunning-Dixon, F. M., Head, D., McQuain, J., Acker, J. D., & Raz, N. (1998). Differential aging of the human striatum : A prospective MR imaging study. *American Journal of Neuroradiology*, *19*(8), 1501–1507.
- Habeck, C., Steffener, J., Barulli, D., Gazes, Y., Razlighi, Q., Shaked, D., . . . Stern, Y. (2015). Making cognitive latent variables manifest : Distinct neural networks for fluid reasoning and processing speed. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *27*(6), 1249–1258.
- Hamilton, M. (1959). The assessment of anxiety states by rating. *British Journal of Medical Psychology*, *32*(1), 50–55.
- Hamilton, M. (1960). A rating scale for depression. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*, *23*(1), 56–62.
- Han, S. D., Boyle, P. A., James, B. D., Yu, L., Barnes, L. L., & Bennett, D. A. (2016). Discrepancies between cognition and decision making in older adults. *Aging Clinical and Experimental Research*, *28*(1), 99–108.
- Hanninen, T., Hallikainen, M., Koivisto, K., Partanen, K., Laakso, M. P., Riekkinen, P. J., & Soininen, H. (1997). Decline of frontal lobe functions in subjects with age-associated memory impairment. *Neurology*, *48*(1), 148–153.
- Happé, F. G. E., Brownell, H., & Winner, E. (1999). Acquired "theory of mind" impairments following stroke. *Cognition*, *70*(3), 211–240.

- Happé, F. G. E., Winner, E., & Brownell, H. (1998). The getting of wisdom : Theory of mind in old age. *Developmental Psychology*, *34*(2), 358–362.
- Harada, C. N., Natelson Love, M. C., & Triebel, K. (2013). Normal cognitive aging. *Clinics in Geriatric Medicine*, *29*(4), 737–752.
- Haug, H., & Eggers, R. (1991). Morphometry of the human cortex cerebri and corpus striatum during aging. *Neurobiology of Aging*, *12*(4), 336–338.
- Havighurst, R. J. (1961). Successful aging. *The Gerontologist*, *1*, 8–13.
- Hazif-Thomas, C. (2014). Santé mentale et solitude dans l'âge avancé. *Soins Gérontologie*, *19*(105), 17–19.
- Hazif-Thomas, C., Thomas, P., & Lombertie, R. E. (1997). La dignité et le temps du sujet âgé. *Médecine et Hygiène*, *55*(2159), 789–792.
- Heatherton, T. F. (2011). Neuroscience of self and self-regulation. *Annual Review of Psychology*, *62*(1), 363–390.
- Hébert, R., Carrier, R., & Bilodeau, A. (1988). The Functional Autonomy Measurement System (SMAF) : Description and validation of an instrument for the measurement of handicaps. *Age and Ageing*, *17*(5), 293–302.
- Henry, J. D., Cowan, D. G., Lee, T., & Sachdev, P. S. (2015). Recent trends in testing social cognition. *Current Opinion in Psychiatry*, *28*(2), 133–140.
- Henry, J. D., & Phillips, L. (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.
- Henry, J. D., Phillips, L. H., Ruffman, T., & Bailey, P. E. (2013). A meta-analytic review of age differences in theory of mind. *Psychology and Aging*, *28*(3), 826–839.
- Hickie, I., & Scott, E. (1998). Late-onset depressive disorders : A preventable variant of cerebrovascular disease? *Psychological Medicine*, *28*(05), 1007–1013.
- Hogge, M., Salmon, E., & Collette, F. (2008). Interference and negative priming in normal aging and in mild Alzheimer's disease. *Psychologica Belgica*, *48*(1), 1–23.
- Hommet, C., Constans, T., Atanasova, B., & Mondon, K. (2010). La prise de décision chez le sujet âgé : Quels outils d'évaluation pour le clinicien? *Psychologie & NeuroPsychiatrie du Vieillessement*, *8*(3), 201–207.
- Howell, D., Bestgen, Y., Yzerbyt, V., & Rogier, M. (2008). *Méthodes statistiques en sciences humaines*. Bruxelles, Belgique : De Boeck.
- Hubert, L., Köhn, H.-F., & Steinley, D. (2009). Cluster analysis : A toolbox for MATLAB. In R. E. Millsap & A. Maydeu-Olivares (Eds.), *The SAGE handbook of quantitative methods in psychology* (pp. 444–513). London, Angleterre : SAGE.
- Huizinga, M., Dolan, C. V., & van der Molen, M. W. (2006). Age-related change in executive

- function : Developmental trends and a latent variable analysis. *Neuropsychologia*, 44(11), 2017–2036.
- Hultsch, D. F., MacDonald, S. W. S., & Dixon, R. A. (2002). Variability in reaction time performance of younger and older adults. *The Journals of Gerontology Series B : Psychological Sciences and Social Sciences*, 57(2), 101–115.
- Hyde, M., Wiggins, R. D., Higgs, P., & Blane, D. B. (2003). A measure of quality of life in early old age : The theory, development and properties of a needs satisfaction model (CASP-19). *Aging & Mental Health*, 7(3), 186–194.
- Isingrini, M. (2004). Fonctions exécutives, mémoire et métamémoire dans le vieillissement normal. In T. Meulemans, F. Collette, & M. Van der Linden (Eds.), *Neuropsychologie des fonctions exécutives* (pp. 79–108). Marseille, France : Solal.
- Isingrini, M., & Tacconnat, L. (1998). Altérations de l'intelligence fluide et de la mémoire épisodique au cours du vieillissement : Des mécanismes indépendants ? *L'Année Psychologique*, 98(1), 61–80.
- Izquierdo, A., & Jentsch, J. D. (2012). Reversal learning as a measure of impulsive and compulsive behavior in addictions. *Psychopharmacology*, 219(2), 607–620.
- Jackson, J. D., Balota, D. A., Duchek, J. M., & Head, D. (2012). White matter integrity and reaction time intraindividual variability in healthy aging and early-stage Alzheimer disease. *Neuropsychologia*, 50(3), 357–366.
- Jacus, J.-P., Bayard, S., Raffard, S., Bonnoron, S., & Gely-Nargeot, M.-C. (2012). Decision-making in normal and pathological aging. *Gériatrie et Psychologie Neuropsychiatrie du Vieillessement*, 10(4), 437–444.
- Jacus, J.-P., Bayard, S., Raffard, S., & Gély-Nargeot, M.-C. (2013). Prise de décision dans le vieillissement normal et pathologique. *Revue de Neuropsychologie*, 5(2), 93–105.
- Jain, A. K. (2010). Data clustering : 50 years beyond K-means. *Pattern Recognition Letters*, 31(8), 651–666.
- James, W. (1890). The consciousness of self. In W. James (Ed.), *The principles of psychology*. Cambridge, MA : Harvard University Press.
- Jernigan, T. L., Archibald, S. L., Fennema-Notestine, C., Gamst, A. C., Stout, J. C., Bonner, J., & Hesselink, J. R. (2001). Effects of age on tissues and regions of the cerebrum and cerebellum. *Neurobiology of Aging*, 22(4), 581–594.
- Joanette, Y., Poissant, A., Ska, B., & Fontaine, F. S. (1995). *Protocole d'évaluation Neuropsychologique Optimal (PENO)*. Montreal, Québec : Laboratoire Théophile-Alajouanine, Centre de recherche du Centre hospitalier Côtes-des-Neiges.
- Jokic, C., Enot-Joyeux, F., & Thiec, F. L. (1997). Évaluation et rééducation des troubles des fonctions exécutives. In F. Eustache, J. Lambert, & F. Viader (Eds.), *Rééducations*

- neuropsychologiques. Historique, développements actuels et évaluation. Séminaire Jean-Louis Signoret* (pp. 237–256). Bruxelles, Belgique : Éditions De Boeck Université.
- Jones, H. E., & Conrad, H. S. (1933). The growth and decline of intelligence : A study of a homogeneous group between the ages of ten and sixty. *Genetic Psychology Monographs*, *13*(3), 223–298.
- Jones-Gotman, M., & Milner, B. (1977). Design fluency : The invention of nonsense drawings after focal cortical lesions. *Neuropsychologia*, *15*(4-5), 653–674.
- Jurado, M. B., & Rosselli, M. (2007). The elusive nature of executive functions : A review of our current understanding. *Neuropsychology Review*, *17*(3), 213–233.
- Kalpouzos, G., Eustache, F., & Desgranges, B. (2008). Réserve cognitive et fonctionnement cérébral au cours du vieillissement normal et de la maladie d'Alzheimer. *Psychologie & NeuroPsychiatrie du Vieillissement*, *6*(2), 97–105.
- Katz, M. M., & Lyerly, S. B. (1963). Methods for measuring adjustment and social behavior in the community : I. Rationale, description, discriminative validity and scale development. *Psychological Reports*, *13*(2), 503–535.
- Katz, S., Ford, A. B., Moskowitz, R. W., Jackson, B. A., & Jaffe, M. W. (1963). Studies of illness in the aged : The index of ADL : A standardized measure of biological and psychosocial function. *Journal of the American Medical Association*, *185*(12), 914–919.
- Kaufman, A. S., Reynolds, C. R., & McLean, J. E. (1989). Age and WAIS-R intelligence in a national sample of adults in the 20 to 74 age range : A cross-sectional analysis with education controlled. *Intelligence*, *13*(3), 235–253.
- Kaufmann, J.-C. (2011). *L'entretien compréhensif*. Paris, France : Armand Colin.
- Keightley, M. L., Winocur, G., Burianova, H., Hongwanishkul, D., & Grady, C. L. (2006). Age effects on social cognition : Faces tell a different story. *Psychology and Aging*, *21*(3), 558–572.
- Kemp, J., Després, O., Sellal, F., & Dufour, A. (2012). Theory of Mind in normal ageing and neurodegenerative pathologies. *Ageing Research Reviews*, *11*(2), 199–219.
- Kemper, T. L. (1994). Neuroanatomical and neuropathological changes during aging and dementia. In M. Albert & J. E. Knoefel (Eds.), *Clinical neurology of aging* (pp. 3–67). New York, NY : Oxford University Press.
- Kemps, E., & Newson, R. (2006). Comparison of adult age differences in verbal and visuo-spatial memory : The importance of "pure", parallel and validated measures. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, *28*(3), 341–356.
- Kennedy, K. M., & Raz, N. (2009). Aging white matter and cognition : Differential effects of regional variations in diffusion properties on memory, executive functions, and speed. *Neuropsychologia*, *47*(3), 916–927.

- Kerchner, G. A., Racine, C. A., Hale, S., Wilhelm, R., Laluz, V., Miller, B. L., & Kramer, J. H. (2012). Cognitive processing speed in older adults : Relationship with white matter integrity. *PLOS ONE*, *7*(11), e50425.
- Kirova, A.-M., Bays, R. B., & Lagalwar, S. (2015). Working memory and executive function decline across normal aging, mild cognitive impairment, and Alzheimer's disease. *BioMed Research International*, *2015*(748212).
- Klein, S. B., & Gangi, C. E. (2010). The multiplicity of self : Neuropsychological evidence and its implications for the self as a construct in psychological research. *Annals of the New York Academy of Sciences*, *1191*(1), 1–15.
- Kliegl, R., Maayr, U., & Krampe, R. T. (1994). Time-accuracy functions for determining process and person differences : An application to cognitive aging. *Cognitive Psychology*, *26*(2), 134–164.
- Klimova, B., Valis, M., & Kuca, K. (2017). Cognitive decline in normal aging and its prevention : A review on non-pharmacological lifestyle strategies. *Clinical Interventions in Aging*, *12*, 903–910.
- Klostermann, E. C., Braskie, M. N., Landau, S. M., O'Neil, J. P., & Jagust, W. J. (2012). Dopamine and frontostriatal networks in cognitive aging. *Neurobiology of Aging*, *33*(3), 623.e15–623.e24.
- Kolb, B., & Wishaw, I. Q. (2008). *Fundamentals of human neuropsychology* (6e éd.). New York, NY : Worth.
- Kramer, A. F., Hahn, S., McAuley, E., Cohen, N. J., Banich, M. T., Harrison, C., . . . Vakil, E. (2001). Exercise, aging and cognition : Healthy body, healthy mind ? In W. A. Rogers & A. D. Fisk (Eds.), *Human factors interventions for the health care of older adults* (pp. 91–120). Hillsdale, NJ : Erlbaum.
- Krause, N. (1991). Stress and isolation from close ties in later life. *Journal of Gerontology*, *46*(4), S183–S194.
- Kray, J., & Lindenberger, U. (2000). Adult age differences in task switching. *Psychology and Aging*, *15*(1), 126–147.
- Kuhn, M. H., & McPartland, T. S. (1954). An empirical investigation of self-attitudes. *American Sociological Review*, *19*(1), 68–76.
- Kvavilashvili, L., Kornbrot, D. E., Mash, V., Cockburn, J., & Milne, A. (2009). Differential effects of age on prospective and retrospective memory tasks in young, young-old, and old-old adults. *Memory*, *17*(2), 180–196.
- Laidlaw, K., Power, M. J., Schmidt, S., & the WHOQOL-OLD Group. (2007). The Attitudes to Ageing Questionnaire (AAQ) : Development and psychometric properties. *International Journal of Geriatric Psychiatry*, *22*(4), 367–379.

- Lalanne, J., Grolleau, P., & Piolino, P. (2010). Les effets de référence à soi sur la mémoire épisodique dans le vieillissement normal et pathologique : Mythe ou réalité? *Psychologie & NeuroPsychiatrie du Vieillissement*, 8(4), 277–294.
- Lamar, M., & Resnick, S. M. (2004). Aging and prefrontal functions : Dissociating orbitofrontal and dorsolateral abilities. *Neurobiology of Aging*, 25(4), 553–558.
- Lane, R. D., Fink, G. R., Chau, P. M.-L., & Dolan, R. J. (1997). Neural activation during selective attention to subjective emotional responses. *Neuroreport*, 8(18), 3969–3972.
- Lang, P.-O., Proust, J., Vogel, T., & Aspinal, R. (2013). Saurons-nous jamais ce qui provoque le vieillissement? *NPG Neurologie-Psychiatrie-Gériatrie*, 13(78), 337–343.
- Lawton, M. P. (1983). Environment and other determinants of well-being in older people. *The Gerontologist*, 23(4), 349–357.
- Lawton, M. P., & Brody, E. M. (1969). Assessment of older people : Self maintaining and instrumental activities of daily living. *Gerontologist*, 9(3), 179–186.
- Lechevallier-Michel, N., Fabrigoule, C., Lafont, S., Letenneur, L., & Dartigues, J.-F. (2004). Normes pour le MMSE, le test de rétention visuelle de Benton, le set test d'Isaacs, le sous-test des codes de la WAIS et le test de barrage de Zazzo chez des sujets âgés de 70 ans et plus : Données de la cohorte PAQUID. *Revue Neurologique*, 160(11), 1059–1070.
- Leplège, A., Perret-Guillaume, C., Ecosse, E., Hervy, M.-P., Ankri, J., & von Steinbüchel, N. (2013). Un nouvel instrument destiné à mesurer la qualité de vie des personnes âgées : Le WHOQOL-OLD version française. *La Revue de Médecine Interne*, 34(2), 78–84.
- Levi-Montalcini, R. (1999). *L'Atout gagnant : À un âge avancé, notre cerveau garde des capacités exceptionnelles que chacun peut utiliser*. Paris, France : Robert Laffont.
- Levine, B., Freedman, M., Dawson, D., Black, S., & Stuss, D. T. (1999). Ventral frontal contribution to self-regulation : Convergence of episodic memory and inhibition. *Neurocase*, 5(3), 263–275.
- Levy, B. R., Slade, M. D., Kunkel, S. R., & Kasl, S. V. (2002). Longevity increased by positive self-perceptions of aging. *Journal of Personality and Social Psychology*, 83(2), 261–270.
- Lhermitte, F., Pillon, B., & Serdaru, M. (1986). Human autonomy and the frontal lobes. Part I : Imitation and utilization behavior : A neuropsychological study of 75 patients. *Annals of Neurology*, 19(4), 326–334.
- Li, L., Abutalebi, J., Emmorey, K., Gong, G., Yan, X., Feng, X., ... Ding, G. (2017). How bilingualism protects the brain from aging : Insights from bimodal bilinguals. *Human Brain Mapping*, 38(8), 4109–4124.
- Lighthall, N. R., Huettel, S. A., & Cabeza, R. (2014). Functional compensation in the ventromedial prefrontal cortex improves memory-dependent decisions in older adults. *Journal of Neuroscience*, 34(47), 15648–15657.

- Lindberg, O. (2012). *The aging frontal lobe in health and disease : A structural magnetic resonance imaging study*. Thèse de doctorat, Karolinska Institutet, Solna, Suède.
- Lindenberger, U. (2000). Avec l'âge, il existe un lien entre fonctionnement sensoriel ou sensori-moteur et fonctionnement cognitif. In D. Brouillet & A. Syssau (Eds.), *Le vieillissement cognitif normal : Vers un modèle explicatif du vieillissement* (pp. 250–271). Bruxelles, Belgique : Éditions De Boeck Université.
- Lindenberger, U., & Baltes, P. B. (1997). Intellectual functioning in old and very old age : Cross-sectional results from the Berlin Aging Study. *Psychology and Aging, 12*(3), 410–432.
- Lockhart, S. N., & DeCarli, C. (2014). Structural imaging measures of brain aging. *Neuropsychology Review, 24*(3), 271–289.
- Logsdon, R. G., Gibbons, L. E., McCurry, S. M., & Teri, L. (1999). Quality of life in Alzheimer's disease : Patient and caregiver reports. *Journal of Mental Health and Aging, 5*(1), 21–32.
- Logsdon, R. G., Gibbons, L. E., McCurry, S. M., & Teri, L. (2002). Assessing quality of life in older adults with cognitive impairment. *Psychosomatic Medicine, 64*(3), 510–519.
- Logue, V., Durward, M., Pratt, R. T. C., Piercy, M., & Nixon, W. L. B. (1968). The quality of survival after rupture of an anterior cerebral aneurysm. *The British Journal of Psychiatry, 114*(507), 137–160.
- Low, G., Molzahn, A. E., & Schopflocher, D. (2013). Attitudes to aging mediate the relationship between older peoples' subjective health and quality of life in 20 countries. *Health and Quality of Life Outcomes, 11*(1), 1–10.
- Luo, L., & Craik, F. I. M. (2008). Aging and memory : A cognitive approach. *The Canadian Journal of Psychiatry, 53*(6), 346–353.
- Luria, A. R. (1978). *Les fonctions corticales supérieures de l'homme*. Paris : Presses Universitaires de France.
- Mackinnon, A., & Mulligan, R. (2005). Estimation de l'intelligence prémorbide chez les francophones. *L'Encéphale, 31*(1), 31–43.
- MacPherson, S. E., Phillips, L. H., & Della Sala, S. (2002). Age, executive function and social decision making : A dorsolateral prefrontal theory of cognitive aging. *Psychology and Aging, 17*(4), 598–609.
- MacPherson, S. E., Phillips, L. H., Della Sala, S., & Cantagallo, A. (2009). Iowa Gambling Task impairment is not specific to ventromedial prefrontal lesions. *The Clinical Neuropsychologist, 23*(3), 510–522.
- Maia, T. V., & McClelland, J. L. (2004). A reexamination of the evidence for the somatic marker hypothesis : What participants really know in the Iowa Gambling Task. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 101*(45), 16075–16080.
- Manes, F., Sahakian, B., Clark, L., Rogers, R., Antoun, N., Aitken, M., & Robbins, T. (2002).



- Decision-making processes following damage to the prefrontal cortex. *Brain*, *125*(3), 624–639.
- Mani, A., Mullainathan, S., Shafir, E., & Zhao, J. (2013). Poverty impedes cognitive function. *Science*, *341*(6149), 976–980.
- Manning, L. (2007). *La neuropsychologie clinique : Approche cognitive*. Paris, France : Armand Colin.
- Marmot, M., Banks, J., Blundell, R., Lessof, C., & Nazroo, J. (2002). *Health, wealth and lifestyles of the older population in England : ELSA 2002*. London, Angleterre, Institute for Fiscal Studies.
- Martin, P., Kelly, N., Kahana, B., Kahana, E., Willcox, B. J., Willcox, D. C., & Poon, L. W. (2015). Defining successful aging : A tangible or elusive concept ? *The Gerontologist*, *55*(1), 14–25.
- Martinelli, P., Anssens, A., Sperduti, M., & Piolino, P. (2012). The influence of normal aging and Alzheimer’s disease in autobiographical memory highly related to the self. *Neuropsychology*, *27*(1), 69–78.
- Martins, R., Joannette, Y., & Monchi, O. (2015). The implications of age-related neurofunctional compensatory mechanisms in executive function and language processing including the new Temporal Hypothesis for Compensation. *Frontiers in Human Neuroscience*, *9*(221).
- Mascret, D. (2012). Alzheimer, l’effet protecteur de la « réserve cognitive ». *Le Figaro - Santé*.
- Mattavelli, G., Casarotti, A., & Forgiarini, M. (2012). Decision-making abilities in patients with frontal low-grade glioma. *Journal of Neuro-Oncology*, *110*(1), 59–67.
- Maylor, E. A., Moulson, J. M., Muncer, A. M., & Taylor, L. A. (2002). Does performance on theory of mind tasks decline in old age ? *British Journal of Psychology*, *93*(4), 465–485.
- McKinnon, M. C., & Moscovitch, M. (2007). Domain-general contributions to social reasoning : Theory of mind and deontic reasoning re-explored. *Cognition*, *102*(2), 179–218.
- Meier-ruge, W., Ulrich, J., Brühlmann, M., & Meier, E. (1992). Age-related white matter atrophy in the human brain. *Annals of the New York Academy of Sciences*, *673*(1), 260–269.
- Melinder, A., Endestad, T. O. R., & Magnussen, S. (2006). Relations between episodic memory, suggestibility, theory of mind, and cognitive inhibition in the preschool child. *Scandinavian Journal of Psychology*, *47*(6), 485–495.
- Mell, T. (2009). Altered function of ventral striatum during reward-based decision making in old age. *Frontiers in Human Neuroscience*, *3*(34).
- Mendoza-Ruvalcaba, N. M., & Fernández-Ballesteros, R. (2016). Effectiveness of the Vital Aging program to promote active aging in Mexican older adults. *Clinical Interventions in Aging*, *11*, 1631–1644.
- Mercier, L., Audet, T., Hébert, R., Rochette, A., & Dubois, M.-F. (2001). Impact of motor,

- cognitive, and perceptual disorders on ability to perform activities of daily living after stroke. *Stroke*, 32(11), 2602–2608.
- Metcalfe, J., & Open University. (1998). *The brain : Degeneration, damage, and disorder* (N° 6). Berlin ; New York, NY : Springer, in association with the Open University.
- Michel, J.-P. (2009). Rôle de la réserve cérébrale en pathologie cognitive. *Gérontologie*, 224(40), 2190–2194.
- Michel, J.-P., Herrmann, F. R., & Zekry, D. (2009). Rôle de la réserve cérébrale en pathologie cognitive. *Revue Médicale Suisse*, 5(224), 2190–2194.
- Milner, B. (1963). Effects of different brain lesions on card sorting : The role of the frontal lobes. *Archives of Neurology*, 9(1), 90–100.
- Milner, B. (1964). Some effects of frontal lobectomy in man. In J. M. Warren & K. Akert (Eds.), *The frontal granular cortex and behavior* (pp. 219–241). New York, NY : McGraw-Hill.
- Mitchell, R. L. C., & Phillips, L. H. (2007). The psychological, neurochemical and functional neuroanatomical mediators of the effects of positive and negative mood on executive functions. *Neuropsychologia*, 45(4), 617–629.
- 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.
- Moliner, P., Ivan-Rey, M., & Vidal, J. (2008). Trois approches psychosociales du vieillissement. Identité, catégorisations et représentations sociales. *Psychologie & NeuroPsychiatrie du Vieillessement*, 6(4), 245–257.
- Moll, J., de Oliveira-Souza, R., Bramati, I. E., & Grafman, J. (2002). Functional networks in emotional moral and nonmoral social judgments. *Neuroimage*, 16(3), 696–703.
- Moran, J. M. (2013). Lifespan development : The effects of typical aging on theory of mind. *Behavioural Brain Research*, 237, 32–40.
- Moran, J. M., Jolly, E., & Mitchell, J. P. (2012). Social-cognitive deficits in normal aging. *Journal of Neuroscience*, 32(16), 5553–5561.
- Murphy, F. C., Sahakian, B. J., Rubinsztein, J. S., Michael, A., Rogers, R. D., Robbins, T. W., & Paykel, E. S. (1999). Emotional bias and inhibitory control processes in mania and depression. *Psychological Medicine*, 29(6), 1307–1321.
- Myerson, J., Robertson, S., & Hale, S. (2007). Aging and intraindividual variability in performance : Analyses of response time distributions. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 88(3), 319–337.
- Naito, M. (2003). The relationship between theory of mind and episodic memory : Evidence for the development of auto-noetic consciousness. *Journal of Experimental Child Psychology*, 85(4), 312–336.

- Nelson, H. E. (1976). A Modified Card Sorting Test sensitive to frontal lobe defects. *Cortex*, 12(4), 313–324.
- Nelson, H. E. (1982). *National Adult Reading Test (NART) : For the assessment of premorbid intelligence in patients with dementia : Test manual*. Slough, Angleterre : NFER-Nelson.
- Netuveli, G. (2006). Quality of life at older ages : Evidence from the English longitudinal study of aging (wave 1). *Journal of Epidemiology & Community Health*, 60(4), 357–363.
- Newcombe, V. F., Outtrim, J. G., Chatfield, D. A., Manktelow, A., Hutchinson, P. J., Coles, J. P., ... Menon, D. K. (2011). Parcellating the neuroanatomical basis of impaired decision-making in traumatic brain injury. *Brain*, 134(3), 759–768.
- Nissim, N. R., O’Shea, A. M., Bryant, V., Porges, E. C., Cohen, R., & Woods, A. J. (2016). Frontal structural neural correlates of working memory performance in older adults. *Frontiers in Aging Neuroscience*, 8(328).
- Nobre, A. C., & Stokes, M. G. (2011). Attention and short-term memory : Crossroads. *Neuropsychologia*, 49(6), 1391–1392.
- Noel, M. (2012). *La perception de soi au cours du vieillissement : Approche normale et pathologique à travers l’étude de la chute*. Thèse de doctorat, Université du Droit et de la Santé-Lille 2, Lille, France.
- Norman, D., & Shallice, T. (1986). Attention to action : Willed and automatic control of behavior. In R. Davidson, R. G. Schwartz, & D. Shapiro (Eds.), *Consciousness and self-regulation : Advances in research and theory* (pp. 1–18). New York, NY : Plenum Press.
- Norman, D. A., & Shallice, T. (1980). *Attention to action. Willed and automatic control of behavior* (CHIP Report N° 99). San Diego, CA : University of California San Diego.
- Oettingen, G., Mayer, D., Sevincer, A. T., Stephens, E. J., Pak, H.-J., & Hagenah, M. (2009). Mental contrasting and goal commitment : The mediating role of energization. *Personality and Social Psychology Bulletin*, 35(5), 608–622.
- Ogawa, S., Lee, T.-M., Kay, A. R., & Tank, D. W. (1990). Brain magnetic resonance imaging with contrast dependent on blood oxygenation. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 87(24), 9868–9872.
- Olulade, O. A., Jamal, N. I., Koo, D. S., Perfetti, C. A., LaSasso, C., & Eden, G. F. (2016). Neuroanatomical evidence in support of the bilingual advantage theory. *Cerebral Cortex*, 26(7), 3196–3204.
- Organisation Mondiale de la Santé. (1994). *Classification internationale des maladies, dixième révision. Chapitre V (F) : Troubles mentaux et troubles du comportement. Critères diagnostiques pour la recherche*. Genève, Suisse : OMS.
- Ozonoff, S., Pennington, B. F., & Rogers, S. J. (1991). Executive function deficits in high-functioning autistic individuals : Relationship to theory of mind. *Journal of Child Psychology*

- and Psychiatry*, 32(7), 1081–1105.
- O’Sullivan, M., Jones, D. K., Summers, P. E., Morris, R. G., Williams, S. C. R., & Markus, H. S. (2001). Evidence for cortical "disconnection" as a mechanism of age-related cognitive decline. *Neurology*, 57(4), 632–638.
- Pachalska, M., Mańko, G., Chantsoulis, M., Knapik, H., Mirski, A., & Mirska, N. (2012). The quality of life of persons with TBI in the process of a Comprehensive Rehabilitation Program. *Medical Science Monitor*, 18(7), CR432–CR442.
- Paillard, T., Sablayrolles, M., Costes-Salon, M. C., Lafont, C., Dupui, P., & Rivière, D. (2001). Influence d’un programme de marche sur la consommation maximale d’oxygène (VO<sub>2</sub> max) et les aptitudes psychomotrices de sujets âgés sains et actifs. *Science & Sports*, 16(1), 32–35.
- Paradiso, S., Chemerinski, E., Yazici, K. M., Tartaro, A., & Robinson, R. G. (1999). Frontal lobe syndrome reassessed : Comparison of patients with lateral or medial frontal brain damage. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*, 67(5), 664–667.
- Pardini, M., & Nichelli, P. F. (2009). Age-related decline in mentalizing skills across adult life span. *Experimental Aging Research*, 35(1), 98–106.
- Park, D. C., & Reuter-Lorenz, P. (2009). The adaptive brain : Aging and neurocognitive scaffolding. *Annual Review of Psychology*, 60, 173–196.
- Paus, T. (2001). Primate anterior cingulate cortex : Where motor control, drive and cognition interface. *Nature Reviews Neuroscience*, 2(6), 417–424.
- Perna, R., Loughan, A. R., & Talka, K. (2012). Executive functioning and adaptive living skills after acquired brain injury. *Applied Neuropsychology : Adult*, 19(4), 263–271.
- Perner, J., Kloo, D., & Gornik, E. (2007). Episodic memory development : Theory of mind is part of re-experiencing experienced events. *Infant and Child Development*, 16(5), 471–490.
- Phillips, L. H., & Della Sala, S. (1998). Aging, intelligence, and anatomical segregation in the frontal lobes. *Learning and Individual Differences*, 10(3), 217–243.
- Phillips, L. H., MacLean, R. D. J., & Allen, R. (2002). Age and the understanding of emotions neuropsychological and sociocognitive perspectives. *The Journals of Gerontology Series B : Psychological Sciences and Social Sciences*, 57(6), 526–530.
- Piolino, P., Coste, C., Martinelli, P., Macé, A.-L., Quinette, P., Guillery-Girard, B., & Belleville, S. (2010). Reduced specificity of autobiographical memory and aging : Do the executive and feature binding functions of working memory have a role? *Neuropsychologia*, 48(2), 429–440.
- Piquard, A., Derouesné, C., Lacomblez, L., & Siéroff, E. (2004). Planification et activités de la vie quotidienne dans la maladie d’Alzheimer et les dégénérescences frontotemporales. *Psychologie & NeuroPsychiatrie du Vieillissement*, 2(2), 147–156.

- Piquard, A., Derouesné, C., Meininger, V., & Lacomblez, L. (2010). DEX and executive dysfunction in activities of daily living in Alzheimer's disease and frontotemporal dementia. *Psychologie & NeuroPsychiatrie du Vieillissement*, 8(3), 215–224.
- Posner, M. I., & Boies, S. J. (1971). Components of attention. *Psychological Review*, 78(5), 391–408.
- Power, M., & Dalgleish, T. (1997). *Cognition and emotion : From order to disorder*. Hove, Angleterre : Psychology Press.
- Power, M., Harper, A., & Bullinger, M. (1999). The World Health Organization WHOQOL-100 : Tests of the universality of Quality of Life in 15 different cultural groups worldwide. *Health Psychology*, 18(5), 495–505.
- Power, M., Quinn, K., Schmidt, S., & the WHOQOL-OLD Group. (2005). Development of the WHOQOL-Old module. *Quality of Life Research*, 14(10), 2197–2214.
- Premack, D., & Woodruff, G. (1978). Does the chimpanzee have a theory of mind? *Behavioral and Brain Sciences*, 1(4), 515–526.
- Purcell, R., Maruff, P., Kyrios, M., & Pantelis, C. (1997). Neuropsychological function in young patients with unipolar major depression. *Psychological Medicine*, 27(6), 1277–1285.
- Rankin, K. P. (2005). Self awareness and personality change in dementia. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*, 76(5), 632–639.
- Rapee, R. M. (1993). The utilisation of working memory by worry. *Behaviour Research and Therapy*, 31(6), 617–620.
- Rapoport, D. (2015). De la naissance sans violence à la bien-traitance du grand âge : Humaniser le politique. In C. Bergeret-Amselek (Ed.), *Vivre ensemble, jeunes et vieux* (pp. 125–134). Toulouse, France : ERES.
- Raskin, A., Friedman, A. S., & DiMascio, A. (1982). Cognitive and performance deficits in depression. *Psychopharmacology Bulletin*, 18(4), 196–202.
- Raven, J. (2000). The Raven's progressive matrices : Change and stability over culture and time. *Cognitive Psychology*, 41(1), 1–48.
- Raymond, E., Gagné, D., Sévigny, A., & Tourigny, A. (2008). *La participation sociale des aînés dans une perspective de vieillissement en santé : Réflexion critique appuyée sur une analyse documentaire*. Institut national de santé publique du Québec.
- Raz, N. (2000). Aging of the brain and its impact on cognitive performance : Integration of structural and functional findings. In F. I. M. Craik & T. A. Salthouse (Eds.), *The handbook of aging and cognition* (2e éd., pp. 1–90). London, Angleterre : Lawrence Erlbaum Associates.
- Raz, N., Gunning-Dixon, F. M., Head, D., Dupuis, J. H., & Acker, J. D. (1998). Neuroanatomical correlates of cognitive aging : Evidence from structural magnetic resonance imaging.

- Neuropsychology*, 12(1), 95–114.
- Regier, D. A., Boyd, J. H., Burke, J. D., Rae, D. S., Myers, J. K., Kramer, M., . . . Locke, B. Z. (1988). One-month prevalence of mental disorders in the United States : Based on five Epidemiologic Catchment Area sites. *Archives of General Psychiatry*, 45(11), 977–986.
- Reitan, R. M. (1958). Validity of the Trail Making Test as an indicator of organic brain damage. *Perceptual and Motor Skills*, 8(3), 271–276.
- Resnick, S. M., Goldszal, A. F., Davatzikos, C., Golski, S., Kraut, M. A., Metter, E. J., . . . Zonderman, A. B. (2000). One-year age changes in MRI brain volumes in older adults. *Cerebral Cortex*, 10(5), 464–472.
- Reuter-Lorenz, P. A., & Cappell, K. A. (2008). Neurocognitive aging and the compensation hypothesis. *Current Directions in Psychological Science*, 17(3), 177–182.
- Rimé, B., & Le Bon, C. (1984). Le concept de conscience de soi et ses opérationnalisations. *L'Année Psychologique*, 84(4), 535–553.
- Ritchey, M., Montchal, M. E., Yonelinas, A. P., & Ranganath, C. (2015). Delay-dependent contributions of medial temporal lobe regions to episodic memory retrieval. *Elife*, 4, e05025.
- Robinson, G., Shallice, T., Bozzali, M., & Cipolotti, L. (2012). The differing roles of the frontal cortex in fluency tests. *Brain*, 135(7), 2202–2214.
- Roca, M. (2016). The relationship between executive functions and theory of mind : A long and winding road. *Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry*, 87(3), 229.
- Rodrigue, K. M., Kennedy, K. M., & Park, D. C. (2009). Beta-amyloid deposition and the aging brain. *Neuropsychology Review*, 19(4), 436–450.
- Rogalsky, C., Vidal, C., Li, X., & Damásio, H. (2012). Risky decision-making in older adults without cognitive deficits : An fMRI study of VMPFC using the Iowa Gambling Task. *Social Neuroscience*, 7(2), 178–190.
- Rogers, R. D., Everitt, B. J., Baldacchino, A., Blackshaw, A. J., Swainson, R., Wynne, K., . . . Robbins, T. W. (1999). Dissociable deficits in the decision-making cognition of chronic amphetamine abusers, opiate abusers, patients with focal damage to prefrontal cortex, and tryptophan-depleted normal volunteers : Evidence for monoaminergic mechanisms. *Neuropsychopharmacology*, 20(4), 322–339.
- Rogers, R. D., Owen, A. M., Middleton, H. C., Williams, E. J., Pickard, J. D., Sahakian, B. J., & Robbins, T. W. (1999). Choosing between small, likely rewards and large, unlikely rewards activates inferior and orbital prefrontal cortex. *The Journal of Neuroscience*, 19(20), 9029–9038.
- Rogez, É., & Sifaoui, B. (2014). Regards sur la vieillesse. *Soins Gériatrie*, 19(105), 21–43.
- Rolls, E. T. (2000). The orbitofrontal cortex and reward. *Cerebral Cortex*, 10(3), 284–294.

- Rosenbaum, R. S., Stuss, D. T., Levine, B., & Tulving, E. (2007). Theory of mind is independent of episodic memory. *Science*, *318*(5854), 1257–1257.
- Rowe, J. W., & Kahn, R. L. (1987). Human aging : Usual and successful. *Science*, *237*(4811), 143–149.
- Royall, D. R., Palmer, R., Chiodo, L. K., & Polk, M. J. (2004). Declining executive control in normal aging predicts change in functional status : The Freedom House Study. *Journal of the American Geriatrics Society*, *52*(3), 346–352.
- Rubinsztein, J. S., Fletcher, P. C., Rogers, R. D., Ho, L. W., Aigbirhio, F. I., Paykel, E. S., . . . Sahakian, B. J. (2001). Decision-making in mania : A PET study. *Brain*, *124*(12), 2550–2563.
- Ruffman, T., Henry, J. D., Livingstone, V., & Phillips, L. H. (2008). A meta-analytic review of emotion recognition and aging : Implications for neuropsychological models of aging. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, *32*(4), 863–881.
- Sabbagh, M. A. (2004). Understanding orbitofrontal contributions to theory-of-mind reasoning : Implications for autism. *Brain and Cognition*, *55*(1), 209–219.
- Salthouse, T. A. (1996). The processing-speed theory of adult age differences in cognition. *Psychological Review*, *103*(3), 403–428.
- Salthouse, T. A. (2009). When does age-related cognitive decline begin? *Neurobiology of Aging*, *30*(4), 507–514.
- Salthouse, T. A. (2010). Selective review of cognitive aging. *Journal of the International Neuropsychological Society*, *16*(5), 754–760.
- Salthouse, T. A. (2012). How general are the effects of trait anxiety and depressive symptoms on cognitive functioning? *Emotion*, *12*(5), 1075–1084.
- Salthouse, T. A., Atkinson, T. M., & Berish, D. E. (2003). Executive functioning as a potential mediator of age-related cognitive decline in normal adults. *Journal of Experimental Psychology : General*, *132*(4), 566–594.
- Salthouse, T. A., & Pink, J. E. (2008). Why is working memory related to fluid intelligence? *Psychonomic Bulletin & Review*, *15*(2), 364–371.
- Salthouse, T. A., Toth, J., Daniels, K., Parks, C., Pak, R., Wolbrette, M., & Hocking, K. J. (2000). Effects of aging on efficiency of task switching in a variant of the Trail Making Test. *Neuropsychology*, *14*(1), 102–111.
- Samson, R. D., & Barnes, C. A. (2013). Impact of aging brain circuits on cognition. *European Journal of Neuroscience*, *37*(12), 1903–1915.
- Samson, R. D., Venkatesh, A., Lester, A. W., Weinstein, A. T., Lipa, P., & Barnes, C. A. (2015). Age differences in strategy selection and risk preference during risk-based decision making. *Behavioral Neuroscience*, *129*(2), 138–148.

- Savikko, N., Routasalo, P., Tilvis, R. S., Strandberg, T. E., & Pitkälä, K. H. (2005). Predictors and subjective causes of loneliness in an aged population. *Archives of Gerontology and Geriatrics*, *41*(3), 223–233.
- Saxe, R., Moran, J. M., Scholz, J., & Gabrieli, J. (2006). Overlapping and non-overlapping brain regions for theory of mind and self reflection in individual subjects. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, *1*(3), 229–234.
- Schacter, D. L., Savage, C. R., Alpert, N. M., Rauch, S. L., & Albert, M. S. (1996). The role of hippocampus and frontal cortex in age-related memory changes : A PET study. *Neuroreport*, *7*(6), 1165–1169.
- Schiebener, J., Wegmann, E., Gathmann, B., Laier, C., Pawlikowski, M., & Brand, M. (2014). Among three different executive functions, general executive control ability is a key predictor of decision making under objective risk. *Frontiers in Psychology*, *5*(1386).
- Schoenfeld, D. E., Malmrose, L. C., Blazer, D. G., Gold, D. T., & Seeman, T. E. (1994). Self-rated health and mortality in the high-functioning elderly – A closer look at healthy individuals : MacArthur field study of successful aging. *Journal of Gerontology*, *49*(3), M109–M115.
- Seneca, L. A. (1993). *Consigli per vivere felici/Seneca <4 a.C.-65>*. Milano, Italie : Arnoldo Mondadori.
- Seron, X., Van der Linden, M., & Andrès, P. (1999). Le lobe frontal à la recherche de ses spécificités fonctionnelles. In M. Van der Linden, X. Seron, D. Le Gall, & P. Andrès (Eds.), *Neuropsychologie des lobes frontaux*. Marseille, France : Solal.
- Shallice, T. (1988). *From neuropsychology to mental structure*. Cambridge, Angleterre : Cambridge University Press.
- Shallice, T., & Burgess, P. W. (1998). The domain of supervisory processes and temporal organization of behaviour. In A. C. Roberts, T. W. Robbins, & L. Weiskrantz (Eds.), *The prefrontal cortex : Executive and cognitive functions*. Oxford, Angleterre : Oxford University Press.
- Shamay-Tsoory, S. G., Aharon-Peretz, J., & Levkovitz, Y. (2007). The neuroanatomical basis of affective mentalizing in schizophrenia : Comparison of patients with schizophrenia and patients with localized prefrontal lesions. *Schizophrenia Research*, *90*(1-3), 274–283.
- Shamay-Tsoory, S. G., Tomer, R., Berger, B. D., & Aharon-Peretz, J. (2003). Characterization of empathy deficits following prefrontal brain damage : The role of the right ventromedial prefrontal cortex. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *15*(3), 324–337.
- Shamay-Tsoory, S. G., Tomer, R., Berger, B. D., Goldsher, D., & Aharon-Peretz, J. (2005). Impaired "affective theory of mind" is associated with right ventromedial prefrontal damage. *Cognitive and Behavioural Neurology*, *18*(1), 55–67.
- Sheikh, J. I., & Yesavage, J. A. (1986). Geriatric Depression Scale (GDS) : Recent evidence and



- development of a shorter version. In T. L. Brink (Ed.), *Clinical gerontology : A guide to assessment and intervention*. New York, NY : Haworth.
- Sheline, Y. I., Wang, P. W., Gado, M. H., Csernansky, J. G., & Vannier, M. W. (1996). Hippocampal atrophy in recurrent major depression. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *93*(9), 3908–3913.
- Shenal, B. V., Harrison, D. W., & Demaree, H. A. (2003). The neuropsychology of depression : A literature review and preliminary model. *Neuropsychology Review*, *13*(1), 33–42.
- Siksou, M. (2008). Georges Libman Engel (1913–1999). Le modèle bio-psycho-social et la critique du réductionnisme biomédical. *Le Journal des Psychologues*, *260*(7), 52–55.
- Silberman, E. K., Weingartner, H., & Post, R. M. (1983). Thinking disorder in depression : Logic and strategy in an abstract reasoning task. *Archives of General Psychiatry*, *40*(7), 775–780.
- Simblett, S. K., & Bateman, A. (2011). Dimensions of the Dysexecutive Questionnaire (DEX) examined using Rasch analysis. *Neuropsychological Rehabilitation*, *21*(1), 1–25.
- Sinz, H., Zamarian, L., Benke, T., Wenning, G. K., & Delazer, M. (2008). Impact of ambiguity and risk on decision making in mild Alzheimer’s disease. *Neuropsychologia*, *46*(7), 2043–2055.
- Skevington, S. M., Lotfy, M., & O’Connell, K. A. (2004). The World Health Organization’s WHOQOL-BREF quality of life assessment : Psychometric properties and results of the international field trial. A report from the WHOQOL group. *Quality of Life Research*, *13*(2), 299–310.
- Slessor, G., Phillips, L. H., & Bull, R. (2007). Exploring the specificity of age-related differences in theory of mind tasks. *Psychology and Aging*, *22*(3), 639–643.
- Slessor, G., Phillips, L. H., & Bull, R. (2008). Age-related declines in basic social perception : Evidence from tasks assessing eye-gaze processing. *Psychology and Aging*, *23*(4), 812–822.
- Smith, J. (2003). Stress and aging : Theoretical and empirical challenges for interdisciplinary research. *Neurobiology of Aging*, *24*(Suppl 1), 77–80.
- Smith, J., & Baltes, P. B. (1996). Altern aus psychologischer perspektive : Trends und profile im hohen alter [Psychological aging : Trends and profiles in very old age]. In K. U. Mayer & P. B. Baltes (Eds.), *Die berliner altersstudie* (pp. 221–250). Berlin, Allemagne : Akademie Verlag.
- Sofi, F., Valecchi, D., Bacci, D., Abbate, R., Gensini, G. F., Casini, A., & Macchi, C. (2011). Physical activity and risk of cognitive decline : A meta-analysis of prospective studies. *Journal of Internal Medicine*, *269*(1), 107–117.
- Solesio-Jofre, E., López-Frutos, J. M., Cashdollar, N., Aurtenetxe, S., de Ramón, I., & Maestú, F. (2017). The effects of aging on the working memory processes of multimodal information. *Aging, Neuropsychology, and Cognition*, *24*(3), 299–320.

- Souchay, C., Moulin, C. J. A., Clarys, D., Tacconat, L., & Isingrini, M. (2007). Diminished episodic memory awareness in older adults : Evidence from feeling-of-knowing and recollection. *Consciousness and Cognition, 16*(4), 769–784.
- Speth, A., & Ivanoiu, A. (2007). Mémoire de travail et contrôle exécutif. In G. Aubin, F. Coyette, P. Pradat-Diehl, & C. Vallat-Azouvi (Eds.), *Neuropsychologie de la mémoire de travail* (pp. 115–134). Marseille, France : Solal.
- Spiriduso, W. W. (1975). Reaction and movement time as a function of age and physical activity level. *Journal of Gerontology, 30*(4), 435–440.
- Spreng, R. N., Karlawish, J., & Marson, D. C. (2016). Cognitive, social, and neural determinants of diminished decision-making and financial exploitation risk in aging and dementia : A review and new model. *Journal of Elder Abuse & Neglect, 28*(4-5), 320–344.
- Staff, R. T., Murray, A. D., Deary, I. J., & Whalley, L. J. (2004). What provides cerebral reserve? *Brain, 127*(5), 1191–1199.
- Stanley, M. A., & Beck, J. G. (2000). Anxiety disorders. *Clinical Psychology Review, 20*(6), 731–754.
- Stanley, M. A., Beck, J. G., Novy, D. M., Averill, P. M., Swann, A. C., Diefenbach, G. J., & Hopko, D. R. (2003). Cognitive-behavioral treatment of late-life generalized anxiety disorder. *Journal of Consulting and Clinical Psychology, 71*(2), 309–319.
- Steinley, D., & Hubert, L. (2008). Order-constrained solutions in K-means clustering : Even better than being globally optimal. *Psychometrika, 73*(4), 647–664.
- Stern, Y. (2002). What is cognitive reserve? Theory and research application of the reserve concept. *Journal of the International Neuropsychological Society, 8*(3), 448–460.
- Stern, Y. (2009). Cognitive reserve. *Neuropsychologia, 47*(10), 2015–2028.
- Stern, Y. (2012). Cognitive reserve in ageing and Alzheimer’s disease. *The Lancet Neurology, 11*(11), 1006–1012.
- Stone, V. E., Baron-Cohen, S., & Knight, R. T. (1998). Frontal lobe contributions to theory of mind. *Journal of Cognitive Neuroscience, 10*(5), 640–656.
- Stone, V. E., Cosmides, L., Tooby, J., Kroll, N., & Knight, R. T. (2002). Selective impairment of reasoning about social exchange in a patient with bilateral limbic system damage. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 99*(17), 11531–11536.
- Stroop, J. R. (1935). Studies of interference in serial verbal reactions. *Journal of Experimental Psychology, 18*(6), 643–662.
- Stuss, D. T. (2006). Frontal lobes and attention : Processes and networks, fractionation and integration. *Journal of the International Neuropsychological Society, 12*(2), 261–271.
- Stuss, D. T. (2007). New approaches to prefrontal lobe testing. In B. Miller & J. Cummings (Eds.), *The human frontal lobes : Functions and disorders* (pp. 292–305). New York, NY :

Guilford Press.

- Stuss, D. T. (2008). Rehabilitation of frontal lobe dysfunction : A working framework. In M. Oddy & A. Worthington (Eds.), *Rehabilitation of executive disorders : A guide to theory and practice* (pp. 3–17). Oxford ; New York, NY : Oxford University Press.
- Stuss, D. T. (2011). Functions of the frontal lobes : Relation to executive functions. *Journal of the International Neuropsychological Society*, *17*(5), 759–765.
- Stuss, D. T., & Alexander, M. P. (2007). Is there a dysexecutive syndrome? *Philosophical Transactions of the Royal Society B : Biological Sciences*, *362*(1481), 901–915.
- Stuss, D. T., Alexander, M. P., Floden, D., Binns, M. A., Levine, B., McIntosh, A. R., . . . Hevenor, S. J. (2002). Fractionation and localization of distinct frontal lobe processes : Evidence from focal lesions in humans. In D. T. Stuss & R. T. Knight (Eds.), *Principles of frontal lobe function* (pp. 392–407). Oxford ; New York, NY : Oxford University Press.
- Stuss, D. T., Alexander, M. P., Hamer, L., Palumbo, C., Dempster, R., Binns, M., . . . Izukawa, D. (1998). The effects of focal anterior and posterior brain lesions on verbal fluency. *Journal of the International Neuropsychological Society*, *4*(3), 265–278.
- Stuss, D. T., Alexander, M. P., Shallice, T., Picton, T. W., Binns, M. A., Macdonald, R., . . . Katz, D. I. (2005). Multiple frontal systems controlling response speed. *Neuropsychologia*, *43*(3), 396–417.
- Stuss, D. T., & Anderson, V. (2004). The frontal lobes and theory of mind : Developmental concepts from adult focal lesion research. *Brain and Cognition*, *55*(1), 69–83.
- Stuss, D. T., & Benson, D. F. (1986). *The frontal lobes*. New York, NY : Raven Press.
- Stuss, D. T., Gallup, G. G., & Alexander, M. P. (2001). The frontal lobes are necessary for theory of mind. *Brain*, *124*(2), 279–286.
- Stuss, D. T., & Knight, R. T. (2002). *Principles of frontal lobe function*. Oxford ; New York, NY : Oxford University Press.
- Stuss, D. T., & Knight, R. T. (2013). *Principles of frontal lobe function* (2e éd.). Oxford ; New York, NY : Oxford University Press.
- Stuss, D. T., & Levine, B. (2002). Adult clinical neuropsychology : Lessons from studies of the frontal lobes. *Annual Review of Psychology*, *53*(1), 401–433.
- Stuss, D. T., Levine, B., Alexander, M. P., Hong, J., Palumbo, C., Hamer, L., . . . Izukawa, D. (2000). Wisconsin Card Sorting Test performance in patients with focal frontal and posterior brain damage : Effects of lesion location and test structure on separable cognitive processes. *Neuropsychologia*, *38*(4), 388–402.
- Sullivan, S., & Ruffman, T. (2004a). Emotion recognition deficits in the elderly. *International Journal of Neuroscience*, *114*(3), 403–432.
- Sullivan, S., & Ruffman, T. (2004b). Social understanding : How does it fare with advancing

- years? *British Journal of Psychology*, 95(1), 1–18.
- Sylvain-Roy, S. (2013). *Contrôle attentionnel et vieillissement normal : Contribution à la mémoire de travail et variabilité interindividuelle*. Thèse de doctorat, Université de Montréal, Montréal, Québec, Canada.
- Sylvain-Roy, S., & Belleville, S. (2015). Interindividual differences in attentional control profiles among younger and older adults. *Aging, Neuropsychology, and Cognition*, 22(3), 259–279.
- Sylvain-Roy, S., Lungu, O., & Belleville, S. (2015). Normal aging of the attentional control functions that underlie working memory. *The Journals of Gerontology Series B : Psychological Sciences and Social Sciences*, 70(5), 698–708.
- Syndicat National de Gériatrie Clinique. (1994). AGGIR. Guide pratique pour la codification des variables. Principaux profils des groupes iso-ressources. *La Revue de Gériatrie*, 19(4), 249–259.
- Taconnat, L., & Lemaire, P. (2014). Fonctions exécutives, vieillissement cognitif et variations stratégiques. *Psychologie Française*, 59(1), 89–100.
- Talpin, J.-M. (2013). *Psychologie clinique du vieillissement normal et pathologique*. Paris, France : Armand Colin.
- Taylor, S. E., & Brown, J. D. (1988). Illusion and well-being : A social psychological perspective on mental health. *Psychological Bulletin*, 103(2), 193–210.
- Teasdale, G., & Jennett, B. (1974). Assessment of coma and impaired consciousness : A practical scale. *The Lancet*, 304(7872), 81–84.
- Tekin, S., & Cummings, J. L. (2002). Frontal-subcortical neuronal circuits and clinical neuropsychiatry : An update. *Journal of Psychosomatic Research*, 53(2), 647–654.
- Tessier, J.-F., & Leger, J.-M. (1990). La solitude constitue-t-elle le danger majeur pour le vieillard de l'an 2000? *Psychologie Médicale*, 22(12), 1171–1174.
- Thambisetty, M., Wan, J., Carass, A., An, Y., Prince, J. L., & Resnick, S. M. (2010). Longitudinal changes in cortical thickness associated with normal aging. *Neuroimage*, 52(4), 1215–1223.
- Thiebaut de Schotten, M., Urbanski, M., Batrancourt, B., Levy, R., Dubois, B., Cerliani, L., & Volle, E. (2016). Rostro-caudal architecture of the frontal lobes in humans. *Cerebral Cortex*, 27(8), 4033–4047.
- Thomas, P., Billon, R., Hazif-Thomas, C., & Pradere, C. (1997). *Demotivation and elderlies. Study of a very old population in long care wards*. Communication présentée au 8th Congress of the International Psychogeriatrics Association (Vol. 443, pp. 16–22), Jérusalem, Israël.
- Thomas, P., Thomas, C. H., Billon, R., & Chantoin, S. (2001). Démotivation, apathie et dépression chez le sujet âgé. *Revue Française de Psychiatrie et de Psychologie Médicale*, 5(48), 39–45.
- Thomson, D. M., & Tulving, E. (1970). Associative encoding and retrieval : Weak and strong

- cues. *Journal of Experimental Psychology*, 86(2), 255–262.
- Thurstone, L. L. (1938). *Primary mental abilities*. Chicago, IL : University of Chicago Press.
- Timotin, L. (2012). *Impact des comorbidités, de la qualité du sommeil et de la fragilité psychosociale sur la qualité de vie des personnes âgées*. Thèse de doctorat, Université Joseph Fourier, Grenoble, France.
- Tisserand, D. J., Pruessner, J. C., Sanz Arigita, E. J., van Boxtel, M. P. J., Evans, A. C., Jolles, J., & Uylings, H. B. M. (2002). Regional frontal cortical volumes decrease differentially in aging : An MRI study to compare Volumetric Approaches and Voxel-Based Morphometry. *NeuroImage*, 17(2), 657–669.
- Tisserand, D. J., van Boxtel, M. P. J., Gronenschild, E. H. B. M., & Jolles, J. (2001). Age-related volume reductions of prefrontal regions in healthy individuals are differential. *Brain and Cognition*, 47, 182–185.
- Tomarken, A. J., Davidson, R. J., & Henriques, J. B. (1990). Resting frontal brain asymmetry predicts affective responses to films. *Journal of Personality and Social Psychology*, 59(4), 791–801.
- Tornstam, L. (1992). The quo vadis of gerontology : On the scientific paradigm of gerontology. *The Gerontologist*, 32(3), 318–326.
- Torralva, T., Kipps, C. M., Hodges, J. R., Clark, L., Bekinschtein, T., Roca, M., . . . Manes, F. (2007). The relationship between affective decision-making and theory of mind in the frontal variant of fronto-temporal dementia. *Neuropsychologia*, 45(2), 342–349.
- Tranel, D. (2002). Emotion, decision making, and the ventromedial prefrontal cortex. In D. T. Stuss & R. T. Knight (Eds.), *Principles of frontal lobe function* (pp. 338–353). Oxford ; New York, NY : Oxford University Press.
- Tranel, D., Bechara, A., & Denburg, N. L. (2002). Asymmetric functional roles of right and left ventromedial prefrontal cortices in social conduct, decision-making, and emotional processing. *Cortex*, 38(4), 589–612.
- Triandis, H. C., Leung, K., Villareal, M. J., & Clack, F. I. (1985). Allocentric versus idiocentric tendencies : Convergent and discriminant validation. *Journal of Research in Personality*, 19(4), 395–415.
- Troyer, A. K., Moscovitch, M., & Winocur, G. (1997). Clustering and switching as two components of verbal fluency : Evidence from younger and older healthy adults. *Neuropsychology*, 11(1), 138–146.
- Troyer, A. K., Moscovitch, M., Winocur, G., Leach, L., & Freedman, M. (1998). Clustering and switching on verbal fluency tests in Alzheimer's and Parkinson's disease. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 4(2), 137–143.
- Tucker, M., Stenslie, C. E., Roth, R. S., & Shearer, S. L. (1981). Right frontal lobe activation and

- right hemisphere performance : Decrement during a depressed mood. *Archives of General Psychiatry*, *38*(2), 169–174.
- Tucker-Drob, E. M., Johnson, K. E., & Jones, R. N. (2009). The cognitive reserve hypothesis : A longitudinal examination of age-associated declines in reasoning and processing speed. *Developmental Psychology*, *45*(2), 431–446.
- Turner, G. R., & Spreng, R. N. (2012). Executive functions and neurocognitive aging : Dissociable patterns of brain activity. *Neurobiology of Aging*, *33*(4), 826.e1–826.e13.
- Tusch, E. S., Alperin, B. R., Ryan, E., Holcomb, P. J., Mohammed, A. H., & Daffner, K. R. (2016). Changes in neural activity underlying working memory after computerized cognitive training in older adults. *Frontiers in Aging Neuroscience*, *8*(255).
- Vachon, M., Beaulieu-Prévost, D., Ouellette, A., & Achille, M. (2005). Analyse de classification hiérarchique et qualité de vie. *Tutorials in Quantitative Methods for Psychology*, *1*(1), 25–30.
- Vallesi, A., Hasher, L., & Stuss, D. T. (2010). Age-related differences in transfer costs : Evidence from go/nogo tasks. *Psychology and Aging*, *25*(4), 963–967.
- Van der Linden, M., Brédart, S., & Beerten, A. (1994). Age-related differences in updating working memory. *British Journal of Psychology*, *85*(1), 145–152.
- Van der Linden, M., Coyette, F., Poitrenaud, J., Kalafat, M., Calicis, F., Wyns, C., & Adam, S. (2004). L'épreuve de rappel libre/rappel indicé à 16 items (RL/RI-16). In M. Van der Linden et al. (Eds.), *L'évaluation des troubles de la mémoire : Présentation de quatre tests de mémoire épisodique (avec leur étalonnage)*. Marseille, France : Solal.
- Van Der Werf, Y. D., Tisserand, D. J., Visser, P. J., Hofman, P. A. M., Vuurman, E., Uylings, H. B. M., & Jolles, J. (2001). Thalamic volume predicts performance on tests of cognitive speed and decreases in healthy aging : A magnetic resonance imaging-based volumetric analysis. *Cognitive Brain Research*, *11*(3), 377–385.
- Vaportzis, E., Georgiou-Karistianis, N., & Stout, J. C. (2013). Dual task performance in normal aging : A comparison of choice reaction time tasks. *PLOS ONE*, *8*(3), e60265.
- Varley, R., Siegal, M., & Want, S. C. (2001). Severe impairment in grammar does not preclude theory of mind. *Neurocase*, *7*(6), 489–493.
- Vaughan, L., & Giovanello, K. (2010). Executive function in daily life : Age-related influences of executive processes on instrumental activities of daily living. *Psychology and Aging*, *25*(2), 343–355.
- Verhaeghen, P., & Cerella, J. (2002). Aging, executive control, and attention : A review of meta-analyses. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, *26*(7), 849–857.
- Vieillard, S., & Harm, J. (2013). La régulation des émotions au cours du vieillissement normal. *L'Année Psychologique*, *113*(04), 595–628.

- Villeneuve, S., & Belleville, S. (2010). Réserve cognitive et changements neuronaux associés au vieillissement. *Psychologie & NeuroPsychiatrie du Vieillissement*, *8*(2), 133–140.
- Von Steinbüchel, N., Lischetzke, T., Gurny, M., & Eid, M. (2006). Assessing quality of life in older people : Psychometric properties of the WHOQOL-BREF. *European Journal of Ageing*, *3*(2), 116–122.
- Wasylyshyn, C., Verhaeghen, P., & Sliwinski, M. J. (2011). Aging and task switching : A meta-analysis. *Psychology and Aging*, *26*(1), 15–20.
- Wellington, R. L., Bilder, R. M., Napolitano, B., & Szeszko, P. R. (2013). Effects of age on prefrontal subregions and hippocampal volumes in young and middle-aged healthy humans. *Human Brain Mapping*, *34*(9), 2129–2140.
- West, R. L. (1996). An application of prefrontal cortex function theory to cognitive aging. *Psychological Bulletin*, *120*(2), 272–292.
- West, R. L. (2000). In defense of the frontal lobe hypothesis of cognitive aging. *Journal of the International Neuropsychological Society*, *6*(6), 727–729.
- Wetherell, J. L., & Gatz, M. (2005). The Beck Anxiety Inventory in older adults with generalized anxiety disorder. *Journal of Psychopathology and Behavioral Assessment*, *27*(1), 17–24.
- Wetherell, J. L., Thorp, S. R., Patterson, T. L., Golshan, S., Jeste, D. V., & Gatz, M. (2004). Quality of life in geriatric generalized anxiety disorder : A preliminary investigation. *Journal of Psychiatric Research*, *38*(3), 305–312.
- Wheeler, M. A., Stuss, D. T., & Tulving, E. (1997). Toward a theory of episodic memory : The frontal lobes and autonoetic consciousness. *Psychological Bulletin*, *121*(3), 331–354.
- Wilson, B. A., Alderman, N., Burgess, P. W., Emslie, H., & Evans, J. J. (1996). *Behavioural Assessment of the Dysexecutive Syndrome*. Bury St Edmunds, Angleterre : Thames Valley Test Company.
- Wittchen, H.-U. (2002). Generalized anxiety disorder : Prevalence, burden, and cost to society. *Depression and Anxiety*, *16*(4), 162–171.
- Wood, S., Busemeyer, J., Kolling, A., Cox, C. R., & Davis, H. (2005). Older adults as adaptive decision makers : Evidence from the Iowa Gambling Task. *Psychology and Aging*, *20*(2), 220–225.
- Yaffe, K., Barnes, D., Nevitt, M., Lui, L.-Y., & Covinsky, K. (2001). A prospective study of physical activity and cognitive decline in elderly women : Women who walk. *Archives of Internal Medicine*, *161*(14), 1703–1708.
- Yesavage, J. A., Brink, T. L., Rose, T. L., Lum, O., Huang, V., Adey, M. B., & Leirer, V. O. (1983). Development and validation of a geriatric depression screening scale : A preliminary report. *Journal of Psychiatric Research*, *17*(1), 37–49.
- Yesavage, J. A., & Sheikh, J. I. (1986). 9/Geriatric Depression Scale (GDS) recent evidence and

- development of a shorter violence. *Clinical Gerontologist*, 5(1-2), 165–173.
- Yuan, P., & Raz, N. (2014). Prefrontal cortex and executive functions in healthy adults : A meta-analysis of structural neuroimaging studies. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 42, 180–192.
- Zaitchik, D., Koff, E., Brownell, H., Winner, E., & Albert, M. (2006). Inference of beliefs and emotions in patients with Alzheimer’s disease. *Neuropsychology*, 20(1), 11–20.
- Zald, D. H., & Andreotti, C. (2010). Neuropsychological assessment of the orbital and ventromedial prefrontal cortex. *Neuropsychologia*, 48(12), 3377–3391.
- Zamarian, L., Sinz, H., Bonatti, E., Gamboz, N., & Delazer, M. (2008). Normal aging affects decisions under ambiguity, but not decisions under risk. *Neuropsychology*, 22(5), 645–657.
- Zarahn, E., Rakitin, B., Abela, D., Flynn, J., & Stern, Y. (2007). Age-related changes in brain activation during a delayed item recognition task. *Neurobiology of Aging*, 28(5), 784–798.
- Ziaei, M., & Fischer, H. (2016). Emotion and aging : The impact of emotion on attention, memory, and face recognition in late adulthood. In J. R. Absher & J. Cloutier (Eds.), *Neuroimaging personality, social cognition, and character* (pp. 259–278). San Diego, CA : Academic Press : Elsevier.





# Thèse de Doctorat

Cristina CALSO

## Étude du vieillissement normal des fonctions frontales : Impact sur l'autonomie et la qualité de vie.

Study of frontal lobe functions in normal aging: Impact on autonomy and quality of life.

### Résumé

En s'appuyant sur l'hypothèse frontale du vieillissement (West, 1996), ce travail vise à évaluer le vieillissement normal de capacités frontales (contrôle exécutif, prise de décision, énergisation, métacognition ; Stuss, 2008) et à analyser les liens éventuels entre ces habiletés, l'autonomie et la qualité de vie des aînés. Quarante personnes jeunes ( $26 \pm 5$  ans), 40 âgées ( $68,7 \pm 3,7$  ans) et 30 très âgées ( $83,4 \pm 3,5$  ans) en bonne santé ont participé à notre étude. Les aînés ne montraient pas de traits dépressifs/anxieux, ni de déclin cognitif typiques d'un vieillissement pathologique. Ils présentaient une autonomie et une qualité de vie satisfaisantes. Certaines habiletés cognitives semblent se détériorer après 65 ans (flexibilité, énergisation, prise de décision sous risque explicite, théorie de l'esprit, détection de la coopération/tromperie), d'autres après 80 ans (fluence verbale, mémoire épisodique, dénomination, inhibition, prise de décision en situation ambiguë), d'autres encore seraient préservées (lecture, rappel immédiat, réalisation de tâches de flexibilité spontanée et de temps de réaction simple). La conscience que les sujets ont d'eux-mêmes dépendrait de leur âge. Trois profils distincts de fonctionnement frontal ont été décrits pour chaque groupe de participants, montrant une variabilité intragroupe importante. Le niveau d'autonomie des personnes âgées serait associé au contrôle exécutif, celui de qualité de vie à l'énergisation et à la métacognition. Ces résultats vérifient partiellement nos hypothèses et conduisent à envisager le développement de programmes d'entraînement cognitif multidimensionnels, susceptibles d'influencer la sphère personnelle des aînés.

### Mots clés

**Vieillesse, fonctions exécutives, prise de décision, activation psychique, tromperie, théorie de l'esprit, conscience de soi, autonomie et qualité de vie.**

### Abstract

Starting from the "frontal lobe hypothesis of cognitive aging" (West, 1996), the main objective of this work is to study frontal lobe functions (executive control, decision-making, energization, metacognition; Stuss, 2008) and their possible associations with levels of autonomy and quality of life in normal aging. Forty young adults ( $26 \pm 5$  years), forty old adults ( $68,7 \pm 3,7$  years) and thirty very old adults ( $83,4 \pm 3,5$  years) participated to our study. These healthy subjects didn't show any depressive/anxious symptoms and global cognitive decline, which are frequently observed in pathological aging. They have a good level of autonomy and general satisfaction of life. A number of frontal lobe abilities seem to decrease after 65 years old (flexibility, energization, explicit decision-making, theory of mind, detection of cooperative and deceptive situations). Other functions decline after 80 years old (verbal fluency, episodic memory, naming, inhibition, implicit decision-making). Reading, immediate recall, realization of spontaneous flexibility and simple reaction time tasks are preserved with aging. Self-consciousness seems to depend on individuals' age. We have described three different clusters of the frontal functioning for each group of participants, showing the existence of an important intragroup variability. Old adults' level of autonomy seems to be associated with the executive control, old adults' quality of life correlated with the energization and metacognitive functions. These results confirm in part our hypothesis and support the development of multidimensional cognitive training programs, which could impact old adults' personal sphere.

### Key Words

**Aging, executive functions, decision-making, energization, deception, theory of mind, self-consciousness, autonomy and quality of life.**