



HAL
open science

Atteintes différentielles des processus émotionnels automatiques et contrôlés au cours du vieillissement normal: Approche comportementale et neurocognitive

Isabella Zsoldos

► **To cite this version:**

Isabella Zsoldos. Atteintes différentielles des processus émotionnels automatiques et contrôlés au cours du vieillissement normal: Approche comportementale et neurocognitive. Psychologie. Université Grenoble Alpes, 2017. Français. NNT : 2017GREAS057 . tel-03828330

HAL Id: tel-03828330

<https://theses.hal.science/tel-03828330v1>

Submitted on 25 Oct 2022

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

Pour obtenir le grade de

DOCTEUR DE LA COMMUNAUTÉ UNIVERSITÉ GRENOBLE ALPES

Spécialité : **Sciences cognitives, Psychologie, et Neurocognition**

Arrêté ministériel : 25 mai 2016

Présentée par

Isabella ZSOLDOS

Thèse dirigée par **Pascal HOT**

Préparée au sein du **Laboratoire de Psychologie et NeuroCognition (LPNC, CNRS-UMR 5105, Chambéry)**

Dans l'**École Doctorale Ingénierie pour la Santé, la Cognition, et l'Environnement (EDISCE, Grenoble)**

Atteintes différentielles des processus émotionnels automatiques et contrôlés au cours du vieillissement normal : Approche comportementale et neurocognitive

Thèse soutenue publiquement le **5 janvier 2017**,
Devant le jury composé de :

Madame Hanna CHAINAY

Professeure à l'Université Lyon 2 (Rapporteure)

Madame Sandrine VIEILLARD

Professeure à l'Université Paris Ouest Nanterre La Défense (Rapporteure)

Madame Laurence CHABY

Maître de Conférences à l'Université Paris Descartes (Examinatrice)

Monsieur David CLARYS

Professeur à l'Université de Poitiers (Président du jury)

Monsieur Pascal HOT

Professeur à l'Université Savoie Mont Blanc (Directeur de thèse)



*“I could decide to stay here and dream on forevermore
To live without the danger and the fear I felt before
A life devoid of sadness, no more suffering and pain
In the realm of make-believe within the limits of my brain”*

- Arjen Lucassen, *Lost in the new real*

Remerciements

“That’s the thing about human life: there is no control group, no way to ever know how any of us would have turned out if any variables had been changed.”

– Daniel Keyes, *Flowers for Algernon*

Il y a cinq ans, la quête d’un sujet pour le mémoire de première année de master m’a fait pousser la porte du bureau 219 du LPNC grenoblois. Je ne me doutais pas à ce moment-là que cet événement serait déterminant pour la suite, car mon intérêt pour les neurosciences affectives et le vieillissement cognitif ne m’a plus quitté depuis. Mes premiers remerciements vont donc à mon directeur de thèse, Pascal Hot, le responsable de mon engouement pour ces thématiques. Pascal, je te remercie de m’avoir fait confiance pendant toutes ces années, et de m’avoir toujours encouragée à prendre des initiatives et exprimer mes idées. J’ai réalisé ma thèse dans un cadre de travail idéal grâce à toi, et j’ai beaucoup appris de tes enseignements et de tes conseils. Merci pour ton implication et ton soutien, grâce auxquels je peux présenter aujourd’hui ce manuscrit.

Mes remerciements s’adressent ensuite aux membres du jury. Je remercie Hanna Chainay, Sandrine Vieillard, Laurence Chaby, et David Clarys, pour avoir accepté d’évaluer ce travail et pour les échanges intéressants et bienveillants que nous avons eus à ce sujet.

Je souhaite également remercier celles et ceux qui m’ont initiée aux mondes passionnants de la neuroimagerie et de la physiologie : Emilie Cousin, Cédric Pichat, Yanica Klein Koerkamp, Sonia Pellissier, Sylvain Delplanque, et Sylvain Harquel. Merci pour vos précieux conseils, j’espère que nous aurons l’occasion de travailler à nouveau ensemble.

Les passations de certaines expériences présentées dans ce travail ont été rendues possibles grâce à l’aide de plusieurs personnes. Merci au personnel de la plateforme IRM du CHU de Grenoble, à Marine Beaudoin et la plateforme RIVE, à Véronique Granger et Isère Magazine. Enfin, je remercie les étudiantes de Master 1 et 2 pour leur participation aux passations : Marion Giroud, Laurène Gervasoni, Clothilde Bachellerie, Ségolène Oliva, et Florine Fromant, c’est en partie grâce à vous que ce travail de thèse a abouti.

J’aimerais remercier tous mes collègues de l’Université Savoie Mont Blanc et de l’Université Grenoble Alpes, pour leur accueil et leurs conseils. Merci en particulier à Sophie Donnadiou et Carole Berger, pour votre confiance dans les cours que j’ai donnés dans vos matières respectives. Merci également à toi Sophie, pour ta bonne humeur et pour le temps passé à m’expliquer les analyses de positionnement multidimensionnel. Merci à Issam Eddine Zrelli, l’homme multifonctions, et à Sandrine Charquet, la gentillesse et l’efficacité personnifiées. Enfin, j’aimerais remercier Christian Marendaz et Richard Palluel Germain, qui, sans le savoir, sont à l’origine de mon intérêt pour la psychologie cognitive. Merci pour la passion que vous réussissez à transmettre dans vos cours, et pour m’avoir accueillie et répondu à mes questions lorsque je ne savais plus trop quel chemin choisir après la licence.

Pendant ces trois années de thèse, j’ai eu la chance d’être la locataire du bureau 603, lieu de travail doctoral acharné... mais également de pauses café-clopes. J’y ai reçu un soutien immense, une dose quotidienne de bienveillance, et côtoyé des personnalités formidables.

J'aimerais remercier tous les habitants du bureau, les anciens et les nouveaux, avec qui j'ai eu le bonheur de faire un bout de chemin : Noémylle, Corentin, Lucie, Rafika, Vera, Morgane, Mathieu, Mélo, Gwladys, Delphine, Gabriel, Roman, Jessica, mais également TADA, Toc-toc, Brigitte, VV, et Shitzu, dont l'esprit plane sur le bureau 603 (au grand désarroi de leurs propriétaires). Les chutes inopinées, les courses de chaises, les conversations appétissantes pendant les repas, la chasse à la mouche, l'échange de ragots (peu) fondés, les craquages généralisés, ou encore les midi-sushis, vont beaucoup me manquer. Heureusement, de nombreux petits mojitos sans alcool nous attendent encore dans le futur !

Je n'oublie pas les thésardes chères à mon cœur qui ont vécu cette belle aventure de thèse en même temps que moi, en dehors du labo chambérien : Fanny, Naïla, Kylee, Carine, Marie, je vous remercie pour ces moments de décompression passés ensemble. Je vous souhaite une bonne continuation, je sais que nos routes se recroiseront.

Pour conclure, j'aimerais remercier mon entourage proche et son soutien inébranlable. Merci à mes ami-e-s, pour avoir réussi à me sortir régulièrement de ma pile de travail pour y revenir plus reposée et inspirée. À Jordy, mon compagnon de route, qui a subi les hauts et les bas de cette thèse de très près : merci pour toutes ces années passées à mes côtés, ta patience infinie, ton humour et ta créativité qui me sont indispensables. Enfin, un grand merci à mes parents, qui ont parfois accueilli mes choix de vie avec perplexité : j'espère que vous êtes fiers de moi aujourd'hui pour tout ce travail accompli, et que vous le serez encore dans l'avenir. Je remercie également mon petit frère, qui a réalisé sa thèse en même temps que la mienne. Merci pour ces discussions sérieuses et délirantes, pour avoir grandi et t'être construit avec moi. C'est à vous que je dédie cette thèse.

Résumé

D'après l'hypothèse de la double voie de traitement des émotions, une émotion peut être traitée soit de façon explicite, c'est-à-dire volontairement, soit de façon implicite, en faisant appel à des processus automatiques. Les traitements émotionnels implicites et explicites reposeraient sur l'activité de réseaux cérébraux partiellement distincts. Des données comportementales et en neuroimagerie laissent penser que ces deux types de processus seraient différemment touchés par le vieillissement normal de l'organisme. L'objectif de ce travail de thèse était d'évaluer les différences de traitement émotionnel entre sujets jeunes (18 – 40 ans) et plus âgés (60 ans et plus) en fonction du niveau de traitement cognitif engagé (contrôlé, automatique). En regard de la littérature sur le vieillissement émotionnel, nous nous attendions à ce que les processus automatiques de traitement de l'émotion soient mieux préservés au cours du vieillissement que les processus contrôlés. Grâce à des mesures comportementales et neurophysiologiques, cette hypothèse a été testée dans trois domaines de recherche : 1) la reconnaissance des expressions faciales émotionnelles, 2) l'effet de positivité lié à l'âge, et 3) la régulation émotionnelle. Dans leur ensemble, les résultats suggèrent que les mécanismes automatiques de perception et de régulation de l'émotion seraient toujours fonctionnels dans le vieillissement, et potentiellement responsables de certains phénomènes comme l'effet de positivité. Les traitements contrôlés/explicites seraient à l'inverse plus touchés avec l'âge, notamment au sujet de la reconnaissance des expressions faciales émotionnelles. Au niveau des processus de régulation émotionnelle, l'atteinte différentielle entre mécanismes automatiques et contrôlés dépendrait des stratégies de régulation considérées.

Mots-clés : émotions ; vieillissement ; processus implicites ; processus explicites ; effet de positivité ; régulation émotionnelle

Abstract

According to the dual-process theory of emotions, an emotion can be processed explicitly and deliberately, or implicitly through automatic processes. Implicit and explicit emotional processes seem to rely on partly distinct cerebral networks. Several behavioral and neuroimaging studies suggest that these two types of processes may be differentially affected by normal aging. The goal of this research was to assess the differences in emotion processing between young (18 – 40 years old) and older adults (60 years old or more), by taking into account the level of cognitive processing involved (controlled or more automatic). Based on the current literature available, we predicted that automatic emotional processes would be relatively well preserved with age compared to controlled processes that would be more greatly impaired. We tested this hypothesis, using behavioral and neurophysiological measures, within three areas of aging and emotion research: 1) recognition of emotional facial expressions, 2) the positivity effect, and 3) emotion regulation. Altogether, our results suggest that the processes underlying the automatic perception and regulation of emotion remain functional in older adults, and are likely responsible for the positivity effect. Explicit emotion processing appears to be more affected by aging, especially when it comes to the recognition of emotional facial expressions. Regarding emotion regulation, the differential impact of aging on automatic and controlled processes seems to depend on the particular regulatory strategies employed.

Keywords : emotions ; aging ; implicit processes ; explicit processes ; positivity effect ; emotion regulation

Table des matières

Introduction	1
PARTIE THÉORIQUE.....	5
Chapitre 1 – Neurobiologie des émotions.....	6
1. Définitions de l'émotion	6
2. Les modèles des émotions.....	7
3. Réseaux cérébraux du traitement de l'émotion.....	10
4. La régulation émotionnelle.....	13
5. Synthèse du Chapitre 1	17
Chapitre 2 – Processus automatiques et contrôlés de traitement de l'émotion ..	19
1. Une émotion peut-elle être inconsciente ?.....	19
1.1. <i>La théorie de la double voie</i>	19
1.2. <i>Une dissociation neuro-anatomique à l'origine des deux voies ?</i>	21
2. Des réseaux cérébraux distincts.....	22
2.1. <i>Perception implicite et explicite des stimuli émotionnels</i>	22
2.2. <i>Régulation émotionnelle automatique</i>	27
3. Emotion & attention	28
3.1. <i>Capture automatique de l'attention par l'émotion</i>	28
3.2. <i>Potentiels évoqués</i>	29
4. Synthèse du Chapitre 2	30
Chapitre 3 – Atteintes et préservations des traitements émotionnels dans le vieillessement normal	32
1. Impact du vieillissement sur le traitement des expressions faciales émotionnelles.....	32
2. Apport de la distinction entre processus implicites et explicites dans l'étude du vieillessement émotionnel	33
3. Evolution des réseaux cérébraux des traitements émotionnels implicites et explicites	35
4. Modèles du vieillissement cérébral	40
5. Synthèse du Chapitre 3	42
Chapitre 4 – L'effet de positivité lié à l'âge	45
1. Définition	45
2. Domaines d'expression de l'effet de positivité lié à l'âge	47
3. Facteurs modulateurs.....	50
4. Interprétations théoriques de l'effet de positivité.....	52
4.1. <i>Hypothèse de déficit de traitement des informations négatives</i>	52

4.2. Théorie de la Sélectivité Socio-émotionnelle	53
5. Automaticité de l'effet de positivité : apport des mesures de la dynamique temporelle du traitement émotionnel	57
6. Synthèse du Chapitre 4	57
Chapitre 5 – La régulation émotionnelle dans le vieillissement normal.....	59
1. Augmentation de l'efficacité de la régulation émotionnelle automatique	59
1.1. Hypothèses théoriques.....	59
1.2. Arguments de neuroimagerie.....	60
2. Les choix de stratégies de régulation émotionnelle selon l'âge	62
2.1. Une efficacité différentielle selon les stratégies.....	62
2.2. La suppression expressive.....	64
2.3. L'effet de positivité comme stratégie de régulation ?.....	67
3. Synthèse du Chapitre 5	69
PROBLÉMATIQUE.....	72
PARTIE EXPÉRIMENTALE	79
Chapitre 6 – Corrélats cérébraux du traitement implicite et explicite des expressions faciales de peur : différences liées à l'âge	80
Étude 1	80
1. Introduction	80
2. Objectifs & hypothèses.....	82
3. Méthode expérimentale.....	83
3.1. Participants	83
3.2. Matériel et stimuli.....	84
4. Procédure expérimentale	84
5. Acquisition des données IRMf	85
6. Traitement des données.....	85
6.1. Données comportementales.....	85
6.2. Données IRMf.....	86
7. Résultats.....	87
7.1. Résultats comportementaux.....	87
7.2. Résultats IRMf.....	88
8. Discussion	96
9. Conclusion.....	101
Chapitre 7 – Influence d'un matériel expérimental inadapté à la population âgée sur l'apparition de l'effet de positivité	102

Étude 2	102
1. Introduction	102
2. Objectifs & hypothèses.....	104
3. Méthode expérimentale.....	105
3.1. <i>Participants</i>	105
3.2. <i>Matériel et stimuli</i>	106
3.3. <i>Acquisitions physiologiques</i>	107
3.4. <i>Procédure expérimentale</i>	107
4. Classement des images en fonction de l'émotion et l'âge	109
4.1. <i>Analyse de la valence</i>	109
4.2. <i>Validation statistique de la sélection d'images par émotion et catégorie</i>	111
5. Hypothèses opérationnelles.....	114
5.1. <i>Activation</i>	114
5.2. <i>Activité physiologique</i>	114
6. Résultats comportementaux : la mesure d'activation.....	115
7. Traitement des données physiologiques et résultats	118
7.1. <i>Sélection et validation des images</i>	118
7.2. <i>Rythme cardiaque</i>	119
7.3. <i>Réponse électrodermale</i>	120
8. Discussion	121
9. Conclusion.....	123
Chapitre 8 – Aspects automatiques et contrôlés de l'effet de positivité lié à l'âge : étude de la dynamique temporelle du traitement émotionnel	125
Étude 3	125
1. Introduction	125
1.1. <i>Préambule</i>	125
1.2. <i>EEG et émotions : revue de littérature chez le sujet jeune</i>	126
1.3. <i>EEG et émotions : revue de littérature chez le sujet âgé</i>	130
1.4. <i>Synthèse</i>	133
2. Objectifs et hypothèses.....	135
3. Méthode expérimentale.....	135
3.1. <i>Participants</i>	135
3.2. <i>Matériel et Procédure expérimentale</i>	136
4. Traitements des données.....	137
4.1. <i>Classement des images par catégorie émotionnelle selon la valence</i>	137
4.2. <i>Données EEG : prétraitements et extraction du signal</i>	138

5.	Résultats.....	140
5.1.	<i>Données comportementales.....</i>	<i>140</i>
5.2.	<i>Données EEG : analyse de l'amplitude.....</i>	<i>142</i>
6.	Discussion	146
7.	Conclusion.....	149
Chapitre 9 – Perspectives d'avenir réduites, effet de positivité, et bien-être :		
évaluation des postulats de la Théorie de la Sélectivité Socio-émotionnelle....		150
Étude 4.....		150
1.	Introduction	150
2.	Objectifs & Hypothèses.....	152
3.	Méthode expérimentale.....	154
3.1.	<i>Participants.....</i>	<i>154</i>
3.2.	<i>Questionnaires.....</i>	<i>155</i>
3.3.	<i>Tâche de sélection des partenaires sociaux.....</i>	<i>155</i>
3.4.	<i>Procédure d'induction de perspectives d'avenir réduites.....</i>	<i>156</i>
3.5.	<i>Tâche de sondage attentionnel (dot-probe).....</i>	<i>156</i>
3.6.	<i>Procédure expérimentale.....</i>	<i>160</i>
4.	Traitement des données.....	161
4.1.	<i>Données aberrantes.....</i>	<i>161</i>
4.2.	<i>Nombre d'erreurs à la tâche de dot-probe.....</i>	<i>161</i>
5.	Résultats.....	161
5.1.	<i>Echelle FTP.....</i>	<i>161</i>
5.2.	<i>Tâche de dot-probe.....</i>	<i>162</i>
5.3.	<i>Tâche de sélection de partenaires sociaux.....</i>	<i>165</i>
5.4.	<i>Bien-être au quotidien : échelle PANAS.....</i>	<i>167</i>
6.	Discussion	168
6.1.	<i>Perspectives d'avenir réduites chez le sujet âgé.....</i>	<i>168</i>
6.2.	<i>Perspectives d'avenir réduites chez le sujet jeune.....</i>	<i>171</i>
7.	Conclusion.....	172
Chapitre 10 – Atteinte différentielle de la régulation émotionnelle automatique et contrôlée au cours du vieillissement normal : le cas de la suppression expressive.....		
174		174
Étude 5.....		174
1.	Introduction	174
2.	Objectifs et hypothèses.....	177
3.	Méthode expérimentale.....	178
3.1.	<i>Participants.....</i>	<i>178</i>

3.2.	<i>Matériel et stimuli</i>	179
3.3.	<i>Procédure expérimentale</i>	182
4.	Traitement des données	183
5.	Résultats	184
5.1.	<i>Expression faciale de dégoût</i>	184
5.2.	<i>Ressenti subjectif du dégoût</i>	185
6.	Discussion	186
7.	Conclusion	189
DISCUSSION GÉNÉRALE		190
1.	Rappel de la problématique générale	191
2.	Résultats principaux	192
2.1.	<i>Les réseaux cérébraux responsables du traitement implicite et explicite des expressions faciales émotionnelles évolueraient avec l'âge</i>	192
2.2.	<i>L'effet de positivité lié à l'âge serait un phénomène plus automatique que contrôlé</i> 194	
2.3.	<i>L'effet de positivité attentionnel représenterait une stratégie de régulation émotionnelle automatisée chez les sujets âgés</i>	199
2.4.	<i>L'amélioration des capacités de régulation émotionnelle automatique des sujets âgés dépendrait des stratégies concernées</i>	203
3.	Bilan et apports de ce travail de thèse	205
4.	Conclusion générale	207
BIBLIOGRAPHIE		208
ANNEXES		233

Introduction

D'après les projections de population réalisées par l'INSEE, un habitant sur trois sera âgé de 60 ans ou plus en 2050 en France métropolitaine¹. Suite à l'allongement de l'espérance de vie et la diminution des taux de natalité, le vieillissement de la population est inéluctable. Dans l'imaginaire collectif, il est souvent associé à la sénilité, à la maladie, et à une perte progressive d'autonomie. Pourtant, la plupart des personnes âgées de plus de 60 ans présentent un déclin cognitif léger et une autonomie préservée. Dans le cadre de cette thèse, nous nous sommes focalisés sur ces individus au vieillissement qualifié de « normal » ou « sain », c'est-à-dire dénués de démence, pathologies neurologiques (e.g., AVC, épilepsie) ou psychiatriques (e.g., dépression, psychose). Lors de la sélection de nos participants, nous avons également exclu toute personne prenant une médication susceptible d'influencer les processus émotionnels (e.g., bêtabloquants, psychotropes).

Le vieillissement cognitif normal s'accompagne d'une préservation des compétences cristallisées (e.g., le vocabulaire), et d'une dégradation de l'intelligence fluide (e.g., raisonnement logique, résolution de problèmes ; Salthouse, 2000). Les fonctions exécutives sont particulièrement touchées (Salthouse, Atkinson, & Berish, 2003). Les personnes âgées (60 ans et plus) ont plus de difficultés que les jeunes adultes (entre 18 et 40 ans) à 1) inhiber les informations non-pertinentes, 2) coordonner des opérations simultanées, 3) manipuler de l'information en mémoire de travail, et 4) récupérer de l'information en mémoire épisodique (pour une revue, voir Cabeza & Dennis, 2013).

Au niveau cérébral, la quantité de matière grise décroît de façon linéaire avec l'avancée en âge (Allen, Bruss, Brown, & Damasio, 2005), et le cortex préfrontal est la structure la plus affectée (Raz, 2000; Raz et al., 2004), en particulier la portion latérale (Raz et al., 2004) et la zone orbito-frontale (Grieve, Clark, Williams, Peduto, & Gordon, 2005; Lamar & Resnick, 2004; Rajah & D'Esposito, 2005; Tisserand et al., 2002). La dégradation des fonctions exécutives est liée à l'atrophie substantielle du cortex préfrontal latéral (Gunning-Dixon et al., 2003; Raz et al., 2005). Dans une moindre mesure, l'atrophie touche également le lobe temporal médian (Allen et al., 2005; Burke & Barnes, 2006) et l'hippocampe, dont l'atteinte est liée à des déficits de la mémoire (Dennis et al., 2008). La connectivité fonctionnelle entre l'amygdale et les structures postérieures se dégrade, provoquant une altération des processus perceptifs (St Jacques, Dolcos, & Cabeza, 2010b). Comparé à celui d'autres régions cérébrales, le volume de l'amygdale présente peu de déclin dans le vieillissement normal (Good et al., 2001; Grieve et al., 2005; Mather, 2004).

¹ http://www.insee.fr/fr/themes/document.asp?ref_id=ip1089#inter4

Les ganglions de la base, le striatum ventral, et la partie ventro-médiane du cortex préfrontal sont également peu touchés (Phan, Wager, Taylor, & Liberzon, 2002; Raz, 2000; Winston, O’Doherty, & Dolan, 2003). Ces structures relativement préservées jouent toutes un rôle dans les processus émotionnels, comme nous le verrons dans le **Chapitre 1** (page 6). Ainsi, l’atteinte du cortex préfrontal est inégale dans le vieillissement : l’atrophie des aires latérales peut expliquer les différences entre sujets jeunes et âgés pour des tâches cognitives faisant appel aux fonctions exécutives (Levy & Goldman-Rakic, 2000), et la préservation des aires ventro-médianes suggère à l’inverse une relative préservation des processus émotionnels. Plusieurs modèles ont été proposés pour mettre en lien les changements cérébraux et les modifications comportementales associés au vieillissement – ces modèles seront présentés dans le **Chapitre 3** (page 32).

Ainsi, vieillir n’est pas seulement synonyme de déficits. La fonctionnalité de certains processus se maintiendrait, voir s’améliorerait, comme le laissent penser les études réalisées sur l’évolution du bien-être subjectif avec l’avancée en âge. Le terme « bien-être » qualifie l’état affectif global d’une personne, émergeant de l’équilibre entre affects positifs et négatifs. En effet, les études réalisées chez les sujets âgés indiquent un maintien du bien-être à des niveaux élevés jusqu’aux alentours de 80 ans (Barrick, Hutchinson, & Deckers, 1989; Blanchard-Fields, 1998; Gross et al., 1997; Kunzmann, Little, & Smith, 2000; Lawton, Kleban, Rajagopal, & Dean, 1992; Mroczek & Kolarz, 1998; Palmore & Cleveland, 1976; Stacey & Gatz, 1991). Il a même parfois été rapporté un bien-être augmenté chez les personnes âgées, par rapport aux jeunes adultes (Carstensen et al., 2011; Mroczek & Kolarz, 1998; Stone, Schwartz, Broderick, & Deaton, 2010). Ce phénomène a été qualifié de « paradoxe du bien-être » car il peut paraître surprenant dans le contexte du vieillissement, marqué par les pertes et les dégradations progressives (Baltes & Baltes, 1990; Brandtstädter & Greve, 1994; Diener & Suh, 1998). Pourtant, les affects positifs se maintiennent, voir augmentent (Barrick et al., 1989; Biss & Hasher, 2012; Carstensen, Pasupathi, Mayr, & Nesselroade, 2000; Carstensen et al., 2011; Charles, Reynolds, & Gatz, 2001a; Kessler & Staudinger, 2009; Mroczek & Kolarz, 1998; Stone et al., 2010; Teachman, Siedlecki, & Magee, 2007), jusqu’à des âges très avancés où ils diminuent sensiblement (Carstensen, Fung, & Charles, 2003; Diener & Suh, 1998; Stacey & Gatz, 1991). Toutefois, plus les individus sont confrontés à des problèmes de santé et des limitations physiques, plus ils sont susceptibles de rapporter une diminution des affects positifs au quotidien (Kunzmann et al., 2000) : ceci suggère que l’augmentation des problèmes de santé pourrait être la cause du déclin des affects positifs observé chez les individus les plus âgés, plutôt que l’âge en lui-même.

En parallèle, les affects négatifs déclinent des débuts de l’âge adulte jusqu’à la moitié de la soixantaine (Barrick et al., 1989; Biss & Hasher, 2012; Carstensen et al., 2000; Charles et al., 2001a; Diener & Suh, 1998; Small, Hertzog, Hulstsch, & Dixon, 2003; Srivastava, John, Gosling, &

Potter, 2003; Stacey & Gatz, 1991; Teachman et al., 2007; Viken, Rose, Kaprio, & Koskenvuo, 1994), après quoi ils se stabiliseraient jusqu'à environ 80 ans (Carstensen et al., 2000). Après 80 ans, les individus « très âgés » rapportent des affects négatifs plus élevés, par rapport aux seniors de la tranche d'âge inférieure (entre 60 et 80 ans) (Diener & Suh, 1998; Gatz, Johansson, Pedersen, Berg, & Reynolds, 1993; Kessler, Foster, Webster, & House, 1992; Smith & Baltes, 1993; Teachman, 2006). Ces observations soulignent l'importance de considérer différentes tranches d'âge lorsqu'on s'intéresse à la population vieillissante, le bien-être rapporté des seniors ne pouvant être homogène des débuts de la retraite aux âges très avancés de la vie. La capacité des personnes âgées à augmenter leurs affects positifs et réduire les affects négatifs pourrait être le fruit d'une régulation émotionnelle performante dont l'expertise se serait construite tout au long de la vie, comme l'attestent les résultats de plusieurs études rapportant un meilleur contrôle des émotions avec l'avancée en âge (Blanchard-Fields, Mienaltowski, & Seay, 2007; Carstensen et al., 2000; Gross et al., 1997; Lawton et al., 1992).

L'objectif général de cette thèse sera d'évaluer l'évolution des traitements émotionnels au cours du vieillissement normal, et d'éclaircir les mécanismes sous-jacents aux fonctions atteintes (e.g., difficultés de reconnaissance de certaines émotions) et préservées (e.g., maintien du bien-être, régulation émotionnelle) qui seront détaillées dans les chapitres suivants. Par la prise en compte d'une distinction théorique entre processus de traitement implicites (automatiques) et explicites (contrôlés), nous apporterons une explication originale aux observations et contradictions rapportées sur le vieillissement émotionnel. Avant d'aborder la littérature sur les spécificités de traitement émotionnel des sujets âgés, il est nécessaire de définir les concepts que nous réutiliserons par la suite. Les deux premiers chapitres seront principalement axés sur le sujet jeune : Le **Chapitre 1** (page 6) exposera les différents modèles théoriques et les corrélats cérébraux de l'émotion et de la régulation émotionnelle, et le **Chapitre 2** (page 19) poursuivra cette réflexion en présentant les arguments comportementaux et cérébraux en faveur d'une distinction entre réseaux automatiques et contrôlés de traitement de l'émotion. Les chapitres suivants présenteront les différentes facettes du vieillissement émotionnel auxquelles nous nous sommes intéressés. Le **Chapitre 3** (page 32) abordera les atteintes et préservations des traitements émotionnels dans le vieillissement normal, en particulier au niveau de la reconnaissance des expressions faciales émotionnelles. Dans le **Chapitre 4** (page 45), l'effet de positivité lié à l'âge sera présenté, ainsi que les théories au sujet de ses mécanismes sous-jacents. Enfin, le **Chapitre 5** (page 59) se focalisera sur la régulation émotionnelle au cours du vieillissement. L'intérêt d'étudier chacun de ces aspects au travers de la distinction entre processus automatiques et contrôlés sera argumenté dans chaque chapitre. La section théorique s'achèvera par une description de la **Problématique** générale de ce travail de recherche (page

72), qui présentera plus en détails les études qui suivront dans la **Partie expérimentale** (page 79, **Chapitres 6 à 10**).

PARTIE THÉORIQUE

Chapitre 1 – Neurobiologie des émotions

Le vieillissement normal de l'organisme s'accompagne d'une évolution des processus émotionnels. Certaines compétences se dégradent par rapport au fonctionnement antérieur de l'individu, alors que d'autres sont préservées voir améliorées. Avant d'étudier en détail les spécificités de traitement émotionnel apparaissant avec l'avancée en âge, il est nécessaire de définir ce qu'est une émotion et les processus émotionnels standards. L'objectif de ce Chapitre est donc de présenter les courants théoriques principaux de l'émotion, ainsi que les mécanismes cérébraux sous-jacents qui nous permettent à tous de ressentir, reconnaître, et réguler nos émotions.

1. Définitions de l'émotion

Les situations génératrices d'émotions rythment notre quotidien dès la naissance, et nous possédons tout un panel de termes et d'expressions nous permettant de communiquer aux autres la complexité de notre vie affective. Nous pensons tous savoir, instinctivement, ce qu'est une émotion. Toutefois, l'élaboration d'une définition de ce concept fait débat depuis des siècles. Dès le IV^{ème} s. av. J.-C., Aristote écrivait que « *Les émotions sont tous ces sentiments qui changent l'homme de façon à affecter son jugement et qui sont accompagnés par la souffrance ou le plaisir* » (Rhétorique, livre II, Chapitre 1). Depuis cette époque, de nombreux courants de pensées ont émergé afin de proposer un cadre d'interprétation de l'émotion. Les théories actuelles ont été particulièrement influencées par la définition proposée par Charles Darwin, dans le livre « *L'expression des émotions chez l'homme et les animaux* » écrit en 1872. Selon lui, les émotions se définissent par deux points principaux : elles sont universelles (on les retrouve dans toutes les cultures), et adaptatives (elles ont été sélectionnées au cours de la phylogénèse car elles favorisaient la survie de l'espèce). Bien qu'il n'existe actuellement pas de consensus sur ce que ce terme désigne réellement, les différentes approches théoriques de l'émotion s'accordent sur plusieurs aspects.

De manière générale, l'émotion est une construction abstraite qui se distingue des autres expériences affectives (humeur, affect, sentiment, tempérament) par : 1) son déclenchement consécutif à un évènement spécifique, et 2) son aspect transitoire, cadré par un début précis et une durée courte. L'apparition d'une émotion nécessite une phase de perception/évaluation, puis une phase de réponse. Une fois déclenchée, elle produit une série de modifications

cognitives et neurovégétatives, et génère des tendances à l'action qui préparent l'organisme à agir en conséquence (Scherer, 2009). Une émotion possède des caractéristiques :

- Phénoménologiques (le vécu subjectif de l'individu),
- Physiologiques (activation du système nerveux autonome avec accélération du rythme cardiaque et respiratoire, augmentation de la sudation, la température, l'irrigation sanguine...),
- Comportementales (l'expression faciale, la gestuelle émises).

Il existe de nombreux modèles proposant leur propre définition de l'émotion à partir de ces éléments communs. Quatre modèles associés à des courants de pensée différents sont particulièrement influents : l'approche par émotions discrètes, l'approche dimensionnelle, l'approche socioconstructiviste, et les modèles de l'évaluation.

2. Les modèles des émotions

Les théories des émotions discrètes s'appuient sur les travaux de Robert Zajonc (Zajonc & Markus, 1984), Carrol Ellis Izard (Izard, Kagan, & Zajonc, 1984), et Paul Ekman (Ekman, 1992). Le postulat principal de ces modèles est que les émotions pourraient être catégorisées en un certain nombre d'émotions « primaires » (ou « basiques ») distinctes, universelles et innées. Elles sont traditionnellement représentées par les six catégories suivantes : la colère, le dégoût, la joie, la tristesse, la surprise, et la peur (Ekman, 1992). Selon ces théories, un évènement précis déclenche un programme spécifique et inné, correspondant à l'une des émotions primaires, qui va consécutivement provoquer des réponses expressives et physiologiques caractéristiques de cette émotion. Les émotions primaires génèrent des réponses adaptées qui ont été sélectionnées au cours de l'évolution pour faire face à des évènements récurrents et prototypiques. Les émotions seraient donc le fruit d'un certain déterminisme biologique. Comme ce sont les caractéristiques de la situation qui entraînent l'émotion, le traitement cognitif se limite à la perception de l'évènement déclencheur, et le processus émotionnel consécutif est déterminé par l'organisme (Derouesne, 2011). La justification de ces théories repose sur plusieurs observations, par exemple le fait que la plupart d'entre nous ait une réaction de peur et une envie de fuite face à des animaux auxquels nous n'avons jamais été particulièrement confrontés dans le passé (e.g., serpents, araignées). En faveur de l'universalité des émotions, Ekman (1992) et ses collaborateurs ont également montré que les six émotions primaires étaient exprimées et reconnues chez l'autre de manière équivalente dans différentes cultures. Les débats autour de ces théories portent sur différents points. En premier lieu, l'expérience émotionnelle humaine ne se limite pas à quelques émotions, et la construction d'émotions « secondaires » (e.g., honte,

culpabilité, amusement) à partir des émotions primaires est peu claire. De plus, le nombre d'émotions considérées comme primaires varie selon les auteurs (de 5 à 10 émotions, d'après Derouesne, 2011). Enfin, un même évènement peut déclencher des émotions différentes chez différents individus, et parfois même chez un seul individu à des moments différents (Hot & Sequeira, 2015). Ces théories proposent néanmoins un cadre d'interprétation pertinent pour les travaux sur la reconnaissance des expressions faciales émotionnelles, qui sont aisément catégorisables en fonction des émotions primaires. Avec l'avancée en âge, on peut s'attendre à ce que le vieillissement cérébral et cognitif affecte différemment chacune de ces catégories émotionnelles.

Le second grand ensemble de théories sur l'émotion concerne les modèles qualifiés de multidimensionnels. Selon ces théories, le ressenti subjectif d'une émotion est déterminé par sa position dans un espace à plusieurs dimensions de valeur continue, par opposition aux catégories discrètes des émotions primaires. Ainsi, les émotions se distingueraient principalement entre elles par leurs différentes positions sur chacune de ces dimensions, et se construiraient par l'interaction entre dimensions. Le nombre de dimensions considéré comme suffisant pour faire la distinction entre toutes les émotions existantes varie selon les modèles, allant d'une dimension, à huit dimensions (Cochrane, 2009; Fontaine, Scherer, Roesch, & Ellsworth, 2007). L'un des modèles multidimensionnels les plus influents est le modèle tridimensionnel de Lang (Lang, Bradley, & Cuthbert, 1990), qui possède les dimensions de valence, d'activation (« *arousal* ») et de dominance. Seules les dimensions de valence et d'activation sont systématiquement utilisées dans les travaux actuels pour évaluer le ressenti émotionnel face à une stimulation ou un évènement. La valence émotionnelle permet de déterminer le caractère « positif/agréable » ou « négatif/désagréable » de l'émotion alors que le degré d'activation émotionnelle permet d'estimer l'état d'activation physiologique générale de l'individu (de calme à excité). L'activation est à distinguer de l'intensité émotionnelle, cette dernière étant déjà évaluée par l'échelle de valence. Il est en effet possible de ressentir une forte intensité émotionnelle positive ou négative, mais un faible degré d'activation physiologique périphérique. La dominance est plus rarement retenue dans les études se positionnant pourtant dans le modèle de Lang. Cette dimension évalue la perception subjective qu'à l'individu de maîtriser la situation.

Les théories constructivistes sont apparues dans la continuité des approches multidimensionnelles. Elles supposent également que l'émotion naît de l'interaction entre des dimensions, mais celles-ci sont ensuite interprétées et catégorisées à partir des indices environnementaux (Russell, 2003; Schachter & Singer, 1962). Les émotions seraient donc principalement des constructions sociales reposant sur l'interprétation de la situation (Averill,

1980). L'approche constructiviste s'oppose à l'idée de James (1889) selon laquelle la perception des modifications physiologiques dans l'organisme constitue en soi l'émotion : d'après cette idée, chaque émotion devrait donc être associée à un pattern d'activité physiologique distinct et reconnaissable. Or, bien qu'une activation du système nerveux sympathique soit à la base de tous les états émotionnels, il n'a pas été observé de différences physiologiques claires permettant de discriminer les émotions entre elles. Des différences subtiles ne sont pas niées, mais la grande variété d'émotions, humeurs, et états affectifs ne semble pas être associée à une toute aussi grande variété de patterns physiologiques (Kreibig, 2010; Schachter & Singer, 1962). Les tenants des théories constructivistes supposent que les facteurs cognitifs sont des déterminants majeurs des états émotionnels : chacun interprète et labelle l'activation physiologique de son organisme en se basant sur les caractéristiques de la situation et ses expériences passées. Une émotion doit donc être considérée comme fonction d'un état d'activation physiologique et d'une cognition adaptée à cet état permettant d'étiqueter son ressenti (e.g., joie, colère).

Enfin, différents modèles cognitifs de l'émotion ont également émergé depuis les années 1980 (Lazarus, Kanner, & Filkman, 1980; Scherer, 2009). Parmi ceux-ci, les théories de l'évaluation supposent que l'émotion n'est pas déclenchée par les caractéristiques intrinsèques du stimulus ou de l'évènement, mais par l'évaluation que fait l'individu de leur signification par rapport à son propre bien-être et ses objectifs. Une émotion nous prépare à répondre à un évènement par un comportement adapté, et plusieurs réponses sont donc possibles pour un même évènement (Sander & Scherer, 2009). Dans ce cadre, l'un des modèles les plus influents est le modèle des « Processus-Composants » proposé par Scherer (2009). Ce modèle postule que les émotions sont des phénomènes émergents à partir de 5 composantes, c'est-à-dire 5 processus s'effectuant simultanément et interagissant entre eux par rétroaction :

- L'évaluation cognitive : cette étape prime sur les autres, et permet d'évaluer la pertinence du stimulus-évènement en quatre étapes séquentielles (qualifiée de SEC : « *Stimulus Evaluation Checks* ») : évaluation de la pertinence pour l'individu, des implications, du potentiel de maîtrise (agentivité), et de la signification normative.
- La réponse physiologique : il s'agit de l'activité du système nerveux autonome en réponse à la stimulation. Son rôle est de préparer l'organisme à répondre de façon adaptée aux stimulations pertinentes de l'environnement.
- La tendance à l'action : cette étape prépare l'organisme à émettre certains comportements dans des objectifs particuliers.

- L'expression motrice : elle permet de communiquer aux autres nos émotions (e.g., expressions faciales, vocalisations, mouvements), et joue donc un rôle primordial de transmission d'information, par exemple dans une situation dangereuse.
- Le sentiment subjectif : il consiste en la prise de conscience des changements générés par les quatre composantes précédentes, et donc de l'émergence d'une émotion catégorisable.

D'après ces modèles évaluatifs de l'émotion, celle-ci serait un construit dont l'émergence dépendrait de l'évaluation d'indices contextuels et subjectifs. Les objectifs de vie, et la façon dont les individus perçoivent leur environnement, pourraient changer avec l'avancée en âge. Avec l'évolution du contexte de vie, il est légitime de supposer qu'un même stimulus-événement à caractère émotionnel pourrait être évalué différemment par les sujets âgés, comparés aux jeunes adultes. Indépendamment du vieillissement cérébral, les situations susceptibles de générer une émotion pourraient donc changer au cours de la vie.

De manière très synthétique, d'après les modèles présentés, l'émotion peut s'expliquer soit comme un programme spécifique et inné se déclenchant suite à un stimulus-événement donné, soit comme un construit dont l'émergence dépendrait de différents facteurs internes et externes. À l'heure actuelle, ces modèles coexistent en l'absence de consensus au profit de l'un d'entre eux. Le positionnement théorique influence incontestablement les hypothèses testées dans les recherches sur les processus émotionnels, mais chacun de ces modèles peut avoir du sens selon la problématique et le design expérimental choisi. Par exemple, il est plus courant d'avoir une réflexion en termes d'émotions discrètes dans les études reposant sur des expressions faciales émotionnelles (e.g., tâches de reconnaissance des émotions faciales), et une logique plus dimensionnelle lors de l'évaluation de photographies de scènes émotionnelles (e.g., tâches de jugement émotionnel en termes de valence et d'activation). Enfin, les prédictions qui peuvent être faites sur l'activité cérébrale associée à l'apparition d'une émotion diffèrent selon les modèles. Les travaux effectués sur les corrélats cérébraux des émotions seront présentés dans la section suivante.

3. Réseaux cérébraux du traitement de l'émotion

Les neurosciences affectives fournissent un angle d'approche pertinent pour évaluer les hypothèses des différents modèles émotionnels. Dans le cadre des émotions discrètes, plusieurs méta-analyses ont tenté de faire ressortir une ligne conductrice entre les différentes études, et d'identifier le « noyau dur » du réseau impliqué dans la globalité de l'expérience émotionnelle (reconnaissance, ressenti, expression) associée à chaque émotion primaire (Murphy, Nimmo-

Smith, & Lawrence, 2003; Phan et al., 2002; Vytal & Hamann, 2010). Les résultats sont en faveur du rôle précis de certaines structures dans la production d'émotions particulières :

- La joie semble associée à l'activation du gyrus temporal supérieur et des ganglions de la base ;
- La tristesse au gyrus frontal médian, au cortex cingulaire antérieur, et au cortex cingulaire sub-calleux ;
- La colère au gyrus frontal inférieur gauche ;
- La peur à l'activité de l'amygdale ;
- Le dégoût à l'insula et au gyrus frontal inférieur droit.

Nous pouvons constater qu'une émotion n'est pas forcément égale à l'activité d'une seule structure, et il est important de noter que ces activations prennent place dans des réseaux plus étendus (Phan et al., 2002). De plus, ces résultats ne rendent pas compte de la multiplicité de l'implication des structures concernées. En effet, plusieurs structures jouent un rôle important dans le traitement émotionnel de l'information quelle que soit l'émotion présentée : le cortex préfrontal médian (Phan et al., 2002), l'amygdale et le cortex fusiforme (Shaw et al., 2005; Winston et al., 2003), le sillon temporal supérieur (Britton, Taylor, Sudheimer, & Liberzon, 2006; Simon, Craig, Miltner, & Rainville, 2006; Vuilleumier & Pourtois, 2007; Winston et al., 2003), le striatum ventral (Sprengelmeyer & Jentzsch, 2006), le cortex cingulaire antérieur, et l'insula (Britton et al., 2006; Phan et al., 2002). Par exemple, l'activité de l'amygdale a également été observée de manière récurrente face à des visages exprimant des émotions positives (Hamann, Ely, Hoffman, & Kilts, 2002; Keightley, Chiew, Winocur, & Grady, 2007; Pessoa, McKenna, Gutierrez, & Ungerleider, 2002; Winston et al., 2003; Yang, Menon, Reid, Gotlib, & Reiss, 2003; Zald, 2003). Dans ce cadre, il est plus judicieux de parler de réseaux d'activation généraux dans lesquels quelques structures joueraient un rôle particulier pour une émotion particulière, plutôt que d'évoquer un lien exclusif entre une structure et une émotion de base (Hamann, 2012).

L'existence de réseaux généraux impliqués dans le traitement de multiples émotions peut également être interprétée comme un argument neurobiologique en faveur de l'approche dimensionnelle de l'émotion. Depuis les travaux princeps de Gainotti (1972), une littérature assez étendue s'est penchée sur l'étude des corrélats cérébraux du traitement de la valence. Des observations récurrentes laissent penser que l'hémisphère droit serait plus spécialisé dans le traitement des émotions négatives, et l'hémisphère gauche dans le traitement des émotions positives (Davidson, 1992; Davidson, Ekman, Saron, Senulis, & Friesen, 1990). Toutefois, une méta-analyse réalisée par Wager, Phan, Liberzon, et Taylor (2003) suggère que la latéralité cérébrale de l'activation varierait selon l'aire cérébrale concernée, ainsi le traitement de la valence ne pourrait se rapporter à une distinction entre les hémisphères dans leur globalité. Par

exemple, l'amygdale gauche serait plus sensible aux stimuli négatifs et l'amygdale droite aux stimuli positifs, mais ce serait l'inverse pour le globus pallidus (Wager et al., 2003). Le cortex préfrontal est également impliqué dans le traitement de la valence, mais la latéralisation de l'activation dépend des différentes parties de cette structure : les stimuli positifs activeraient préférentiellement le cortex préfrontal latéral gauche, et le cortex préfrontal médian droit (la latéralisation est inversée dans ces structures pour les stimuli négatifs) (Wager et al., 2003). Certaines régions seraient également plus spécialisées dans le traitement des stimuli positifs ou négatifs, sans distinction particulière entre émotions discrètes, et sans influence sur la latéralité de l'activation. Le striatum ventral s'activerait préférentiellement pour des stimuli positifs (Schaefer et al., 2003), et l'amygdale serait particulièrement impliquée dans le traitement des émotions négatives (Wager et al., 2003; Zald, 2003). Ce dernier résultat est toutefois contredit par l'étude de Sergerie, Chochol, et Armony (2008) qui observent le résultat inverse, c'est-à-dire une implication plus grande de l'amygdale dans le traitement des stimuli positifs par rapport aux négatifs. Indépendamment de la valence, il a été montré une corrélation positive entre l'activation émotionnelle (*arousal*) et l'activité de l'amygdale, pour différents types de stimuli (e.g., mots, photographies, stimuli gustatifs) (Bonnet et al., 2015; Cunningham, Raye, & Johnson, 2004; Kensinger & Schacter, 2006; Small et al., 2003). Toutefois, il a aussi été observé une activité amygdalienne substantielle face à des stimuli pourtant peu activateurs, évoquant la tristesse (Levesque et al., 2003).

Les patterns d'activation générale et spécialisée que nous venons de décrire ont également été discutés dans le cadre de l'approche constructiviste. Lindquist, Wager, Kober, Bliss-Moreau, et Barrett (2012) ont ainsi réalisé une méta-analyse à partir des études disponibles en neuroimagerie, pour déterminer si les données actuelles sont plutôt en faveur d'une approche localisationniste ou constructiviste des émotions. Leurs résultats sont en défaveur d'une localisation cérébrale spécifique pour chaque catégorie d'émotion discrète, et appuient plutôt une vision constructiviste de l'esprit : c'est-à-dire qu'un panel de régions cérébrales interagissant entre elles, et impliquées de manière générale dans des opérations psychologiques élémentaires de nature émotionnelle ou non, seraient actives lors du traitement de diverses catégories d'émotions discrètes (Lindquist et al., 2012). Il est à noter que les prédictions des modèles évaluatifs quant aux substrats neuronaux de l'émotion sont semblables à celles de l'approche constructiviste. En effet, d'après le modèle des Processus-Composants, chaque étape d'évaluation serait associée à un pattern d'activations spécifiques, donnant un rôle précis à certaines structures (Sander, Grafman, & Zalla, 2003). Par exemple, l'amygdale serait impliquée dans l'évaluation cognitive, et plus précisément dans l'évaluation de la pertinence du

stimulus-événement, la première étape d'évaluation décrite par ce modèle (Grandjean & Scherer, 2008; Sander et al., 2003).

Ainsi, il existe des données de neuroimagerie en faveur de chacun des modèles de l'émotion présentés précédemment. Ces modèles ne sont pas entièrement exclusifs dans le sens où une même structure cérébrale peut être à la fois impliquée dans le traitement spécifique d'une émotion discrète, et d'un certain type de valence ou degré d'activation. Sur la base de ces réseaux cérébraux, les processus émotionnels pourraient être différenciellement affectés en fonction des régions affectées et préservées par le vieillissement normal. Dans cette idée, les modèles de l'émotion existants fournissent plusieurs cadres d'interprétation des modifications cérébrales liées à l'âge. Les spécificités de traitements émotionnels chez le sujet âgé et les réseaux impliqués seront abordés à partir du **Chapitre 3** (page 32).

4. La régulation émotionnelle

Nous avons vu que les émotions se distinguent entre elles par des patrons d'activations cérébrales particuliers, et génèrent des tendances à l'action spécifiques à une situation. Toutefois, l'apparition d'une émotion n'est pas toujours souhaitée : il est nécessaire d'avoir la possibilité de contrôler ses affects. Dans son modèle processuel de l'émotion, le psychologue américain James Gross a proposé de définir la régulation émotionnelle comme le processus par lequel nous influençons les émotions que nous avons, quand nous les avons, comment nous les ressentons, et comment nous les exprimons² (Gross, 1998b). La régulation émotionnelle peut se réaliser consciemment ou inconsciemment ; cette distinction sera abordée en détail dans le **Chapitre 2** (page 19), la présente section se focalise sur la régulation émotionnelle volontaire. Il est important de souligner qu'il est délicat d'établir une frontière nette entre la génération d'une émotion et sa régulation, cette dernière pouvant faire partie intégrante du processus de génération. Comme la régulation émotionnelle impacte l'émergence des émotions (en stoppant leur apparition ou limitant leur expression), il est sensé d'envisager une séparation au moins partielle entre ces deux processus (Gross & Barrett, 2011).

Selon le modèle de Gross, différentes stratégies de régulation peuvent être appliquées au cours du processus de génération de l'émotion. La régulation peut se faire soit au niveau des antécédents émotionnels, c'est-à-dire avant même l'apparition d'une émotion, soit directement sur les réponses émotionnelles, après que l'émotion ait émergé (Gross, 1998a, 2001; John &

² « *Emotion regulation refers to the processes by which individuals influence which emotions they have, when they have them, and how they experience and express these emotions.* »

Gross, 2004). Le modèle décrit cinq grands types de stratégies (Gross, 1998b; Ochsner, Silvers, & Buhle, 2012) :

- La sélection de la situation : Cette stratégie consiste à réguler ses émotions en évitant ou recherchant certaines situations ou évènements. Par ce moyen, la personne sélectionne les situations susceptibles de générer les expériences émotionnelles désirées et choisit de ne pas participer à des situations susceptibles d'engendrer des émotions non-désirées.
- La modification de la situation : Lorsque l'on est en présence d'un stimulus générant une émotion non-désirée, cette stratégie consiste à activement modifier des éléments de la situation afin d'altérer son impact émotionnel.
- Le déploiement attentionnel : Cette stratégie consiste à choisir les aspects de la situation ou du stimulus sur lesquels se concentrer, afin d'en diminuer l'impact émotionnel. L'**attention sélective** en est une forme, car elle permet d'orienter l'attention sur les aspects non émotionnels de la situation, ou en dehors de la situation. Par exemple, des participants ayant pour consigne de réguler leurs émotions ont tendance à focaliser leur attention sur les aspects non-émotionnels des photographies négatives qui leur sont présentées (van Reekum et al., 2007). La **distraction** est un autre exemple de déploiement, consistant à limiter l'attention accordée au stimulus émotionnel en se focalisant sur des réflexions internes qui n'y sont pas liées.
- Le changement cognitif : Ce type de stratégie consiste à choisir l'interprétation que l'on veut donner à la situation. Cette technique inclue par exemple le déni, le détachement, l'intellectualisation, ou encore le fait de comparer sa situation à celles d'individus moins fortunés. La **réévaluation cognitive** est le type de changement cognitif ayant été le plus étudié, et consiste à transformer la situation de façon à altérer son impact émotionnel (par exemple, réinterpréter les évènements de façon plus positive).
- La modulation de la réponse : Ce type de stratégie consiste à moduler les réponses émotionnelles de l'organisme, alors que l'émotion a déjà émergé. Ces techniques incluent la **suppression de l'expérience émotionnelle**, qui peut notamment être réalisée par la prise de certaines substances (e.g., alcool, cigarettes, nourriture), et la **suppression expressive**, qui consiste à réduire les réactions comportementales (e.g., expressions faciales), dans la perspective d'altérer l'émotion qui les cause.

Ces stratégies ne sont pas toute efficaces de manière équivalente. L'efficacité d'une stratégie de régulation se définit traditionnellement par sa capacité à augmenter les affects positifs *et/ou* réduire les affects négatifs, bien que ces techniques puissent également être utilisées afin d'amplifier les affects négatifs ou réduire les affects positifs. Lorsque de jeunes adultes ont pour consigne de réguler leurs émotions face à des stimuli négatifs, la réévaluation cognitive est la stratégie qui augmente le plus efficacement les affects positifs et réduit les négatifs (Butler et al., 2003; Gross, 1998b; Gross & John, 2003; John & Gross, 2004; McRae et al., 2010). Certains auteurs ont postulé que cette technique serait peu coûteuse cognitivement, car elle ne nécessiterait pas un contrôle de soi continu : une fois la situation réinterprétée, la régulation est terminée (Richards & Gross, 1999). Une méta-analyse reposant sur 306 études a montré que la distraction était également très performante, mais que le déploiement attentionnel en général semble avoir peu d'impact sur les affects (Webb, Miles, & Sheeran, 2012). À l'inverse, la modulation de la réponse semble être la stratégie la moins bénéfique et la plus coûteuse (Goldin, McRae, Ramel, & Gross, 2008; Gross, 1998a; Webb et al., 2012). La suppression expressive serait toutefois plus efficace que la suppression de l'expérience émotionnelle (Webb et al., 2012). De plus, la suppression expressive aurait des effets délétères sur la mémoire : en dirigeant l'attention sur soi, elle réduirait les ressources attentionnelles disponibles pour encoder les événements de l'environnement (Krauth-Gruber, 2009).

La mise en route des mécanismes de régulation entraîne des activations cérébrales spécifiques. Bien que la régulation permette également d'augmenter l'ampleur de l'expérience émotionnelle, nous nous sommes focalisés dans cette revue sur les études en neuroimagerie reposant sur l'utilisation de la régulation pour réduire la durée ou l'intensité des émotions négatives, chez le sujet jeune. La régulation émotionnelle en général s'accompagne d'une augmentation de l'activité du cortex préfrontal, du gyrus frontal supérieur, de la région pariétale inférieure, du cortex cingulaire antérieur, et des aires pré-motrices (Buhle et al., 2014; Diekhof, Geier, Falkai, & Gruber, 2011; F. Dolcos, Iordan, & Dolcos, 2011; Frank et al., 2014; McRae et al., 2010; Ochsner et al., 2012). En parallèle, l'activité de l'amygdale et du gyrus parahippocampique diminue (Frank et al., 2014; Ochsner & Gross, 2005). La régulation s'effectue notamment via l'influence qu'exerce le cortex préfrontal sur l'amygdale, atténuant son activité via les connexions qui l'y relie (Ochsner & Gross, 2005). Une récente méta-analyse réalisée sur 23 études a montré que la partie dorsolatérale du cortex préfrontal serait liée à la régulation, alors que l'activité ventrolatérale reflèterait plutôt la saillance des informations détectées, et donc la nécessité de réguler (Kohn et al., 2014).

Au cœur de ce réseau commun, chaque stratégie possède des spécificités. La réévaluation recrute particulièrement le cortex préfrontal dorsolatéral, ventrolatéral, et médian, le gyrus

précentral, le gyrus temporal antérieur, le gyrus supramarginal (McRae et al., 2010; Ochsner et al., 2004; Ochsner et al., 2012), et provoque une désactivation de l'amygdale (Banks, Eddy, Angstadt, Nathan, & Phan, 2007). En parallèle, la pratique du détachement entraîne une activité supplémentaire dans les régions pariétales inférieures, le cortex cingulaire dorsal, le cortex préfrontal dorsolatéral, le cortex préfrontal médian, le cortex frontal moyen et supérieur (Kalisch et al., 2005; Koenigsberg et al., 2010; Ochsner et al., 2012; Walter et al., 2009). La distraction est associée au cortex cingulaire antérieur, au cortex préfrontal ventrolatéral, et au cortex pariétal (Frankenstein, Richter, McIntyre, & Remy, 2001; Kalisch, Wiech, Herrmann, & Dolan, 2006; Kanske, Heissler, Schonfelder, Bongers, & Wessa, 2011; McRae et al., 2010; Phillips, Ladouceur, & Drevets, 2008). La distraction provoquerait une réduction de l'activité amygdalienne plus importante que la réévaluation (McRae et al., 2010). Enfin, la suppression recrute bilatéralement le cortex préfrontal dorsomédian, le cortex préfrontal dorsolatéral droit, et le cortex préfrontal ventrolatéral gauche (Phillips, Henry, Hosie, & Milne, 2008). Une étude comparant quatre stratégies a montré que le détachement, la suppression expressive, et la distraction augmentaient l'activité d'un réseau cérébral similaire, incluant le cortex préfrontal dorsolatéral et les aires pariétales, et provoquaient une diminution d'activité dans l'amygdale gauche (Dorfel et al., 2014). Au contraire, la réinterprétation de la situation (un type de changement cognitif) recruterait un réseau cérébral différent, incluant le cortex préfrontal ventrolatéral et le gyrus orbitofrontal. Aucune diminution de l'activité amygdalienne n'a été observée pour cette stratégie (Dorfel et al., 2014). Bien que ces quatre techniques aient été évaluées par les participants comme similairement efficaces pour diminuer les affects négatifs, les résultats fonctionnels suggèrent que la réinterprétation pourrait être une stratégie moins efficace que les autres.

En résumé, quelle que soit la stratégie concernée, la régulation émotionnelle implique de manière générale une suractivation frontale couplée à une réduction d'activité limbique, en particulier au niveau de l'amygdale. Les différentes régions préfrontales s'activent plus ou moins en fonction de la stratégie pratiquée. L'augmentation des affects positifs et la réduction des affects négatifs associés au vieillissement normal pourraient s'expliquer par une efficacité accrue de la régulation émotionnelle, et d'éventuelles modifications au cœur de ces réseaux cérébraux. Les seniors pourraient également favoriser des stratégies différentes des jeunes adultes, et plus efficaces pour cette tranche d'âge. Ces aspects seront débattus dans le **Chapitre 5** (page 59).

5. Synthèse du Chapitre 1

Une émotion est un phénomène de courte durée, se déclenchant suite à un évènement spécifique. Elle possède des aspects phénoménologiques, neurophysiologiques, et comportementaux, et génère des tendances à l'action préparant l'organisme à réagir en conséquence. Bien que la plupart des théories de l'émotion s'accordent sur ces quelques points, il n'existe pas à l'heure actuelle de définition consensuelle de l'émotion. Quatre modèles particulièrement influents proposent chacun un cadre d'interprétation des mécanismes sous-jacents à l'apparition d'une émotion. La théorie des émotions discrètes postule qu'il existerait un nombre précis d'émotions primaires universelles, et que chacune d'entre elle correspondrait à un programme spécifique et inné associé à un évènement déclencheur. Les modèles multidimensionnels proposent qu'un petit nombre de dimensions de valeur continue serait suffisant pour définir la totalité des émotions existantes. D'après les modèles constructivistes, l'interaction entre dimensions serait interprétée et catégorisée en émotion à partir des indices environnementaux. Enfin, les théories de l'évaluation dont fait partie le modèle des Processus-Composants postulent que l'émotion émergerait de l'évaluation que fait l'individu de la signification du stimulus-évènement, par rapport à son propre bien-être et ses objectifs.

Ces modèles continuent à cohabiter dans la littérature pour plusieurs raisons. En premier lieu, chaque modèle peut avoir son utilité selon les hypothèses et le cadre expérimental choisis. Par exemple, une réflexion en termes d'émotions discrètes a du sens dans les études reposant sur les expressions faciales émotionnelles, et l'approche dimensionnelle est particulièrement utilisée dans les protocoles nécessitant l'évaluation du ressenti des participants face à des scènes émotionnelles. De plus, chacun de ces modèles possède des arguments comportementaux et cérébraux en faveur de sa validité. Dans ce travail de recherche, notre objectif ne sera pas de comparer expérimentalement les postulats de ces modèles, mais de trouver des approches théoriques pertinentes pour étudier le vieillissement émotionnel. Nous nous servirons de ces différents cadres théoriques afin de mettre en évidence, et d'interpréter, les différences de traitement émotionnel entre adultes jeunes et plus âgés. Par exemple, dans le cadre d'une approche par émotions discrètes, des atteintes différentielles – cérébrales et comportementales – selon les émotions pourraient apparaître chez les aînés, comparés aux jeunes adultes. Dans cette idée, nous avons étudié l'évolution du traitement des expressions faciales de peur avec l'âge, en lien avec l'activité cérébrale (**Chapitre 6, étude 1**, page 80). Comme le vieillissement est susceptible de modifier les objectifs de vie et la perception qu'ont les individus de leur environnement, nous avons testé si un même stimulus à caractère émotionnel pouvait être évalué différemment par des sujets jeunes et âgés, selon la prédiction des modèles de l'évaluation (**Chapitre 7, étude 2**, page 102).

Enfin, l'apparition d'une émotion peut être contrôlée par des mécanismes de régulation émotionnelle, se traduisant globalement au niveau cérébral par une augmentation de l'activité préfrontale associée à une baisse d'activité limbique, notamment au niveau de l'amygdale. D'après le modèle proposé par James Gross, cinq grands types de stratégies de régulation peuvent s'appliquer à différentes étapes de la génération d'une émotion : la sélection de la situation, la modification de la situation, le déploiement attentionnel, le changement cognitif, et la modulation de la réponse. Qu'il s'agisse de la perception de stimuli émotionnels ou de la régulation du ressenti, les atteintes et préservations différentielles des régions cérébrales observées dans le vieillissement normal pourraient expliquer les spécificités de traitement émotionnel des sujets âgés. Avant d'aborder les changements liés à l'âge sur la base de ces réseaux cérébraux, et leur impact comportemental, un dernier aspect théorique sera abordé dans le **Chapitre 2** : les deux voies de traitement possible des informations émotionnelles.

Chapitre 2 – Processus automatiques et contrôlés de traitement de l'émotion

L'objectif de ce chapitre est de poursuivre la réflexion théorique amorcée dans le **Chapitre 1**, en abordant la possibilité qu'une émotion puisse être traitée de façon inconsciente. Les deux voies de traitement des émotions seront d'abord présentées, puis seront discutées les différences cérébrales entre un traitement automatique et inconscient, et un traitement contrôlé et conscient, de l'émotion. L'intérêt de cette distinction théorique pour étudier l'évolution des processus émotionnels au cours du vieillissement normal sera débattu à partir du **Chapitre 3**.

1. Une émotion peut-elle être inconsciente ?

1.1. La théorie de la double voie

L'idée qu'une émotion puisse être expérimentée de façon inconsciente fait débat. Pour Joseph LeDoux, le terme « émotion » ne peut désigner que la partie consciente du processus de traitement émotionnel lorsqu'il écrit : « *Les émotions sont des expériences subjectives conscientes, chargées affectivement. En d'autres termes, les émotions sont des états conscients.* »³ (LeDoux, 1994). En revanche, Antonio Damasio (1998) admet la possibilité qu'une émotion puisse échapper à la conscience de l'individu. D'après Robert Zajonc (1980), les premières réponses de l'organisme face à un stimulus présentant des caractéristiques émotionnelles seraient toujours automatiques et majoritairement non-conscientes. L'émotion accèderait à la conscience lors des étapes de traitement ultérieures.

Il existe plusieurs arguments comportementaux en faveur d'un traitement automatique et inconscient de l'émotion. Dans les tâches de Stroop émotionnel, le participant est confronté à des mots émotionnels et neutres écrits dans différentes couleurs, et il doit soit dénommer les mots, soit les couleurs. Les résultats de ces études montrent que les temps de réponse sont plus longs pour nommer la couleur des mots émotionnels que celle des mots neutres (MacKay et al., 2004; Williams, Mathews, & MacLeod, 1996). Les temps de réponses des participants lors de tâches auditives de discrimination de mots sont également plus longs lorsque des images négatives distractives sont présentées en parallèle, par rapport à une condition neutre (Bradley,

³ "In my view, emotions are affectively charged, subjectively experienced states of awareness. Emotions, in other words, are conscious states." (LeDoux, 1994).

Cuthbert, & Lang, 1996; Buodo, Sarlo, & Palomba, 2002). Ces résultats suggèrent que la présence d'une émotion non-pertinente pour la réalisation d'une tâche interfère automatiquement sur l'exécution des autres processus cognitifs en jeu.

Les théories dites à double voie (« *dual process theories* ») postulent l'existence de plusieurs voies de traitement de l'information émotionnelle, sollicitées différemment selon le niveau de traitement cognitif du contenu émotionnel des stimuli (Chaiken & Trope, 1999; Houwer & Moors, 2012; Mauss, Bunge, & Gross, 2007; Schacter, 1997). Ces deux voies sont en général représentées par :

- **Une voie automatique**, rapide, considérée comme non-consciente. Le traitement de l'émotion est implicite. Ces processus automatiques ne nécessitent pas de ressources attentionnelles, et sont amorcés par l'intégration des informations sensorielles.
- **Une voie contrôlée** (ou délibérée), plus lente, considérée comme consciente. Ces processus contrôlés nécessitent des ressources attentionnelles, sont volontaires, et motivés par des objectifs explicites de traitement de l'émotion.

Le degré de conscience qu'à un individu du contenu émotionnel des stimuli peut être manipulé expérimentalement. Selon la tâche choisie, les processus invoqués sont différents : les tâches dites explicites invoquent des processus émotionnels contrôlés et conscients, alors que les tâches dites implicites invoquent des processus émotionnels automatiques et inconscients. Les études présentées dans le **Chapitre 1** consistaient majoritairement en des tâches explicites, c'est-à-dire que les consignes que doit respecter le participant focalisent son attention sur les aspects émotionnels des stimuli (e.g., évaluer son ressenti, reconnaître une émotion exprimée par un visage). Dans les tâches dites implicites, le contenu émotionnel est soit présenté trop rapidement pour être consciemment traité (e.g., présentations subliminales ou masquées), soit il est non pertinent pour la réalisation de la tâche. Dans ce dernier cas, il est demandé aux participants de se concentrer sur les aspects des stimuli autres qu'émotionnels pour effectuer correctement la tâche (e.g., indiquer de quel genre sont les visages émotionnels présentés, ou de quelle couleur sont les stimuli). L'émotion est bel et bien traitée dans ces tâches, mais de façon implicite, c'est-à-dire en dehors de la volonté du sujet. Effectivement, une augmentation de l'activité physiologique (conductance cutanée, électromyogramme) pour des stimuli émotionnels comparés à des stimuli neutres a été observée dans ce type de paradigme (dans le cas de présentations masquées ; Dimberg, Thunberg, & Elmehed, 2000; Williams et al., 2004).

1.2. Une dissociation neuro-anatomique à l'origine des deux voies ?

L'existence d'une double voie de traitement a été appuyée par les travaux princeps de J. LeDoux sur les réseaux cérébraux de la perception visuelle (LeDoux, 1996). Il a mis en évidence l'existence d'une route sous-corticale traitant automatiquement les stimuli émotionnels, indépendante de l'influence corticale. Cette route partirait de la rétine et passerait par le colliculus supérieur, le pulvinar et l'amygdale, suivant un trajet parallèle à celui de la voie ventrale visuelle, allant du lobe occipital vers le lobe temporal. La voie sous-corticale serait impliquée dans le traitement rapide des informations visuelles de basse fréquence spatiale, grossières et peu détaillées, alors que la voie corticale serait plus lente mais permettrait des traitements visuels fins et de bonne résolution (Leventhal, Rodieck, & Dreher, 1985; Schiller, Malpeli, & Schein, 1979; Tamietto & de Gelder, 2010; Vuilleumier, Armony, Driver, & Dolan, 2003). Des preuves indirectes en faveur de l'existence d'une voie rapide passant par l'amygdale ont été apportées lors du traitement de stimuli émotionnels associés à la peur (de Gelder, Vroomen, Pourtois, & Weiskrantz, 1999; Morris, DeGelder, Weiskrantz, & Dolan, 2001; Morris, Ohman, & Dolan, 1999). Les patients « Blindsight » sont des sujets d'étude intéressants dans ce contexte. Bien que ces patients soient aveugles suite à des lésions du cortex visuel primaire, ils présentent une forme de vision inconsciente : ils seraient capables de catégoriser certains stimuli émotionnels présentés dans l'hémi-champ aveugle, grâce à cette route sous-corticale (de Gelder et al., 1999). L'existence de connexions directes entre l'amygdale et le pulvinar est encore à l'étude chez l'humain (Pessoa & Adolphs, 2010), mais a été démontrée chez certains primates (Day-Brown, Wei, Chomsung, Petry, & Bickford, 2010). Il est possible que l'activité sous-corticale ne puisse induire d'affect subjectif, mais elle pourrait moduler des réponses émotionnelles indirectes comme les sursauts, ou des intuitions reposant sur les signaux intéroceptifs (Anders, Weiskopf, Lule, & Birbaumer, 2004; Katkin, Wiens, & Ohman, 2001).

Dans leur ensemble, les résultats décrits précédemment laissent suggérer une dissociation anatomique, au moins partielle, entre deux voies de traitement : l'une corticale, lente, et consciente, et l'autre sous-corticale, rapide, et inconsciente. Par conséquent, les théories à double voie considèrent que les deux processus sont liés à deux voies de traitement séparées fonctionnant en parallèle (Masters, 1991; Mayer & Salovey, 1995). Toutefois, l'existence d'une frontière nette entre les réseaux de traitement automatiques et contrôlés de l'émotion est toujours en débat. D'autres auteurs ont suggéré qu'un traitement automatique et inconscient de l'émotion était engagé dans toute situation présentant des caractéristiques émotionnelles, indépendamment de la volonté de l'individu (Moors & De Houwer, 2006; Zajonc, 1980). L'émotion accéderait à la conscience lors d'étapes de traitement ultérieures. Dans cette idée, les deux processus seraient deux étapes d'un même continuum, démarrant au cœur d'un réseau

commun par des traitements automatisés et inconscients, puis progressant vers des traitements contrôlés et conscients (Gross, 1998b; Moors & De Houwer, 2006). Ainsi, le décours temporel de toute tâche émotionnelle explicite devrait inclure des traitements à la fois contrôlés et automatiques, comme ces derniers s'activeraient automatiquement avant que l'émotion soit perçue consciemment. Depuis ces résultats princeps, de nombreuses études en neuroimagerie fonctionnelle ont été réalisées afin de mettre en évidence les différences et similarités entre réseaux consacrés au traitement implicite et explicite des émotions.

2. Des réseaux cérébraux distincts

2.1. Perception implicite et explicite des stimuli émotionnels

Pour réaliser cette revue, nous nous sommes focalisés sur les études en IRM fonctionnelle chez le sujet jeune sain, combinant une tâche implicite et explicite au cœur d'un même protocole, et reposant sur la perception de stimuli émotionnels visuels. Une liste de ces études, ainsi qu'un résumé de leur design et résultats, est disponible dans le **Tableau 1** (page 24).

Quelles que soient les émotions traitées, les activations supplémentaires observées en condition explicite par rapport à la condition implicite concernent de nombreuses aires cérébrales : les régions frontales bilatérales (gyrus frontal supérieur, moyen, médian, et inférieur), le cortex cingulaire (gyrus cingulaire antérieur droit, gyris cingulaire postérieur bilatéral), le lobe pariétal (précuneus droit, gyris pariétal gauche, gyris angulaire droit, lobule pariétal inférieur bilatéral), le lobe occipital (gyrus occipital inférieur bilatéral, gyris lingual bilatéral), le lobe temporal (gyrus temporal moyen gauche et supérieur bilatéral ; gyris fusiforme bilatéral), le système limbique (amygdale droite, gauche, ou bilatérale selon les études ; hippocampe et gyris parahippocampique gauches), l'insula droite, le cingulum moyen, et le cervelet (Critchley et al., 2000; Gur et al., 2002; Habel et al., 2007; Morris, Ohman, & Dolan, 1998; Phillips et al., 2004; Scheuerecker et al., 2007; Villalta-Gil et al., 2013).

La comparaison opposée révèle parfois des activations supplémentaires en condition implicite par rapport à une condition explicite, dans les régions frontales (gyrus frontal inférieur gauche, gyris frontal moyen droit), le lobule pariétal inférieur gauche, le gyris cingulaire antérieur droit, le gyris temporal moyen droit, le système limbique (jonction amygdalo-hippocampique gauche, amygdale droite), le lobe occipital, ainsi que le cervelet et le thalamus droit (Critchley et al., 2000; Gur et al., 2002; Morris et al., 1998; Phillips et al., 2004; Villalta-Gil et al., 2013). Ces premiers résultats sont en faveur de deux voies de traitement anatomiquement séparées pour les processus implicite et explicite, étant donné que leur comparaison fait

ressortir des activations distinctes pour chaque processus. Or, bien que des activations supplémentaires soient toujours observées en condition explicite par rapport à l'implicite, l'inverse n'a pas toujours été rapporté (Habel et al., 2007; Scheuerecker et al., 2007). Ces résultats suggèrent que les tâches explicites pourraient également activer les structures associées aux processus automatiques, invoquées par les tâches implicites. Les tâches explicites impliqueraient donc à la fois des processus automatiques et contrôlés : les processus automatiques démarreraient en premier, puis s'y ajouteraient les processus contrôlés. Ces observations seraient en faveur d'une architecture à deux étapes des traitements émotionnels, plutôt qu'en l'existence de deux réseaux cérébraux bien distincts. L'absence de consensus à ce sujet dans la littérature laisse donc cette question en suspens.

Tableau 1. Liste des études en IRM fonctionnelle réalisées chez le sujet jeune sain, comparant au sein d'un même protocole une tâche implicite et une tâche explicite, et reposant sur la perception de stimuli émotionnels visuels.

Auteurs	Stimuli	Tâches	Explicite > Implicite	Implicite > Explicite
Phillips et al., 2004	EFE peur, dégoût	Présentations non masquées (explicite) et masquées (implicite) de chaque type d'EFE	<u>Peur :</u> Amygdale droite Putamen gauche Gyrus lingual droit Précuneus droit Gyrus cingulaire postérieur bilatéral Lobule pariétal inférieur droit Gyrus cingulaire antérieur droit Gyrus frontal médian droit <u>Dégoût :</u> Insula droite Gyrus lingual droit Gyrus temporal supérieur droit Gyrus temporal moyen gauche Gyrus cingulaire postérieur gauche Lobule pariétal inférieur gauche	Gyrus frontal inférieur gauche Lobule pariétal inférieur gauche Cervelet bilatéral Thalamus droit Gyrus cingulaire antérieur droit Gyrus temporal moyen droit
Critchley et al., 2000	EFE colère, joie, neutre	Jugement de l'émotion exprimée (explicite) vs. jugement du genre (implicite)	<u>Colère + joie > neutre :</u> Gyrus temporal moyen gauche	Jonction amygdalo-hippocampique gauche
Habel et al., 2007	EFE joie, tristesse, colère, peur, dégoût, neutre	Jugement de l'émotion exprimée (explicite) vs. jugement du genre (implicite)	<u>Toutes émotions combinées > neutre :</u> Amygdale bilatérale Gyrus fusiforme bilatéral Gyrus temporal supérieur bilatéral	<i>Pas d'activations supplémentaires</i>
Scheuerecker et al., 2007	EFE tristesse, colère, neutre	Jugement de l'émotion exprimée (explicite) vs. jugement du genre (implicite)	<u>Tristesse + colère > neutre :</u> Gyrus frontal supérieur Gyrus frontal moyen Gyrus frontal inférieur Cingulum moyen Gyrus pariétal gauche	<i>Pas d'activations supplémentaires</i>

			Région occipitale Cervelet Gyrus angulaire droit Gyrus lingual	
Villalta-Gil et al., 2013	EFE peur, joie, neutre	Tâches d'appariement entre deux visages : expressions émotionnelles similaires (explicite) vs. visages de même identité (implicite)	<u>Joie + peur > neutre :</u> Gyrus occipital inférieur bilatéral Gyrus angulaire droit	Gyrus frontal moyen droit
Morris, Öhman, & Dolan, 1998	EFE colère	Conditionnement préalable à un visage exprimant la colère, puis présentations non masquées (explicite) et masquées (implicite) de ce visage	<u>Colère :</u> Amygdale gauche	Amygdale droite
Gur et al., 2002	EFE de joie, tristesse, colère, peur, dégoût, neutre	Jugement de l'émotion exprimée (explicite) vs. jugement de l'âge (implicite)	<u>Toutes émotions combinées > neutre :</u> Amygdale bilatérale Hippocampe gauche Gyrus parahippocampique gauche	Lobe occipital

Note. « EFE » : expressions faciales émotionnelles. « Explicite > implicite » : désigne le contraste réalisé afin de faire ressortir les structures cérébrales plus activées en condition explicite par rapport à la condition implicite. « Implicite > explicite » : désigne le contraste réalisé afin de faire ressortir les structures cérébrales plus activées en condition implicite par rapport à la condition explicite.

Les différentes émotions utilisées entre études pourraient être responsables des divergences observées dans la littérature. En effet, certaines études utilisent une émotion unique, alors que d'autres reposent leurs analyses sur une « condition émotionnelle », combinant différentes émotions (Critchley et al., 2000; Gur et al., 2002; Habel et al., 2007; Scheuerecker et al., 2007; Villalta-Gil et al., 2013). Or, certaines régions cérébrales sont plus ou moins réactives en fonction du type d'émotion concerné. Par exemple, l'amygdale s'active face à des visages exprimant la colère (Morris et al., 1998), mais ne semble pas sensible au dégoût (Phillips et al., 2004). De plus, en fonction des études, une activité supplémentaire de l'amygdale a été parfois observée au cours de la tâche explicite (Gur et al., 2002; Habel et al., 2007; Morris et al., 1998; Phillips et al., 2004), et d'autres fois dans la tâche implicite (Critchley et al., 2000; Morris et al., 1998). Il semblerait que cette structure ne soit pas exclusivement impliquée dans le traitement inconscient des émotions, et son activité serait latéralisée en fonction du degré de conscience. En effet, Morris et al. (1998) ont montré que l'amygdale gauche était plus sensible au traitement explicite de la colère, et l'amygdale droite dans son traitement implicite. De manière générale, l'amygdale gauche s'activerait lors de l'évaluation cognitive et consciente des stimuli émotionnels, alors que la droite jouerait un rôle dans l'activation du système nerveux autonome (Glascher & Adolphs, 2003). L'implication d'une route sous-corticale colliculus-pulvinar-amygdale dans le traitement inconscient des stimuli affectifs a été remise en question par plusieurs recherches. D'après Pessoa et Adolphs (2010), le rôle principal de l'amygdale et du pulvinar serait de coordonner l'activité des réseaux corticaux lors de l'évaluation de la pertinence biologique des stimuli : la route sous-corticale fonctionnerait donc de pair avec l'activité de structures plus corticales. L'activité amygdalienne face à des stimuli émotionnels est également dépendante des ressources attentionnelles disponibles. En effet, lorsque des participants réalisent une tâche périphérique nécessitant des ressources cognitives importantes alors que des visages sont présentés en vision centrale, l'activité supplémentaire de l'amygdale et du cortex visuel n'est plus observée pour les visages émotionnels comparés aux neutres (Pessoa et al., 2002). Ainsi, le traitement émotionnel implicite est en compétition avec les demandes attentionnelles explicites, qui réduisent le traitement privilégié des stimuli émotionnels lorsque les ressources cognitives engagées sont importantes (Blair et al., 2007; Hsu & Pessoa, 2007; Kanske & Kotz, 2011; McRae et al., 2010; Mitchell et al., 2007; Van Dillen, Heslenfeld, & Koole, 2009; Yates, Ashwin, & Fox, 2010). Ces derniers résultats remettent en question l'automatisme des traitements émotionnels, et suggèrent qu'il existe plusieurs facteurs susceptibles de moduler l'activité amygdalienne, autres que le niveau de traitement cognitif engagé (implicite ou explicite).

2.2. Régulation émotionnelle automatique

La régulation émotionnelle automatique se définit par des changements au niveau des affects, sans qu'une décision consciente ait été faite à ce sujet, et sans l'engagement de processus attentionnels ou contrôlés (Mauss, Bunge, et al., 2007). Dès l'enfance, et notamment à cause des normes socio-culturelles transmises, nous prendrions l'habitude de réguler spontanément nos émotions de façon implicite. En faveur de ce concept, une étude a montré que lorsque des participants sont amorcés avec des mots relatifs au contrôle des émotions, ils ressentent moins de colère que ceux ayant été amorcés avec des mots en rapport avec l'expression des émotions (Mauss, Cook, & Gross, 2007). La régulation automatique aurait les mêmes effets bénéfiques que la régulation contrôlée, mais sans les coûts associés (Bargh & Williams, 2007; Mauss, Cook, et al., 2007).

La régulation automatique peut prendre différentes formes. En fonction des habitudes prises tout au long de la vie, certaines stratégies peuvent s'automatiser et s'initier de façon inconsciente (e.g., réévaluation cognitive, suppression) (Gyurak, Gross, & Etkin, 2011). La régulation peut s'effectuer en dehors de la conscience si elle est favorable aux objectifs poursuivis, et elle est influencée par les différences individuelles en termes d'attitude vis-à-vis des émotions (Gyurak et al., 2011). Le simple fait de détecter une émotion exprimée par un visage peut augmenter l'activité du cortex préfrontal latéral et médian, suggérant la mise en route non-intentionnelle de processus de régulation (Hariri, Bookheimer, & Mazziotta, 2000; Lieberman, Hariri, Jarcho, Eisenberger, & Bookheimer, 2005). Ce dernier point rend parfois délicate la distinction entre processus de régulation et simple traitement perceptif de l'émotion, étant donné que toute situation d'ordre émotionnel est susceptible de déclencher automatiquement des processus de régulation.

Peu d'études ont été faites sur les corrélats cérébraux de la régulation émotionnelle automatique. La diminution de l'activité du cortex cingulaire subcallosal serait associée à la régulation implicite des réponses émotionnelles (e.g., modulation de la réponse) (Mauss, Bunge, et al., 2007). La régulation automatique appliquée sur les antécédents émotionnels activerait les portions latérales et médianes du cortex orbitofrontal, le cortex préfrontal latéral et ventromédian, le cortex cingulaire antérieur et postérieur, et les ganglions de la base (Mauss, Bunge, et al., 2007). L'activité du cortex préfrontal dorsolatéral, associée aux processus de régulation explicite (Hariri, Mattay, Tessitore, Fera, & Weinberger, 2003; Ochsner, Bunge, Gross, & Gabrieli, 2002), ne semble pas impliquée dans la régulation automatique.

En résumé, ces résultats dans leur ensemble laissent penser que le traitement des émotions tout comme leur régulation peut se dérouler de façon automatique, à l'insu de la

conscience. Nous verrons dans les chapitres suivants que cette distinction entre deux voies de traitement permet de modérer certaines atteintes associées au vieillissement normal, et représente un cadre d'étude intéressant de l'évolution des traitements émotionnels avec l'âge. La neuroimagerie fonctionnelle est une excellente méthode pour dévoiler les processus automatiques et contrôlés de traitement de l'émotion et leurs corrélats cérébraux. Une autre façon d'étudier l'automatisme des processus émotionnels concerne l'interaction entre émotion et attention. En effet, comme nous le verrons dans la section suivante, l'émotion provoque une capture attentionnelle rapide et automatique, avant l'accès à la conscience. Dans ce contexte, l'électroencéphalographie (EEG) permet une analyse fine du déroulement temporel du traitement émotionnel, ce qui en fait une méthode particulièrement pertinente pour dissocier les processus automatiques et plus contrôlés.

3. Emotion & attention

3.1. Capture automatique de l'attention par l'émotion

L'attention est le phénomène par lequel nous sélectionnons les informations pertinentes pour nous, au cœur du flux de stimulations qui nous parviennent en permanence. L'attention peut se définir selon deux facettes. L'attention dite exogène, automatique, ou ascendante, est orientée par les caractéristiques des stimuli. Il s'agit d'un outil adaptatif, permettant la détection et le traitement des événements biologiquement saillants. L'attention dite endogène, contrôlée, ou descendante, est dirigée par les objectifs internes, vers les événements ou stimuli que l'individu a consciemment choisi de traiter (Carretié, 2014).

Les stimuli émotionnels capturent automatiquement l'attention exogène (Carretié, 2014). Des études utilisant l'eye-tracking ont montré que nous avons tendance à orienter notre regard spontanément vers les informations émotionnelles (négatives et positives) plutôt que les neutres (Calvo & Lang, 2004; Nummenmaa, Hyona, & Calvo, 2006), et ce même lorsque nous avons pour consigne de regarder uniquement les images neutres (Nummenmaa et al., 2006). Les stimuli émotionnels sont aussi regardés plus longuement que les neutres (Bradley, Codispoti, Cuthbert, & Lang, 2001; Bradley & Lang, 2000; Lang, Bradley, & Cuthbert, 1998a, 1998b), et détectés plus rapidement (Ohman, Flykt, & Esteves, 2001). L'attraction de l'attention par l'émotion a été qualifiée de « attention motivée » (Bradley et al., 2003; Sabatinelli, Bradley, Fitzsimmons, & Lang, 2005). Les stimuli émotionnels seraient donc automatiquement considérés comme pertinents à cause de leur signification motivationnelle intrinsèque, ce qui entraînerait un engagement attentionnel plus important (Hajcak, MacNamara, & Olvet, 2010; Pourtois, Schettino, & Vuilleumier, 2013).

La modulation de l'attention par la présence d'une émotion est observable au niveau de l'activité cérébrale. L'EEG, et la technique des potentiels évoqués, représentent des méthodes de choix pour étudier le déroulement temporel du traitement émotionnel, des processus précoces et automatiques de capture attentionnelle aux processus plus conscients.

3.2. Potentiels évoqués

Les potentiels évoqués traduisent des modifications de l'activité électrique du système nerveux en réponse à des stimulations visuelles, auditives, sensitives, ou motrices. Ils sont mesurés grâce à l'EEG, dispositif permettant d'enregistrer l'activité électrique continue sur le scalp. Ils reflètent l'activité synchronisée de populations de neurones, et correspondent plus précisément à la somme des potentiels post-synaptiques (Hajcak et al., 2010). Ainsi, l'activité cérébrale est mesurée directement, contrairement à des techniques comme l'IRM. L'EEG enregistre des changements d'activité de l'ordre de la milliseconde : les potentiels évoqués ont donc une résolution temporelle exceptionnelle permettant d'évaluer des modifications précoces et très rapides de l'activité neuronale, ce qui en fait une technique idéale pour étudier des phénomènes automatisés.

La forme d'onde du potentiel évoqué se caractérise par une séquence de déviations positives et négatives, les composantes. Elles ont trois caractéristiques principales :

- L'amplitude (μV) désigne la grandeur de l'onde : une amplitude élevée reflétera une synchronisation neuronale importante, et donc une activité cérébrale forte.
- La latence (msec) désigne l'intervalle de temps entre la présentation de l'évènement-stimulus jusqu'au pic maximal d'amplitude de l'onde. La latence représenterait la vitesse de traitement, c'est-à-dire le temps nécessaire à détecter et évaluer un stimulus cible (Polich, 2007).
- La polarité de l'onde (positive, négative) traduit le sens de la différence de potentiel électrique.

Les potentiels évoqués sont qualifiés d'affectifs si les événements les ayant engendrés sont d'ordre émotionnel. De manière générale, il est admis que les composantes observables avant 300 msec post-stimulus reflètent plutôt des processus automatiques, et majoritairement inconscients, de traitement perceptuel des stimuli. Les ondes visibles après 300 - 400 ms caractérisent des traitements plus conscients. Les potentiels évoqués affectifs sont modulés par l'émotion à différentes étapes de traitement, et ce dès les étapes les plus précoces, appuyant les résultats comportementaux décrits précédemment dans lesquels une capture automatique de

l'attention par l'émotion était rapportée. Les différentes composantes traditionnellement observées au niveau du potentiel évoqué affectif seront détaillées dans le **Chapitre 8** (page 125).

4. Synthèse du Chapitre 2

Une littérature substantielle suggère l'existence de deux voies de traitement de l'émotion : une voie automatique/inconsciente/implicite, et une voie contrôlée/consciente/explicite. Les tâches dites implicites et explicites permettent de manipuler le niveau de traitement cognitif, et d'invoquer respectivement des processus automatiques ou contrôlés. Ces deux types de processus semblent reposer sur des réseaux cérébraux différents, bien que des divergences existent dans la littérature. Ces divergences pourraient en partie être dues aux multiples émotions utilisées entre études, car la sensibilité des structures cérébrales varie selon l'émotion concernée : il est donc possible que les réseaux de traitement implicite et explicite présentent des différences selon les émotions choisies.

Le traitement de l'émotion démarrerait automatiquement en présence de tout stimulus possédant une charge affective. Les réseaux cérébraux s'activant en premier seraient donc ceux associés aux processus de traitement émotionnel automatique, et majoritairement inconscients. La connexion entre ces réseaux et ceux des traitements émotionnels explicites est actuellement une question en suspens. Une première théorie serait de supposer que ces deux réseaux sont relativement dissociés et fonctionnent en parallèle. La seconde hypothèse propose que ces réseaux feraient plutôt partie d'un même continuum, et que les activations liées aux processus contrôlés s'ajouteraient à celles des processus automatiques. Nous avons testé ces hypothèses dans l'étude 1 (**Chapitre 6**, page 80).

L'EEG et les potentiels évoqués affectifs permettent également l'étude des processus automatiques et contrôlés. Ces méthodes sont particulièrement utiles pour évaluer le décours temporel du traitement d'un même stimulus, de sa détection automatique à sa conscientisation. Les composantes très précoces et intermédiaires reflèteraient des processus plus automatisés, et les composantes tardives traduiraient des processus de plus en plus contrôlés. Les différentes composantes seront détaillées dans l'introduction de l'étude 3, présentée dans le **Chapitre 8** (page 125).

Ces deux premiers chapitres nous ont permis de poser les bases d'un fonctionnement émotionnel standard chez le sujet jeune. Nous allons maintenant aborder l'évolution de ces processus avec l'avancée en âge, avec l'hypothèse générale que les spécificités de traitement émotionnel des sujets âgés seraient modulées par le niveau de traitement cognitif engagé. Les

caractéristiques du vieillissement émotionnel seront étudiées au travers de la distinction entre processus automatiques et contrôlés, selon les trois domaines principaux qui présentent des différences avec l'avancée en âge :

- La reconnaissance des expressions faciales émotionnelles (**Chapitre 3**, page 32),
- L'interaction entre émotion et attention (via l'effet de positivité lié à l'âge ; **Chapitre 4**, page 45),
- La régulation émotionnelle (**Chapitre 5**, page 59).

Chapitre 3 – Atteintes et préservations des traitements émotionnels dans le vieillissement normal

Le vieillissement normal se caractérise par des atteintes, mais également la préservation de certaines compétences. Une atteinte différentielle affecte en particulier le traitement des expressions faciales émotionnelles, qui présente une dissociation entre émotions atteintes et préservées avec l'avancée en âge. Dans ce Chapitre, la distinction entre processus automatiques et contrôlés sera discutée comme un potentiel facteur modulateur des changements observés chez les aînés, notamment au niveau du traitement des expressions faciales émotionnelles.

1. Impact du vieillissement sur le traitement des expressions faciales émotionnelles

Nous avons vu en introduction de cette thèse que certaines aires cérébrales associées aux processus émotionnels seraient relativement préservées au cours du vieillissement normal. Toutefois, les processus émotionnels et les réseaux fonctionnels qui y sont associés évoluent : des déficits émergent, mais également certains progrès.

Des difficultés apparaissent lors de tâches explicites de reconnaissance d'expressions faciales émotionnelles dès l'âge de 40 ans (Calder et al., 2003). Les personnes âgées détectent en effet moins bien les expressions faciales de peur, de colère, et de tristesse, par rapport aux jeunes adultes (Calder et al., 2003; Isaacowitz et al., 2007; Keightley, Winocur, Burianova, Hongwanishkul, & Grady, 2006; MacPherson, Phillips, & Della Sala, 2002, 2006; Phillips, Maclean, & Allen, 2002; Sullivan & Ruffman, 2004; Sullivan, Ruffman, & Hutton, 2007; Suzuki, Hoshino, Shigemasa, & Kawamura, 2007). La colère et la tristesse sont difficiles à reconnaître par les personnes âgées quelle que soit la modalité d'expression : visage, voix, ou attitude corporelle (Ruffman, Henry, Livingstone, & Phillips, 2008). L'importante atrophie orbito-frontale peut expliquer les difficultés à identifier la colère (Grieve et al., 2005; Lamar & Resnick, 2004; Rajah & D'Esposito, 2005; Tisserand et al., 2002), ainsi que l'activité amygdalienne réduite observée chez les personnes âgées face à cette émotion (Fischer et al., 2005). La perte de volume cérébral au niveau du lobe temporal médian et de l'hippocampe pourraient expliquer les difficultés de reconnaissance en général (Burke & Barnes, 2006). Néanmoins, lorsque les expressions faciales sont traitées de façon implicite, le traitement de toutes les émotions semble

préservé chez les personnes âgées, y compris les émotions négatives (paradigmes d'amorçage ; Garcia-Rodriguez, Fusari, Rodriguez, Hernandez, & Ellgring, 2009; LaBar et al., 2005).

En parallèle, la reconnaissance explicite d'autres émotions est préservée, voir améliorée, au cours du vieillissement normal. Les personnes âgées identifient mieux le dégoût que les jeunes adultes (Calder et al., 2003; Keightley et al., 2006; MacPherson et al., 2002; Phillips et al., 2002; Ruffman et al., 2008; Sullivan & Ruffman, 2004; Suzuki et al., 2007). Cette stabilité dans le temps de la reconnaissance du dégoût serait associée à la bonne préservation des ganglions de la base (Raz, 2000). L'identification de la joie est également préservée (Calder et al., 2003; Keightley et al., 2007; MacPherson et al., 2002; Sullivan & Ruffman, 2004; Sullivan et al., 2007; Suzuki et al., 2007). Le réseau cérébral de traitement de la joie change peu avec le vieillissement, et se caractérise quel que soit l'âge par une activation du cortex préfrontal ventro-médian et le gyrus lingual, et une baisse d'activité dans le gyrus cingulaire antérieur dorsal (Keightley et al., 2007).

2. Apport de la distinction entre processus implicites et explicites dans l'étude du vieillissement émotionnel

Nous avons vu que la reconnaissance explicite des expressions faciales négatives était altérée dans le vieillissement normal. Or, lorsque les processus émotionnels sont évalués avec des tâches implicites, le traitement de toutes les émotions semble préservé chez les personnes âgées (Garcia-Rodriguez et al., 2009; LaBar et al., 2005). Le fait que les performances aux tâches explicites paraissent dissociées de celles observées lors de tâches implicites suggère que le niveau de traitement cognitif engagé pourrait être un facteur modulateur des déficits observés au cours du vieillissement normal.

Plusieurs études vont effectivement dans le sens d'une meilleure préservation des processus automatiques par rapport aux processus contrôlés au cours du vieillissement, notamment au niveau de la mémoire. La mémoire peut être testée :

- de façon directe et explicite, dans des tâches reposant sur des processus contrôlés de récupération consciente d'un apprentissage ultérieur (e.g., rappel libre, reconnaissance, rappel indicé) ;
- de façon indirecte et implicite, avec des tâches invoquant des processus automatiques et ne nécessitant pas de récupération consciente (e.g., complétion de fragment de mots).

Les personnes âgées sont désavantagées par rapport aux jeunes adultes sur les tâches de mémoire explicite reposant sur du rappel de mots, mais peu de différences sont observées entre groupe d'âges sur les tâches implicites utilisant un matériel similaire (Ikier, Yang, & Hasher, 2008; Jennings & Jacoby, 1993; Schmitter-Edgecombe, 1999; Titov & Knight, 1997; Vanderaspoilden, Adam, der Linden, & Morais, 2007). Le déclin des performances en mémoire explicite commencerait dès le milieu de la vie, entre 40 et 50 ans (Titov & Knight, 1997). Des résultats semblables ont été observés avec un protocole reposant sur la mémorisation implicite et explicite de musiques à connotation émotionnelle (Narme, Peretz, Strub, & Ergis, 2016). Toutefois, un léger déficit chez les personnes âgées par rapport aux jeunes adultes est rapporté dans la condition implicite, bien qu'il soit plus faible que l'effet observé en condition explicite (Narme et al., 2016).

Le résultat inverse a parfois été rapporté dans la littérature, c'est-à-dire l'apparition d'une atteinte des processus automatiques mais pas des contrôlés. Alain, McDonald, Ostroff, et Schneider (2004) ont utilisé une tâche de discrimination sonore où les participants devaient activement détecter, ou passivement écouter, des bandes sonores ponctuées de cibles déviantes. Ils ont montré que les personnes âgées avaient plus de difficultés que les jeunes adultes à déceler automatiquement des changements au cours d'un flux sonore homogène. Ce déclin serait toutefois compensé par l'implication des processus contrôlés dans la tâche de détection active, où adultes jeunes et âgés présentent des performances similaires (Alain et al., 2004). D'après certains auteurs, les personnes âgées privilégieraient la précision plutôt que la vitesse de traitement, ce qui reflèterait l'implémentation d'une approche stratégique, coûteuse, et contrôlée (Carriere, Cheyne, Solman, & Smilek, 2010; Staub, Doignon-Camus, Marques-Carneiro, Bacon, & Bonnefond, 2015). Toutefois, ce mode de traitement contrôlé aurait des effets opposés sur la performance selon la nature de la tâche, justifiant certaines différences entre études (Staub et al., 2015).

La dernière possibilité, moins rapportée, est que les processus contrôlés pourraient s'améliorer avec l'avancée en âge. Lors de la recherche visuelle d'une cible parmi des distracteurs, les personnes âgées arrivent mieux que les jeunes adultes à inhiber l'influence distractive d'expressions faciales de colère (Hahn, Carlson, Singer, & Gronlund, 2006). Les auteurs concluent que les personnes âgées utiliseraient de manière plus performante les processus contrôlés d'inhibition (Hahn et al., 2006). Or, la colère est une des émotions les moins bien reconnues par les personnes âgées (pour une revue, voir Ruffman et al., 2008). Les résultats observés pourraient donc traduire un déficit de détection de cette émotion, plutôt qu'une amélioration des capacités d'inhibition, qui sont en général considérées comme diminuées dans le vieillissement (pour une revue, voir Cabeza & Dennis, 2013).

En accord avec les résultats observés lors du traitement implicite et explicite des expressions faciales émotionnelles, la majorité des études présentées va donc plutôt dans le sens d'une préservation des processus automatiques, et d'une atteinte des processus contrôlés, chez les personnes âgées. Nous avons vu précédemment que les traitements émotionnels implicites et explicites reposaient sur des réseaux cérébraux partiellement distincts chez le sujet jeune. Les résultats comportementaux observés chez le sujet âgé devraient se refléter différemment sur chacun de ces réseaux, traduisant les préservations ou atteintes des processus considérés.

3. Evolution des réseaux cérébraux des traitements émotionnels implicites et explicites

Pour réaliser cette revue, nous nous sommes focalisés sur les études réalisées en IRM fonctionnelle, fournissant les résultats d'une comparaison statistique entre sujets jeunes et âgés, et reposant sur la perception implicite ou explicite de stimuli émotionnels visuels. Une liste de ces études, ainsi qu'un résumé de leur design et résultats, est disponible dans le **Tableau 2** (page 38).

Lorsque les participants doivent explicitement reconnaître des expressions faciales émotionnelles, les personnes âgées présentent une activité accrue dans les régions frontales médianes, ventrales, dorso-latérales et ventro-latérales, par rapport aux jeunes adultes (Gunning-Dixon et al., 2003; Tessitore et al., 2005). À l'inverse, l'activité est réduite chez les sujets âgés dans l'amygdale droite, et la partie postérieure des gyri fusiformes droit et gauche (Gunning-Dixon et al., 2003; Tessitore et al., 2005). Les adultes âgés ont eu des difficultés à reconnaître les expressions faciales positives et négatives dans l'une de ces études (Gunning-Dixon et al., 2003), mais la seconde rapporte des performances de reconnaissance équivalentes entre groupes, pour des visages menaçants et effrayés (Tessitore et al., 2005). Il n'est donc pas clair si les différences fonctionnelles observées aident les personnes âgées à améliorer leur performance ou non. De plus, ces différences impliquent des aires qui ne sont pas spécifiquement associées au traitement émotionnel explicite : le gyrus fusiforme est responsable de la reconnaissance des visages (Haxby, Hoffman, & Gobbini, 2000; Pourtois, Spinelli, Seeck, & Vuilleumier, 2010), et l'amygdale s'activerait également lors des traitements émotionnels automatiques (Adolphs et al., 1999; Critchley et al., 2000). Enfin, les études reposant sur des photographies de scènes émotionnelles rapportent des résultats semblables à celles sur les expressions faciales, c'est-à-dire que face à ces stimuli les personnes âgées présentent une activité amygdalienne réduite par rapport aux jeunes adultes, et des activations frontales

supplémentaires (gyrus frontal supérieur droit, gyrus frontal médian, ainsi que le noyau caudé droit et le thalamus gauche) (Mather et al., 2004; St Jacques et al., 2010b).

À notre connaissance, la seule étude comparant l'activité cérébrale d'adultes jeunes et âgés au cours d'une tâche implicite rapporte une activité limbique réduite avec l'avancée en âge, au niveau de l'amygdale gauche lors du traitement de visages négatifs, et du gyrus parahippocampique droit pour des visages positifs (Iidaka et al., 2002). Les personnes âgées ne présentent pas d'activations supplémentaires comparées aux plus jeunes dans cette étude, et aucune différence de performance n'a été observée entre groupes (tâche de jugement de genre). Gunning-Dixon et collaborateurs (2003) ont également proposé une tâche implicite à leurs participants, mais aucune comparaison statistique n'a été réalisée entre groupes d'âge sur les activations cérébrales liées à cette tâche.

Lors de la vision passive d'expressions faciales négatives (colère, peur), les personnes âgées recrutent moins l'amygdale bilatérale, le cortex temporal inférieur bilatéral, et les ganglions de la base (Fischer et al., 2005; Williams et al., 2006; Wright, Dickerson, Feczko, Negeira, & Williams, 2007; Wright, Wedig, Williams, Rauch, & Albert, 2006), mais elles activent plus l'insula droite et le cortex préfrontal médian bilatéral, que les jeunes adultes (Fischer et al., 2005; Williams et al., 2006). Une de ces études observe une dégradation de la reconnaissance des émotions négatives avec l'âge (Williams et al., 2006), alors que les autres rapportent une performance semblable entre groupes (Fischer et al., 2005; Wright et al., 2007; Wright et al., 2006). Il est difficile de faire un lien direct entre les différences cérébrales observées entre groupes et les résultats comportementaux dans ce type d'études, étant donné que les tâches de reconnaissance sont effectuées en dehors de l'acquisition fonctionnelle. L'implication accrue du cortex préfrontal médian a toutefois été associée à une augmentation de la stabilité émotionnelle avec l'avancée en âge (Williams et al., 2006). Enfin, il est à noter que l'implication des processus automatiques et contrôlés dans des tâches de vision passive est délicate à interpréter, étant donné que ce type de protocole laisse à chaque participant la liberté de s'attarder sur les aspects émotionnels ou non des stimuli sans que cela puisse être vérifié.

Dans leur ensemble, ces observations laissent penser que comparées aux jeunes adultes, les personnes âgées s'appuient plus sur le cortex frontal lors du traitement explicite des expressions faciales émotionnelles, et recrutent moins de structures limbiques (amygdale, hippocampe) à la fois dans les protocoles explicites et implicites. Chaque groupe d'âge utilise donc des réseaux cérébraux différents pour traiter les émotions, mais l'impact de ces changements sur la performance des sujets âgés reste à clarifier. Plutôt que de se focaliser sur une émotion spécifique, certaines études ont évalué l'activité cérébrale associée à une «

condition émotionnelle », combinant des émotions préservées et atteintes chez les sujets âgés (Gunning-Dixon et al., 2003; Iidaka et al., 2002; Tessitore et al., 2005). Il est donc difficile de conclure sur l'impact des modifications cérébrales observées au cours du vieillissement : sont-elles associées à un meilleur ou moins bon traitement de quelle(s) émotion(s) ? Il existe actuellement plusieurs modèles du vieillissement cérébral, émotionnel ou non, proposant des interprétations aux changements cérébraux observés.

Tableau 2. Etudes en IRM fonctionnelle du traitement émotionnel, comparant les patterns d'activations cérébrales de sujets jeunes et âgés, et reposant sur la perception de stimuli émotionnels visuels (adapté et complété à partir de St Jacques et al., 2009).

Auteurs	Stimuli	Tâches	JA > PA	PA > JA	Résultats comportementaux
St. Jacques et al., 2010	Images (IAPS)	Tâche explicite d'évaluation émotionnelle	<u>Images négatives > neutres :</u> Cortex occipital bilatéral	Gyrus frontal supérieur droit Gyrus frontal médian Noyau caudé droit Thalamus gauche	Evaluation de la valence : Nég. : JA > PA Neutre : JA = PA
Mather et al., 2004*	Images (IAPS)	Tâche explicite d'évaluation émotionnelle	<u>Images négatives > contrôle :</u> Amygdale bilatérale <u>Images positives > contrôle :</u> <i>Pas d'activations supplémentaires</i>	<i>Pas d'activations supplémentaires</i> <i>Pas d'activations supplémentaires</i>	Evaluation de l'activation : Nég. : JA > PA Neutre : JA = PA Pos. : JA = PA
Gunning Dixon et al., 2003	EFE (joie, colère, tristesse, dégoût, neutre, peur)	Tâche explicite de reconnaissance d'EFE + tâche implicite d'évaluation de l'âge des EFE	<u>Explicite (toutes émotions) > implicite (toutes émotions)** :</u> Amygdale droite	Gyrus frontal dorso-latéral gauche Gyrus frontal ventro-latéral gauche	RC toutes émotions : JA > PA
Tessitore et al., 2005	EFE (colère, menace)	Tâche explicite d'appariement d'EFE	<u>Colère + menace > contrôle :</u> Amygdale droite Gyrus fusiforme postérieur bilatéral	Gyrus préfrontal ventral bilatéral Gyrus préfrontal médian gauche	RC : JA = PA TR : JA < PA
Iidaka et al., 2002	EFE (colère, tristesse, joie)	Tâche implicite de discrimination de genre	<u>Colère + tristesse > contrôle :</u> Amygdale gauche <u>Joie > contrôle :</u> Gyrus parahippocampique droit Gyrus lingual droit	<i>Pas d'activations supplémentaires</i> <i>Pas d'activations supplémentaires</i>	RC genre : JA = PA

Gyrus angulaire droit					
Fischer et al., 2005	EFE (colère, neutre)	Vision passive	<u>Colère > neutre :</u> Amygdale droite	Insula droite	RC Colère : JA = PA***
Williams et al., 2006*	EFE (peur, neutre)	Vision passive	<u>Peur > neutre :</u> Amygdale gauche Ganglions de la base bilatéraux	Gyrus frontal médian bilatéral	RC peur : JA > PA***
Wright et al., 2006*	EFE (peur, neutre)	Vision passive	<u>Peur > neutre :</u> Cortex temporal inférieur bilatéral	<i>Pas d'activations supplémentaires</i>	RC peur : JA = PA***
Wright et al., 2007*	EFE (peur, neutre)	Vision passive	<u>Peur > neutre :</u> Cortex temporal inférieur bilatéral	<i>Pas d'activations supplémentaires</i>	RC peur : JA = PA***

Note. EFE : expressions faciales émotionnelles. JA = jeunes adultes. PA = personnes âgées. RC = réponses correctes. TR = temps de réaction. « JA > PA » : désigne le contraste statistique réalisé afin de faire ressortir les structures cérébrales plus activées chez les sujets jeunes par rapport aux sujets âgés. « PA > JA » : désigne le contraste statistique réalisé afin de faire ressortir les structures cérébrales plus activées chez les sujets âgés par rapport aux sujets jeunes.

*Etudes ayant réalisé des analyses par région d'intérêt.

**Le contraste inverse n'est pas disponible pour la comparaison directe entre groupes d'âges.

***Dans les protocoles de vision passive en imagerie, la tâche de reconnaissance des EFE est réalisée en dehors de l'acquisition.

4. Modèles du vieillissement cérébral

De nombreuses théories ont été proposées afin d'interpréter la nature des changements cérébraux associés à l'avancée en âge, et leur impact comportemental. Deux grandes interprétations sont récurrentes à travers les modèles du vieillissement : les changements fonctionnels sont considérés soit comme des phénomènes compensatoires, soit comme le reflet d'une dédifférenciation cérébrale.

L'hypothèse compensatoire suppose que les patterns d'activation observés chez le sujet âgé émergeraient afin de contrer le déclin neurocognitif, et permettraient aux personnes âgées d'améliorer leur performance, jusqu'à éventuellement maintenir un niveau de performance équivalent aux jeunes adultes, pour une tâche donnée. Une revue de littérature reposant sur 80 articles a conclu que 70 % des études seraient favorables à la compensation, suggérant que les activations cérébrales supplémentaires, en particulier dans le lobe frontal, entraîneraient de meilleures performances cognitives chez les personnes âgées (Eyler, Sherzai, Kaup, & Jeste, 2011). Toutefois, il arrive que les tentatives de compensation représentées par les activations différentielles des sujets âgés soient inefficaces, et ne se traduisent donc pas par une amélioration de la performance (Reuter-Lorenz & Lustig, 2005).

En parallèle, l'hypothèse de la dédifférenciation prédit que les changements observés reflèteraient des difficultés à recruter des réseaux neuronaux spécialisés, et se traduiraient ainsi par une baisse de performance avec l'avancée en âge (Cabeza, Anderson, Locantore, & McIntosh, 2002). En effet, la suractivation cérébrale pourrait refléter un recrutement non-sélectif (Cabeza & Dennis, 2013; Reuter-Lorenz & Lustig, 2005) et prédirait le déclin cognitif sous-jacent (Persson et al., 2006; Reuter-Lorenz & Park, 2010).

Dans le cadre de la théorie compensatoire, l'augmentation d'activité préfrontale des sujets âgés a souvent été couplée à une réduction d'activation des régions cérébrales postérieures, notamment occipitales (Grady et al., 1994). D'après le **modèle PASA** (Posterior-Anterior Shift in Aging ; Davis, Dennis, Daselaar, Fleck, & Cabeza, 2008), ce phénomène naîtrait d'une tentative de compensation des déficits perceptifs, notamment visuels, en recrutant des processus cognitifs de plus haut niveau (Grady et al., 1994; Grady, McIntosh, Horwitz, & Rapoport, 2000). Cette transition de l'activité cérébrale postérieure vers une activité plus antérieure a été observée pour de nombreuses fonctions cognitives comme la perception visuelle, l'attention, la mémoire de travail, la résolution de problèmes, l'encodage, et la récupération en mémoire (pour revue, voir Cabeza & Dennis, 2013).

Le **modèle HAROLD** (Hemispheric Asymmetry Reduction in OLder adults ; Cabeza, 2002) est né de l'observation que l'activité du cortex préfrontal était moins latéralisée chez le sujet âgé par rapport au sujet jeune. D'après ce modèle, l'hémisphère controlatéral soutiendrait l'hémisphère naturellement dominant pour une tâche donnée, résultant dans une réduction de l'asymétrie cérébrale chez les personnes âgées. Cet effet a été initialement observé dans des tâches cognitives qui activent le cortex préfrontal de façon asymétrique chez le jeune adulte, par exemple lors de la récupération en mémoire épisodique (Backman et al., 1997; Cabeza et al., 1997; Grady, Bernstein, Beig, & Siegenthaler, 2002; Madden et al., 1999) et sémantique (Logan, Sanders, Snyder, Morris, & Buckner, 2002; Morcom, Good, Frackowiak, & Rugg, 2003; Stebbins et al., 2002), la mémoire de travail (Reuter-Lorenz et al., 2000), la perception (Grady et al., 1994; Grady et al., 2000), et l'inhibition (Garavan, Ross, & Stein, 1999; Nielson, Langenecker, & Garavan, 2002). Une réduction similaire de l'asymétrie chez le sujet âgé a également été observée pour le cortex pariétal (Angel, Fay, Bouazzaoui, Granjon, & Isingrini, 2009; Angel, Fay, Bouazzaoui, & Isingrini, 2011; Grady et al., 2002; Nielson et al., 2002), la région occipitale (Berlingeri, Danelli, Bottini, Sberna, & Paulesu, 2013), le lobe temporal (Bellis, Nicol, & Kraus, 2000; Berlingeri et al., 2013; Grady et al., 2002), et l'hippocampe (Maguire & Frith, 2003). Le modèle propose que le processus à l'origine de ce phénomène pourrait être soit de nature compensatoire, et améliorer les performances des sujets âgés, soit refléter une dédifférenciation cérébrale, qui se traduirait donc par une baisse de performance.

Le **modèle CRUNCH** (Compensation-Related Utilization of Neural Circuits Hypothesis ; Reuter-Lorenz & Cappell, 2008; Reuter-Lorenz & Park, 2010) a été proposé afin d'intégrer les observations reportées précédemment, et rendre compte des patterns de suractivation et sous-activation fréquemment observés dans le vieillissement. Le modèle postule que le déclin de l'efficacité cérébrale pousserait les adultes âgés à recruter toutes leurs ressources neuronales pour réaliser des tâches de bas niveau, laissant peu de ressources disponibles pour effectuer des tâches plus complexes. Les personnes âgées sont donc susceptibles de présenter une suractivation (incluant un recrutement frontal et/ou bilatéral) lorsque la tâche nécessite peu de ressources cognitives pour être réalisée, alors que les jeunes adultes présentent des activations plus focales. Lorsque la charge cognitive augmente, l'activité cérébrale des jeunes adultes augmente ou se latéralise, alors que les personnes âgées avaient déjà atteint le seuil maximum d'activité lorsque la tâche nécessitait peu de ressources. Ils présentent alors une sous-activation et un déclin de la performance.

Enfin, trois modèles ont été spécifiquement proposés pour rendre compte de l'évolution des activations cérébrales lors des traitements émotionnels, en lien avec les performances comportementales des sujets âgés. L'augmentation d'activité dans les régions frontales et la

réduction d'activité amygdalienne observées chez les personnes âgées face à des stimuli émotionnels a été conceptualisée dans le **modèle FADE** (Frontoamygdalar Age-related Differences in Emotion ; St Jacques, Bessette-Symons, & Cabeza, 2009). D'après ce modèle, l'activité frontale accrue pourrait refléter un mécanisme compensatoire, un processus de régulation émotionnelle, ou les deux (St Jacques et al., 2010b). En parallèle, le **Right Hemi-Aging Model** (Dolcos, Rice, & Cabeza, 2002) postule que l'hémisphère droit serait plus sujet au déclin que l'hémisphère gauche. Les fonctions associées à l'hémisphère droit seraient donc particulièrement touchées dans le vieillissement. L'hypothèse de valence (Davidson, 1992; Davidson et al., 1990) suggère que les émotions agréables seraient plutôt traitées par l'hémisphère gauche, et les émotions désagréables par le droit. Une atteinte spécifique de l'hémisphère droit justifierait donc les difficultés des personnes âgées à reconnaître les émotions négatives (Calder et al., 2003; Isaacowitz et al., 2007; Keightley et al., 2006; MacPherson et al., 2002, 2006; Phillips et al., 2002; Sullivan & Ruffman, 2004; Sullivan et al., 2007; Suzuki et al., 2007). Selon le **Aging Brain Model** (Cacioppo, Berntson, & Hawkey, 2011), ces difficultés seraient plutôt dues à une importante atrophie amygdalienne. Ce modèle rencontre peu de succès en comparaison avec d'autres, étant donné que l'atteinte amygdalienne n'est pas avérée dans le vieillissement. De plus, l'amygdale étant sensible à la saillance émotionnelle (Lindquist et al., 2012), elle s'active également pour les émotions positives, dont la reconnaissance est très bien préservée chez les personnes âgées.

Comme le suggère la cohabitation entre ces différents modèles, la nature des modifications cérébrales rencontrées au cours du vieillissement est un sujet de débat prolifique. Seuls les modèles FADE, « Right Hemi-Aging model », et « Aging brain model », proposent des cadres d'interprétation spécifiques aux traitements émotionnels. Les modèles PASA, HAROLD, et CRUNCH, peuvent s'appliquer au vieillissement émotionnel, bien qu'ils aient été peu évalués dans ce domaine. Le modèle FADE paraît particulièrement pertinent pour évaluer l'évolution des processus émotionnels avec l'avancée en âge, car il est proche des résultats rapportés dans la littérature. Dans le cadre de ce modèle, chez le sujet âgé, les traitements émotionnels automatiques pourraient être associés à une augmentation compensatoire de l'activité frontale, mais pas les processus contrôlés, reflétant une moins bonne performance.

5. Synthèse du Chapitre 3

Des modifications des processus émotionnels, au niveau comportemental et cérébral, apparaissent au cours du vieillissement normal. La reconnaissance des expressions faciales émotionnelles en particulier présente des atteintes différentielles. En effet, la capacité à

reconnaître explicitement le dégoût et la joie semble préservée chez les personnes âgées, alors qu'elles ont des difficultés à reconnaître les émotions négatives (peur, colère, tristesse). Néanmoins, lorsque le traitement émotionnel est évalué avec des tâches implicites, la détection de toutes les émotions, même négatives, paraît préservée. Ces résultats laissent penser que les atteintes liées à l'âge pourraient être modulées par le niveau de traitement cognitif engagé, avec l'idée que les processus automatiques seraient mieux préservés que les processus contrôlés. Parallèlement à ces études sur la reconnaissance, plusieurs recherches réalisées sur la mémoire, émotionnelle ou non, appuient cette hypothèse en rapportant fréquemment une atteinte de la mémoire explicite couplée à une mémoire implicite préservée chez les aînés, comparés aux plus jeunes.

Ces différences de performances entre groupes d'âge pourraient s'expliquer par l'utilisation de réseaux cérébraux différents pour traiter les émotions. Les résultats en neuroimagerie fonctionnelle laissent penser que comparées aux jeunes adultes, les personnes âgées s'appuieraient plus sur le cortex frontal lors du traitement explicite des expressions faciales émotionnelles, et recruteraient moins de structures limbiques (amygdale, hippocampe) à la fois dans les protocoles explicites et implicites. Toutefois, les études divergent quant à l'interprétation du lien entre ces changements cérébraux et la performance des sujets âgés. Ces divergences s'expliqueraient en partie par la grande variété d'émotions utilisées entre études, et les combinaisons d'émotions préservées et atteintes chez les sujets âgés. Afin de conclure sur l'impact comportemental des modifications cérébrales liées à l'âge, il semble nécessaire de se focaliser sur des émotions spécifiques afin de pouvoir faire le lien avec la qualité de leur reconnaissance. De plus, à notre connaissance, aucune étude en neuroimagerie n'a étudié les différences entre sujets jeunes et âgés à la fois sur une tâche explicite et implicite, dans un même protocole.

Plusieurs modèles ont été proposés afin d'expliquer la nature des changements cérébraux observés avec l'avancée en âge. Deux grandes interprétations sont récurrentes dans la littérature, c'est-à-dire que ces modifications pourraient jouer soit un rôle compensatoire, soit traduire un phénomène de dédifférentiation cérébrale. Trois modèles en particulier – FADE, le « Right Hemi-Aging model », et le « Aging brain model », proposent des explications spécifiques aux traitements émotionnels. Le modèle FADE part du postulat qu'avec l'avancée en âge, l'activité amygdalienne diminuerait et l'activité frontale augmenterait face à des stimuli émotionnels. L'activité frontale accrue traduirait des processus adaptés, c'est-à-dire soit un mécanisme compensatoire, soit un processus de régulation émotionnelle, voir les deux. Ce modèle paraît intéressant pour évaluer l'effet modulateur du niveau de traitement cognitif sur les spécificités de traitement émotionnel des aînés, car il est proche des résultats rapportés dans

la littérature à la fois pour les traitements émotionnels implicites et explicites. Selon ce modèle, les traitements émotionnels automatiques pourraient être associés à une augmentation compensatoire de l'activité frontale chez les sujets âgés, liée à la préservation du traitement automatique de l'émotion, mais pas les processus contrôlés, justifiant une moins bonne performance de reconnaissance.

Ainsi, la distinction entre processus implicites/automatiques et explicites/contrôlés permettrait d'appréhender l'hétérogénéité des résultats rapportés dans la littérature chez le sujet âgé. Dans le cadre d'interprétation proposé par le modèle FADE, l'étude 1 (**Chapitre 6**, page 80) a été réalisée afin de clarifier le lien entre modifications cérébrales et performances de reconnaissance chez le sujet âgé comparé aux jeunes adultes, dans un protocole comportant à la fois une tâche de reconnaissance explicite et une tâche implicite.

Chapitre 4 – L'effet de positivité lié à l'âge

Dans le chapitre précédent, nous avons défendu l'idée selon laquelle la distinction entre processus implicites et explicites pouvait apporter une explication aux atteintes différentielles du traitement des expressions faciales émotionnelles chez le sujet âgé. La prise en compte de cette distinction est également intéressante dans le cadre d'un second phénomène central dans le vieillissement normal : l'effet de positivité. Ce phénomène se définit par un traitement privilégié de certaines valences émotionnelles avec l'avancée en âge. Plusieurs hypothèses existent au sujet des mécanismes sous-jacents à l'effet de positivité, dont la nature automatique ou contrôlée sera débattue dans ce chapitre.

1. Définition

Alors que les jeunes adultes ont tendance à privilégier les informations négatives comparativement aux informations positives et neutres, les personnes âgées se focaliseraient plus sur les informations positives (Carstensen & Mikels, 2005; Charles, Mather, & Carstensen, 2003; Mather & Carstensen, 2005; Reed & Carstensen, 2012; Reed, Chan, & Mikels, 2014). L'apparition de ce traitement privilégié des émotions positives avec l'avancée en âge a été observée dans différents domaines comme la mémoire, l'attention, et le jugement émotionnel (voir section 2. de ce chapitre).

Les termes « effet de positivité » et « biais de positivité » sont parfois utilisés de manière équivalente pour désigner ce phénomène, or ils peuvent faire référence à des concepts distincts. À l'origine, l'effet de positivité désigne la différence relative entre sujets jeunes et âgés dans le traitement des stimuli positifs comparé à celui des négatifs (Carstensen & Mikels, 2005; Charles et al., 2003; Mather & Carstensen, 2003, 2005; Reed & Carstensen, 2012; Reed et al., 2014). Le terme « biais » désigne un traitement biaisé en faveur d'un type d'information par rapport à un autre. Dans la pratique, un effet de positivité peut se traduire chez les aînés par un traitement augmenté des informations positives comparé à celui des neutres ou des négatives (biais de positivité), *et/ou* un traitement diminué des informations négatives comparées aux neutres (biais de négativité réduit), par rapport aux jeunes adultes (Reed & Carstensen, 2012). La façon dont l'effet de positivité se révèle est donc dépendante de la méthodologie choisie, et des conditions émotionnelles qui sont comparées entre elles (positive, négative, neutre). Le **Tableau**

3 ci-dessous illustre quelques exemples, présents dans la littérature, de comparaisons possibles ayant permis de révéler des effets de positivité.

Tableau 3. Formalisations mathématiques illustrant les comparaisons généralement réalisées afin de révéler des effets de positivité (selon les deux aspects : biais de positivité, biais de négativité réduit) chez les personnes âgées, comparées aux jeunes adultes.

Effet observé chez les PA comparés aux JA	Comparaisons effectuées (mesures abstraites)
Biais de positivité	PA (positif - négatif) - JA (positif - négatif)
	PA (positif - neutre) - JA (positif - neutre)
	PA (positif) - JA (positif)
Réduction d'un biais de négativité	PA (négatif - neutre) - JA (négatif - neutre)
	PA (négatif) - JA (négatif)

Notes. PA = personnes âgées ; JA = jeunes adultes.

C'est la différence relative entre groupes d'âges qui permet de révéler des effets de positivité. Les sujets jeunes peuvent bien entendu présenter un traitement augmenté des informations positives par rapport aux neutres ou aux négatives, *et/ou* un traitement réduit des stimuli négatifs par rapport aux neutres. Un effet de positivité ne s'applique que dans le cas où les sujets âgés présenteraient un traitement des informations positives supérieur, *et/ou* un traitement des informations négatives inférieur, par rapport à ce qui est observé chez les jeunes adultes.

Néanmoins, il nous semble délicat de considérer la seule présence d'un biais de négativité diminué comme le témoin d'un effet de positivité chez les aînés. Une méta-analyse réalisée par Murphy et Isaacowitz (2008) a montré que dans la littérature sur les effets de positivité, la focalisation envers les stimuli positifs est rarement plus élevée chez les sujets âgés comparés aux plus jeunes : seul le traitement des stimuli négatifs serait significativement réduit. Ainsi, les biais de négativité diminués semblent représenter une part substantielle des effets de positivité rapportés dans le vieillissement émotionnel. Or, il a été vu dans le chapitre précédent que les personnes âgées avaient des difficultés à traiter les stimuli négatifs : ce résultat pourrait donc traduire ce déficit plutôt qu'un traitement privilégié des émotions positives. L'étude des biais émotionnels dans le vieillissement se doit donc de considérer à la fois le traitement de stimuli positifs et négatifs, et un effet de positivité avéré devrait se traduire au minimum par un traitement privilégié des stimuli positifs chez les adultes âgés, éventuellement couplé à une

réduction du traitement des stimuli négatifs. Ce travail de thèse se situe dans ce positionnement théorique, et cherchera à dissocier les mécanismes à l'origine de ces effets de positivité liés à l'âge.

2. Domaines d'expression de l'effet de positivité lié à l'âge

De nombreuses études réalisées dans différents domaines cognitifs révèlent des effets de positivité chez les personnes âgées. En premier lieu, des différences ont été observées selon l'âge lors de tâches de **jugement émotionnel** de stimuli sur des échelles de valence *et/ou* d'activation. Plusieurs études montrent que les sujets âgés ont tendance à évaluer les images positives de façon plus positive que les sujets jeunes (Gruhn & Scheibe, 2008; Grünh, Smith, & Baltes, 2005; Mather & Knight, 2005; Streubel & Kunzmann, 2011), bien qu'ils les considèrent moins activatrices (Gruhn & Scheibe, 2008). Une étude a également rapporté une évaluation plus positive des images neutres avec l'avancée en âge (Mather & Knight, 2005). Les observations rapportées au sujet des stimuli négatifs sont plus divergentes : les personnes âgées les trouvent parfois moins négatifs (Streubel & Kunzmann, 2011) ou plus négatifs (Gruhn & Scheibe, 2008; Grünh et al., 2005), parfois plus activateurs (Gruhn & Scheibe, 2008) ou moins activateurs (Mather et al., 2004), que les sujets jeunes. Ces résultats laissent supposer l'existence d'une dissociation entre la valence et l'activation ressentie face aux stimuli : les effets de positivité pourraient se refléter sur l'une des dimensions mais pas l'autre. Enfin, il est important de souligner que plusieurs études n'observent pas de différences entre groupes d'âge sur les dimensions de valence *et/ou* d'activation (Denburg, Buchanan, Tranel, & Adolphs, 2003; Fischer et al., 2005; Kwon, Scheibe, Samanez-Larkin, Tsai, & Carstensen, 2009; Langeslag & van Strien, 2009; Leclerc & Kensinger, 2008; Leigland, Schulz, & Janowsky, 2004; Roalf, Pruis, Stevens, & Janowsky, 2011; Tomaszczyk, Fernandes, & MacLeod, 2008; Wood & Kisley, 2006). Ces divergences importantes entre études pourraient en partie s'expliquer par les stimuli émotionnels utilisés, hypothèse qui sera argumentée dans la section 3. de ce chapitre.

Bien que les performances mnésiques diminuent avec l'âge (Salthouse, 2010, 2011), les effets de positivité sont particulièrement robustes dans les tâches de **mémoire émotionnelle**. Les études montrent de manière consistante que les informations à connotation émotionnelle sont mieux rappelées que les neutres, et ce quel que soit l'âge (Buchanan & Adolphs, 2002; Hamann, 2001; Ochsner, 2000; Sava & Chainay, 2013; Spaniol, Voss, & Grady, 2008). Le caractère activateur d'une émotion, quelle que soit sa valence, facilite en effet le stockage des souvenirs (pour une revue, voir McGaugh, 2013). Cet effet de l'émotion sur la mémoire (« emotional enhancement of memory ») serait dû à la libération d'hormones surrénales dans

l'amygdale, qui favoriserait en retour la consolidation des souvenirs via des connexions noradrénergiques avec l'hippocampe (Cahill & McGaugh, 1998; Sommer, Glascher, Moritz, & Buchel, 2008). Toutefois, les jeunes adultes mémoriserait mieux les informations négatives, alors que les personnes âgées se rappelleraient plus des informations positives, comparées aux négatives et neutres (Charles et al., 2003; Knight, Maines, & Robinson, 2002; Kwon et al., 2009; Leigland et al., 2004; Mikels, Larkin, Reuter-Lorenz, & Cartensen, 2005; Thomas & Hasher, 2006). Certaines études rapportent également que le biais de négativité observé chez les sujets jeunes serait réduit chez les aînés, traduisant un moins bon rappel des éléments négatifs comparé aux neutres avec l'avancée en âge (Charles et al., 2003; Emery & Hess, 2008; Gruhn, Scheibe, & Baltes, 2007). Ces effets sont visibles en mémoire de travail (Mikels et al., 2005), mémoire à court terme (Charles et al., 2003), et mémoire autobiographique (Kennedy, Mather, & Carstensen, 2004).

Les études évaluant l'**attention visuelle** révèlent également des modulations de l'orientation de l'attention selon l'âge et la valence des stimuli. Nous avons vu que l'émotion, de par sa pertinence intrinsèque, captait spontanément l'attention exogène (**Chapitre 2**). Les techniques d'oculométrie sont très utilisées dans des tâches de vision passive pour évaluer les préférences attentionnelles. Via l'enregistrement des mouvements oculaires, elles permettent d'évaluer quel stimulus va préférentiellement attirer le regard, lorsque deux stimuli de valence différente sont présentés côte-à-côte. Ce type de paradigme a montré que la première saccade oculaire des sujets jeunes comme âgés s'oriente en priorité vers les stimuli négatifs (Knight et al., 2007), et que les effets de positivité chez les aînés apparaissent plus tardivement, après 500 ms de présentation, et augmentent linéairement avec le temps (Isaacowitz, Allard, Murphy, & Schlangel, 2009). De manière générale, les fixations oculaires des personnes âgées sont plus nombreuses et plus longues pour les stimuli positifs, comparé aux stimuli négatifs (Allard & Isaacowitz, 2008; Knight et al., 2007) et neutres (Isaacowitz, Allard, et al., 2009; Isaacowitz, Wadlinger, Goren, & Wilson, 2006a, 2006b). De plus, elles ont également tendance à regarder moins longtemps les stimuli négatifs que les jeunes adultes (Isaacowitz, Allard, et al., 2009; Isaacowitz et al., 2006a; Rosler et al., 2005). En parallèle, les sujets jeunes présentent un biais de négativité en se focalisant plutôt sur les stimuli négatifs, comparé aux positifs (Isaacowitz et al., 2006a, 2006b; Knight et al., 2007).

L'orientation involontaire de l'attention a également été très étudiée via les temps de réaction à des signaux visuels, avec des tâches de sondage attentionnel (de type « dot-probe » ; MacLeod, Mathews, & Tata, 1986). Dans ces tâches, deux stimuli – l'un émotionnel, l'autre neutre – sont présentés simultanément aux participants. Leur disparition est suivie par l'apparition d'une cible, qui remplace l'un des deux stimuli. Le participant a pour consigne de détecter

certaines caractéristiques de la cible le plus rapidement possible (e.g., sa position droite-gauche, sa couleur, sa forme). Comme la vitesse de traitement dépend étroitement de l'aire du champ visuel sur laquelle se porte l'attention lors de l'apparition du stimulus (Posner, Snyder & Davidson, 1980; Navon & Margalit, 1983), il est attendu que le participant réponde plus vite si le symbole apparaît à la place du stimulus qui avait attiré son attention. Avec ce type de tâche, les personnes âgées répondent plus vite que les jeunes adultes lorsque la cible apparaît derrière le stimulus positif, et plus lentement lorsqu'elle apparaît derrière le stimulus négatif, comparé à la condition neutre (Isaacowitz et al., 2006a; Mather & Carstensen, 2003). Ainsi, les personnes âgées orientent spontanément leur attention vers les stimuli positifs et la détournent des négatifs, reflétant un effet de positivité. À nouveau, le détournement des stimuli négatifs n'est visible que tardivement au cours du traitement de l'émotion : après 1000 ms de présentation (Orgeta, 2011) ou après 1500 ms (Lee & Knight, 2009). Pour des durées de présentation plus courtes, les personnes âgées présentent plutôt un biais de négativité, c'est-à-dire des temps de réponse plus rapides lorsque la cible remplace les éléments négatifs (Lee & Knight, 2009; Orgeta, 2011). Ces deux études ne rapportent néanmoins pas d'attraction plus forte pour les stimuli positifs.

Enfin, des effets de positivité ont également été rapportés au cours de tâches de **prise de décision** : comparées aux jeunes adultes, les personnes âgées font plus attention aux aspects positifs, plutôt qu'aux négatifs, lorsqu'elles ont par exemple à choisir un médecin ou un hôpital (Lockenhoff & Carstensen, 2007), ou un produit de consommation (Kim, Healey, Goldstein, Hasher, & Wiprzycka, 2008).

Ainsi, des effets de positivité ont été observés dans des domaines cognitifs comme la mémoire et l'attention visuelle, mais également dans des tâches de jugement émotionnel et de prise de décision. Quel que soit l'âge, nous avons vu que les stimuli émotionnels provoqueraient une capture attentionnelle automatique. Il est donc possible que les effets de positivité observés dans un second temps sur la récupération en mémoire ou la prise de décision puissent être la conséquence d'une orientation de l'attention initiale en faveur des informations positives. En effet, si les stimuli positifs attirent plus facilement l'attention des sujets âgés que les stimuli négatifs, il est probable qu'ils mémorisent mieux les stimuli positifs que les négatifs, ou que leurs décisions se basent plus sur des informations positives que négatives. L'attention sélective pourrait donc être à l'origine de la plupart des effets de positivité rapportés dans la littérature sur le vieillissement émotionnel, d'où l'intérêt particulier que nous lui avons porté dans cette thèse. Toutefois, l'émergence de ces effets peut également être modulée par certains facteurs dus à la méthodologie employée, détaillés ci-dessous.

3. Facteurs modulateurs

Les effets de positivité ont été observés chez les sujets âgés pour des supports expérimentaux différents comme des images, des mots, et des expressions faciales, suggérant que cet effet ne se limite pas à un certain type de stimuli (Charles et al., 2003; Leigland et al., 2004; Mather & Carstensen, 2003; Piguet, Connally, Krendl, Huot, & Corkin, 2008; Spaniol et al., 2008). Or, des études échouent à observer des effets de positivité, par exemple au niveau des tâches de jugement émotionnel. L'absence de l'effet peut être due à certains facteurs méthodologiques susceptibles d'influencer son apparition.

Comme nous l'avons vu, la durée de présentation des stimuli que le participant doit traiter semble moduler l'apparition des effets de positivité. Dans les études évaluant l'attention visuelle, le seuil minimum de présentation doit dépasser 500 ms pour que les personnes âgées présentent un biais attentionnel envers les stimuli positifs (Isaacowitz, Allard, et al., 2009), et un évitement des stimuli négatifs a été observé pour 1000 ms (Mather & Carstensen, 2003; Orgeta, 2011) ou 1500 ms (Lee & Knight, 2009) de présentation. Avant 500 ms, aucune de ces études ne rapporte d'effet de positivité : au contraire, adultes jeunes et âgés présentent dans ce cas un biais de négativité (Isaacowitz, Allard, et al., 2009; Lee & Knight, 2009; Orgeta, 2011). Les présentations très courtes ne laissent pas le temps aux processus contrôlés de s'impliquer dans le traitement de l'émotion, et font donc plutôt appel à des processus automatisés. Dans cette logique, le biais de négativité semble apparaître automatiquement quel que soit l'âge lors des étapes de traitement précoce. L'émergence tardive des effets de positivité chez les personnes âgées suggère donc que ces effets seraient liés à l'activité de processus plus contrôlés.

Une méta-analyse réalisée par Reed et al. (2014) a montré que les effets de positivité sont plus importants quand les traitements cognitifs des personnes âgées ne sont pas contraints, et sont absents au cours de paradigmes très demandeurs en ressources cognitives. En effet, les résultats des études en double-tâche montrent plutôt des effets de négativité quel que soit l'âge des participants. Un exemple de paradigme où l'attention est divisée consiste à présenter des images de différentes valences à des sujets jeunes et âgés, alors qu'ils ont pour consigne de détecter des changements dans une séquence sonore. Dans cette situation, les personnes âgées regardent plus longtemps (Knight et al., 2007) et se rappellent mieux (Mather & Knight, 2005) des images négatives, par rapport aux positives, comparé aux jeunes adultes. À l'inverse, lorsque la consigne est simplement de regarder les images, le traitement privilégié des stimuli positifs réapparaît chez les personnes âgées (Charles et al., 2003; Isaacowitz et al., 2006b; Knight et al., 2007; Kwon et al., 2009). Les effets de positivité sont donc dépendants de la disponibilité des ressources cognitives. Lorsque les ressources sont réduites, l'attention des personnes âgées se

tourne vers les stimuli négatifs, et les effets de positivité n'apparaissent que dans des conditions non-contraintes où les ressources sont disponibles.

Un autre modulateur des effets de positivité est le niveau d'activation des stimuli utilisés. Dans une tâche de jugement émotionnel, Streubel et Kunzmann (2011) observent des effets différents en fonction de l'activation. Lorsque les images sont de basse activation, les personnes âgées évaluent plus positivement les images positives, et moins négativement les images négatives, que les sujets jeunes. Cet effet de positivité est nuancé avec les stimuli de haute activation, où la différence observée entre groupes d'âge pour les images négatives disparaît (Streubel & Kunzmann, 2011). Lorsque les participants doivent rappeler une liste de mots émotionnels d'activation variable, les personnes âgées présentent un effet de positivité pour les mots de basse activation seulement (elles se rappellent mieux des mots positifs que des négatifs), alors que ni l'âge ni la valence n'influencent le rappel des mots très activateurs (Kensinger, 2008). Dans la même lignée, plusieurs études de jugement émotionnel n'ont pas rapporté d'effet de l'âge pour des images à haute activation (Denburg et al., 2003; Roalf et al., 2011; Wood & Kisley, 2006). Les stimuli de basse activation seraient donc plus susceptibles de générer un effet de positivité, alors que sujets jeunes et âgés traiteraient de façon équivalente les stimuli de haute activation.

Les stimuli choisis peuvent également influencer l'apparition des effets de positivité selon s'ils sont plus ou moins adaptés à induire des émotions dans une population âgée. Par exemple, la banque d'images « International Affective Picture System » (IAPS ; Lang, Bradley, & Cuthbert, 2005) est un des supports les plus utilisés avec ses 956 images en couleur, standardisées en termes de valence et d'activation par 100 jeunes étudiants américains. Sur la base de ces cotations, des images négatives, positives, et neutres, sont parfois choisies pour induire des émotions chez des participants âgés. Or, ces images ont été standardisées à l'origine par de jeunes adultes : il se pourrait donc qu'elles soient évaluées différemment par une population âgée. Dans cette idée, plusieurs études ont montré des différences de cotation selon l'âge pour des images issues de l'IAPS, bien que les résultats soient très variables entre études (Bucks, da Silva, & Han, 2005; Denburg et al., 2003; Gavazzeni, Wiens, & Fischer, 2008; Gruhn & Scheibe, 2008; Mather et al., 2004). Il est possible que les personnes âgées ne présentent pas d'effet de positivité face à ces stimuli, mais également que ces stimuli soient la cause de l'effet de positivité. Par exemple, lorsque des images négatives sont sélectionnées sur la base des cotations de l'IAPS, les personnes âgées présentent une activité physiologique atténuée comparé aux jeunes adultes (Gavazzeni et al., 2008). Cette étude ne comporte pas de condition « positive », ni d'évaluation de la valence par les participants. Il n'est donc pas clair si le résultat obtenu est dû au fait que les personnes âgées traitent moins les stimuli négatifs que les positifs

comparé aux jeunes adultes, ou si ces stimuli échouent simplement à induire des émotions négatives chez les aînés. Dans une logique similaire, lorsque les images sont considérées comme peu pertinentes par les personnes âgées (pertinence évaluée par questionnaire), elles préfèrent mémoriser les stimuli positifs plutôt que les négatifs ou les neutres, traduisant un effet de positivité (Tomaszczyk et al., 2008). Or, lorsque les stimuli sont pertinents, aucun effet de l'âge ni de la valence n'est observé lors du rappel (Tomaszczyk et al., 2008). Afin d'étudier les effets de positivité, il est donc nécessaire d'utiliser un matériel expérimental adapté aux tranches d'âge considérées. Pour ce faire, il est primordial d'évaluer l'efficacité des stimuli à induire les émotions désirées chez les sujets jeunes et âgés.

En résumé, les conditions méthodologiques qui favorisent l'apparition des effets de positivité chez les sujets âgés incluent une durée de présentation des stimuli supérieure à 500 ms, une tâche ne contraignant pas les traitements cognitifs, l'utilisation de stimuli de basse activation, et adaptés aux tranches d'âges considérées. Il est nécessaire de prendre en compte ces différents facteurs pour révéler des effets de positivité. L'hypothèse que l'effet de positivité ne traduise pas réellement un traitement privilégié des informations positives, mais soit dû à un biais méthodologique, c'est-à-dire à l'utilisation de stimuli non adaptés à la population âgée, a été soulevée. En parallèle, deux théories principales ont été émises pour expliquer les mécanismes sous-jacents aux effets de positivité liés à l'âge.

4. Interprétations théoriques de l'effet de positivité

4.1. Hypothèse de déficit de traitement des informations négatives

Certains auteurs ont fait l'hypothèse que l'effet de positivité pourrait être le fruit des atteintes cognitives et cérébrales observées au cours du vieillissement normal. Dans ce cadre, le modèle **Dynamic Integration Theory** (DIT ; Labouvie-Vief, 2008; Labouvie-Vief, 2003; Labouvie-Vief, Grünh, & Studer, 2010; Wurm, 2011) postule que les effets de positivité seraient liés à l'optimisation des affects (« affect optimizing »), processus automatique associé au déclin des ressources cognitives. Le déclin réduirait les capacités d'intégration des informations complexes *et/ou* présentant un niveau d'activation élevée. Ainsi, les personnes âgées traiteraient préférentiellement les informations positives, car elles seraient moins complexes et donc plus faciles à traiter que les informations négatives, plus coûteuses en ressources cognitives. Dans cette logique, plus les individus présentent une dégradation cognitive ou neurologique importante, plus les effets de positivité devraient être importants. Cela se traduirait également sur le bien-être des personnes âgées, qui réussiraient à le maintenir dans des situations émotionnellement peu intenses, mais y parviendraient de moins en moins face à des émotions

très intenses, à mesure de l'augmentation du déclin (Labouvie-Vief, 2008; Labouvie-Vief, 2003; Labouvie-Vief et al., 2010; Wurm, 2011). Comme le déclin est susceptible d'augmenter avec l'avancée en âge, ce modèle peut donc expliquer les niveaux de bien-être plus bas rapportés par les individus très âgés (80 ans et plus), par rapport aux sujets moins âgés (Carstensen et al., 2003; Diener & Suh, 1998; Stacey & Gatz, 1991).

Dans une perspective similaire, le **Aging -Brain model** (Cacioppo et al., 2011) apporte aussi une explication à l'effet de positivité en l'attribuant à l'atteinte amygdalienne, qui atténuerait les réponses cérébrales et affectives face aux stimuli négatifs. Comme décrit dans le chapitre précédent, ce modèle rencontre moins de succès comparé à d'autres car l'atteinte amygdalienne est controversée dans le vieillissement normal, ainsi que son rôle spécifique dans le traitement des stimuli négatifs (voir le **Chapitre 1** pour une revue). L'atteinte de l'hémisphère droit, postulée par le **Right Hemi-Aging Model** (Dolcos et al., 2002), pourrait également justifier les difficultés des personnes âgées à traiter les informations négatives.

4.2. Théorie de la Sélectivité Socio-émotionnelle

La Théorie de la Sélectivité Socio-émotionnelle (TSS ; Carstensen, 1995) postule que les buts et motivations changent en fonction du temps restant à vivre. Lorsque ce temps est perçu comme étant limité, les individus vont favoriser les buts émotionnels car ils sont plus propices à prodiguer une satisfaction immédiate. En revanche, lorsque le temps restant est considéré comme suffisamment long, les individus vont se concentrer sur d'autres objectifs de vie comme par exemple l'acquisition de nouvelles informations, utiles dans l'immédiat mais également dans l'avenir. Ainsi, les jeunes adultes accepteraient d'endurer des émotions désagréables dans la perspective d'obtenir des gratifications sur le long terme, alors que les personnes âgées seraient moins enclines à tolérer des expériences négatives (Carstensen et al., 2003; Carstensen, Isaacowitz, & Charles, 1999; Lang & Carstensen, 2002a).

À l'origine, la TSS a été élaborée pour expliquer la tendance des personnes âgées à choisir leurs interactions sociales en fonction de la proximité affective : elles s'appuient plus sur les aspects émotionnels pour faire leurs choix de partenaires sociaux, alors que les sujets jeunes vont plutôt rechercher la nouveauté et la quête d'information (Carstensen & Fredrickson, 1998; Fredrickson & Carstensen, 1990). La théorie prédit que lorsque des adultes jeunes perçoivent des contraintes temporelles, ou lorsque les personnes âgées perçoivent un futur étendu, les différences liées à l'âge devraient disparaître (Reed & Carstensen, 2012). Plusieurs études ont apporté des arguments en faveur de cette idée. Lorsque la fragilité de la vie est mise en évidence par des événements comme les attentats du 11 septembre 2001 (Fung & Carstensen, 2006), ou

lorsque des perspectives d'avenir étendues sont expérimentalement induites chez les sujets âgés (Fung & Carstensen, 2003; Fung, Carstensen, & Lutz, 1999), aucune différence de choix sociaux entre groupes d'âges n'est rapportée. Des résultats semblables à ceux des aînés ont également été observés chez des individus jeunes atteints du sida à différents stades : plus les individus étaient avancés dans la pathologie et voyaient leur avenir se limiter, plus ils avaient tendance à prioriser l'affect et sélectionner des partenaires sociaux familiers (Carstensen & Fredrickson, 1998). Une étude réalisée auprès de patients jeunes souffrants du cancer a rapporté une corrélation entre le succès perçu de la thérapie et l'intérêt pour des partenaires sociaux nouveaux, suggérant que les préférences sociales s'adaptent aux variations de perception des perspectives d'avenir (étendues ou restreintes) (Pinquart & Silbereisen, 2006). Très récemment, un intérêt accru pour les interactions sociales familiales couplé à un désintérêt des événements non-sociaux ont même été observés dans une population vieillissante de macaques de Barbarie, démontrant l'étendue et la robustesse de ce phénomène jusque chez les primates non-humains (Almeling, Hammerschmidt, Sennhenn-Reulen, Freund, & Fischer, 2016).

La réduction des perspectives de temps futur provoquerait une modification profonde au niveau motivationnel. Le bien-être et la régulation des émotions seraient privilégiés par rapport à l'accumulation de connaissances (Kennedy et al., 2004; Lang & Carstensen, 2002a). Les personnes âgées mobiliseraient plus de ressources que les jeunes adultes pour maintenir leur bien-être, et cela se traduirait notamment par une préférence pour les informations positives *et/ou* une diminution de traitement des informations négatives (Carstensen & Mikels, 2005; Reed & Carstensen, 2012; Reed et al., 2014). Selon le modèle, l'effet de positivité reflèterait alors l'activité de processus cognitifs contrôlés, et serait généré par un objectif chronique de maintien du bien-être (Carstensen & Mikels, 2005; Reed & Carstensen, 2012). Les effets de positivité devraient se manifester lorsque le traitement émotionnel est contrôlé, et que les objectifs de la tâche n'interfèrent pas avec les objectifs personnels, laissant suffisamment de ressources cognitives à disposition (Reed & Carstensen, 2012). En faveur de ces arguments, nous avons vu précédemment que lorsque les traitements cognitifs des personnes âgées sont contraints par les consignes de la tâche, l'effet de positivité est absent : la disponibilité des ressources semble nécessaire à son apparition (Reed et al., 2014). De plus, l'apparition tardive de l'effet au cours du traitement des stimuli émotionnel suggère qu'il serait associé à l'activité de processus contrôlés, plutôt qu'automatiques (Isaacowitz, Allard, et al., 2009; Lee & Knight, 2009; Orgeta, 2011). Enfin, l'effet serait dépendant de la préservation des fonctions cognitives (Kalenzaga, Lamidey, Ergis, Clarys, & Piolino, 2016), et il augmenterait avec le niveau de contrôle cognitif des participants âgés (Mather & Carstensen, 2005; Mather & Knight, 2005).

À l'heure actuelle, peu d'études ont testé le lien direct entre la réduction des perspectives d'avenir due à l'avancée en âge et les effets de positivité. Les perspectives de vie future sont en général évaluées par l'échelle « Future Time Perspective Scale », créée par Laura Carstensen et Frieder Lang (FTP ; Lang & Carstensen, 2002a) : plus les scores sont élevés, plus l'avenir est perçu comme étendu. Kellough et Knight (2012) ont manipulé expérimentalement la perception du futur de leurs participants. Dans cette étude, un groupe d'adultes âgés devait imaginer qu'une avancée médicale majeure leur permettait de vivre 20 ans de plus. Les résultats montrent que ces personnes âgées avec un futur artificiellement étendu ont tendance à juger moins positivement des expressions faciales ambiguës, que des personnes âgées n'ayant reçu aucune instruction. Ces observations laissent penser que l'augmentation expérimentale du temps restant à vivre module les effets de positivité liés à l'âge. À l'inverse, en comparant un groupe d'âge moyen à un groupe d'adultes plus âgés, Demeyer et De Raedt (2013) ne rapportent pas de corrélation entre les scores à l'échelle FTP et les biais attentionnels évalués par une tâche de type dot-probe, et ils échouent également à observer des effets de positivité. Ces résultats peuvent être dus au fait que le groupe d'adultes âgés soit comparé à un groupe dont la tranche d'âge des sujets est très étendue (de 27 à 55 ans), ce qui a pu atténuer les différences entre groupes en termes de perspective de vie future. Il existe donc peu de données en faveur d'un lien direct entre perspectives d'avenir réduites et apparition d'effets de positivité dans le vieillissement normal. Un moyen d'éclaircir l'impact du temps restant à vivre sur la positivité serait de comparer plusieurs groupes d'adultes âgés entre eux. En effet, si les prédictions de la TSS sont justes, plus les adultes seraient âgés, plus leurs scores à l'échelle FTP devraient être bas, et plus les effets de positivité devraient être prononcés.

Plusieurs recherches ont tenté de démontrer le lien entre temps restant à vivre et effet de positivité en manipulant expérimentalement les perspectives d'avenir de sujets jeunes. Dans ce cadre, Barber, Opitz, Martins, Sakaki, et Mather (2016) ont montré qu'indépendamment de l'âge chronologique, le simple fait de penser à un avenir limité augmenterait le rappel des informations positives lors d'une tâche de mémoire. Dans la même idée, les mots positifs seraient plus facilement accessibles à la mémoire des participants (au cours d'une tâche de complétion de fragments), lorsqu'ils ont préalablement eu pour consigne de réfléchir à leur propre mortalité, comparé à une condition contrôle (DeWall & Baumeister, 2007). L'approche de la fin d'une situation ou d'un évènement semble entraîner des effets semblables à la perception d'un avenir réduit. En effet, une étude a suggéré que des étudiants en première année à l'université regardaient plus longtemps des expressions faciales tristes, par rapport à ceux en fin de cursus (Pruzan & Isaacowitz, 2006). Le fait que les individus en fin d'études se détournent plus des visages négatifs que les nouveaux étudiants, s'expliquerait par la perception de la fin

proche de leurs années universitaires. Cette étude ne manipulait toutefois pas directement les perspectives d'avenir, celles-ci étant invoquées par le niveau d'études. Dans une tâche de dégustation, les participants déclaraient apprécier plus de manger un chocolat lorsqu'ils savaient qu'il s'agissait du dernier (O'Brien & Ellsworth, 2012). Ainsi, l'approche de la fin d'un évènement semble également entraîner des attitudes plus positives envers lui, mais il n'est pas clair si ces manipulations ont affecté la positivité en modifiant la perception de l'avenir. Une dernière étude a essayé de manipuler les perspectives de vie future en demandant à de jeunes adultes d'avoir une réflexion sur des évènements susceptibles de se dérouler dans les deux prochains jours, ou dans les dix prochaines années (Demeyer & De Raedt, 2014). La manipulation a été effective, entraînant des scores à l'échelle FTP plus bas pour le groupe ayant eu une réflexion sur un futur réduit (deux jours) comparé à l'autre groupe. Or, la perception d'un futur étendu a été corrélée à une augmentation de l'évitement des stimuli négatifs dans cette étude, s'opposant donc aux postulats de la TSS.

En résumé, si ce sont les perspectives de vie future qui modulent les effets de positivité, alors plus les individus sont âgés et perçoivent leur temps restant à vivre comme limité, plus les effets de positivité devraient être importants. Cette hypothèse a été peu testée, et les résultats sont peu concluants. La comparaison de groupes d'adultes âgés et très âgés n'a pas encore été réalisée et permettrait d'éclaircir la validité de ce postulat. Les données recueillies chez les jeunes adultes proviennent d'études aux designs très différents, mais sont plutôt en faveur de la TSS, c'est-à-dire que lorsque les perspectives d'avenir sont réduites artificiellement, les sujets jeunes présenteraient des effets de positivité. Dans cette logique, de jeunes adultes souffrant d'une pathologie susceptible de raccourcir la vie devraient présenter des résultats semblables.

Enfin, le niveau de traitement cognitif engagé (automatique ou contrôlé) semble moduler l'apparition des effets de positivité, mais il n'y a pas de consensus à ce sujet entre les modèles présentés. La TSS considère que l'effet est un phénomène contrôlé, témoin de la préservation des fonctions cognitives, alors que le modèle DIT postule qu'il s'agirait d'un processus automatique, consécutif aux atteintes cognitives. La littérature sur l'effet de positivité semble plutôt en faveur de l'hypothèse de la TSS. Or, ces données s'opposent aux résultats rapportés précédemment au niveau de la mémoire et de la reconnaissance des émotions, qui allaient plutôt dans le sens d'une préservation des processus automatiques et une atteinte des processus contrôlés avec l'avancée en âge (voir **Chapitre 3**). Une façon d'éclaircir la nature automatique ou contrôlée de l'effet de positivité serait de déterminer à quelle étape de traitement (précoce ou tardive) l'effet se reflète sur l'activité cérébrale des sujets âgés. Ce point sera développé dans la section suivante.

5. Automaticité de l'effet de positivité : apport des mesures de la dynamique temporelle du traitement émotionnel

D'après les hypothèses de déficit de traitement des stimuli négatifs, l'effet de positivité serait automatique et devrait donc être visible à des étapes de traitement très précoces. À l'inverse, la perspective motivationnelle de la TSS soutient que l'effet reposerait sur des processus contrôlés, la préférence pour les émotions positives devrait donc apparaître plus tardivement. L'attention vis-à-vis des stimuli émotionnels devrait donc être modulée différemment chez les sujets âgés selon l'étape de traitement considérée.

L'étude de la dynamique temporelle des traitements émotionnels peut apporter des éléments de réponse sur la nature des mécanismes fonctionnels sous-jacents aux effets de positivité. Plusieurs études en EEG se sont penchées sur l'influence de l'âge sur l'amplitude et la latence des potentiels évoqués affectifs. Au niveau cérébral, un effet de positivité devrait se traduire par un traitement augmenté des stimuli positifs *et/ou* un traitement diminué des stimuli négatifs, avec l'avancée en âge. Les composantes reflétant un effet de positivité devraient donc présenter une amplitude plus élevée pour les stimuli positifs, *et/ou* plus faible pour les stimuli négatifs, chez les aînés comparés aux jeunes adultes. Une revue de littérature détaillée sur la dynamique temporelle du traitement émotionnel au niveau cérébral sera présentée dans le **Chapitre 8**, page 125.

6. Synthèse du Chapitre 4

L'effet de positivité a été fréquemment observé au cours du vieillissement normal, notamment dans des études comportementales de jugement émotionnel, mémoire, attention visuelle, et prise de décision. L'effet de positivité est modulé par le niveau d'activation des stimuli, leur durée de présentation, et la disponibilité des ressources cognitives. Nous avons émis l'hypothèse que les effets de positivité rapportés dans la littérature, notamment la réduction du traitement des stimuli négatifs, pouvaient être influencés par l'utilisation d'un matériel inadapté à une population âgée. Dans cette idée, les effets de positivité seraient causés par des stimuli échouant à induire les émotions voulues chez les sujets âgés, plutôt qu'à des modifications des traitements émotionnels liées à l'âge. Ainsi, nous avons testé dans l'*étude 2* (**Chapitre 7**, page 102) si l'utilisation de stimuli inadaptés ne serait pas suffisante à elle seule pour expliquer l'effet de positivité.

La modulation de l'effet de positivité par la durée de présentation nous renseigne sur la nature de l'effet : son apparition tardive (après 500 ms) laisse suggérer qu'il traduirait l'activité

de processus contrôlés. Avant 500 ms, sujets jeunes comme âgés présentent un traitement automatique et privilégié des stimuli négatifs. À nouveau, la qualité implicite/automatique ou explicite/contrôlée des processus émotionnels mis en œuvre semble influencer les performances des personnes âgées. Or, l'argumentation développée dans le chapitre précédent au sujet de la reconnaissance des expressions faciales et de la mémoire au cours du vieillissement aboutissait sur l'hypothèse de la préservation des processus émotionnels automatiques, et la dégradation des processus contrôlés. Le fait que l'effet de positivité puisse être un phénomène contrôlé semble être en contradiction avec l'atteinte des traitements émotionnels contrôlés rapportée dans d'autres contextes, ce qui soulève un questionnement quant à la nature de cet effet. Deux modèles proposent des hypothèses opposées à ce sujet. D'après le modèle DIT, l'effet de positivité serait un processus automatique, consécutif à l'atteinte des fonctions exécutives : les stimuli positifs seraient favorisés car moins coûteux à traiter que les négatifs. D'après le modèle de la TSS, la réduction des perspectives d'avenir motiverait les personnes âgées à favoriser les expériences émotionnelles gratifiantes : l'effet de positivité serait plutôt un phénomène contrôlé, qui reflèterait au contraire la bonne préservation du fonctionnement cognitif. Afin de clarifier la nature automatique ou contrôlée de l'effet de positivité, nous avons étudié le décours temporel du traitement émotionnel via la technique des potentiels évoqués, des étapes de traitement précoces aux plus tardives (Chapitre 8, *étude 3*, page 125).

Selon le modèle de la TSS, ce n'est pas l'âge en lui-même qui déclencherait l'effet de positivité, mais la perspective de temps futur. Ainsi, plus les individus seraient âgés, plus ils devraient présenter une préférence forte pour les stimuli positifs. Si le modèle est valide, des sujets jeunes à perspectives d'avenir réduites (artificiellement ou par la présence d'une pathologie) devraient également présenter des effets de positivité. Nous avons testé ces hypothèses dans l'*étude 4* (**Chapitre 9**, page 150).

Nous avons vu précédemment que les personnes âgées rapportaient un bien-être équivalent, voir supérieur, à celui des jeunes adultes. L'effet de positivité, en focalisant l'attention des aînés sur les informations positives, pourrait jouer un rôle dans les processus de régulation émotionnelle favorisant ce bien-être. Cette hypothèse sera développée dans le chapitre suivant.

Chapitre 5 – La régulation émotionnelle dans le vieillissement normal

La TSS postule qu'avec la réduction du temps restant à vivre, nous serions plus motivés à optimiser les expériences émotionnelles positives. Cette transition dans les objectifs de vie pourrait se traduire par une régulation émotionnelle plus performante, qui favoriserait les émotions positives et permettrait le maintien du bien-être. Ainsi, les effets de positivité fréquemment rapportés dans le vieillissement pourraient jouer un rôle dans les processus de régulation. Dans ce chapitre, nous ferons l'hypothèse que les hauts niveaux de bien-être rapportés par les aînés pourraient s'expliquer par une utilisation et efficacité différentielles des stratégies de régulation émotionnelle, avec un focus particulier sur la suppression expressive et l'effet de positivité.

1. Augmentation de l'efficacité de la régulation émotionnelle automatique

1.1. Hypothèses théoriques

Jusqu'à des âges avancés, nous avons vu que les personnes âgées présentaient des niveaux de bien-être semblables, voir augmentés, par rapport aux jeunes adultes (voir **Introduction**). Les aînés sont également moins réactifs, physiquement et subjectivement, dans des situations sociales stressantes (Neupert, Almeida, & Charles, 2007), et leurs émotions négatives durent moins longtemps que chez les jeunes adultes (Carstensen et al., 2000; Hay & Diehl, 2011). Le bien-être élevé et la réactivité diminuée face aux situations négatives pourraient refléter une amélioration des compétences de régulation émotionnelle avec l'avancée en âge (Mather, 2012; Urry & Gross, 2010), qui pourrait être la conséquence d'une transition dans les stratégies utilisées pour réguler les émotions (Carstensen et al., 1999; Gross & Levenson, 1993; Mather, 2012).

Le **modèle SAVI** (Strength and Vulnerability Integration ; Charles, 2010) postule que plus les individus ont vécu longtemps, plus ils ont acquis de l'entraînement et une forme d'expertise face aux difficultés de la vie (Blanchard-Fields, 2007; Blanchard-Fields et al., 2007; Magai, Consedine, Krivoshekova, Kudajie-Gyamfi, & McPherson, 2006). Certains auteurs ont stipulé que plus l'expérience engrangée serait grande, plus les individus auraient tendance à

utiliser fréquemment des stratégies de régulation (Blanchard-Fields, 2007; Magai, Consedine, Krivoshekova, Kudajie-Gyamfi, et al., 2006). Les personnes âgées, après avoir vécu de nombreuses expériences positives et négatives dans le passé, savent comment réagir dans de multiples situations pour en retirer de la satisfaction, et connaissent les bons comportements à avoir pour éviter les conséquences négatives, comme le stress ou l'anxiété (Rothermund & Brandtstadter, 2003).

D'après la Théorie de la Sélectivité Socioémotionnelle (TSS), la réduction des perspectives de vie future motiverait les individus à réguler leurs émotions, de façon à ressentir plus d'émotions positives et moins d'émotions négatives au quotidien (Carstensen et al., 1999). Le modèle du Contrôle Cognitif (Cognitive-Control Model), issu de la TSS, propose que la régulation émotionnelle deviendrait le mode de fonctionnement par défaut des personnes âgées (Mather, 2012; Mather & Carstensen, 2005; Mather & Knight, 2005; Nashiro, Sakaki, & Mather, 2012). Elles seraient plus enclines à engager leurs ressources cognitives dans les processus de régulation, qui s'activeraient de façon chronique et automatique. D'après ce modèle, les effets de positivité observés au cours du vieillissement résulteraient de cette activation chronique des objectifs de régulation (Mather, 2012; Mather & Carstensen, 2005; Mather & Knight, 2005; Nashiro et al., 2012). L'implication des effets de positivité dans les mécanismes de régulation émotionnelle sera discutée à la suite de ce chapitre.

1.2. Arguments de neuroimagerie

Des données en faveur d'une automatiser de la régulation émotionnelle avec l'avancée en âge ont été apportées par des études en neuroimagerie fonctionnelle reposant sur des tâches de vision passive ou d'évaluation d'images, et donc dénuées de consigne explicite de régulation. Lors du traitement de visages ou d'images négatifs (comparé à une condition neutre), les personnes âgées activeraient moins l'amygdale que les jeunes adultes, et présenteraient une activité accrue dans le gyrus cingulaire antérieur, les régions préfrontales dorsolatérales, dorsomédianes, et ventrolatérales (Brassen, Gamer, & Buchel, 2011; Brassen, Gamer, Peters, Gluth, & Buchel, 2012; Ebner, Johnson, & Fischer, 2012; Fischer et al., 2005; Gunning-Dixon et al., 2003; Iidaka et al., 2002; Leclerc & Kensinger, 2011; Mather et al., 2004; Murty et al., 2009; St Jacques et al., 2009; Tessitore et al., 2005; Williams et al., 2006). Chez les jeunes adultes, nous avons vu que l'activité amygdalienne peut être réduite sous l'influence de processus de contrôle émotionnel implémentés par des régions comme le gyrus cingulaire antérieur, le cortex préfrontal médian et ventromédian (**Chapitre 2**, page 19). L'augmentation préfrontale et la réduction amygdalienne observées chez les personnes âgées pourraient donc refléter des processus de régulation émotionnelle spontanée face aux stimuli négatifs (Mather, 2012). En

faveur de cette idée, il a également été montré que l'augmentation d'activité frontale, en particulier au niveau du cortex cingulaire antérieur, serait corrélée à la stabilité émotionnelle rapportée par les participants âgés (Brassen et al., 2011; Brassen et al., 2012).

L'amygdale semble présenter un pattern d'activation inverse selon la valence des stimuli traités (Samanez-Larkin & Carstensen, 2011). Alors que les aînés présentent une activité amygdalienne réduite face aux stimuli négatifs, l'activité amygdalienne est accrue lors de l'évaluation d'images positives, comparées aux négatives, distinction qui ne s'observe pas chez les sujets jeunes (Leclerc & Kensinger, 2011; Mather et al., 2004). Mather et al. (2004) postulent que ce résultat reflèterait une transition dans le type de valence préférentiellement traitée par l'amygdale, qui deviendrait plus sensible aux stimuli positifs avec l'avancée en âge. Ce traitement amygdalien privilégié des informations positives pourrait être lié aux effets de positivité observés au niveau comportemental chez les aînés. Lorsque les participants ont pour consigne d'analyser attentivement le sens de chaque image, et donc de réaliser un traitement en profondeur des stimuli, les sujets âgés présentent également une activation préfrontale médiane et ventrolatérale accrue face aux stimuli positifs comparés aux négatifs, par rapport aux jeunes adultes (Ritche, Bessette-Symons, Hayes, & Cabeza, 2011). D'après Mather (2012), le recrutement des régions préfrontales serait modulé par les demandes de la tâche, soit pour traiter plus en profondeur les stimuli positifs, soit pour diminuer les réponses émotionnelles face aux stimuli négatifs. St Jacques et al. (2010b) ont postulé que la motivation augmentée des personnes âgées à réguler leurs émotions les mènerait à engager le cortex préfrontal médian différemment des jeunes adultes, afin de moduler en retour l'activation amygdalienne. En accord avec cette idée, ces auteurs ont montré l'existence d'une connectivité fonctionnelle plus forte entre le gyrus cingulaire antérieur et l'amygdale droite chez les sujets âgés, comparés aux jeunes adultes, lors du visionnage et de l'évaluation d'images émotionnelles.

Dans les tâches de vision passive ou d'évaluation de stimuli, l'activation préfrontale augmentée face aux stimuli négatifs comparés aux positifs (mais pas l'inverse) suggère que les personnes âgées réduiraient spontanément leurs réponses affectives vis-à-vis des contenus négatifs, et ce en l'absence d'instructions explicites de régulation (Reed & Carstensen, 2012). Ces résultats vont dans le sens des hypothèses de la théorie motivationnelle de la TSS et du modèle du Contrôle Cognitif, c'est-à-dire que la régulation émotionnelle s'automatiserait avec l'avancée en âge. De plus, les régions préfrontales liées à la régulation émotionnelle automatique (e.g., cortex cingulaire antérieur, région préfrontales médianes ; Gyurak et al., 2011; Phillips, Drevets, Rauch, & Lane, 2003) sont également les moins touchées par le vieillissement normal (voir **Chapitre 3**, page 32). D'après certains auteurs, la régulation émotionnelle contrôlée activerait plutôt les régions préfrontales latérales (Gyurak et al., 2011; Phillips et al., 2003), plus affectées

par le vieillissement (Raz et al., 2004). Ainsi, il est possible que des mécanismes de régulation plus contrôlés se dégradent au cours du vieillissement normal, et que les stratégies efficaces chez les jeunes adultes ne le soient pas pour les aînés.

Dans cette idée, le modèle SOC-ER (Selection, Optimization, and Compensation with Emotion Regulation) proposé par Urry et Gross (2010) repose sur l'hypothèse selon laquelle les individus choisiraient et optimiseraient l'utilisation de certaines stratégies de régulation émotionnelle selon les ressources à disposition (e.g., capacités internes, affordances environnementales). Ce modèle est une application à la régulation émotionnelle de la théorie SOC (Selection, Optimization, and Compensation ; Baltes & Baltes, 1990), qui postule qu'un vieillissement réussi s'obtient en se fixant des objectifs réalistes, c'est-à-dire en prenant en compte nos propres compétences et limitations. Ainsi, Les personnes âgées atteindraient de hauts niveaux de bien-être en sélectionnant et optimisant certaines stratégies de régulation, plus faciles à implémenter que d'autres, pour compenser la perte de ressources générale liée au vieillissement normal (Urry & Gross, 2010). La suite du chapitre sera consacrée à l'étude des stratégies de régulation préférentiellement utilisées selon l'âge, et à leur relative efficacité.

2. Les choix de stratégies de régulation émotionnelle selon l'âge

2.1. Une efficacité différentielle selon les stratégies

L'efficacité d'une stratégie de régulation se définit par la baisse des affects négatifs *et/ou* l'augmentation des affects positifs que sa pratique engendre, par rapport à l'état affectif antérieur. Une littérature croissante à ce sujet montre que les stratégies choisies et leur efficacité diffèrent selon l'âge, et que ces changements pourraient être en partie liés à des modifications d'ordre cérébral.

De manière générale, les personnes âgées favorisent les stratégies leur permettant d'éviter les stimuli ou situations susceptibles de générer des émotions négatives (pour une revue de la littérature, voir Mather, 2012; Vieillard & Harm, 2013). Elles choisiraient en priorité des stratégies de régulation plus passives, comme la sélection de la situation (Carstensen et al., 2003; Etxeberria, Etxebarria, Urdaneta, & Yanguas, 2015). Dans ce cadre, la tendance des aînés à choisir leurs partenaires sociaux de façon à optimiser leur bien-être serait une forme de sélection de la situation (voir **Chapitre 4**, page 45). Une étude en environnement réel a également montré que plus les adultes âgés pensaient exercer un contrôle fort sur leurs émotions, moins ils choisissaient d'interagir avec des items négatifs (Rovenpor, Skogsberg, & Isaacowitz, 2013). Parallèlement à la sélection de la situation, d'autres stratégies sont plus ou

moins favorisées selon l'âge. Lorsqu'ils ont le choix, les aînés préfèrent utiliser la distraction plutôt que la réévaluation cognitive, et la pratique de la distraction semble liée à un bien-être plus élevé (Scheibe, Sheppes, & Staudinger, 2015). Sujets jeunes et âgés présentent une baisse des affects négatifs après avoir utilisé le déploiement attentionnel (Isaacowitz, Livingstone, Harris, & Marcotte, 2015), et cette technique est parfois encore plus efficace chez les aînés comparés aux plus jeunes (Lohani & Isaacowitz, 2014).

Au niveau des stratégies de type changement cognitif, les différences entre groupes sont variables selon les consignes données aux participants. Le détachement, qui consiste à focaliser l'attention sur les aspects non-émotionnels d'une situation, réduit moins les affects négatifs des sujets âgés que des sujets jeunes (Shiota & Levenson, 2009). La réinterprétation est également moins efficace avec l'avancée en âge, et provoque une réponse amoindrie dans le cortex préfrontal dorso-médian et ventro-latéral des sujets âgés comparé aux plus jeunes (Opitz, Rauch, Terry, & Urry, 2012). Les auteurs ont suggéré qu'une activité réduite dans ces structures préfrontales pourrait refléter l'altération des capacités de contrôle cognitif, et expliquer les faibles performances des aînés pour cette stratégie. En revanche, la réévaluation positive, qui consiste à se focaliser sur les aspects et conséquences positifs d'une situation négative, est plus efficace pour réduire les affects négatifs des personnes âgées que des jeunes adultes (Lohani & Isaacowitz, 2014; Shiota & Levenson, 2009). De plus, les aînés sont plus susceptibles que les jeunes adultes de réévaluer spontanément les événements de façon positive, au cours de situations stressantes (Charles & Carstensen, 2008). La réévaluation cognitive (combinant plusieurs stratégies différentes) entraîne des activations bilatérales supplémentaires chez les sujets âgés au niveau du cortex préfrontal dorso-latéral et du gyrus cingulaire antérieur (Allard & Kensinger, 2014a). Lors de la réévaluation de stimuli négatifs, les personnes âgées présentent également une connectivité plus grande entre le cortex préfrontal ventro-médian et le cortex orbito-frontal (Allard & Kensinger, 2014b). Une baisse d'activité amygdalienne lors de la réévaluation a été associée à des performances cognitives élevées quel que soit l'âge (Wincoff, Labar, Madden, Cabeza, & Huettel, 2011), et n'a été observée que chez les sujets âgés présentant le plus d'activité dans le cortex préfrontal ventro-médian (Urry et al., 2006). Comme l'efficacité de la régulation se traduit au niveau cérébral par une réduction d'activité amygdalienne couplée à une augmentation d'activité préfrontale, ces derniers résultats suggèrent que l'efficacité de la réévaluation cognitive pourrait dépendre de la préservation des compétences cognitives des sujets âgés.

Ainsi, aucun groupe d'âge ne régule constamment mieux ses émotions que l'autre : les personnes âgées excelleront dans la pratique de certaines techniques de régulation émotionnelle (e.g., sélection de la situation, déploiement attentionnel, réévaluation positive)

alors que d'autres stratégies seraient moins efficaces dans cette population (e.g., détachement, réinterprétation). La préservation du fonctionnement cognitif semble être un facteur déterminant dans l'efficacité de certaines stratégies. Ces résultats dans leur ensemble laissent suggérer que le bien-être des personnes âgées pourrait s'expliquer par le fait qu'elles favoriseraient des stratégies de régulation différentes des jeunes adultes, plutôt que des changements dans la qualité générale de la régulation (Mather, 2012).

2.2. La suppression expressive

La stratégie de suppression expressive est au centre d'un intérêt croissant dans les recherches actuelles sur la régulation émotionnelle au cours du vieillissement. Toutefois, le consensus entre études au sujet d'une évolution dans la pratique de cette stratégie et de son efficacité est faible. Via le « Emotion Regulation Questionnaire » (ERQ ; Gross & John, 2003), John et Gross (2004) ont montré que les aînés utiliseraient davantage la réévaluation cognitive que la suppression expressive pour réguler leurs émotions, comparés aux jeunes adultes. Dans la même idée, Yeung, Wong, et Lok (2011) ont rapporté que l'avancée en âge serait corrélée à la pratique de la réévaluation cognitive, ainsi qu'à l'augmentation des émotions positives (mesures réalisées avec l'ERQ et l'échelle PANAS, « Positive and Negative Affect Scale » ; Watson, Clark, & Tellegen, 1988). La réévaluation serait cognitivement moins coûteuse et plus efficace pour moduler le ressenti que la suppression expressive (Gross & John, 2003), suggérant ainsi que les aînés favoriseraient des stratégies plus adaptées (John & Gross, 2004). Ces conclusions sont toutefois tempérées par les résultats de plusieurs études. En premier lieu, Orgeta (2011) rapporte le résultat inverse en se basant également sur l'ERQ, c'est-à-dire une plus grande pratique de la suppression que de la réévaluation cognitive avec l'avancée en âge. Selon les contextes, la suppression pourrait être favorisée par les aînés par rapport à d'autres stratégies. Par exemple, les personnes âgées utiliseraient plus spontanément la suppression lors de l'écoute de musiques émotionnelles, en comparaison des jeunes adultes (ERQ ; Brummer, Stopa, & Bucks, 2014). De plus, les stratégies de régulation passives comme la suppression seraient privilégiées par les adultes très âgés (85 ans et plus), par rapport à d'autres type de stratégies plus actives (Etxeberria et al., 2015). Chez les sujets jeunes, une pratique élevée de la suppression a été associée à de hauts niveaux de stress, anxiété, et dépression (évalués par la « Depression Anxiety Scale »), ce qui n'est pas le cas des sujets âgés (Brummer et al., 2014). La pratique de la suppression expressive traduirait donc un choix plus adapté chez les aînés que chez les jeunes adultes. Enfin, en combinant ERQ et tâche de sondage attentionnel, Orgeta (2011) a montré que plus les adultes âgés rapportaient une utilisation fréquente de la suppression, plus ils avaient tendance à détourner leur attention de visages exprimant la colère, suggérant que la pratique de

cette stratégie pourrait contribuer aux effets de positivité fréquemment observés avec l'avancée en l'âge.

De manière générale, les études s'accordent sur le fait que les personnes âgées arriveraient tout aussi bien que les jeunes adultes à supprimer leurs expressions faciales et comportementales dans des situations émotionnelles, lorsque la consigne de suppression expressive est explicitement donnée (Kunzmann, Kupperbusch, & Levenson, 2005a; Lohani & Isaacowitz, 2014; Phillips et al., 2008; Shiota & Levenson, 2009; Vieillard, Harm, & Bigand, 2015). Une étude a même rapporté une atténuation plus forte des expressions faciales avec l'avancée en âge, lorsque la consigne était de masquer au mieux ses émotions au cours de l'évocation de souvenirs générateurs de tristesse et de colère (Magai, Consedine, Krivoshekova, Kudadjie-Gyamfi, & McPherson, 2006). Les divergences principales entre études apparaissent lors de l'évaluation de l'efficacité de la suppression à influencer les affects des sujets âgés, comparativement aux plus jeunes. Deux études aux protocoles similaires ont évalué la réactivité physiologique au cours de la suppression des réponses émotionnelles chez des groupes d'âge différents (Kunzmann et al., 2005a; Shiota & Levenson, 2009). De courtes vidéos dégoûtantes, neutres, et positives, ont été montrées aux participants qui avaient pour consigne d'essayer de se comporter de façon à ce qu'une personne qui regarderait ne puisse deviner qu'ils ressentent quelque chose. L'étude comprenait des mesures physiologiques (variabilité de la fréquence cardiaque, conductance cutanée, température, rythme respiratoire, pression artérielle) et comportementales (évaluation de l'agréabilité des vidéos et du ressenti émotionnel). Les mouvements faciaux ont également été enregistrés et décodés par des observateurs indépendants. Les résultats ne montrent aucune différence entre groupes au niveau de la capacité à supprimer les expressions émotionnelles, la réactivité physiologique en situation émotionnelle, et le ressenti subjectif (Kunzmann et al., 2005a; Shiota & Levenson, 2009). Ces études laissent penser que les compétences de suppression expressive ne seraient pas affectées par l'âge, et que cette technique ne deviendrait pas plus efficace pour réguler les émotions au cours de la vie.

Toutefois, ces résultats ne sont pas retrouvés de manière systématique dans la littérature, et une série d'études rapporte une efficacité différentielle de la suppression en fonction de l'âge. Lorsqu'une consigne de suppression est explicitement donnée, Phillips et al. (2008) observent une capacité préservée des sujets âgés à supprimer leurs expressions faciales face à des vidéos négatives, mais associée à un ressenti plus négatif comparé aux jeunes adultes. De façon similaire, la pratique réussie de cette stratégie lors de l'écoute d'extraits musicaux négatifs augmenterait l'activité physiologique des sujets âgés (e.g., pression artérielle systolique), qui rapportent également un ressenti négatif plus intense, comparé à celui des

jeunes adultes (Vieillard et al., 2015). À l'inverse des études précédentes, ces derniers résultats laissent penser que l'utilisation contrôlée de la suppression expressive serait plus coûteuse avec l'avancée en âge, et moins efficace pour réguler les émotions négatives. Ces conclusions sont néanmoins nuancées par les résultats d'une troisième étude. Lohani et Isaacowitz (2014) ont montré que face à des vidéos inductrices de tristesse (portant sur la mort et la maladie), sujets jeunes comme âgés réussissent tout aussi bien à supprimer leurs expressions faciales émotionnelles, mais les réponses électrodermales des personnes âgées sont plus faibles que celles des jeunes adultes. L'activité physiologique moins prononcée chez les aînés pourrait traduire ici une efficacité plus forte de la suppression dans cette population. Enfin, dans des conditions dénuées de consigne de régulation, les résultats observés divergent selon le type de support expérimental. Les personnes âgées exprimeraient spontanément leurs émotions face aux vidéos de façon plus importante que les jeunes adultes, et auraient un ressenti plus négatif, suggérant que la suppression expressive pourrait ne pas s'automatiser avec l'âge (Phillips et al., 2008). Cette possibilité est modérée par le fait qu'en l'absence d'instructions explicites de régulation et à expressivité égale, les personnes âgées rapportent moins d'émotions négatives que les jeunes adultes lors de l'écoute de musiques émotionnelles (Vieillard et al., 2015).

En résumé, les observations rapportées divergent au sujet d'une utilisation plus prononcée *et/ou* plus efficace de la suppression expressive avec l'avancée en âge. Le questionnaire ERQ, très utilisé, ne permet la comparaison qu'entre la suppression expressive et la réévaluation cognitive : il est possible que la suppression soit moins utilisée par les sujets âgés que la réévaluation, mais bien plus fréquemment que d'autres stratégies (Etxeberria et al., 2015). Sa pratique pourrait traduire un processus adapté chez le sujet âgé, contrairement aux sujets jeunes chez qui elle serait associée aux symptômes de dépression, stress, ou anxiété (Brummer et al., 2014). Bien que la suppression expressive soit une stratégie très coûteuse en ressources cognitives (Gross & John, 2003; John & Gross, 2004), la totalité des études ayant évalué l'expressivité faciale concluent que la capacité à supprimer les expressions émotionnelles est préservée avec l'âge (Kunzmann et al., 2005a; Lohani & Isaacowitz, 2014; Magai, Consedine, Krivoshekova, Kudadjie-Gyamfi, et al., 2006; Phillips et al., 2008; Shiota & Levenson, 2009; Vieillard et al., 2015). La suppression est une stratégie de régulation émotionnelle en général peu efficace chez le sujet jeune (voir **Chapitre 1**, page 6), mais il est possible que les sujets âgés l'utilisent à bon escient pour réduire les affects négatifs dans certaines conditions (Brummer et al., 2014; Lohani & Isaacowitz, 2014; Orgeta, 2011), et pas dans d'autres (Phillips et al., 2008; Vieillard et al., 2015).

Dans l'hypothèse d'une automatisation des mécanismes de régulation, la suppression spontanée des réactions émotionnelles pourrait s'accroître avec l'avancée en âge dans un

contexte de régulation non-contrainte. Le fait que la suppression expressive soit une stratégie toujours pratiquée par les sujets âgés, voir même plus fréquemment que les sujets jeunes, suggère que son efficacité à réduire les affects négatifs pourrait également augmenter au cours de la vie. Bien que les personnes âgées arrivent tout aussi bien que les jeunes adultes à respecter une consigne explicite de suppression, l'efficacité de cette stratégie lorsqu'elle est utilisée de façon contrôlée est variable en fonction des études. Dans l'idée d'une atteinte des processus de régulation contrôlée, nous pouvons émettre l'hypothèse que la suppression explicite des réactions émotionnelles pourrait avoir un effet plus faible sur la réduction des affects négatifs des sujets âgés comparé à une condition de suppression spontanée.

2.3. L'effet de positivité comme stratégie de régulation ?

Le dernier point qui sera discuté dans ce chapitre concerne l'implication des effets de positivité, fréquemment observés au cours du vieillissement normal, dans la régulation des affects. D'après la TSS, la motivation des personnes âgées à prioriser les émotions positives pourrait être à l'origine des effets de positivité. Dans cette idée, le modèle du Contrôle Cognitif postule plus précisément que les effets de positivité résulteraient de l'activation chronique des mécanismes de régulation émotionnelle, suggérant ainsi qu'ils pourraient refléter des tentatives de régulation (Mather & Carstensen, 2005; Mather & Knight, 2005; Nashiro et al., 2012). Dans l'objectif de maintenir le bien-être, les personnes âgées utiliseraient leur attention de façon à se focaliser sur les informations les plus susceptibles de générer des émotions positives. Cette focalisation s'observerait précocement au niveau de l'attention sélective, et se reflèterait ensuite sur des processus secondaires comme la mémoire ou la prise de décision.

Dans ce cadre, l'effet de positivité pourrait traduire une stratégie de type déploiement attentionnel, où l'orientation de l'attention serait utilisée pour réguler les affects. L'attention spatiale peut en effet servir à moduler les réponses émotionnelles. Par exemple, Dunning et Hajcak (2009) ont montré que lorsque les participants dirigent leur regard sur la partie la moins émotionnelle d'une image négative, l'amplitude de la composante LPP est réduite comparée à une condition où ils se focalisent sur des sections de l'image émotionnellement chargées. La réduction de l'onde LPP reflèterait ici l'activité de mécanismes de régulation (voir **Chapitre 8**, page 125). Avec l'avancée en âge, l'efficacité du déploiement attentionnel augmenterait, ce qui en ferait une stratégie de choix pour réduire les affects négatifs des sujets âgés (Lohani & Isaacowitz, 2014). Deux études ont également montré que lorsque l'orientation de l'attention était limitée par les conditions expérimentales, les aînés rapportaient plus d'émotions négatives que les jeunes adultes (Opitz et al., 2012; Vieillard et al., 2015). Afin d'éviter le détournement des informations négatives, Opitz et al. (2012) ont dirigé l'attention de leurs participants vers des

régions d'intérêt rendues très saillantes sur des images émotionnelles. Les participants avaient pour consigne de réguler leurs émotions via la réévaluation cognitive, et dans ce contexte, les aînés eurent plus de difficultés que les jeunes adultes à réduire leurs émotions négatives (Opitz et al., 2012). De façon à éviter la redirection de l'attention, Vieillard et al. (2015) ont porté leur choix sur la musique comme inducteur émotionnel dans leur étude. Leurs résultats vont également dans le sens d'une difficulté à réduire les affects négatifs avec l'avancée en âge, lorsque des consignes de suppression expressive sont données aux participants. Ainsi, les aînés arriveraient moins bien à réguler les affects négatifs, lorsque l'évitement stratégique des informations négatives est rendu difficile – et ce même lorsque les consignes de régulation portent sur des stratégies autres que le déploiement attentionnel. Ces observations soulignent l'importance de l'attention sélective comme technique de régulation émotionnelle avec l'avancée en âge.

Le lien entre attention, effet de positivité, et régulation des affects, a été particulièrement étudié par Derek Isaacowitz et son équipe. En premier lieu, les effets de positivité attentionnels seraient exacerbés chez les personnes âgées dans les contextes exigeant la régulation des émotions. Dans l'étude réalisée par Isaacowitz, Toner, Goren, et Wilson (2008a), un état affectif (négatif ou positif) est induit chez des participants d'âges différents, puis l'orientation de leur regard est mesurée par oculométrie alors que des expressions faciales émotionnelles leurs sont présentées. Lorsqu'ils sont dans un état affectif négatif, les jeunes adultes ont tendance à orienter leur regard sur les stimuli congruents avec leur humeur, tandis que les personnes âgées se focalisent plutôt sur les stimuli positifs (Isaacowitz et al., 2008a). Alors que le regard des jeunes adultes semble refléter leur humeur, les aînés utiliseraient plutôt le leur pour éviter les informations susceptibles d'augmenter les affects négatifs. Une étude au design similaire, mais incluant une évaluation de l'état affectif en cours de tâche, a montré que les personnes âgées possédant un bon niveau de contrôle exécutif étaient également celles qui 1/réussissaient à maintenir leurs affects à un niveau stable, 2/présentaient des effets de positivité (i.e., orientation du regard vers les visages positifs, détournement des visages négatifs) (Isaacowitz, Toner, & Neupert, 2009). Ces résultats signifient que les affects négatifs préalablement induits chez ces participants n'ont pas varié en cours d'expérience, contrairement aux autres chez qui l'humeur s'est dégradée. L'attention sélective envers les stimuli positifs n'a donc pas aidé à diminuer les affects négatifs, mais la stabilité des affects est parfois considérée comme l'aboutissement d'une régulation émotionnelle réussie (Koole, 2008). À l'inverse, les jeunes adultes avec un bon niveau de contrôle exécutif présentent des affects stables lorsque leur regard s'oriente préférentiellement vers les stimuli négatifs (attraction vers les visages négatifs, évitement des visages positifs ; Isaacowitz, Toner, et al., 2009). Cette focalisation sur les stimuli négatifs

permettrait aux jeunes adultes de collecter des informations pertinentes pour réévaluer la situation de façon plus favorable (Isaacowitz et al., 2008a; Isaacowitz, Toner, et al., 2009).

Les données présentées vont dans le sens d'une utilisation accrue du regard pour réguler les émotions avec l'avancée en âge, mais l'efficacité de cette stratégie est encore en débat. A l'heure actuelle, peu d'études se sont penchées sur l'impact direct des effets de positivité attentionnels sur l'évolution des émotions des sujets âgés. Une revue de littérature réalisée par Isaacowitz (2012) conclut que les données disponibles vont plutôt le sens d'une préférence visuelle accrue pour les informations positives au cours du vieillissement, et que les preuves en faveur d'une modulation des affects par le biais des effets de positivité sont faibles. D'après ces auteurs, il est prématuré de conclure que les effets de positivité liés à l'âge sont nécessairement associés à la régulation émotionnelle. Certaines données laissent penser que l'attention sélective en faveur des informations positives favoriserait la stabilité des affects des sujets âgés, mais sans toutefois les améliorer (Isaacowitz, Toner, et al., 2009). La capacité des effets de positivité à augmenter les affects positifs *et/ou* réduire les affects négatifs n'est actuellement pas démontrée.

En parallèle, une ambiguïté persiste dans les hypothèses de la TSS. Cette théorie postule que l'effet de positivité serait un phénomène contrôlé, naissant de la motivation des personnes âgées à favoriser les expériences émotionnelles gratifiantes. D'après le modèle du Contrôle Cognitif, les mécanismes de régulation émotionnelle s'automatiseraient avec le vieillissement. Dans ce cadre, si les effets de positivité traduisent effectivement des tentatives de régulation émotionnelle, il est logique de supposer que ces effets puissent être plus automatiques que contrôlés. Ces observations soulèvent une nouvelle fois les interrogations au sujet de la nature de l'effet de positivité, et sa place dans le traitement émotionnel. Il est possible que l'impact de l'effet de positivité sur les émotions diffère selon l'étape de traitement auquel il apparaît. L'évaluation de l'efficacité de l'effet de positivité à moduler les affects doit nécessairement passer par l'évaluation de sa nature automatique ou contrôlée, toujours en suspens.

3. Synthèse du Chapitre 5

La capacité des personnes âgées à maintenir leur bien-être à des niveaux élevés, malgré les atteintes et pertes liées au vieillissement, s'expliquerait par des changements dans la façon dont les individus régulent leurs émotions. Deux grands processus favoriseraient le maintien, voir l'augmentation, des affects positifs au cours du vieillissement normal :

1. L'automatisation des mécanismes de régulation émotionnelle.

D'après la TSS et le modèle du Contrôle Cognitif qui en résulte, la réduction des perspectives de vie future motiverait les personnes âgées à réguler leurs émotions de façon à favoriser les expériences émotionnelles positives. La régulation émotionnelle deviendrait ainsi un mode de fonctionnement par défaut et donc automatique. Les études en IRMf disponibles sont en faveur de cette idée. En l'absence de consignes explicites de régulation, les personnes âgées présenteraient une baisse d'activité amygdalienne, et une augmentation de l'activité préfrontale (e.g., cortex cingulaire antérieur, région préfrontales médianes), face à des stimuli négatifs. Ce pattern d'activation cérébrale témoigne de la mise en route de processus de régulation spontanés. A l'inverse, les régions préfrontales latérales plutôt associées à la régulation émotionnelle contrôlée seraient affectées par le vieillissement, laissant penser que la régulation contrôlée pourrait être moins performante avec l'âge.

2. La sélection de stratégies de régulation différentes des jeunes adultes.

La régulation émotionnelle serait également optimisée chez les sujets âgés par la sélection de stratégies plus adaptées, et plus faciles à implémenter que d'autres, pour compenser la perte de ressources liée au vieillissement. Dans cette idée, aucun groupe d'âge ne régulerait fondamentalement mieux ses émotions que l'autre : les personnes âgées excellerait dans la pratique de certaines stratégies de régulation (e.g., sélection de la situation, déploiement attentionnel, réévaluation positive) alors que d'autres seraient moins efficaces pour cette tranche d'âge comparée aux jeunes adultes (e.g., détachement, réinterprétation).

La **suppression expressive** a été peu étudiée dans le vieillissement normal. Les données actuelles divergent au sujet d'une utilisation plus prononcée *et/ou* plus efficace de cette stratégie avec l'avancée en âge. Dans l'hypothèse d'une automatisation des processus de régulation et d'une atteinte des processus plus contrôlés, nous avons testé dans l'*étude 5 (Chapitre 10, page 173)* si les personnes âgées présentent plus de difficultés à moduler leurs expressions faciales lorsque la consigne de suppression est donnée explicitement, ou lorsque la régulation est spontanée. Nous avons également testé l'efficacité différentielle de la suppression explicite et implicite à réduire les affects négatifs des sujets âgés.

Enfin, il a été postulé que les aînés utiliseraient beaucoup plus leur regard que les jeunes adultes pour réguler leurs émotions. Ainsi, **les effets de positivité attentionnels** pourraient représenter des tentatives de régulation. Toutefois, peu de preuves existent en faveur de la capacité des effets de positivité à augmenter les affects positifs *et/ou* réduire les affects négatifs des sujets âgés, comparé aux jeunes adultes. De plus, une ambiguïté persiste au niveau de la nature automatique ou contrôlée de l'effet de positivité, considéré par la TSS à la fois comme un

phénomène contrôlé, et comme un éventuel processus de régulation automatisé. Dans l'*étude 4* (**Chapitre 9**, page 150), nous avons cherché à évaluer ces différents aspects de l'effet de positivité dans une population âgée, comparée aux jeunes adultes. Nous avons testé sa nature automatique ou contrôlée, et son efficacité en tant que stratégie de régulation – c'est-à-dire sa capacité à augmenter les affects positifs *et/ou* réduire les affects négatifs des sujets âgés. La TSS prédisant que ce sont les perspectives de temps futures qui induisent l'apparition des effets de positivité, et non pas le vieillissement en soi, nous avons également testé ces hypothèses dans une population de jeunes adultes aux perspectives d'avenir réduites par la pathologie, dans l'*étude 4*.

PROBLÉMATIQUE

Avec l'avancée en âge, des différences apparaissent dans la façon dont les émotions sont traitées et régulées. Ces différences prennent parfois la forme de déficits, comme le témoignent les difficultés des aînés à reconnaître explicitement les expressions faciales négatives, et parfois la forme de progrès, comme le laissent penser le bien-être élevé des personnes âgées et leur capacité à réguler plus spontanément leurs émotions que les jeunes adultes. Des effets de positivité, dont la nature déficitaire n'est pas avérée, sont également fréquemment observés dans le vieillissement normal. Ils se traduisent par un traitement privilégié des informations positives et un traitement diminué des négatives, chez les personnes âgées comparées aux jeunes adultes. Dans cette thèse, nous défendons l'idée selon laquelle ces spécificités de traitement émotionnel du sujet âgé proviendraient d'une atteinte différentielle des processus émotionnels automatiques et contrôlés. Plusieurs arguments sont effectivement en faveur d'une dissociation entre ces processus, qui peuvent être respectivement évalués par des tâches émotionnelles implicites et explicites.

Cette problématique est née des observations suivantes. En premier lieu, les difficultés de traitement des expressions faciales négatives ne semblent pas présentes chez les sujets âgés lorsque le traitement est évalué de façon implicite. De plus, une littérature riche sur la mémoire déclarative suggère que la mémoire implicite serait moins touchée que la mémoire explicite chez les sujets âgés, comparé aux jeunes adultes. Ces résultats laissent penser que les processus automatiques pourraient être mieux préservés que les processus contrôlés au cours du vieillissement normal. Dans un second temps, l'apparition de l'effet de positivité semble également modulée par le type de processus engagé, mais sa nature automatique ou contrôlée est un sujet de débat. La Théorie de la Sélectivité Socio-émotionnelle l'envisage comme un phénomène contrôlé témoin de la préservation des fonctions cognitives, alors que le modèle Dynamic Integration Theory le conçoit comme une conséquence automatique des atteintes cognitives liées à l'âge. D'après notre hypothèse, si l'effet de positivité est un processus adapté, il devrait plutôt naître de l'activité des processus automatiques, étant donné l'atteinte des processus contrôlés. Enfin, le maintien du bien-être des aînés pourrait s'expliquer par l'automatisation des processus de régulation émotionnelle, et la pratique de stratégies de régulation différentes des jeunes adultes. Des données comportementales et de neuroimagerie suggèrent que l'efficacité augmentée de la régulation automatique pourrait s'accompagner d'une atteinte des processus de régulation contrôlée. Toutefois, la régulation émotionnelle contrôlée pourrait être différenciellement touchée par l'âge selon les stratégies considérées.

Afin d'étudier le vieillissement émotionnel au travers de la distinction entre processus automatiques et contrôlés, nous avons investigué quatre questions de recherche principales dans ce travail de thèse :

- 1) Les corrélats cérébraux des traitements émotionnels implicites et explicites changent-ils avec l'avancée en âge, et ces changements sont-ils liés aux performances observées ?
- 2) L'effet de positivité lié à l'âge reflète-il un processus automatique ou contrôlé ?
- 3) L'apparition (automatique ou contrôlée) de l'effet de positivité représente-t-elle une stratégie de régulation émotionnelle ?
- 4) Le bien-être amélioré des personnes âgées s'explique-t-il par une efficacité augmentée de la régulation émotionnelle automatique, couplée à une baisse d'efficacité de la régulation contrôlée ?

Afin d'apporter des éléments de réponse à notre première question, nous avons conduit une étude en IRMf comportant une tâche de reconnaissance explicite d'expressions faciales de peur, ainsi qu'une tâche émotionnelle implicite face aux mêmes stimuli (jugement de genre) (**Chapitre 6, étude 1**, page 80). En nous basant sur les postulats du modèle FADE (Frontoamygdalar Age-related Differences in Emotion), nous avons cherché à montrer que la préservation du traitement émotionnel implicite pouvait être due à une augmentation compensatoire de l'activité préfrontale chez les sujets âgés par rapport aux jeunes adultes. L'absence d'activations préfrontales supplémentaires, couplée à une baisse d'activité amygdalienne, était attendue chez les sujets âgés en condition explicite, en lien avec une baisse des performances de reconnaissance de la peur.

Avant d'aborder notre deuxième question de recherche et tester l'automatisme de l'effet de positivité, nous avons vérifié si cet effet ne pouvait pas être dû à l'utilisation de stimuli inadaptés pour induire des émotions dans une population âgée (**Chapitre 7, étude 2**, page 102). Pour ce faire, nous avons demandé à des participants jeunes et âgés d'évaluer des images en termes de valence et d'activation, tout en mesurant l'activité physiologique en cours de tâche. Puis nous avons regroupé ces images par sélections en fonction de l'émotion que chaque groupe d'âge déclarait ressentir en moyenne pour chacune d'entre elles (positive, négative, neutre). Nous avons alors évalué si des différences entre groupes apparaissaient en termes d'activation et au niveau de l'activité physiologique, pour la sélection d'images spécifique aux sujets jeunes et celle spécifique aux sujets âgés. Si l'effet de positivité était effectivement dû à l'utilisation de stimuli inadaptés aux adultes âgés, nous nous attendions à l'observer uniquement pour les images sélectionnées par les jeunes adultes, c'est-à-dire celles qui simulent les banques d'images généralement utilisées dans la littérature (standardisées exclusivement par de jeunes adultes). Dans un second temps, nous avons cherché à éclaircir la nature automatique ou contrôlée de l'effet de positivité en réalisant une étude en EEG (**Chapitre 8, étude 3**, page 125). Au cours de l'acquisition, les participants avaient pour consigne d'évaluer des images en termes de valence

(positive, négative, neutre) et d'activation. Nous avons fait l'hypothèse que si l'effet de positivité apparaissait sur les composantes précoces des potentiels évoqués, cela témoignerait de son automaticité, et que sa présence sur des composantes tardives suggérerait plutôt un phénomène contrôlé.

Pour répondre à la troisième question, nous avons testé le postulat de la TSS suggérant que l'effet de positivité pourrait représenter une stratégie de régulation émotionnelle de type déploiement attentionnel (**Chapitre 9, étude 4**, page 150). Au cours d'une tâche de dot-probe reposant sur des images positives, négatives, et neutres, nous avons utilisé deux conditions expérimentales : une condition censée défavoriser l'apparition de l'effet de positivité (500 ms de présentation des images) et une condition favorisant son apparition (1000 ms de présentation). La prise en compte de ces deux durées de présentation nous a permis d'évaluer si l'effet de positivité attentionnel est une stratégie de régulation plutôt automatique chez les aînés, ou nécessitant l'activité de processus contrôlés. L'état affectif des participants était mesuré au début et à la fin de chaque condition, dans l'idée que si l'effet de positivité attentionnel traduit bien une stratégie de régulation, sa présence devrait augmenter les affects positifs comparé à une condition où il est absent. Nous avons aussi testé la prédiction de la TSS que les effets de positivité apparaîtraient avec la réduction des perspectives de vie future. Pour ce faire, ce protocole a été réalisé auprès de sujets jeunes, âgés, et très âgés, dans l'idée que plus les sujets sont âgés, plus ils devraient présenter des effets de positivité attentionnels, et donc une forte augmentation de leurs affects positifs. Nous avons également testé ces hypothèses auprès d'un groupe de jeunes adultes dont les perspectives d'avenir ont été réduites expérimentalement, grâce à une procédure d'induction. L'ajout de ce groupe nous a permis de dissocier l'influence du vieillissement de celle des perspectives de vie future, sur l'effet de positivité attentionnel.

Enfin, nous avons abordé notre quatrième question de recherche en nous focalisant sur une stratégie de régulation précise : la suppression expressive (**Chapitre 10, étude 5**, page 173). Cette stratégie a été peu étudiée dans le vieillissement normal et les quelques études disponibles rapportent des résultats contradictoires. Les personnes âgées semblent privilégier cette stratégie dans certains contextes, mais son efficacité à réguler leurs affects n'est pas démontrée de façon consistante. En nous basant sur les données ayant montré que la régulation émotionnelle automatique serait plus performante avec l'avancée en âge, nous avons fait l'hypothèse que comparé aux jeunes adultes, les personnes âgées pratiqueraient plus spontanément la suppression expressive face à des vidéos négatives, mais que leur capacité à implémenter cette stratégie de façon contrôlée serait déficiente. Nous nous attendions à ce que seule la suppression expressive automatique ait un impact bénéfique sur les affects des sujets âgés.

Le **Tableau 4** ci-dessous présente une synthèse des questions posées et des méthodes utilisées dans chacune des études réalisées dans le cadre de cette thèse.

Tableau 4. Résumé des études réalisées en fonction des questions de recherche investiguées et des méthodes utilisées.

Études	Questions posées	Méthodes
1	Quel impact ont les modifications cérébrales liées à l'âge, observées lors du traitement explicite et implicite d'expressions faciales émotionnelles, sur les performances des sujets âgés ?	<p>Étude IRMf</p> <p>17 JA ($M = 24,9$ ans) et 17 PA ($M = 68,6$ ans)</p> <p>Tâche émotionnelle explicite (reconnaissance d'EFE de peur) + Tâche émotionnelle implicite (détection du genre des EFE de peur)</p>
2	L'effet de positivité lié à l'âge est-il causé par l'utilisation de stimuli inadaptés à une population âgée ?	<p>a. Étude comportementale :</p> <p>65 JA ($M = 32,2$ ans) et 57 PA ($M = 66,5$ ans)</p> <p>Tâche d'évaluation d'images en termes de valence et activation</p> <p>b. Étude physiologique :</p> <p>18 JA ($M = 29,9$ ans) et 16 PA ($M = 64,9$ ans)</p> <p>Tâche d'évaluation d'images en termes de valence et activation + Mesures physiologiques : rythme cardiaque, réponse électrodermale</p>
3	L'effet de positivité lié à l'âge est-il un phénomène automatique ou contrôlé, et se reflète-t-il sur les potentiels évoqués affectifs des sujets âgés ?	<p>Étude EEG</p> <p>16 JA ($M = 30,1$ ans) et 15 PA ($M = 67,1$ ans)</p> <p>Tâche d'évaluation d'images en termes de valence et d'activation</p>

Traitement des EFE

Effet de positivité

<p>4</p>	<p>L'effet de positivité attentionnel est-il une stratégie de régulation émotionnelle efficace pour les PA ?</p> <p>Est-ce que cette stratégie est appliquée de façon contrôlée ou automatique ?</p> <p>L'effet de positivité attentionnel augmente-il avec la réduction des perspectives de vie future ?</p> <p>Est-ce que des JA aux perspectives d'avenir réduites (par induction expérimentale) présentent des effets de positivité semblables au PA ?</p> <p>Est-ce que les effets de positivité permettent à ces JA de réguler leurs affects de la même façon que les PA ?</p>	<p>Étude comportementale</p> <p>40 JA « contrôle » ($M = 22,8$ ans), 41 JA « induction » ($M = 20,2$ ans), 21 PA « âgés » ($M = 69,0$ ans), 26 PA « très âgés » ($M = 85,2$ ans)</p> <p>Tâche attentionnelle de type dot-probe, avec évaluation du bien-être en cours de tâche</p>	<p>Effet de positivité</p> <p>Régulation émotionnelle</p>
<p>5</p>	<p>Est-ce que l'automatisation des processus de régulation émotionnelle s'applique à la stratégie de suppression expressive ?</p> <p>Est-ce que la suppression expressive spontanée/implicite s'améliore avec l'avancée en âge, contrairement à la suppression expressive contrôlée qui se dégrade ?</p>	<p>Étude physiologique</p> <p>74 JA ($M = 20,1$ ans) et 52 PA ($M = 74,0$ ans)</p> <p>Enregistrement et analyse des mouvements faciaux face à des vidéos émotionnelles dans trois conditions :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Condition contrôle - Instructions explicites de suppression expressive - Induction implicite de la suppression expressive 	<p>Suppression expressive</p> <p>Régulation émotionnelle</p>

Notes. EFE = Expressions Faciales Émotionnelles. JA = jeunes adultes. PA = personnes âgées. M = moyenne d'âge du groupe en années.

PARTIE EXPÉRIMENTALE

Chapitre 6 – Corrélats cérébraux du traitement implicite et explicite des expressions faciales de peur : différences liées à l'âge

Étude 1

Dans cette étude, nous avons évalué si les corrélats cérébraux du traitement implicite et explicite des expressions faciales de peur changeaient avec l'avancée en âge, et si ces changements étaient liés aux performances observées.

Cette étude a été publiée dans une revue scientifique à comité de lecture international (disponible en **Annexe 1**, page 234) :

Zsoldos, I., Cousin, E., Klein-Koerkamp, Y., Pichat, C., & Hot, P. (2016). Age-related differences in brain activity during implicit and explicit processing of fearful facial expressions. *Brain Research*, 1650, 208-217.

1. Introduction

Lorsque les personnes âgées (60 ans et plus) réalisent des tâches explicites de reconnaissance d'expressions faciales émotionnelles, des difficultés à reconnaître des émotions négatives comme la peur, la colère, et la tristesse, sont fréquemment observées en comparaison des performances des jeunes adultes (Calder et al., 2003; Isaacowitz et al., 2007; Keightley et al., 2006; MacPherson et al., 2002, 2006; Phillips et al., 2002; Sullivan & Ruffman, 2004; Sullivan et al., 2007; Suzuki et al., 2007). Dans ces tâches explicites, l'attention des participants est focalisée sur le contenu émotionnel des stimuli : le traitement de l'émotion est donc réalisé de façon contrôlée et consciente.

Le traitement de stimuli émotionnels peut toutefois s'accomplir sans que le participant ait conscience du contenu émotionnel, dans des tâches implicites invoquant des processus de traitement plus automatisés (Houwer & Moors, 2012). Des données laissent effectivement penser que les émotions seraient bien traitées dans ces tâches, à l'insu de la conscience. Par exemple, une activité physiologique augmentée a été observée face à des stimuli émotionnels comparés aux neutres lors de présentations masquées (Dimberg et al., 2000; Williams et al.,

2004). Les tâches implicites et explicites invoqueraient des processus différents : les premières impliqueraient des processus de traitement automatique, et les secondes activeraient des processus plus contrôlés. L'implication différentielle de ces différents types de processus pourrait expliquer les résultats observés chez les sujets âgés. En effet, lorsque le traitement émotionnel est évalué avec des tâches implicites, à l'inverse des résultats rapportés dans les tâches explicites, le traitement de toutes les émotions semble préservé chez les aînés (Garcia-Rodriguez et al., 2009; LaBar et al., 2005).

Comme il a été discuté par Moors et De Houwer (2006), les processus émotionnels automatiques s'initieraient dans toute situation impliquant un contenu émotionnel, indépendamment de la volonté de l'individu. Ainsi, les tâches de reconnaissance explicite incluraient à la fois des processus de traitement contrôlés et automatiques, ces derniers s'activant spontanément en présence d'une émotion. Dans cette idée, les résultats observés chez les personnes âgées pourraient refléter la préservation des processus implicites, à la fois dans les tâches implicites et explicites, et la dégradation des processus additionnels relatifs à la reconnaissance explicite des émotions. Cette hypothèse a été investiguée dans des études en IRMf évaluant l'activité cérébrale au cours du traitement émotionnel, chez des sujets jeunes et âgés.

Lorsque les participants doivent explicitement reconnaître des expressions faciales émotionnelles, les personnes âgées présentent une activité accrue dans les régions frontales médianes, ventrales, dorso-latérales et ventro-latérales, par rapport aux jeunes adultes (Gunning-Dixon et al., 2003; Tessitore et al., 2005). À l'inverse, l'activité est réduite chez les sujets âgés comparés aux plus jeunes dans l'amygdale droite, et la partie postérieure des gyri fusiformes droit et gauche (Gunning-Dixon et al., 2003; Tessitore et al., 2005). Les adultes âgés ont eu des difficultés à reconnaître les expressions faciales positives et négatives dans l'une de ces études (Gunning-Dixon et al., 2003), mais la seconde rapporte des performances de reconnaissance équivalentes entre groupes pour des expressions négatives (Tessitore et al., 2005). Ces résultats contradictoires ne permettent donc pas de conclure si les différences cérébrales observées aident les personnes âgées à améliorer leur performance de reconnaissance ou non. De plus, ces différences impliquent des aires qui ne sont pas spécifiquement associées au traitement émotionnel explicite : le gyrus fusiforme est responsable de la reconnaissance des visages (Haxby et al., 2000; Pourtois et al., 2010), et l'amygdale s'active également lors des traitements émotionnels automatiques (Adolphs et al., 1999; Critchley et al., 2000). À notre connaissance, la seule étude comparant l'activité cérébrale d'adultes jeunes et âgés au cours d'une tâche implicite rapporte une activité limbique réduite avec l'avancée en âge, au niveau de l'amygdale gauche et du gyrus parahippocampique droit (Iidaka et al., 2002). Les

personnes âgées ne présentent pas d'activations supplémentaires comparées aux jeunes adultes dans cette étude, et aucune différence de performance n'a été observée entre groupes (tâche de jugement de genre).

Dans leur ensemble, ces observations laissent penser que comparées aux jeunes adultes, les personnes âgées s'appuient plus sur le cortex frontal lors du traitement explicite des expressions faciales émotionnelles, et recrutent moins de structures limbiques (amygdale, hippocampe) à la fois dans les protocoles explicites et implicites. Chaque groupe d'âge semble donc utiliser des réseaux cérébraux différents pour traiter les émotions, mais l'impact de ces différences sur les traitements émotionnels des sujets âgés reste à clarifier. Il est difficile de tirer des conclusions sur la nature et la spécificité des différences fonctionnelles entre groupes, étant donné l'absence d'une comparaison directe entre une condition implicite et une condition explicite. De plus, plutôt que de se focaliser sur une émotion spécifique, certaines études ont évalué l'activité cérébrale associée à une « condition émotionnelle », combinant des émotions préservées et atteintes chez les sujets âgés (Gunning-Dixon et al., 2003; Iidaka et al., 2002; Tessitore et al., 2005). Il est donc difficile d'estimer l'impact des modifications cérébrales observées au cours du vieillissement sur la qualité du traitement d'émotions spécifiques. Enfin, bien que toutes les études présentées incluent une mesure de performance, aucune d'entre elles n'a utilisé cette mesure comme indicateur des essais corrects pour analyser les données IRMf. En l'absence de ce contrôle, les patterns d'activité cérébrale rapportés pourrait ne pas refléter correctement le traitement des expressions faciales émotionnelles, en incluant également les essais ratés.

2. Objectifs & hypothèses

L'objectif général de cette étude est d'évaluer les modifications cérébrales apparaissant avec l'avancée en âge, dans un protocole en IRMf comportant une tâche implicite et une tâche explicite. Afin de clarifier le lien entre les patterns d'activation observés chez les sujets âgés et la qualité du traitement émotionnel, nous avons choisi de travailler avec des expressions faciales de peur pour deux raisons : 1) les personnes âgées ont des difficultés à reconnaître la peur, et 2) le traitement de la peur a fréquemment été associé à l'activité de l'amygdale (voir Vytal & Hamann, 2010), dont la fonctionnalité semble affectée par l'âge à la fois dans les tâches explicites et implicites. De plus, des stimuli susceptibles d'induire une activité amygdalienne comme les visages de peur sont particulièrement pertinents pour évaluer les prédictions du modèle FADE (« Frontoamygdalar Age-related Differences in Emotion »; St Jacques et al., 2009), à partir duquel nous avons élaboré nos hypothèses. Ce modèle postule que de manière générale lors de la perception de stimuli émotionnels, les personnes âgées recruteront moins l'amygdale et plus

de régions frontales que les jeunes adultes. L'activité frontale supplémentaire refléterait soit un mécanisme compensatoire, soit des processus de régulation émotionnelle, soit les deux, la régulation pouvant être considérée comme une forme de compensation (St Jacques, Dolcos, & Cabeza, 2010a).

Dans ce cadre théorique, et en accord avec l'hypothèse d'une initiation systématique des processus de traitement émotionnel automatique en présence de tout indice émotionnel, nous avons fait les prédictions suivantes :

- Nous nous attendons à observer une activité limbique réduite (en particulier dans l'amygdale) chez les personnes âgées comparées aux jeunes adultes, à la fois dans la tâche explicite et la tâche implicite. Cette activité réduite sera associée à des difficultés à reconnaître la peur chez les sujets âgés.

- Les études comportementales ayant suggéré que le traitement implicite de la peur serait préservé avec l'avancée en âge, nous nous attendons à observer des activités frontales supplémentaires et compensatoires chez les sujets âgés dans la tâche implicite uniquement.

3. Méthode expérimentale

3.1. Participants

Vingt jeunes adultes et 21 personnes âgées ont participé à l'expérience. Trois sujets jeunes et quatre personnes âgées n'ont pu être inclus dans les analyses à cause d'échecs d'acquisition du logiciel Eprime, et de mouvements excessifs dans l'IRM (supérieurs à 3 mm dans au moins une direction). Nous avons donc gardé les données de 17 jeunes adultes et 17 personnes âgées. Tous les participants étaient droitiers, possédaient une vue normale ou corrigée à la normale, et étaient exempts de troubles neurologiques et psychiatriques. Chaque volontaire a été soumis à 2 tests d'inclusion. Les fonctions cognitives ont été évaluées via le Mini-Mental State Examination (MMSE ; Folstein, Folstein, & McHugh, 1975). L'éventuelle présence d'une dépression a été évaluée via le Geriatric Depression Scale (GDS) pour les sujets âgés, et le Beck Depression Inventory (BDI) pour les sujets jeunes. Les participants présentant des fonctions cognitives altérées (un score inférieur à 25 au MMSE) ou une dépression (un score supérieur à 7 pour l'échelle BDI, ou supérieur à 9 pour la GDS), n'ont pas été inclus dans l'analyse (voir Tableau 5).

Tableau 5. Caractéristiques moyennes de l'échantillon.

Groupe	N (f/h)	Âge (ET)	MMSE	Echelle de dépression
			(min - max)	(min - max)
JA	17 (11/6)	24,9 (2,7)	29,9 (29 - 30)	BDI = 1,3 (0 - 6)
PA	17 (8/9)	68,6 (5,6)	29,3 (26 - 30)	GDS = 1,9 (0 - 5)

Notes. JA = jeunes adultes ; PA = personnes âgées ; ET = écart-type ; f = nombre de femmes ; h = nombre d'hommes ; MMSE = Mini-Mental State Examination ; BDI = Beck Depression Inventory ; GDS = Geriatric Depression Scale.

3.2. Matériel et stimuli

Quarante-quatre photographies en noir et blanc de visages féminins et masculins, neutres ou exprimant la peur, ont été sélectionnées dans la banque d'images Karolinska Directed Emotional Faces Database (Lundqvist, Flykt, & Öhman, 1998 ; voir Figure 1 pour un échantillon). Les photographies étaient au format de 360 x 460 pixels, et projetées sur un miroir disposé sur l'antenne de tête de l'IRM (angle visuel : 5 x 6.3°) via le logiciel E-prime. Chaque session expérimentale (implicite et explicite) possédait deux conditions (émotion exprimée : peur, neutre), avec 22 stimuli différents par condition (11 femmes et 11 hommes). Pendant l'acquisition des données, les participants tenaient en main un boîtier avec un bouton de réponse.



Figure 1. Exemples de stimuli.

4. Procédure expérimentale

En premier lieu, le participant donnait son consentement puis complétait les questionnaires d'inclusion décrits précédemment (GDS, BDI, MMSE) avant d'être installé dans l'IRM. L'expérience consistait en deux sessions d'acquisition réalisées l'une après l'autre, respectivement à la tâche implicite puis à la tâche explicite. Les deux tâches ont toujours été réalisées dans cet ordre, dans l'objectif d'éviter d'éventuelles influences de la tâche explicite sur la tâche implicite. Les réponses des participants étaient enregistrées avec le logiciel E-Prime.

Le paradigme utilisé pour chaque tâche était de type événementiel. Chaque stimulus était présenté six fois dans un ordre aléatoire, résultant en 132 essais par type d'émotion, et donc 264 essais par tâche. Chaque essai démarrait avec la présentation de l'un des visages au centre de l'écran, sur fond gris, pendant 200 ms. Une croix de fixation était ensuite présentée pendant 1540 ms, période pendant laquelle les participants devaient rapidement répondre avant la présentation du visage suivant. Un essai complet durait donc 1740 ms.

Les deux tâches nécessitaient des réponses de type Go/NoGo. Dans la tâche implicite, les participants avaient pour consigne de juger le genre des visages en appuyant sur le bouton de réponse lorsqu'ils voyaient apparaître un visage de femme, et s'abstenir face à un visage d'homme, ou inversement pour la moitié des sujets. Dans la tâche explicite, les participants avaient pour consigne d'évaluer les expressions faciales des visages, en appuyant sur le bouton lorsqu'ils voyaient s'exprimer la peur.

5. Acquisition des données IRMf

Une IRM corps-entier (Philips Achieva TX) a été utilisée avec une force de gradients de 40mT/m. Pour l'acquisition des volumes fonctionnels, des images EPI pondérées en écho de gradient T2* ont été utilisées. Trente-neuf coupes axiales adjacentes et parallèles au plan bi-commissural ont été acquises dans un mode entrelacé. L'épaisseur de coupe est de 3.5 mm. La taille des voxels dans le plan d'acquisition est de 2.7 x 2.7 x 3.5 mm (champ de vue de 216 x 216 x 136.5 mm acquis avec une matrice d'acquisition de 72 x 71 pixels). Les paramètres de la séquence étaient les suivants : TR = 2.9 s, TE = 30 ms, angle de bascule : 77°. Un total de 189 volumes a été acquis pour chaque session. En fin de session, une IRM anatomique haute résolution en trois dimensions et pondérée en T1 est également réalisée, en utilisant une séquence T1 TFE (champ de vue : 240.941 x 256.000 x 180.000 mm ; résolution = 0.89 x 0.89 x 1.2 mm; matrice d'acquisition : 272 x 249 pixels ; matrice de reconstruction = 288 x 288 pixels).

6. Traitement des données

6.1. Données comportementales

Le nombre moyen de réponses correctes a été évalué pour chaque groupe, chaque émotion, et chaque tâche. Les réponses correctes incluaient les réponses « Go » correctes (c'est-à-dire lorsque le participant appuyait correctement sur le bouton), et les réponses « NoGo » correctes (lorsque que le participant se retenait d'appuyer sur le bouton aux moments appropriés). Comme nous étions intéressés par le traitement implicite et explicite des émotions (peur,

neutre), les réponses correctes « Go » et « NoGo » n'ont pas la même valeur selon les consignes données :

- Pour la tâche implicite : si le participant doit appuyer sur le bouton face aux visages féminins, alors chaque condition émotionnelle (peur, neutre) inclut des réponses correctes à la fois de type « Go » et « NoGo ». Par exemple, appuyer sur le bouton (« Go ») face à un visage féminin effrayé ou neutre est correct, ainsi que le fait de ne pas appuyer sur le bouton (« NoGo ») face à un visage masculin effrayé ou neutre.
- Pour la tâche explicite : appuyer sur le bouton face à un visage de peur constitue un essai « Go » correct, et ne pas appuyer sur le bouton face à un visage neutre constitue un essai « NoGo » correct. Ainsi, dans la tâche explicite, un essai « NoGo » correct pour la peur n'existe pas, ainsi qu'un essai « Go » correct pour les visages neutres.

Nous avons ensuite comparé les groupes (jeunes, âgés) sur le nombre d'essais corrects pour les deux conditions émotionnelles (peur, neutre) et le deux tâches (implicite, explicite) avec une ANOVA $2 \times 2 \times 2$ réalisée sur le logiciel STATISTICA 9. Le seuil de significativité était fixé à $p < .05$.

6.2. Données IRMf

L'analyse des données a été réalisée avec le modèle linéaire général du logiciel SPM8 (Wellcome Department of Imaging Neuroscience, London, UK, <http://www.fil.ion.ucl.ac.uk/spm>), implémenté dans MATLAB 2009 (Mathworks Inc., Sherborn, MA, USA). Des prétraitements ont d'abord été appliqués aux données. Les volumes fonctionnels ont d'abord été réalignés. L'étape de « co-register » a permis d'ajuster le volume anatomique pondéré en T1 aux images moyennes créées par la procédure de réalignement, puis ce volume a été normalisé à l'espace MNI en utilisant une interpolation trilineaire. Les paramètres de normalisation du volume anatomique ont ensuite été utilisés pour la normalisation des volumes fonctionnels. Enfin, chaque volume fonctionnel a été lissé par un filtre Gaussien. Tous les sujets ayant présenté des mouvements de tête trop importants lors de l'acquisition (supérieurs à 3 mm) ont été supprimés de l'analyse. Les données prétraitées ont ensuite été modélisées en une seule matrice de dessin incluant les deux sessions d'acquisition.

Pour effectuer les analyses de premier niveau, les données prétraitées ont été modélisées en une matrice de dessin comprenant les temps d'apparition de nos deux régresseurs d'intérêt (expressions de peur, expressions neutres), pour chaque tâche. Les temps d'apparition correspondent à l'apparition des stimuli. Nous avons modélisés uniquement les essais corrects pour les conditions « peur » et « neutre », pour chaque participant. Le fait que les participants

aient répondu correctement est considéré comme la preuve qu'ils ont bien traité les visages. Les paramètres de mouvement obtenus à partir de l'étape de réalignement (3 translations et 3 rotations) ont également été inclus comme facteurs additionnels dans la matrice de dessin. Des contrastes linéaires ont été créés pour déterminer l'effet de l'émotion (contraste Peur > Neutre) pour chaque participant et chaque tâche, et les images ainsi obtenues ont été utilisées dans le second niveau d'analyse (inter-sujets).

Les analyses statistiques ont d'abord été réalisées pour chaque groupe séparément avec des tests t pour échantillon unique, afin de révéler quelles structures sont spécifiquement activées lors du traitement de la peur, pour chaque tâche séparément (effet de l'émotion, contraste : Peur > Neutre). Des tests t appariés ont ensuite été utilisés pour comparer les tâches (implicite, explicite) pour chaque groupe, afin de révéler les régions cérébrales différenciellement engagées par ces tâches lors du traitement de la peur (interaction entre le type d'émotion et le type de tâche : Implicite_{Peur > Neutre} > Explicite_{Peur > Neutre} et inversement). Enfin, nous avons comparé les deux groupes sur chaque tâche avec des tests t pour échantillons indépendants, afin de révéler des différences liées à l'âge lors du traitement de la peur ($\hat{\text{Âgés}}_{\text{Peur > Neutre}}$ > $\text{Jeunes}_{\text{Peur > Neutre}}$ et inversement). Pour toutes les analyses, nous avons fixé le seuil de significativité à $p < .001$ non corrigé, couplé à un seuil étendu de 10 voxels contigus.

7. Résultats

Pour simplifier et clarifier la présentation des résultats, le code « PA » serait utilisé pour désigner le groupe de personnes âgées, et le code « JA » sera utilisé pour les jeunes adultes, dans toute la section Résultats.

7.1. Résultats comportementaux

Le nombre de réponses correctes est plus élevé pour les JA ($M = 113.45$, $ET = 18.34$) que pour les PA ($M = 94.65$, $ET = 25.50$), indépendamment du type de tâche et de l'émotion, $F(1,31) = 26.14$, $p < .05$, $\eta_p^2 = 0.46$. Nous observons également un effet principal de la tâche : les participants réussissent mieux la tâche implicite ($M = 105.76$, $ET = 14.14$) que la tâche explicite ($M = 102.12$, $ET = 30.87$), $F(1,31) = 4.21$, $p < .05$, $\eta_p^2 = 0.12$. L'effet principal de l'émotion est significatif : les participants répondent plus correctement face aux visages neutres ($M = 115.43$, $ET = 16.09$) que face aux visages de peur ($M = 92.39$, $ET = 25.35$), indépendamment de la tâche considérée et de l'âge, $F(1,31) = 90.04$, $p < .05$, $\eta_p^2 = 0.74$. Aucune interaction n'a été observée entre le groupe d'âge et le type de tâche ($F(1,31) = 0.20$, $p = 0.65$), ni entre l'émotion et le groupe ($F(1,31) = 3.80$, $p = 0.06$).

L'interaction entre la tâche et l'émotion est significative ($F(1,31) = 73.30, p < .05, \eta_p^2 = 0.70$). Des comparaisons planifiées ont révélé l'absence de différences significatives dans le nombre de réponses correctes entre les conditions de peur et neutre dans la tâche implicite ($F(1,31) = 2.51, p = 0.12$). En revanche, dans la tâche explicite, les participants ont mieux répondu face aux visages neutres ($M = 124.24, ET = 12.15$) que face à la peur ($M = 80, ET = 27.91$), $F(1,31) = 83.44, p < .05, \eta_p^2 = 0.73$.

La double interaction entre la tâche, l'émotion, et le groupe, est significative, ($F(1,31) = 5.40, p < .05, \eta_p^2 = 0.15$). Les JA répondent mieux en condition neutre ($M = 117.25, ET = 5.92$) qu'en condition de peur ($M = 114.88, ET = 5.07$) dans la tâche implicite ($F(1,31) = 4.43, p < .05, \eta_p^2 = 0.13$), et ils détectent également mieux les expressions neutres ($M = 128.35, ET = 3.16$) que les expressions de peur ($M = 93.65, ET = 25.11$) dans la tâche explicite, $F(1,31) = 23.54, p < .05, \eta_p^2 = 0.43$. En parallèle, les PA détectent également mieux les expressions neutres ($M = 120.12, ET = 16.07$) que la peur ($M = 66.35, ET = 24.09$) dans la tâche explicite ($F(1,31) = 65.89, p < .05, \eta_p^2 = 0.68$), mais ils ne présentent aucune différence de performance significative entre les conditions neutre et de peur dans la tâche implicite, $F(1,31) = 0.01, p = 0.92$.

7.2. Résultats IRMf

La localisation anatomique des voxels significativement activés a été identifiée avec le programme Automated Anatomic Labeling (AAL ; Tzourio-Mazoyer et al., 2002) et Xjview (<http://www.alivelearn.net/xjview>). La figure a été créée avec Xjview. Les coordonnées sont indiquées au format MNI (Montreal Neurological Institute). Pour toutes les analyses IRMf, nous avons utilisé un seuil de significativité fixé à $p < .001$ non corrigé, couplé à un seuil étendu de 10 voxels contigus.

7.2.1. Corrélats cérébraux du traitement implicite et explicite des expressions faciales de peur chez le sujet jeune

Nous avons d'abord déterminé chez les JA les régions cérébrales présentant un effet principal de l'émotion, pour chaque tâche séparément. Dans la tâche implicite, les JA présentent une activité supplémentaire pour les visages de peur, comparé aux visages neutres, dans l'amygdale gauche (contraste : Peur > Neutre, voir Tableau 6).

Tableau 6. Effet principal de l'émotion dans la tâche implicite pour le groupe de sujets jeunes.

Structures cérébrales	H	AB	k	T	Coordonnées MNI		
					x	y	z
Peur > Neutre (tâche implicite)							
Système limbique							
Amygdale	G	34	10	4.75	-24	-4	-15

Notes. Seuil de significativité : $p < .001$ non-corrigé ; seuil étendu : 10 voxels contigus ; H = hémisphère ; G = gauche ; D = droit ; AB = aire de Brodmann.

Dans la tâche explicite, le même contraste a montré une réponse plus forte pour les expressions de peur comparées aux neutres dans le lobe frontal bilatéral (gyrus frontal inférieur, gyrus frontal supérieur médian, gyrus précentral), le lobe pariétal (gyrus pariétal inférieur bilatéral, gyrus supramarginal gauche, gyrus angulaire droit, gyrus postcentral gauche), le lobe temporal bilatéral (gyrus fusiforme et gyrus temporal inférieur), l'insula bilatéral, le gyrus cingulaire moyen gauche, le lobe occipital (gyrus occipital inférieur gauche, gyrus occipital supérieur droit), et le cervelet (voir Tableau 7).

Tableau 7. Effet principal de l'émotion dans la tâche explicite pour le groupe de sujets jeunes.

Structures cérébrales	H	AB	k	T	Coordonnées MNI		
					x	y	z
Peur > Neutre (tâche explicite)							
Lobe frontal							
Gyrus frontal supérieur médian	G	8	42	4.93	-2	31	44
	D	8	65	5.85	8	31	44
Gyrus frontal inférieur (<i>pars triangularis</i>)	G	9	33	4.89	-48	14	27
	D	46	74	3.89	48	25	27
Gyrus frontal inférieur (<i>pars opercularis</i>)	G	9	62	4.71	-40	9	20
	D	9	72	5.24	46	12	27
Gyrus précentral	G	9	52	4.59	-51	6	27
	D	9	13	3.82	48	6	30
Lobe pariétal							
Gyrus pariétal inférieur	G	40	210	5.64	-42	-44	41
	D	40	38	4.05	40	-52	41
Gyrus supramarginal	G	4	69	4.78	-59	-20	41
Gyrus angulaire	D	7	47	7.09	35	-52	37
Gyrus postcentral	G		28	4.82	-34	-25	41
Lobe temporal							
Gyrus fusiforme	G	37	76	5.21	-40	-55	-18
	D	37	21	3.95	43	-63	-18
Gyrus temporal inférieur	G	37	62	7.18	-40	-47	-15
	D	37	47	4.97	46	-41	-15
Système limbique							
Insula	G	13	60	4.46	-32	17	2
	D	47	10	3.96	35	20	-4

Cortex cingulaire							
Gyrus cingulaire moyen	G	6	28	4.88	-10	9	34
Lobe occipital							
Gyrus occipital inférieur	G	18	18	5.31	-24	-87	-4
Gyrus occipital supérieur	D		14	4.74	30	-63	37
Cervelet							
Cervelet	G		69	7.45	-32	-58	-32
	D		104	7.25	24	-55	-32

Notes. Seuil de significativité : $p < .001$ non-corrigé ; seuil étendu : 10 voxels contigus ; H = hémisphère ; G = gauche ; D = droit ; AB = aire de Brodmann.

Ensuite, nous avons identifié les aires cérébrales s'activant plus spécifiquement pour chaque tâche, lors du traitement des expressions faciales de peur. Des activations supplémentaires ont été observées lors du traitement implicite comparé au traitement explicite de la peur (Implicite Peur > Neutre > Explicite Peur > Neutre) dans le lobe frontal bilatéralement (gyrus frontal supérieur, médian supérieur, et moyen), le lobe pariétal gauche (gyrus angulaire, précuneus), le lobe temporal gauche (gyrus temporal moyen, gyrus fusiforme), le cortex cingulaire (gyrus cingulaire antérieur bilatéral, le gyrus cingulaire postérieur gauche), et le cuneus gauche (voir Tableau 8).

Tableau 8. Résultats du contraste Implicite Peur > Neutre > Explicite Peur > Neutre pour le groupe de sujets jeunes.

Structures cérébrales	H	AB	k	T	Coordonnées MNI		
					x	y	z
Implicite Peur > Neutre > Explicite Peur > Neutre							
Lobe frontal							
Gyrus frontal supérieur	G	8	80	5.14	-15	41	44
	D	8	42	5.84	24	41	44
Gyrus frontal moyen	G	9	120	5.39	-26	31	41
	D	8	37	4.55	30	33	44
Gyrus frontal supérieur médian	G	8	146	4.10	-10	39	44
	D	9	35	3.75	5	50	30
Lobe pariétal							
Gyrus angulaire	G	39	105	5.84	-48	-66	27
Précuneus	G	31	54	5.07	-5	-63	27
Lobe temporal							
Gyrus temporal moyen	G	39	22	4.25	-51	-63	20
Gyrus fusiforme	G	37	10	5.17	-29	-36	-15
Cortex cingulaire							
Gyrus cingulaire antérieur	G	10	46	3.79	-5	50	2
	D	10	24	4.43	11	41	16
Gyrus cingulaire postérieur	G		13	4.60	-7	-52	27
Lobe occipital							
Cuneus	G	31	13	4.77	-5	-63	23

Notes. Seuil de significativité : $p < .001$ non-corrigé ; seuil étendu : 10 voxels contigus ; H = hémisphère ; G = gauche ; D = droit ; AB = aire de Brodmann.

Pour la tâche explicite, le contraste inverse (Explicite_{Peur > Neutre} > Implicite_{Peur > Neutre}) a révélé une activation plus forte dans certaines aires du lobe frontal gauche (gyrus frontal supérieur médian, gyrus précentral), le lobe pariétal gauche (gyrus pariétal inférieur, gyrus supramarginal, gyrus postcentral), l'insula gauche, le gyrus cingulaire moyen gauche, et le cervelet droit (voir Tableau 9).

Tableau 9. Résultats du contraste Explicite_{Peur > Neutre} > Implicite_{Peur > Neutre} pour le groupe de sujets jeunes.

Structures cérébrales	H	AB	k	T	Coordonnées MNI		
					x	y	z
Explicite_{Peur > Neutre} > Implicite_{Peur > Neutre}							
Lobe frontal							
Gyrus frontal supérieur médian	G	32	14	4.72	-10	20	44
Gyrus précentral	G	9	13	5.21	-59	9	30
Lobe pariétal							
Gyrus pariétal inférieur	G	2	93	4.75	-40	-39	41
Gyrus supramarginal	G	3	19	4.63	-59	-20	37
Gyrus postcentral	G		14	5.35	-32	-28	41
Système limbique							
Insula	G	13	20	4.52	-37	-1	9
Cortex cingulaire							
Gyrus cingulaire moyen	G	32	16	5.27	-10	12	37
Cervelet							
Cervelet	D		20	4.23	24	-58	-32

Notes. Seuil de significativité : $p < .001$ non-corrigé ; seuil étendu : 10 voxels contigus ; H = hémisphère ; G = gauche ; D = droit ; AB = aire de Brodmann.

7.2.2. Corrélats cérébraux du traitement implicite et explicite des expressions faciales de peur chez le sujet âgé

Le traitement implicite des expressions faciales de peur, comparé à celui des expressions neutres, s'accompagne d'activations supplémentaires dans le gyrus pariétal inférieur gauche et le gyrus fusiforme gauche des PA (voir Tableau 10).

Tableau 10. Effet principal de l'émotion dans la tâche implicite pour le groupe de sujets âgés.

Structures cérébrales	H	AB	k	T	Coordonnées MNI		
					x	y	z
Peur > Neutre (tâche implicite)							
Lobe pariétal							
Gyrus pariétal inférieur	G	2	13	5.28	-45	-28	44
Lobe temporal							
Gyrus fusiforme	G	37	17	7.79	-40	-52	-18

Notes. Seuil de significativité : $p < .001$ non-corrigé ; seuil étendu : 10 voxels contigus ; H = hémisphère ; G = gauche ; D = droit ; AB = aire de Brodmann.

Le traitement explicite de la peur chez les PA augmente les réponses cérébrales bilatérales du lobe frontal (gyrus frontal supérieur, moyen, et inférieur ; gyrus frontal supérieur médian ; gyrus précentral), des aires pariétales (gyrus postcentral, gyrus pariétal inférieur et supérieur, gyrus supramarginal, gyrus angulaire, précuneus), des aires temporales (gyrus temporal supérieur, moyen, et inférieur ; gyrus fusiforme), de l'insula, de l'amygdale, de l'hippocampe, du gyrus cingulaire antérieur et moyen, et du gyrus occipital moyen (voir Tableau 11).

Tableau 11. Effet principal de l'émotion dans la tâche explicite pour le groupe de sujets âgés.

Structures cérébrales	H	AB	k	T	Coordonnées MNI		
					x	y	z
Peur > Neutre (tâche explicite)							
Lobe frontal							
Gyrus précentral	G	6	719	6.32	-51	-6	51
	D	6	372	7.95	38	-9	55
Gyrus frontal moyen	G	46	378	7.16	-40	39	27
	D	46	537	10.07	40	39	27
Gyrus frontal inférieur (<i>pars triangularis</i>)	G	46	476	9.39	-45	25	27
	D	46	285	5.91	54	28	20
Gyrus frontal inférieur (<i>pars opercularis</i>)	G		252	6.70	-42	4	23
	D		334	9.21	51	9	16
Gyrus frontal supérieur médian	G	6	173	6.03	-2	39	41
	D	8	143	5.82	3	41	51
Gyrus frontal supérieur	G	6	118	6.19	-21	-1	58
	D	6	133	5.14	21	4	65
Lobe pariétal							
Gyrus pariétal inférieur	G	40	662	12.18	-42	-36	41
	D	40	277	8.15	40	-49	44
Gyrus postcentral	G	40	587	6.53	-34	-33	48
	D	40	276	5.61	57	-22	41
Gyrus supramarginal	G	40	343	7.66	-59	-41	27
	D	40	355	5.14	51	-39	23
Gyrus pariétal supérieur	G	7	343	6.59	-21	-71	58
	D	7	273	6.51	32	-74	51
Gyrus angulaire	G	40	100	5.10	-40	-66	48
	D	40	233	8.56	43	-60	48
Précuneus	G	7	69	4.43	-13	-66	62
	D	7	22	3.72	8	-68	48
Lobe temporal							
Gyrus temporal moyen	G	22	402	7.13	-61	-36	2
	D	21	429	6.32	62	-39	-1
Gyrus temporal supérieur	G	13	155	4.26	-51	-36	13
	D	42	261	6.02	65	-39	20
Gyrus temporal inférieur	G	37	126	9.44	-42	-49	-18
	D	21	98	7.54	59	-47	-11
Gyrus fusiforme	G	37	120	8.21	-32	-47	-22
	D	36	51	5.60	30	-39	-22

Système limbique							
Insula	G	47	333	9.85	-34	17	-1
	D	47	188	6.94	38	20	-4
Amygdale	G		28	5.68	-24	-6	-15
	D		14	4.43	24	-4	-11
Hippocampe	G		24	4.75	-18	-25	-11
	D		20	4.71	24	-25	-11
Cortex cingulaire							
Gyrus cingulaire moyen	G	24	267	8.78	-2	1	37
	D	24	147	4.85	3	-9	37
Gyrus cingulaire antérieur	G	32	52	5.35	-10	25	30
	D	32	50	4.62	13	39	20
Lobe occipital							
Gyrus occipital moyen	G	39	122	5.07	-32	-79	23
	D	39	120	5.52	32	-76	27

Notes. Seuil de significativité : $p < .001$ non-corrigé ; seuil étendu : 10 voxels contigus ; H = hémisphère ; G = gauche ; D = droit ; AB = aire de Brodmann.

Ensuite, nous avons comparé les cartes d'activation entre le traitement implicite et le traitement explicite des expressions faciales de peur chez les PA. Pour un seuil de significativité fixé à $p < .001$ couplé à un seuil étendu de 10 voxels, il n'y a pas de voxels significativement plus activés pendant la tâche implicite comparé à la tâche explicite (Implicite_{Peur > Neutre} > Explicite_{Peur > Neutre}).

À l'inverse, une augmentation de la réponse cérébrale a été observée pendant la tâche explicite comparée à la tâche implicite (Explicite_{Peur > Neutre} > Implicite_{Peur > Neutre}) dans le lobe frontal bilatéral des PA (gyrus précentral ; gyrus frontal supérieur, médian, moyen, et inférieur), le lobe pariétal bilatéral (gyrus postcentral, gyrus pariétal supérieur et inférieur, gyrus supramarginal, gyrus angulaire, précuneus), les régions temporales bilatérales (gyrus temporal supérieur, moyen, et inférieur ; gyrus fusiforme), l'insula bilatérale, le cortex cingulaire (gyrus cingulaire moyen bilatéral, gyrus cingulaire antérieur gauche, gyrus cingulaire postérieur droit), et le gyrus occipital moyen bilatéral (voir Tableau 12).

Tableau 12. Effet de la tâche (implicite, explicite) sur le traitement fonctionnel des expressions faciales de peur dans le groupe de sujet âgés.

Structures cérébrales	H	AB	k	T	Coordonnées MNI		
					x	y	z
Implicite_{Peur > Neutre} > Explicite_{Peur > Neutre}							
Aucune							
Explicite_{Peur > Neutre} > Implicite_{Peur > Neutre}							
Lobe frontal							

Gyrus précentral	G	6	486	7.58	-37	-12	55
	D	6	204	6.80	40	-9	55
Gyrus frontal inférieur (<i>pars triangularis</i>)	G	46	204	7.67	-48	23	27
	D	46	159	4.39	46	28	16
Gyrus frontal inférieur (<i>pars opercularis</i>)	G	9	143	9.09	-48	14	2
	D	9	282	9.50	46	14	34
Gyrus frontal moyen	G	10	113	5.47	-29	41	27
	D	46	340	9.04	38	41	27
Gyrus frontal supérieur	G	6	34	6.66	-15	1	72
	D	6	18	4.94	35	-6	58
Gyrus frontal median supérieur	G	8	81	4.56	-2	31	48
	D	8	83	5.05	8	28	48
Lobe pariétal							
Gyrus pariétal inférieur	G	40	430	7.27	-48	-39	55
	D	40	120	4.49	48	-44	48
Gyrus postcentral	G	3	392	7.14	-42	-22	58
	D	4	60	4.30	57	-20	41
Gyrus supramarginal	G	40	286	8.70	-59	-41	27
	D	40	52	6.41	43	-33	37
Gyrus pariétal supérieur	G		49	5.43	-10	-76	51
	D	7	40	4.18	32	-74	51
Gyrus angulaire	G	40	38	4.12	-40	-58	41
	D	40	124	4.76	46	-60	44
Précuneus	G	7	39	4.45	-10	-76	55
Lobe temporal							
Gyrus temporal moyen	G	22	247	6.05	-59	-47	2
	D	22	206	6.73	59	-36	6
Gyrus temporal inférieur	G	20	98	7.42	-42	-47	-18
	D	20	40	4.82	54	-39	-18
Gyrus fusiforme	G	37	65	8.62	-45	-58	-18
	D		13	4.47	24	-52	-15
Gyrus temporal supérieur	G	22	52	5.21	-61	-41	16
	D	22	144	4.59	67	-36	13
Système limbique							
Insula	G	47	198	13.21	-34	17	-1
	D	47	101	7.46	35	23	-1
Cortex cingulaire							
Gyrus cingulaire moyen	G	32	130	5.11	-5	23	34
	D	32	85	4.43	3	28	30
Gyrus cingulaire postérieur	D	29	13	5.80	3	-44	6
Gyrus cingulaire antérieur	G	32	36	5.41	-10	25	30
	D	32	13	4.62	5	31	27
Lobe occipital							
Gyrus occipital moyen	G	39	48	4.24	-29	-76	30
	D	39	68	4.65	35	-79	27

Notes. Seuil de significativité : $p < .001$ non-corrigé ; seuil étendu : 10 voxels contigus ; H = hémisphère ; G = gauche ; D = droit ; AB = aire de Brodmann.

7.2.3. Comparaison de groupes : PA vs. JA

Dans une analyse finale, nous avons cherché à mettre en évidence un effet de l'âge sur chaque type de tâche. Lors du traitement implicite de la peur, nous n'avons observé aucune différence significative entre PA et JA pour les deux contrastes d'intérêt ($PA_{\text{Peur} > \text{Neutre}} > JA_{\text{Peur} > \text{Neutre}}$; $JA_{\text{Peur} > \text{Neutre}} > PA_{\text{Peur} > \text{Neutre}}$).

Lors du traitement explicite de la peur, par rapport aux JA, les PA engagent plus le lobe frontal bilatéralement (gyrus frontal supérieur, médian, et moyen), le lobe pariétal (précuneus bilatéral, gyrus postcentral droit, gyrus angulaire bilatéral, gyrus pariétal inférieur bilatéral, gyrus supramarginal bilatéral), le lobe temporal (gyrus temporal supérieur bilatéral, gyrus temporal moyen bilatéral, gyrus fusiforme droit), le gyrus cingulaire antérieur droit, et le gyrus occipital moyen gauche.

Nous n'avons pas observé de voxels significativement plus activés chez les JA comparés aux PA lors du traitement explicite des expressions faciales de peur ($JA_{\text{Peur} > \text{Neutre}} > PA_{\text{Peur} > \text{Neutre}}$) (voir Tableau 13 et Figure 2).

Tableau 13. Effet de l'âge dans la tâche explicite.

Structures cérébrales	H	AB	k	T	Coordonnées MNI		
					x	y	z
PA_{Peur > Neutre} > JA_{Peur > Neutre}							
Lobe frontal							
Gyrus frontal supérieur médian	G	9	167	5.13	-2	60	16
	D	10	36	3.44	8	58	16
Gyrus frontal supérieur	G		86	4.57	-24	58	16
	D	9	12	4.32	19	44	37
Gyrus frontal moyen	G	10	65	5.00	-34	50	16
	D	9	18	3.85	27	39	41
Lobe pariétal							
Précuneus	G	7	89	4.58	-2	-60	48
	D	7	28	4.47	3	-63	48
Gyrus postcentral	D		23	3.91	35	-33	48
Gyrus angulaire	G	39	99	4.31	-45	-63	30
	D	40	32	3.96	48	-63	41
Gyrus pariétal inférieur	G	40	17	3.33	-56	-47	37
	D	40	16	3.97	57	-52	41
Gyrus supramarginal	G	40	50	4.65	-59	-41	23
	D	40	14	3.46	54	-41	30
Lobe temporal							
Gyrus temporal moyen	G	21	174	5.71	-67	-39	-1
	D	21	118	4.91	65	-41	-4
Gyrus temporal supérieur	G	22	18	3.42	-59	-41	16
	D		23	4.25	57	-33	6
Gyrus fusiforme	D	37	17	4.49	27	-36	-18
Cortex cingulaire							

Gyrus cingulaire antérieur	D	10	42	5.10	11	41	16
Lobe occipital							
Gyrus occipital moyen	G		55	4.33	-40	-76	30

JA Peur > Neutre > PA Peur > Neutre

Aucune

Notes. Seuil de significativité : $p < .001$ non-corrigé ; seuil étendu : 10 voxels contigus ; H = hémisphère ; G = gauche ; D = droit ; AB = aire de Brodmann.

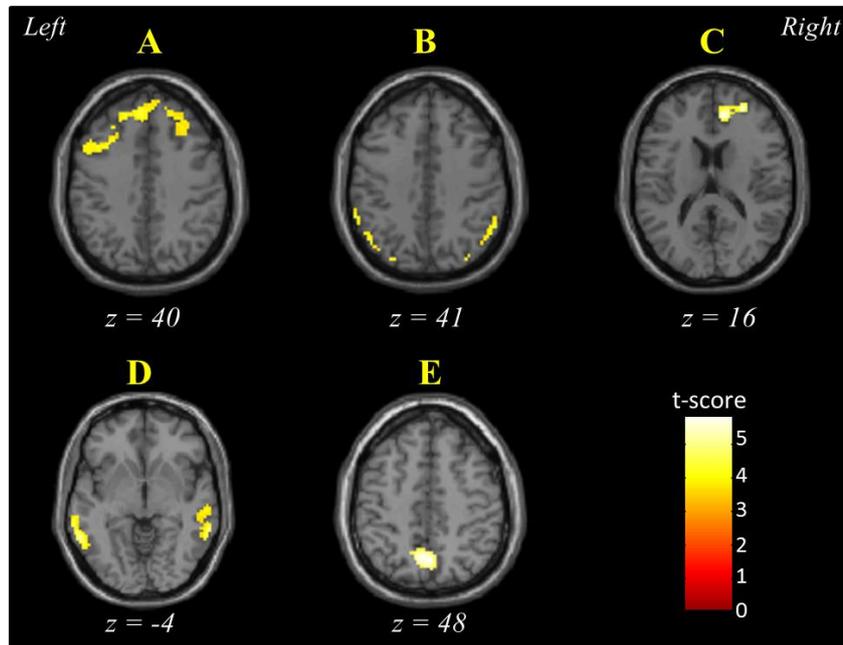


Figure 2. Activations supplémentaires chez les PA comparés aux JA lors du traitement explicite des expressions faciales de peur dans (A) le cortex préfrontal bilatéral (gyrus frontal supérieur, médian, et moyen), (B) le cortex pariétal (gyrus pariétal inférieur bilatéral et gyrus angulaire), (C) le gyrus cingulaire antérieur droit, (D) le gyrus temporal moyen bilatéral, et (E) le précuneus bilatéral. Le seuil de significativité des activations est fixé à $p < .001$ non-corrigé, et ne sont montrés que les clusters composés de plus de 10 voxels contigus.

8. Discussion

Cette étude a montré, pour la première fois, les différences d'activations cérébrales en fonction de l'âge, lors du traitement implicite et explicite d'expressions faciales de peur. Nous avons d'abord clarifié les différences entre les réseaux cérébraux implicites et explicites pour chaque groupe d'âge, avec l'hypothèse que le traitement émotionnel explicite inclurait les structures associées au traitement émotionnel automatique. Dans cette idée, nous nous attendions à observer des activations supplémentaires lors du traitement explicite de la peur comparé à son traitement implicite, mais pas l'inverse. Nos résultats suggèrent l'existence de réseaux fonctionnels différents pour chaque groupe d'âge.

Chez les jeunes adultes, comparé à la tâche explicite, le traitement implicite de la peur augmente l'activité dans les régions frontales, pariétales, et temporales, le gyrus cingulaire antérieur bilatéral, le gyrus cingulaire postérieur gauche, et le cunéus gauche. Le contraste opposé révèle que comparé à la condition implicite, le traitement explicite de la peur provoque des activations supplémentaires dans des aires frontales et pariétales sensiblement différentes, l'insula gauche, le gyrus cingulaire moyen gauche, et le cervelet droit. Par rapport à la tâche explicite, la tâche implicite augmente l'activité dans le gyrus fusiforme gauche, une structure impliquée dans le traitement des visages (Grill-Spector, Knouf, & Kanwisher, 2004; Kanwisher, McDermott, & Chun, 1997), et dans le précuneus gauche, qui joue un rôle dans le traitement des informations visuo-spatiales, la récupération en mémoire, et la conscience (Cavanna & Trimble, 2006). L'activité du précuneus gauche a été récemment associée au ressenti émotionnel (Tabei, 2015), suggérant que le traitement incident de la peur pourrait entraîner des réactions émotionnelles subjectives. Une dissociation a été observée au niveau du cortex cingulaire : le gyrus cingulaire antérieur bilatéral et le gyrus cingulaire postérieur gauche étaient plus engagés dans la condition implicite, alors que le gyrus cingulaire moyen gauche est plus activé dans la condition explicite. L'activité du gyrus cingulaire antérieur est associée à la régulation émotionnelle (Bush, Luu, & Posner, 2000; S. Dolcos, Katsumi, & Dixon, 2014), qui semble donc plus active en condition implicite qu'explicite chez les sujets jeunes. Enfin, l'insula, plus active dans la tâche explicite, joue également un rôle dans les processus émotionnels (Gasquoine, 2014).

Nous n'avons pas observé de différences significatives au niveau de l'amygdale des jeunes adultes lors de la comparaison des tâches implicite et explicite. Toutefois, une activité de l'amygdale gauche a été observée lors du traitement implicite de la peur, comparé aux visages neutres. Ce résultat est en accord avec l'étude de Critchley et al. (2000), suggérant que l'amygdale gauche serait plus sensible au traitement incident et automatique de la peur, qu'à la reconnaissance explicite de cette émotion. Une activité amygdalienne augmentée laisse penser que l'émotion serait traitée même si elle n'est pas pertinente pour compléter la tâche de décision de genre.

Chez les jeunes adultes, la présence d'activations supplémentaires dans les deux tâches contredit notre prédiction que le traitement émotionnel explicite inclurait les aires cérébrales activées dans une tâche implicite au design similaire. Ces résultats suggèrent plutôt que les processus explicites et implicites ne constitueraient pas les deux étapes d'un processus continu (avec les processus contrôlés tardifs incluant les processus automatiques, démarrés précocement), mais se réaliseraient plutôt en parallèle via des réseaux partiellement distincts.

Lorsque le traitement émotionnel explicite est initié, il pourrait remplacer les processus de traitement automatiques plutôt que s'y ajouter.

Les résultats des adultes âgés mènent à des conclusions différentes. Comme attendu, mais à l'opposé de ce qui a été observé chez les jeunes adultes, aucune activation supplémentaire n'a été observée dans la tâche implicite comparée à la tâche explicite pour ce groupe d'âge. Par rapport à la condition implicite, le traitement explicite de la peur recrute de nombreuses structures frontales, le lobe pariétal, le lobe temporal, le cortex cingulaire, et l'insula bilatérale. L'activité augmentée des régions pariétales et du gyrus cingulaire antérieur laisse penser que la réalisation de la tâche explicite demanderait plus d'efforts aux aînés que la tâche implicite, ces structures étant associées à l'attention spatiale (Johnson et al., 2015). L'engagement du gyrus frontal inférieur pourrait être associé à une tentative de suppression des réactions émotionnelles subjectives, qui pourraient interférer avec la réalisation de la tâche (Mather, 2012).

Comme chez les sujets jeunes, l'amygdale des sujets âgés ne semble pas différenciellement activée selon le type de tâche, bien que son engagement ait été observé lors du traitement explicite de la peur (voir Tableau 11, page 92), mais pas lors du traitement implicite de cette émotion (voir Tableau 10, page 91). Il est intéressant de noter que l'amygdale pourrait jouer un rôle différent entre les groupes : la tâche explicite augmente l'activité amygdalienne bilatérale chez les aînés, mais chez les jeunes adultes, c'est la tâche implicite qui engage l'amygdale gauche (voir Tableau 6, page 88). Ceci suggère que l'implication de l'amygdale dans le traitement automatique et contrôlé de la peur pourrait changer au cours du vieillissement normal.

Chez les jeunes adultes, les traitements implicites et explicites semblent reposer sur des réseaux cérébraux différents, mais chez les aînés, les procédures explicites semblent inclure les processus implicites, comme nous n'observons pas d'activations supplémentaires dans la tâche implicite comparée à l'explicite. Ainsi, la façon dont les processus automatiques et contrôlés sont fonctionnellement connectés pourrait évoluer avec l'avancée en âge. Williams et ses collaborateurs (2006) ont suggéré que les adultes âgés présenteraient une transition des processus automatiques vers des processus plus contrôlés de traitement de l'émotion, ce qui se traduisait dans leur étude par une allocation plus conséquente du cortex médian préfrontal lors des traitements émotionnels contrôlés, comparés aux étapes de traitement automatiques. Les activations supplémentaires observées dans la condition explicite chez les sujets âgés, particulièrement dans les aires préfrontales, pourrait être en accord avec cette idée. Néanmoins, la limite majeure de notre étude concerne l'absence de preuve que la peur a bel et bien été traitée dans la tâche implicite. Un protocole conçu de façon à étudier le décours temporel du

traitement émotionnel chez des sujets jeunes et âgés, des étapes de traitement émotionnel précoce et automatique vers des étapes de traitement plus contrôlées, au cœur d'une même tâche, aiderait à clarifier ce point.

L'objectif principal de notre étude était d'évaluer la pertinence du modèle FADE comme explication aux différences fonctionnelles apparaissant avec l'avancée en âge, en lien avec la performance. Nous prédisions que moins de structures limbiques, comme l'amygdale, seraient activées chez les sujets âgés par rapport aux jeunes adultes lors de la tâche explicite, en lien avec une performance de reconnaissance réduite. Dans l'idée que les tâches implicites et explicites invoqueraient toutes deux des processus automatiques, cette baisse d'activité amygdalienne était aussi attendue chez les sujets âgés comparés au plus jeunes lors du traitement implicite de la peur, mais accompagnée d'une augmentation compensatoire de l'activité frontale.

L'analyse des données comportementales a montré que les sujets jeunes réussissaient mieux que les sujets âgés dans les deux tâches. La moins bonne performance des sujets âgés dans la tâche de reconnaissance explicite de la peur est cohérente avec les résultats rapportés par les études précédentes (Calder et al., 2003; Isaacowitz et al., 2007). Indépendamment de l'âge, les participants répondent plus correctement dans la tâche implicite que dans la tâche explicite. Ce résultat laisse penser que reconnaître les expressions faciales de peur a été plus difficile que d'évaluer le genre des visages. La peur est l'une des émotions les plus difficiles à reconnaître, même pour les jeunes adultes. Par exemple, elle est souvent confondue avec la tristesse lorsque la présentation des visages est très rapide (Goren & Wilson, 2006). Cette idée est appuyée par l'interaction significative entre la tâche et l'émotion, qui montre une précision supérieure des participants dans la détection explicite des expressions neutres comparé aux expressions de peur. Toutefois, il est important de soulever le fait que les paradigmes Go/NoGo impliquent que le participant ne doit appuyer sur le bouton que lorsqu'il détecte la peur, et ne pas appuyer face aux expressions neutres. Ces instructions distinctes ont pu influencer les différences observées entre émotions. L'interaction entre tâche, émotion, et groupe, montre que les jeunes adultes répondent plus correctement face aux visages neutres que face à la peur dans les deux tâches. Un résultat similaire a été observé chez les aînés pour la tâche explicite, mais pas dans la tâche implicite où l'effet de l'émotion est absent. La présence d'une expression faciale émotionnelle semble affecter le traitement du genre chez les jeunes adultes, mais pas chez les plus âgés, qui pourraient donc être moins sensibles aux interférences dues au contenu émotionnel, probablement à cause de leurs difficultés à détecter l'émotion de peur.

Pour la tâche implicite, nous n'avons pas observé de différences cérébrales entre sujets jeunes et âgés. Contrairement à nos prédictions, aucune différence frontale et limbique n'est

significative entre les groupes lors du traitement implicite de la peur. Les processus émotionnels automatiques pourraient être préservés au cours du vieillissement normal, mais ce résultat doit être interprété avec précaution en l'absence de preuves que l'émotion ait bien été traitée dans cette tâche. De plus, les données comportementales montraient que les sujets jeunes étaient influencés par les émotions exprimées par les visages lors du traitement du genre, mais pas les sujets âgés : la perception implicite de l'émotion pourrait différer entre groupes d'âges. En conséquence, il est difficile de lier ces observations comportementales à un traitement implicite préservé ou dégradé de la peur avec l'avancée en âge. Cette limite de notre protocole pourrait être améliorée dans une étude future par l'inclusion de mesures physiologiques de l'activation émotionnelle, au cours de l'acquisition IRMf (e.g., activité électrodermale, rythme cardiaque).

Au cours de la tâche explicite, les jeunes adultes ne recrutent aucune région supplémentaire par rapport aux aînés. À l'inverse, ceux-ci engagent plus de structures préfrontales bilatérales (gyrus frontal médian, supérieur, et moyen), des régions pariétales et temporales, le gyrus cingulaire antérieur droit, et le gyrus occipital moyen gauche. L'activité augmentée dans les structures pariétales et le gyrus cingulaire laisse penser que la tâche explicite a été plus coûteuse pour les personnes âgées en termes de ressources attentionnelles. Le recrutement accru de structures frontales lors du traitement explicite de la peur est en accord avec la littérature (Gunning-Dixon et al., 2003; Keightley et al., 2007; Tessitore et al., 2005), mais cela ne semble pas suffisant pour compenser les difficultés des personnes âgées à reconnaître la peur, étant donné leur faible performance comparé aux jeunes adultes.

La compensation aurait réussi si la performance des sujets âgés avait été optimisée par l'utilisation d'un réseau cérébral différent de celui des jeunes adultes. Nos résultats laissent plutôt penser que les activations supplémentaires et étendues des aînés représenteraient une tentative de compensation inefficace (Reuter-Lorenz & Lustig, 2005). Il a été suggéré que la suractivation cérébrale pourrait être un corrélat neural du déclin cognitif (Reuter-Lorenz & Park, 2010), et refléter le recrutement non-sélectif de diverses régions cérébrales (et donc l'incapacité à recruter des aires spécialisées ; Cabeza & Dennis, 2013; Reuter-Lorenz & Lustig, 2005). Une compensation réussie au travers d'activations supplémentaires est possible, mais dépendrait des aires concernées et de la tâche. Par exemple, une activité accrue dans les aires préfrontales inférieures et latérales a été observé chez les aînés présentant des performances d'encodage similaires aux jeunes adultes (Gutchess et al., 2005; Reuter-Lorenz & Lustig, 2005). Une autre explication possible est que le recrutement frontal additionnel observé chez les sujets âgés traduirait un effort de régulation émotionnelle, plutôt qu'une tentative de compensation, tel qu'il a été théorisé par le modèle FADE (St Jacques et al., 2009; St Jacques et al., 2010a). Comme la régulation émotionnelle est associée à l'activité frontale, et semble s'améliorer avec l'avancée

en âge (Carstensen et al., 2003; Carstensen et al., 2011), nos résultats dans la tâche explicite pourraient refléter ce phénomène. Une autre observation en faveur de cette idée concerne l'activité accrue du gyrus cingulaire antérieur chez les sujets âgés comparés aux plus jeunes, une structure également associée à la régulation (Bush et al., 2000; S. Dolcos et al., 2014). Contrairement aux prédictions du modèle FADE et à nos hypothèses, nous n'avons observé aucune différence dans l'activité amygdalienne lors de la comparaison directe entre groupes d'âge, bien qu'une activité ait été observée dans cette structure dans chaque groupe séparément.

9. Conclusion

Notre étude renforce l'idée selon laquelle les traitements émotionnels implicites et explicites recruteraient des réseaux cérébraux différents, et que ces réseaux changeraient au cours du vieillissement normal. Par rapport aux jeunes adultes, dans la tâche explicite, nous avons observé des activations supplémentaires chez les sujets âgés dans les régions frontales, pariétales, temporales, occipitales, et cingulaires, mais pas dans la tâche implicite. Comme les personnes âgées font plus d'erreurs que les jeunes adultes lorsqu'ils ont pour instruction de détecter explicitement la peur, les activations cérébrales supplémentaires, particulièrement dans le lobe frontal, ne semblent pas suffisantes pour compenser les déficits liés à l'âge. Contrairement à nos prédictions, aucune différence n'a été observée entre groupes d'âges au niveau de l'activité du système limbique et de l'amygdale dans les deux tâches, la réduction d'activité amygdalienne ne peut donc expliquer la baisse de performance des sujets âgés dans cette étude.

Chapitre 7 – Influence d'un matériel expérimental inadapté à la population âgée sur l'apparition de l'effet de positivité

Étude 2

Après avoir étudié l'évolution avec l'âge du traitement des expressions faciales émotionnelles, nous nous sommes intéressés aux effets de positivité fréquemment observés chez les personnes âgées. Avant d'aborder notre deuxième question de recherche et tester l'automatisme de l'effet de positivité, nous avons évalué dans la présente étude si cet effet n'était pas en partie dû à un biais méthodologique, c'est-à-dire à l'utilisation de stimuli inaptes à induire des émotions dans une population âgée.

1. Introduction

Il a fréquemment été observé l'apparition d'un effet de positivité au cours du vieillissement émotionnel normal. Cet effet se traduit chez les personnes âgées par un traitement augmenté des informations positives, *et/ou* un traitement diminué des informations négatives, par rapport aux jeunes adultes (Reed & Carstensen, 2012). Ces effets ont été observés dans des domaines d'études variés, comme l'attention visuelle (les aînés orientent plus spontanément leur attention vers les stimuli positifs et la détournent des négatifs, comparé aux sujets jeunes) ou la mémoire (les aînés se rappellent mieux des informations positives et moins bien des négatives, comparé aux sujets jeunes ; Reed et al., 2014).

Deux grands types d'explication de l'effet de positivité se retrouvent dans la littérature sur le vieillissement émotionnel. Le premier axe d'explication est théorique, et au cœur d'un débat entre deux modèles influents : la Théorie de la Sélectivité Socio-émotionnelle et la Dynamic Integration Theory. Les postulats de ces modèles seront détaillés et testés dans l'*étude 3 (Chapitre 8, page 125)*. Dans la présente étude, nous nous sommes intéressés au second grand axe d'explication des effets de positivité, qui est plutôt d'ordre méthodologique. En effet, plusieurs facteurs associés au design expérimental choisi peuvent influencer l'apparition des effets de positivité chez les sujets âgés. Par exemple, la durée de présentation des stimuli émotionnels a son importance, notamment dans les tâches d'attention visuelle, où les effets de positivité n'apparaissent qu'à partir de 500 ms de présentation (Isaacowitz, Allard, et al., 2009; Lee & Knight, 2009; Orgeta, 2011). Ces effets sont plus susceptibles d'être observés pour des

stimuli de basse activation que pour des stimuli d'activation élevée (Kensinger, 2008; Streubel & Kunzmann, 2011), et dans des tâches modérément demandeuses en ressources cognitives (Reed et al., 2014).

Un facteur d'influence important, pourtant peu testé, concerne le contenu des stimuli choisis pour induire des émotions chez les sujets âgés. Les stimuli utilisés dans les études proviennent en général de banques d'images standardisées par de jeunes adultes, comme l'IAPS (Lang et al., 2005). Or, il a été proposé par les théories évaluatives de l'émotion que cette dernière ne serait pas déclenchée par les caractéristiques intrinsèques du stimulus-événement, mais par l'évaluation que nous faisons de sa signification par rapport à des critères personnels (Scherer, 2009). Il est possible que ces critères d'évaluation évoluent avec l'avancée en âge, et qu'ainsi un stimulus considéré comme émotionnel par de jeunes adultes ne le soit pas pour des personnes âgées. Plusieurs études de jugement émotionnel suggèrent effectivement que les aînés évalueraient différemment ces stimuli en termes de valence et d'activation, et les résultats sont très variables d'une recherche à l'autre (Bucks et al., 2005; Denburg et al., 2003; Gavazzeni et al., 2008; Gruhn & Scheibe, 2008; Mather et al., 2004; Smith, Hillman, & Duley, 2005; Streubel & Kunzmann, 2011). Les effets de positivité se reflètent parfois sur la dimension de valence (Streubel & Kunzmann, 2011), et parfois sur l'activation (Mather et al., 2004), suggérant une possible dissociation entre la valence et l'activation ressentie face aux stimuli. Il a également été montré que face à des images négatives sélectionnées sur la base des cotations de l'IAPS, les personnes âgées présenteraient une activité physiologique atténuée comparé aux jeunes adultes (Gavazzeni et al., 2008). Cette étude ne comporte pas de condition « positive », ni d'évaluation de la valence par les participants. Il n'est donc pas clair si le résultat obtenu est dû à un traitement amoindri des stimuli négatifs comparé aux positifs chez les sujets âgés par rapport aux plus jeunes, ou si ces stimuli échouent simplement à induire des émotions négatives chez les aînés.

Ces observations laissent penser que les différences observées entre sujets jeunes et âgés pourraient en partie être dues aux sélections de stimuli utilisées, variables entre études, plutôt qu'à une réelle évolution des traitements émotionnels. Dans cette idée, l'effet de positivité pourrait être une conséquence de l'utilisation de stimuli inaptes à provoquer les émotions voulues chez les sujets âgés, plutôt que l'apparition d'une focalisation croissante sur les informations positives, couplée à une baisse de réactivité vis-à-vis des informations négatives. Cette hypothèse est appuyée par l'étude de Tomaszczyk et al. (2008) dont les résultats montrent que l'effet de positivité visible en mémoire, se traduisant par une augmentation du rappel des stimuli positifs avec l'avancée en âge, semble disparaître lorsque les stimuli à mémoriser sont considérés comme très pertinents à la fois par des sujets jeunes et âgés. À la lumière de ces résultats dans leur ensemble, il semble nécessaire de contrôler que le matériel utilisé est adapté

aux tranches d'âges considérées, notamment en évaluant l'efficacité des stimuli à générer les émotions désirées quel que soit l'âge.

2. Objectifs & hypothèses

Dans la présente étude, nous avons cherché à tester directement l'impact du matériel expérimental sur l'effet de positivité, en manipulant la capacité des stimuli utilisés à induire des émotions chez des sujets jeunes et âgés. Nous avons demandé à des participants d'évaluer des images en termes de valence et d'activation, tout en enregistrant le rythme cardiaque et la conductance cutanée en cours de tâche sur un sous-échantillon du groupe. Nous avons choisi ces mesures physiologiques pour témoigner de l'activation du système nerveux autonome lors de la présentation des stimuli, car elles sont sensibles à l'émotion (Kreibig, 2010). À partir des réponses moyennes de chaque groupe en termes de valence, nous avons créé des sélections d'images négatives, positives, et neutres, de façon à ce que chaque groupe possède sa propre sélection de stimuli aptes à générer les émotions désirées. Nous avons également obtenu une sélection commune, considérée comme adaptée aux deux groupes. À partir de ces catégories, nous avons étudié l'apparition de l'effet de positivité sur la dimension d'activation des images. Nos hypothèses théoriques étaient les suivantes :

- 1) **Jugement émotionnel** : Face à des stimuli adaptés aux deux groupes d'âge, et donc aptes à générer des émotions similaires quel que soit l'âge, l'effet de positivité pourrait ne pas se manifester chez les sujets âgés, comparés aux jeunes adultes. Avec des stimuli adaptés uniquement aux sujets jeunes, et donc reflétant les banques d'images traditionnellement utilisées dans la littérature, l'effet de positivité devrait apparaître chez les sujets âgés.
- 2) **Répercussions physiologiques** : L'atténuation de l'activité physiologique des sujets âgés devrait disparaître face à des stimuli émotionnels adaptés à cette tranche d'âge, et être présente face à des stimuli spécifiques aux sujets jeunes.

3. Méthode expérimentale

3.1. Participants

Le protocole de cette étude et les modalités de recrutement ont été validés par le comité d'éthique de l'UFR Lettres, Langues, et Sciences Humaines, de l'Université Savoie Mont Blanc. Pour augmenter le nombre de participations, nous avons rendu l'étude comportementale accessible sur un site internet. Les participants ont été recrutés via une annonce publiée dans un journal local (Isère Magasine), et la plateforme de recrutement de l'Université Savoie Mont Blanc. L'annonce précisait que nous recherchions des participants âgés entre 20 et 40 ans ou de plus de 60 ans, et indiquait directement le lien du site internet sur lequel l'expérience était accessible. Avant d'accéder à l'étude, les participants devaient donner les informations suivantes : âge, genre, pathologies psychiatriques ou neurologiques actuelles ou passées. Tout participant présentant ou ayant présenté une pathologie psychiatrique ou neurologique a été exclu des analyses.

Parmi ces participants, un sous-échantillon de personnes ont été invitées à venir réaliser l'expérience sur place, équipées du système d'acquisition physiologique au cours de la tâche. Ces sujets ont également répondu au Mini Mental State Examination (MMSE), questionnaire d'évaluation des fonctions exécutives, ainsi qu'à une échelle de dépression : l'échelle Beck Depression Inventory (BDI) pour les sujets âgés de moins de 40 ans, et la Geriatric Depression Scale (GDS) pour les sujets âgés de plus de 60 ans. Les participants présentant des fonctions cognitives altérées (un score inférieur à 25 au MMSE) ou une dépression (un score supérieur à 7 pour l'échelle BDI, ou supérieur à 9 pour la GDS), n'ont pas été inclus dans l'analyse. La prise de médicaments cardiovasculaires (e.g., bêtabloquants, hypertenseurs) a également été contrôlée, ceux-ci pouvant influencer le signal physiologique enregistré.

Cent quatre-vingt-douze personnes ont participé à l'étude. Pour l'analyse des données comportementales, 122 participants ont pu être inclus et répartis en deux groupes d'âge : 65 jeunes adultes (20 – 40 ans) et 57 personnes âgées (59 – 83 ans ; voir Tableau 14). Des mesures physiologiques ont été réalisées auprès de 41 participants au cours de la tâche, dont 34 ont pu être inclus dans les analyses : 18 jeunes adultes (19 – 37 ans) et 16 personnes âgées (60 – 70 ans ; voir Tableau 15). Les tableaux ci-dessous décrivent les groupes finaux de participants, c'est-à-dire que les sujets présentant des valeurs aberrantes aux mesures de valence et d'activation en ont été exclus (voir section 4.1. pour plus d'informations à ce sujet).

Tableau 14. Caractéristiques moyennes des participants inclus pour la tâche d'évaluation des images.

Groupe	N (f/h)	Âge (min - max)	Années d'études post-bac (ET)
JA	65 (52/13)	32,2 (20 - 40)	3,1 (1,7)
PA	57 (36/21)	66,5 (60 - 83)	3,1 (2,8)

Note. JA = jeunes adultes ; PA = personnes âgées ; N = nombre de participants inclus ; f = nombre de femmes ; h = nombre d'hommes ; ET = écart-type.

Tableau 15. Caractéristiques moyennes des participants inclus ayant participé aux mesures physiologiques en cours de tâche.

Groupe	N (f/h)	Âge (min - max)	MMSE (ET)	Echelle de dépression (ET)	Années d'études post-bac (ET)
JA	18 (13/5)	29,9 (19 - 37)	29,6 (0,7)	BDI = 2,8 (3,6)	3,6 (1,9)
PA	16 (8/8)	64,9 (60 - 70)	28,9 (0,9)	GDS = 3,6 (2,0)	2,4 (2,2)

Note. JA = jeunes adultes ; PA = personnes âgées ; N = nombre de participants inclus ; f = nombre de femmes ; h = nombre d'hommes ; ET = écart-type ; MMSE = Mini-Mental State Examination ; BDI = Beck Depression Inventory ; GDS = Geriatric Depression Scale.

Nous avons réalisé une analyse statistique afin d'évaluer si les caractéristiques démographiques différaient entre ces deux échantillons, en prenant en compte la variable groupe d'âge (jeunes, âgés) et la variable échantillon, à 2 conditions : « sujets ayant réalisé la tâche d'évaluation », et « sujets ayant participé aux mesures physiologiques ». Une ANOVA a montré que les deux échantillons ne différaient pas au niveau de l'âge, $F(1, 118) = 2.7, p = 0.10$, et aucune interaction n'a été observée pour l'âge entre le type d'échantillon et le groupe d'âge, $F(1, 118) = 1.05, p = 0.31$. Les deux échantillons ne diffèrent également pas au niveau du nombre d'années d'études réalisées, $F(1, 118) = 0.30, p = 0.60$, et nous n'observons également pas d'interaction entre l'échantillon et le groupe sur cette mesure, $F(1, 118) = 2.34, p = 0.13$. Enfin, nous avons comparé la proportion d'hommes et de femmes dans chaque échantillon, pour chaque groupe d'âge, avec des tests de khi-deux. Le nombre d'hommes et de femmes est équivalent entre échantillons pour les sujets jeunes, $\chi^2(1, N = 65) = 0.67, p = .41$, ainsi que pour les sujets âgés, $\chi^2(1, N = 57) = 0.52, p = .47$. Nos deux échantillons peuvent donc être considérés comme équivalents, aucune différence significative n'ayant été observée sur les critères d'inclusion communs.

3.2. Matériel et stimuli

L'expérience est réalisée sur ordinateur. Pour la majorité des participants, l'étude est accessible via le site internet directement indiqué sur l'annonce. Le sous-échantillon de participants ayant été recruté pour effectuer les mesures physiologiques réalise la même étude

via le logiciel Eprime©, équipés du système d'acquisition physiologique BioSemi en salle d'expérience. Les participants donnent leur réponse en cliquant avec la souris.

105 images libres de droit ont été présélectionnées sur http://commons.wikimedia.org/wiki/Main_Page : 35 images à connotation positive, 35 images à connotation négative, et 35 images évoquant une absence d'émotion particulière (neutres ; voir **Figure 3** pour quelques exemples). Nous avons également choisi des images susceptibles d'induire une activation émotionnelle basse, cette caractéristique semblant favoriser l'apparition des effets de positivité.



Figure 3. Exemples d'images, de gauche à droite : image négative, image neutre, image positive.

3.3. Acquisitions physiologiques

La conductance cutanée et le rythme cardiaque ont été mesurés avec le dispositif BioSemi ActiveTwo. La conductance cutanée a été enregistrée avec 2 électrodes AgCl, placées chacune sur la phalange distale de l'index et du majeur de la main non-dominante du participant. Les électrodes ont été recouvertes d'un gel isotonique à base de chlorure de sodium, afin de favoriser un contact continu entre les électrodes et la peau. Le rythme cardiaque a été mesuré via trois électrodes disposées respectivement à 2 cm sous la clavicule droite, sur le poignet gauche, et une électrode de terre. Dans le cas où le participant était gaucher, la deuxième électrode était placée sur la cage thoracique à environ 5 cm sous le sein gauche. Le rythme cardiaque a été échantillonné à 2048 Hz.

3.4. Procédure expérimentale

Les participants réalisant l'expérience sur internet y accèdent via l'adresse indiquée dans l'annonce. Une fois sur le site, la page d'accueil décrit le résumé de l'étude et ses objectifs. Les participants doivent accepter un formulaire de consentement en ligne pour accéder à la suite. S'ils acceptent de participer, quelques questions leur sont posées de façon anonyme (âge, genre, nombre d'années d'étude, maladies psychiatriques et/ou neurologiques actuelles ou passées). L'adresse e-mail et le numéro de téléphone d'une responsable du projet sont indiqués en bas de

page tout au long du protocole, et les participants sont invités à la contacter à n'importe quelle heure si besoin.

Les individus ayant réalisé l'expérience en box expérimental à l'université Savoie Mont Blanc reçoivent également une description de l'étude, puis ils signent un formulaire de consentement attestant de leur volonté de participer. Les mêmes questions que précédemment leurs sont posées directement par l'expérimentatrice. Ils réalisent ensuite le MMSE, et remplissent l'échelle de dépression (BDI ou GDS selon l'âge).

La suite du protocole est similaire pour tous les participants. Il est dit au participant qu'il va voir des images apparaître une à une, et qu'il va devoir les évaluer selon deux critères subjectifs : le type d'émotion que lui évoque l'image (la valence), et l'ampleur des sensations internes qu'elle produit sur eux (l'activation). Chaque essai démarre par une croix de fixation pendant 500 ms, suivie d'une image qui reste présente à l'écran 6 secondes. Le participant a ensuite 15 secondes pour répondre à deux questions, puis l'image suivante prend place. La procédure recommence ainsi pour chaque image. Le système de réponse est basé sur une version locale et modernisée du Self-Assessment Manikin (voir Figures 4 et 5) utilisé dans l'IAPS (Lang et al., 2005), l'une des banques d'images les plus exploitées. Les deux questions auxquelles le participant doit répondre pour chaque image sont les suivantes :

1. Valence : «Face à l'image que vous venez de voir, l'émotion que vous avez ressentie était-elle : plus ou moins positive, plus ou moins négative ? Cliquez sur le personnage qui exprime le mieux le type d'émotion que vous avez éprouvée. Cliquez sur le personnage central si cette image ne vous a rien évoqué (émotion neutre)».

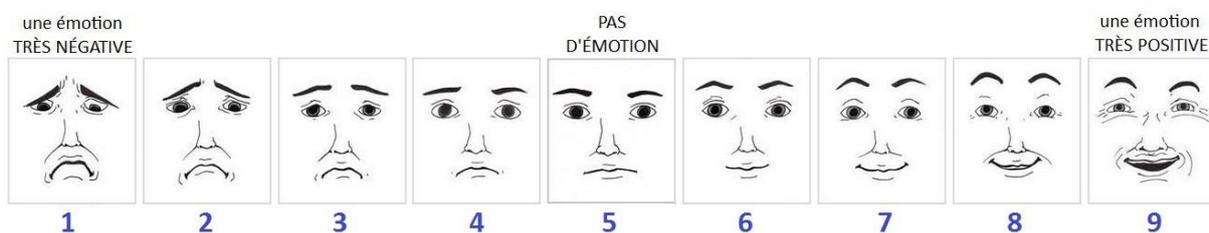


Figure 4. Echelle graduelle de valence utilisée pour la question 1, allant de « émotion très négative » à « émotion très positive ».

2. Activation : «L'émotion que vous avez ressentie en voyant cette image a-t-elle provoqué des sensations fortes, ou au contraire peu de sensations ? Cliquez sur le personnage qui correspond le mieux au niveau de stimulation, d'excitation, que l'image a provoqué en vous».

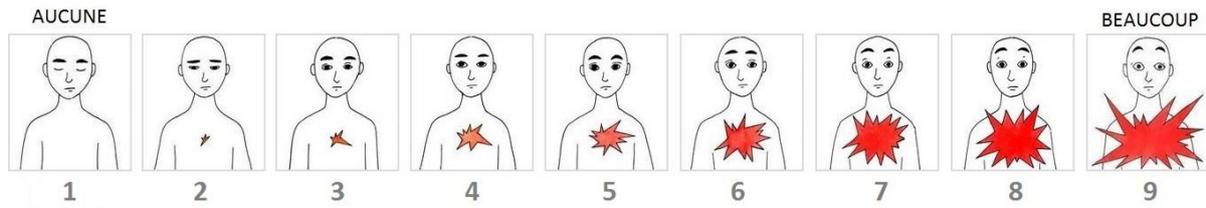


Figure 5. Echelle graduelle d'activation utilisée pour la question 2, allant de « aucune activation » à « activation forte ».

Les réponses du participant sont enregistrées de 1 à 9 (de gauche à droite), pour chaque question. Le participant effectue un entraînement basé sur 5 images neutres, qui reprend exactement la procédure expérimentale décrite ci-dessus. Il peut refaire l'entraînement tant qu'il le souhaite, et quand il se sent prêt, il peut passer à l'expérience proprement dite basée sur les 105 images sélectionnées.

4. Classement des images en fonction de l'émotion et l'âge

4.1. Analyse de la valence

La valence a été analysée en premier afin de créer des sélections d'images, selon l'émotion induite et le groupe d'âge. Les participants ayant réalisé moins de 70% de l'étude n'ont pas été inclus. Pour chaque image, nous avons considérée comme valeur extrême toute donnée à ± 2 écart-types de la moyenne. Les sujets présentant plus de 15% de valeurs extrêmes n'ont pas été intégrés à l'analyse (2 adultes âgés et 6 jeunes adultes). La méthode des résidus supprimés studentisés nous a ensuite permis de vérifier que les données restantes ne présentaient plus de valeurs aberrantes.

Les réponses des participants étaient cotées de 1 (ressenti très négatif) à 9 (ressenti très positif). Pour chaque groupe d'âge, la moyenne des réponses à chaque image nous a permis de lui attribuer un type d'émotion (négative, positive, ou neutre). Une image est considérée comme :

- **Négative**, si la moyenne des réponses est strictement inférieure à 4 ;
- **Neutre**, si la moyenne des réponses se situe entre 4,5 et 5,5 ;
- **Positive**, si la moyenne des réponses est strictement supérieure à 6.

Ensuite, nous avons réalisé une série de tests *t* pour comparer les réponses des sujets jeunes et âgés sur chaque image. Si le test *t* est non significatif ($p > .05$), cela signifie que l'image a été similairement cotée par les deux groupes. En revanche, si le test *t* est significatif ($p < .05$), la

valence a été évaluée différemment en fonction de l'âge. Par cette méthode, nous avons pu regrouper les images de manière à obtenir trois catégories :

- **Une catégorie « Commune »** : une sélection d'images positives, négatives, et neutres, dont la valence a été cotée similairement par les deux groupes ;
- **Une catégorie spécifique aux personnes âgées (« Spécifique PA »)**, qui contient des images ayant été évaluées comme positives, négatives, et neutres, uniquement par les personnes âgées ;
- **Une catégorie spécifique aux jeunes adultes (« Spécifique JA »)**, qui contient des images ayant été évaluées comme positives, négatives, et neutres, uniquement par les jeunes adultes. Cette sélection simule les banques d'images traditionnellement utilisées, c'est-à-dire cotées exclusivement par de jeunes adultes.

Ainsi, ces catégories contiennent des images inductrices d'émotions positives, négatives, ou neutres, à tout âge, ou spécifiquement chez les sujets jeunes ou âgés. Cent-unes images ont pu être classées en fonction de la catégorie et de l'émotion (voir Tableau 16). Quatre images n'ont pas pu être gardées car la moyenne de leurs cotations était en dehors des critères de sélection pour la valence.

Tableau 16. Nombres d'images par catégorie et émotion.

Émotion	Catégorie Commune	Spécifique PA	Spécifique JA
Négative	17	7	5
Positive	26	4	2
Neutre	31	5	4

Le nombre d'images étant très variable par sélection, nous avons choisi de sous-échantillonner un plus petit nombre d'images pour la catégorie « Commune », afin de rendre la comparaison entre catégories statistiquement plus fiable. Pour chaque type d'émotion, nous avons trié les images en fonction de la valeur p issue des tests t comparant les groupes. Puis nous avons sélectionné les 6 images les plus « similaires » aux deux groupes, c'est-à-dire celles possédant la valeur p la plus élevée et la valeur t la plus basse. Ainsi, pour les analyses suivantes, 6 images seulement ont été attribuées à chaque émotion pour la catégorie « Commune ». La valence moyenne pour chaque sélection d'images est reportée dans le Tableau 17 ci-dessous, en fonction du groupe d'âge, de la catégorie, et de l'émotion.

Tableau 17. Valences moyennes (et écart-types) pour les sélections d'images selon le type d'émotion et la catégorie, par groupe d'âge.

Émotion	Négative			Positive			Neutre			
	Catégorie	C	S. PA	S. JA	C	S. PA	S. JA	C	S. PA	SJA
Groupe										
Âgés		2,81 (0,92)	2,59 (0,89)	3,60 (0,98)	6,65 (0,76)	6,88 (0,97)	5,81 (0,88)	5,08 (0,22)	4,79 (0,55)	5,58 (0,52)
Jeunes		2,83 (0,85)	3,25 (0,66)	3,10 (0,75)	6,54 (0,64)	6,28 (0,84)	6,40 (0,77)	5,10 (0,32)	5,03 (0,54)	5,21 (0,45)

Notes. C = catégorie « commune » ; S. PA = catégorie « spécifique âgés » ; S. JA = catégorie « spécifique jeunes ».

4.2. Validation statistique de la sélection d'images par émotion et catégorie

Avant de tester nos hypothèses, nous avons réalisé une validation statistique de notre sélection d'images. Si nos regroupements d'images sont valides, nous devrions logiquement observer un effet de l'émotion mais une absence de différences de groupe sur les images « Communes ». Quant aux images « Spécifiques », nous nous attendons à ce que les images positives et négatives soient respectivement considérées comme plus positives et plus négatives par chaque groupe d'âge, pour sa propre sélection.

Nous avons comparé les groupes d'âge (jeunes, âgés) sur leurs cotations en termes de valence avec une ANOVA 2*3*3, avec en variables intragroupe l'émotion (négative, positive, neutre) et la catégorie (commune, spécifique PA, spécifique JA). Comme prédit, nous n'observons pas d'effet de groupe, $F(1, 120) = 0.01$, $p = .92$, mais bien un effet de l'émotion, $F(2, 240) = 1001.82$, $p < .001$, $\eta_p^2 = 0.89$. Les images positives présentent les scores les plus élevés, supérieurs aux images neutres ($F(1, 120) = 626,68$, $p < .001$, $\eta_p^2 = 0.84$) et négatives $F(1, 120) = 1123.68$, $p < .001$, $\eta_p^2 = 0,90$. Les images négatives ont un score inférieur aux images neutres, $F(1, 120) = 949,30$, $p < .001$, $\eta_p^2 = 0.89$.

Nous observons également une double interaction entre émotion, catégorie, et groupe, $F(4, 480) = 32.49$, $p < .001$, $\eta_p^2 = 0.21$ (voir Figure 6). Les résultats des comparaisons planifiées valident notre sélection :

- Il n'y a pas de différences entre groupes pour les images « communes » négatives ($F(1, 120) = 0.03$, $p = .86$), positives ($F(1, 120) = 0.76$, $p = .38$), et neutres ($F(1, 120) = 0.28$, $p = .60$).
- Pour la catégorie d'images « spécifique PA », les aînés considèrent les images négatives comme plus négatives ($F(1, 120) = 21.78$, $p < .001$, $\eta_p^2 = 0,15$), et les images positives comme plus positives ($F(1, 120) = 13.60$, $p < .001$, $\eta_p^2 = 0,10$), comparés aux jeunes

adultes. Quant aux images neutres, les personnes âgées les évaluent comme un peu plus négatives que les jeunes adultes, bien que l'effet soit faible, $F(1, 120) = 5.99, p < .02, \eta_p^2 = 0.05$.

- Pour la catégorie d'images « spécifique aux JA », les jeunes adultes considèrent les images négatives comme plus négatives que les adultes âgés ($F(1, 120) = 10.26, p < .002, \eta_p^2 = 0.08$), et les images positives comme plus positives, $F(1, 120) = 15.77, p < .001, \eta_p^2 = 0.12$. Ici aussi, pour leur propre sélection d'images, les jeunes adultes évaluent plus négativement les images neutres que les adultes âgés, $F(1, 120) = 17.60, p < .001, \eta_p^2 = 0.13$.

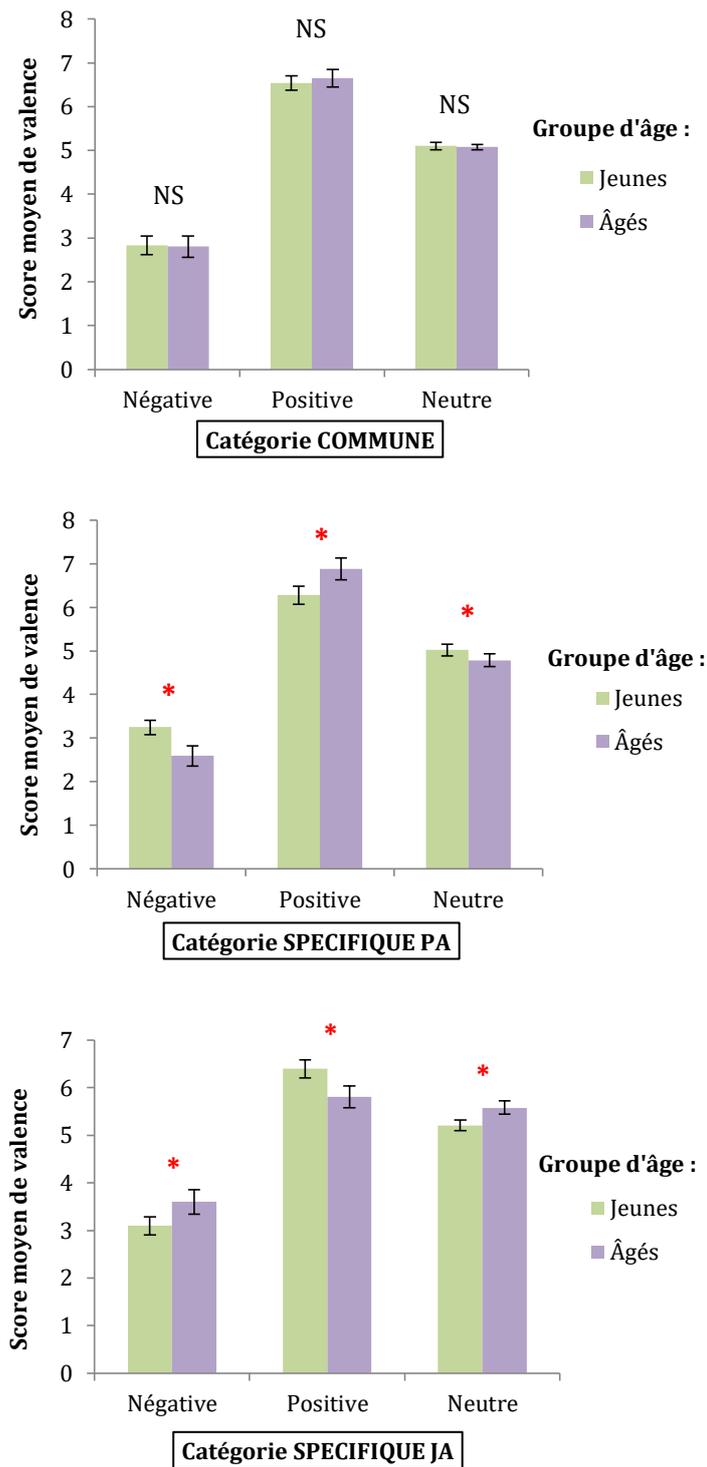


Figure 6. Score moyen de valence en fonction du groupe d'âge (jeunes, âgés), de l'émotion (négative, positive, neutre) et de la catégorie (commune, spécifique PA, spécifique JA). Les barres d'erreur représentent les intervalles de confiance à 95%.

NS = non significatif. * $p < .05$.

5. Hypothèses opérationnelles

5.1. Activation

Les images ont été classées dans un premier temps en fonction de l'émotion (négative, positive, neutre) et de la catégorie (Commune, Spécifique PA, Spécifique JA). La variable « catégorie » discrimine les stimuli spécifiquement adaptés à chaque groupe d'âge, et ceux qui sont adaptés à tous.

Nous avons ensuite testé nos hypothèses relatives à l'effet de positivité sur la mesure d'activation, sur cette sélection d'images. Nous nous attendions à observer un effet de positivité chez les aînés par rapport aux jeunes adultes pour les images de la catégorie « Spécifique JA », c'est-à-dire une activation plus grande pour les images positives, et une activation plus faible pour les images négatives. Aucune différence significative ne devrait être observée entre groupes d'âges pour la catégorie « Commune ». Dans la catégorie « Spécifique PA », comme les images sont plus adaptées aux personnes âgées qu'aux jeunes adultes, nous supposons que les personnes âgées rapporteront une activation plus grande que les jeunes pour les images émotionnelles (négatives et positives ; voir Tableau 18 pour une synthèse des hypothèses).

Tableau 18. Synthèse des hypothèses opérationnelles pour l'analyse des données comportementales.

Dimension testée	Images Communes	Images Spécifiques PA	Images Spécifiques JA
Activation AUCUNE = 1 → FORTE = 9	POS et NEG : JA = PA	POS et NEG : PA > JA	POS : PA > JA NEG : PA < JA → Effet de positivité

Note. POS = images positives ; NEG = images négatives ; JA = jeunes adultes ; PA = personnes âgées.

5.2. Activité physiologique

Nous prédisons que l'atténuation de l'activité physiologique observée dans la littérature chez les aînés par rapport aux jeunes adultes :

- Sera présente face aux images émotionnelles « spécifiques JA », cette condition simulant les banques d'images habituellement utilisées. L'atténuation devrait se traduire par une réponse électrodermale réduite et un rythme cardiaque plus faible chez les adultes âgés comparés aux plus jeunes ;
- Devrait disparaître en utilisant des stimuli émotionnels adaptés à cette tranche d'âge (condition « commune » et « spécifique PA »). Pour ces deux catégories, nous ne devrions

donc pas observer de différences entre les deux groupes d'âge en termes de réponse électrodermale et de rythme cardiaque.

6. Résultats comportementaux : la mesure d'activation

Deux sujets âgés présentant plus de 15% de valeurs extrêmes (à ± 2 écart-types de la moyenne) lors de l'évaluation de l'activation ont été supprimés de cette analyse. La méthode des résidus supprimés studentisés nous a permis de vérifier que les données restantes étaient dénuées de valeurs aberrantes. Pour rappel, l'activation est cotée de 1 (activation très faible voire inexistante) à 9 (activation forte). Nous avons réalisé une ANOVA 2*3*3 pour comparer l'activation rapportée par les groupes selon l'émotion (négative, positive, neutre) et la catégorie (commune, spécifique PA, spécifique JA). Les valeurs d'activation moyennes et leurs écart-types en fonction du groupe d'âge, de la catégorie, et de l'émotion, sont disponibles dans le Tableau 19 ci-dessous.

Tableau 19. Activations moyennes (et écart-types) pour les sélections d'images selon le type d'émotion et la catégorie, par groupe d'âge.

Émotion	Négative			Positive			Neutre			
	Catégorie	C	S. PA	S. JA	C	S. PA	S. JA	C	S. PA	S. JA
Groupe										
Agés		4,39 (1,77)	4,63 (1,94)	3,55 (1,71)	3,64 (1,67)	4,23 (2,05)	2,63 (1,27)	1,64 (0,72)	2,52 (1,13)	2,18 (0,99)
Jeunes		4,01 (1,59)	3,37 (1,26)	3,85 (1,63)	2,92 (1,22)	2,90 (2,05)	2,65 (1,20)	1,42 (0,51)	2,00 (1,13)	1,65 (0,76)

Notes. C = catégorie « commune » ; S. PA = catégorie « spécifique PA » ; S. JA = catégorie « spécifique JA ».

Nous observons un effet significatif du groupe, $F(1, 118) = 6.64, p < .02, \eta_p^2 = 0.05$: les aînés rapportent en général une activation plus élevée que les jeunes adultes. Les résultats indiquent également un effet principal de l'émotion, $F(2, 236) = 285.84, p < .001, \eta_p^2 = 0.71$: les images négatives sont plus activatrices que les positives, $F(1, 118) = 110.41, p < .001, \eta_p^2 = 0.48$, et les images positives sont plus activatrices que les neutres, $F(1, 118) = 251.65, p < .001, \eta_p^2 = 0.68$. L'effet principal de la catégorie est également significatif, $F(2, 236) = 36.66, p < .001, \eta_p^2 = 0.24$. Quelle que soit l'émotion, la sélection « spécifique PA » est plus activatrice que la « commune », $F(1, 118) = 29.23, p < .001, \eta_p^2 = 0.20$, qui est elle-même plus activatrice que la catégorie « spécifique JA », $F(1, 118) = 17.00, p < .001, \eta_p^2 = 0.12$.

Nous n'observons pas d'interaction significative entre émotion et groupe, $F(2, 236) = 1.3, p = .27$. En revanche, l'interaction entre catégorie et groupe est significative, $F(2, 236) = 31.63,$

$\eta_p^2 = 0.21, p < .001$. Les comparaisons planifiées révèlent que les jeunes adultes ne présentent pas de différences d'activation entre catégories, mais les adultes âgés évaluent les images « spécifiques PA » comme plus activatrices que les images « communes », $F(1, 118) = 58.91, p < .001, \eta_p^2 = 0.33$, qui sont elles-mêmes considérées comme plus activatrices que les images « spécifiques JA », $F(1, 118) = 23.71, p < .001, \eta_p^2 = 0.16$.

Enfin, la double interaction entre émotion, groupe, et catégorie, est également significative, $F(4, 472) = 11.47, p < .001, \eta_p^2 = 0.09$ (voir Figure 7) :

- Pour les images « communes » : nous n'observons pas de différences entre les groupes pour les images négatives, $F(1, 118) = 1.58, p = .21$, ni pour les images neutres, $F(1, 118) = 0.96, p = .32$. En revanche, contrairement à ce qui était attendu, l'activation rapportée par les personnes âgées pour les images positives communes est supérieure à celle rapportée par les jeunes adultes, $F(1, 118) = 18.07, p < .001, \eta_p^2 = 0.13$.
- Pour les images « spécifiques PA », les aînés rapportent une activation plus élevée que les sujets jeunes pour les images négatives ($F(1, 118) = 18.07, p < .001, \eta_p^2 = 0.13$), positives ($F(1, 118) = 18.20, p < .001, \eta_p^2 = 0.13$), et neutres ($F(1, 118) = 8.84, p < .004, \eta_p^2 = 0.07$).
- L'activation rapportée par les deux groupes pour les images « spécifiques JA » est similaire pour les images négatives ($F(1, 118) = 0.96, p = .33$) et positives ($F(1, 118) = 0.01, p = .93$). Or, les aînés considèrent les images neutres comme plus activatrices que les jeunes adultes, $F(1, 118) = 10.69, p < .002, \eta_p^2 = 0.08$.

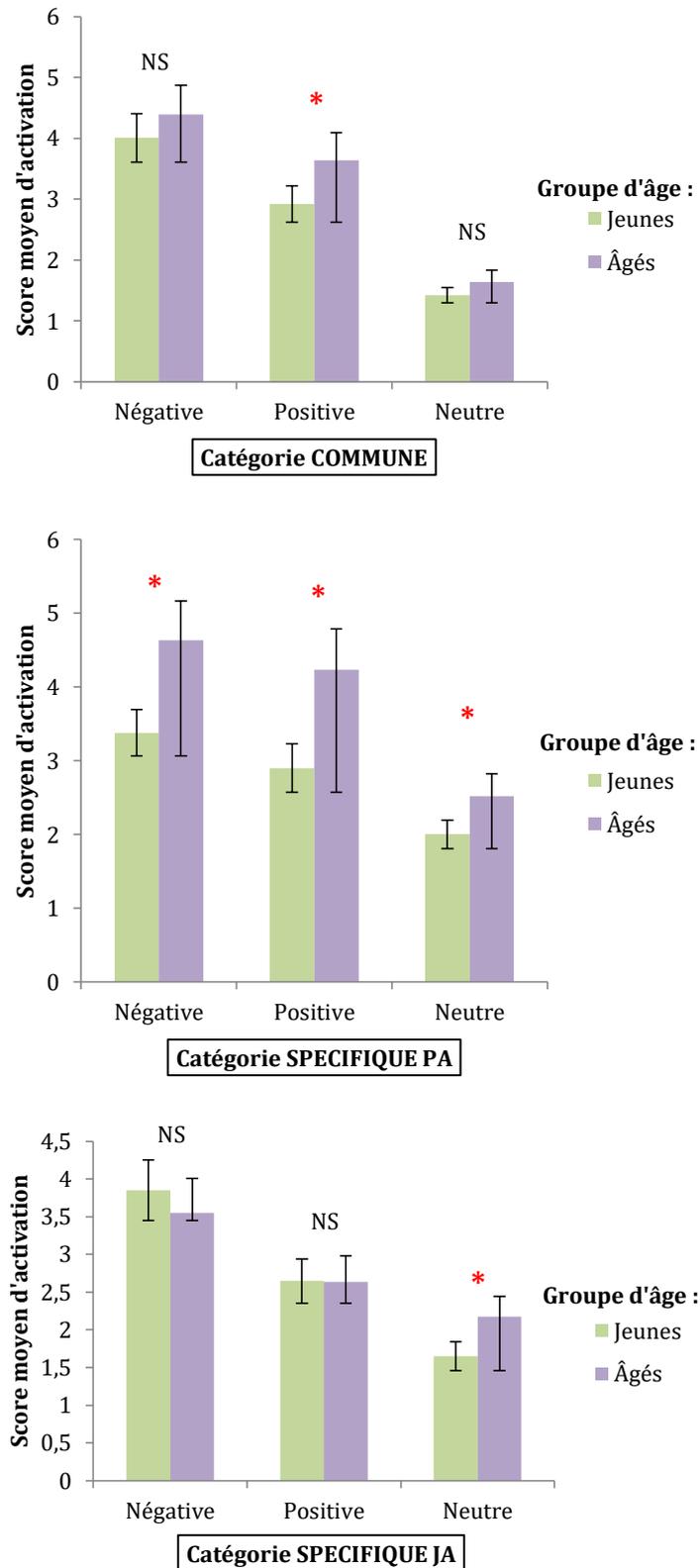


Figure 7. Score moyen d'activation en fonction du groupe d'âge (jeunes, âgés), de l'émotion (négative, positive, neutre) et de la catégorie (commune, spécifique PA, spécifique JA). Les barres d'erreur représentent les intervalles de confiance à 95%.

NS = non significatif. * $p < .01$.

7. Traitement des données physiologiques et résultats

7.1. Sélection et validation des images

Nous avons appliqué la même méthode que précédemment pour regrouper les images selon l'émotion (négative, positive, neutre) et la catégorie (commune, spécifique PA, spécifique JA), à partir des réponses des participants du sous-échantillon ayant reçu les mesures physiologiques. Cette étape était nécessaire pour adapter la sélection d'images à notre échantillon. Pour les images « communes » qui étaient également en surnombre par rapport aux « spécifiques », nous avons de nouveau sous-sélectionné 6 images par type de valence (voir Tableau 20).

Tableau 20. Nombre d'images utilisées pour l'analyse des données physiologiques, par catégorie et émotion.

Émotion	Catégorie Commune	Spécifique PA	Spécifique JA
Négative	6	9	2
Positive	6	6	3
Neutre	6	2	4

Pour valider notre sélection d'images, nous avons réalisé une ANOVA sur les scores de valence en incluant le groupe, l'émotion, et la catégorie. Nous n'observons pas d'effet principal du groupe ($F(1, 32) = 0.71, p = .40$), mais un effet de l'émotion ($F(2, 64) = 305.86, p < .001, \eta_p^2 = 0.90$). Les images positives présentent des scores plus élevés (et donc, plus positifs) que les images neutres ($F(1, 32) = 164.43, p < .001, \eta_p^2 = 0.82$), qui elles-mêmes ont des scores plus élevés que les images négatives ($F(1, 32) = 260.24, p < .001, \eta_p^2 = 0.88$). La double interaction significative entre groupe, valence, et catégorie, $F(4, 128) = 24.10, p < .001, \eta_p^2 = 0.41$, mène aux mêmes résultats que ceux observés sur le groupe dans son ensemble, c'est-à-dire :

- Une absence de différences entre groupes d'âge pour la catégorie « commune », pour les images négatives ($F(1, 32) = 0.006, p = .93$), positives ($F(1, 32) = 0.07, p = .79$), et neutres ($F(1, 32) = 0.006, p = .94$).
- Pour la catégorie « spécifique PA », les personnes âgées considèrent les images négatives comme plus négatives ($F(1, 32) = 22.38, p < .001, \eta_p^2 = 0.39$), et les images positives comme plus positives ($F(1, 32) = 52.71, p < .001, \eta_p^2 = 0.60$), que les jeunes adultes. Les personnes âgées évaluent un peu plus négativement les images neutres que les jeunes adultes, $F(1, 32) = 4.39, p < .05, \eta_p^2 = 0.11$.

- Pour les images « spécifiques JA », les sujets jeunes considèrent les images négatives comme plus négatives ($F(1, 32) = 5.78, p < .03, \eta_p^2 = 0.14$), et les images positives comme plus positives ($F(1, 32) = 3.80, p < .05, \eta_p^2 = 0.10$), que les sujets âgés. Les jeunes adultes évaluent également plus négativement les images neutres que les adultes âgés, $F(1, 32) = 19.64, p < .001, \eta_p^2 = 0.36$.

Nous avons ensuite comparé l'activité physiologique des groupes (rythme cardiaque, réponse électrodermale) sur la base de cette sélection selon l'émotion et la catégorie.

7.2. Rythme cardiaque

Les données physiologiques ont été analysées via le logiciel Acqknowledge 4.2©. Avant analyse, les données électrocardiographiques ont été filtrées avec un filtre passe-bas fixé à 20 Hz, et un filtre passe-haut fixé à 1 Hz. Les courbes d'acquisition ont été inspectées visuellement et toute section présentant des artefacts a été exclue de l'analyse.

Pour évaluer les changements de rythme cardiaque face aux images, nous avons créé des indices en soustrayant le rythme moyen au repos (sur une durée de 1 seconde pré-stimulus) au rythme moyen mesuré pendant les 6 secondes de présentation du stimulus. Un indice > 0 indique donc une accélération du rythme cardiaque, et un indice < 0 indique un ralentissement. Nous avons ensuite moyenné ces indices, pour chaque type d'émotion et pour chaque catégorie.

Une ANOVA a été effectuée sur cette mesure, incluant groupe, émotion, et catégorie. Seul l'effet principal de l'émotion est significatif, $F(2, 64) = 4.34, p < .02, \eta_p^2 = 0.12$ (voir Figure 8). Les images positives ($F(1, 32) = 6.02, p < .02, \eta_p^2 = 0.16$) et neutres ($F(1, 32) = 4.78, p < .04, \eta_p^2 = 0.13$) entraînent une accélération du rythme plus forte que les images négatives. Nous ne rapportons pas de différence significative du rythme cardiaque entre images positives et neutres, $F(1, 32) = 0.89, p = .35$. L'effet de groupe ($F(1, 32) = 0.43, p = .51$) et l'interaction entre groupe, émotion, et catégorie ($F(4, 128) = 0.28, p = .89$) sont non significatifs.

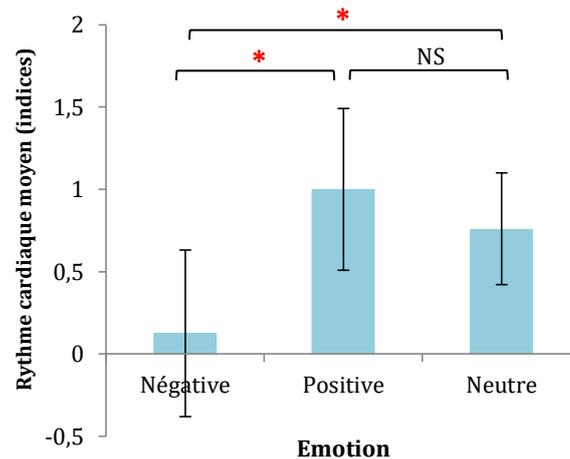


Figure 8. Rythme cardiaque moyen (indices) en fonction de l'émotion (négative, positive, neutre). Les barres d'erreur représentent les intervalles de confiance à 95%. NS = non significatif. * $p < .05$.

7.3. Réponse électrodermale

Les courbes d'acquisition de la conductance cutanée ont été filtrées avec un filtre passe-bas fixé à 1 Hz, puis elles ont été inspectées visuellement afin de révéler d'éventuels artefacts. Nous avons ensuite évalué l'amplitude de la réponse électrodermale (RED) consécutive à l'apparition de chaque stimulus. Plus l'amplitude est élevée, plus l'activation physiologique est importante. L'amplitude de la RED a été mesurée en μV entre le début et le pic de la réponse, à l'intérieur d'une fenêtre allant de 0 à 4 secondes après l'apparition du stimulus. Une transformation logarithmique a été appliquée sur les valeurs de la RED afin de les normaliser ($\log[RED]$). Nous avons ensuite moyenné ces valeurs pour chaque type d'émotion et catégorie.

Une ANOVA à mesures répétées a été réalisée sur ces valeurs moyennes, avec le groupe d'âge en facteur inter-sujets, et la catégorie et l'émotion comme facteurs intra-sujets. Nous n'observons pas d'effet significatif du groupe, $F(1, 38) = 0.64$, $p = .43$, ni d'interaction entre catégorie et groupe, $F(2, 76) = 1.59$, $p = .21$, émotion et groupe, $F(2, 76) = 0.16$, $p = .85$, ainsi qu'entre catégorie, émotion, et groupe, $F(4, 152) = 0.08$, $p = .99$.

En revanche, l'effet principal de la catégorie est significatif, $F(2, 76) = 65.50$, $p < .001$, $\eta_p^2 = 0.63$. Quels que soient l'âge et l'émotion, la RED est plus ample pour les images « communes » comparées aux images « spécifiques PA », $F(1, 38) = 67.19$, $p < .001$, $\eta_p^2 = 0.64$, qui provoquent elles-mêmes une amplitude plus grande que les images « spécifiques JA », $F(1, 38) = 8.82$, $p < .01$, $\eta_p^2 = 0.19$. L'effet de l'émotion est également significatif, $F(2, 76) = 9.0$, $p < .001$, $\eta_p^2 = 0.18$ (voir Figure 9). Les images négatives ($F(1, 38) = 16.88$, $p < .001$, $\eta_p^2 = 0.31$) et positives ($F(1, 38) = 10.98$, $p < .003$, $\eta_p^2 = 0.23$) augmentent plus l'amplitude de la RED comparées aux images

neutres. Aucune différence d'amplitude n'est observée entre les images négatives et positives, $F(1, 38) = 0.87, p = .36$.

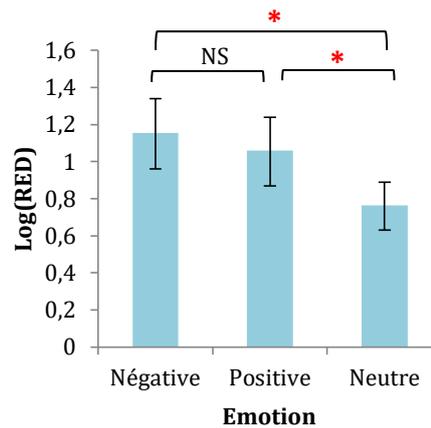


Figure 9. Réponse électrodermale moyenne (log(RED)) en fonction de l'émotion (négative, positive, neutre). Les barres d'erreur représentent les intervalles de confiance à 95%. NS = non significatif. * $p < .01$.

8. Discussion

Dans cette étude, nous avons voulu tester si les effets de positivité observés au cours du vieillissement pouvaient être en partie dus à un biais méthodologique. Nous avons fait l'hypothèse que l'effet de positivité pourrait être une conséquence de l'utilisation de stimuli émotionnels inadaptés aux personnes âgées, c'est-à-dire inaptés à induire les émotions voulues dans cette population. Pour tester cette hypothèse, nous avons créé différentes sélections d'images en nous basant sur l'évaluation de la valence de ces images par les participants. La sélection « commune » contenait des images considérées comme positives, négatives, et neutres, de façon similaire par les deux groupes d'âge. Les catégories « spécifique PA », et « spécifique JA », se composaient d'images que respectivement seuls les sujets âgés, ou seuls les sujets jeunes, ont évalué comme négatives, positives, et neutres. Sur la base de ces sélections, nous avons analysé si des différences d'activation et d'activité physiologique pouvaient apparaître en fonction de l'âge, et refléter des effets de positivité chez les adultes âgés.

Les résultats montrent que les images négatives sont considérées comme plus activatrices que les positives, et les images neutres comme les moins activatrices, quel que soit l'âge et la catégorie. Un effet de l'émotion est donc présent sur l'activation rapportée, les images émotionnelles entraînant de manière générale une activation plus élevée que les images neutres. Quelle que soit la catégorie d'images et l'émotion considérée, les sujets âgés rapportent une activation plus élevée que les sujets jeunes. L'interaction significative entre catégorie et groupe montre que pour les jeunes adultes, le niveau d'activation subjectif est similaire pour les trois catégories d'images (commune, spécifiques JA et PA), alors que les sujets âgés rapportent une

activation maximale pour leur propre sélection d'images, comparée à la catégorie « commune », qui elle-même engendre une activation supérieure à la catégorie « spécifique JA ». Ces observations laissent penser que les sujets jeunes seraient moins sensibles à l'activation générée par les stimuli émotionnels utilisés dans cette étude, alors que les personnes âgées y seraient plus réactives. L'interaction significative entre émotion, groupe, et catégorie, est la plus informative quant à nos prédictions au sujet de l'activation rapportée. La décomposition de cet effet montre qu'aucune différence d'activation n'est observée entre groupes pour les images « communes » négatives et neutres. En revanche, et contrairement à notre hypothèse, les personnes âgées rapportent une activation plus élevée pour les images positives « communes » que les sujets jeunes. Une activation plus forte pour les images positives avec l'avancée en âge peut être interprétée comme un effet de positivité : ce résultat traduirait l'impact augmenté de ces images sur les personnes âgées. Ainsi, bien que les images « communes » soient considérées comme aptes à induire des émotions similaires entre groupes d'âge, les aînés semblent présenter un effet de positivité. Nous nous attendions à obtenir ce type d'effet sur la catégorie « spécifique JA », qui simule les banques d'images validées par les jeunes adultes traditionnellement utilisées dans la littérature. Or, pour cette catégorie, nous n'observons pas de différences liées à l'âge pour les stimuli négatifs et positifs, seuls les stimuli neutres sont considérés comme plus activateurs par les sujets âgés comparés aux plus jeunes. Enfin, les personnes âgées rapportent une activation plus élevée que les sujets jeunes pour les images positives, négative, et neutres, de la catégorie « spécifique PA », en accord avec nos prédictions.

En parallèle, l'activité physiologique ne semble pas modulée par l'âge dans notre étude. Nous observons toutefois un effet principal de l'émotion, qui se traduit différemment sur chaque mesure. Le rythme cardiaque est plus élevé face aux images positives et neutres que face aux négatives, alors que la réponse électrodermale est plus ample pour les stimuli émotionnels, comparés aux neutres, mais sans distinction particulière entre stimuli positifs et négatifs. La réponse électrodermale présente en plus un effet de la catégorie : l'amplitude de la réponse est plus élevée pour la sélection « commune » comparée aux deux autres, et pour la sélection « spécifique PA » comparée aux images « spécifiques JA ». Ainsi, les catégories de stimuli que nous avons créées ne semblent pas impacter différenciellement l'activité physiologique des sujets jeunes et âgés. La présence d'un effet de positivité sur les mesures comportementales, et son absence au niveau des mesures physiologiques, laisse penser que l'évaluation subjective de l'activation pourrait être partiellement dissociée des phénomènes physiologiques objectifs.

L'apparition d'un effet de positivité au niveau de l'activation chez les sujets âgés, pour les images positives « communes », laisse penser que cet effet ne peut pas s'expliquer uniquement par l'utilisation de stimuli non adaptés à cette tranche d'âge. Toutefois, nous obtenons des

différences liées à l'âge sur les catégories d'images « spécifiques », montrant que le contenu des stimuli peut avoir un impact différentiel sur le ressenti des individus en fonction de leur âge, en accord avec plusieurs données de la littérature (Bucks et al., 2005; Denburg et al., 2003; Gavazzeni et al., 2008; Gruhn & Scheibe, 2008; Mather et al., 2004; Smith et al., 2005; Streubel & Kunzmann, 2011). Ces résultats peuvent être nuancés par les facteurs suivants. En premier lieu, l'absence d'effet de positivité sur les images « spécifiques JA » comme il était attendu pourrait être influencée par le très petit nombre de stimuli retenus dans cette catégorie, potentiellement trop faible pour révéler d'éventuels effets. Ceci a également pu avoir comme conséquence l'absence d'effets de groupe ou d'interaction entre groupe, émotion, et catégorie, sur les mesures physiologiques. Avec un nombre plus conséquent d'images dans la catégorie « commune » que dans les catégories « spécifiques », la possibilité d'observer un effet est augmentée. Cette limite majeure de notre étude est due au design expérimental choisi : l'utilisation d'un nombre plus conséquent d'images à évaluer par les participants permettrait d'améliorer ce point. De plus, il est possible que la basse activation des images ait pu favoriser un effet de positivité au niveau des évaluations subjectives (activations inférieures à 5, voir Tableau 19), mais ait diminué la probabilité d'obtenir des effets sur l'activité physiologique, celle-ci étant théoriquement liée au niveau d'activation. Par exemple, il a été montré que l'amplitude de la réponse électrodermale covariait avec l'activation subjective (Cuthbert, Bradley, & Lang, 1996). Ce facteur pourrait également expliquer l'absence de ralentissement du rythme cardiaque face aux images négatives, résultat pourtant rapporté dans la littérature (Kreibig, 2010). Enfin, la dernière limite à considérer à notre étude concerne la méthode que nous avons choisie d'utiliser afin de déterminer la capacité de nos stimuli à induire des émotions selon l'âge. Un autre facteur susceptible d'influencer la capacité des stimuli à induire certaines émotions concerne la pertinence personnelle que ces stimuli ont pour les participants, et pas seulement leur évaluation en termes de valence (Sander et al., 2003; Scherer, 2009; Tomaszczyk et al., 2008). Une évaluation plus poussée de la pertinence image par image, via des questionnaires appropriés, pourrait potentiellement mener à des résultats différents de ceux que nous avons observés.

9. Conclusion

Dans cette étude, nous faisons la prédiction que le matériel expérimental pouvait être un facteur d'influence important sur l'apparition de l'effet de positivité lié à l'âge. Malgré nos attentes, il semblerait que l'effet de positivité soit un phénomène robuste, qui apparaît même lorsque les stimuli sont contrôlés de façon à induire des émotions semblables quel que soit l'âge. L'effet de positivité se traduisait ici par une évaluation de l'activation plus élevée des images

positives « communes », chez les sujets âgés comparé aux plus jeunes. La capacité des stimuli à induire des émotions semblables dans les différents groupes de participants mérite toutefois d'être systématiquement contrôlée, car des résultats variables ont été observés selon l'âge pour les images spécifiques aux plus jeunes, et celles spécifiques aux plus âgés – bien que contrairement à nos prédictions, aucun effet de positivité n'ait été observé sur les images « spécifiques JA ». Il reste donc possible que le matériel utilisé ait pu être à l'origine de certains résultats rapportés dans la littérature, en l'absence de ce contrôle méthodologique. Enfin, aucune différence liée à l'âge n'a été observée sur les mesures physiologiques réalisées, suggérant que nos catégories communes et spécifiques ont eu peu d'impact sur l'activité physiologique en fonction de l'âge. Nous n'observons donc pas d'effet de positivité sur le rythme cardiaque et la réponse électrodermale, bien que chacune de ces mesures ait été sensible à l'émotion. Cette séparation entre les différences liées à l'âge observées au niveau comportemental, et leur absence au niveau physiologique, laisse penser que les évaluations subjectives pourraient être en partie dissociées de l'activité physiologique objective.

Chapitre 8 – Aspects automatiques et contrôlés de l’effet de positivité lié à l’âge : étude de la dynamique temporelle du traitement émotionnel

Étude 3

Dans l’étude précédente, nous avons montré que l’effet de positivité était un phénomène robuste dans les tâches de jugement émotionnel, apparaissant même lorsque les stimuli sont adaptés à la fois aux sujets jeunes et âgés. Dans la présente étude, nous avons cherché à éclaircir la nature automatique ou contrôlée de l’effet de positivité observé chez les personnes âgées au niveau neurophysiologique, via l’électroencéphalographie et la technique des potentiels évoqués.

1. Introduction

1.1. Préambule

La nature automatique ou contrôlée de l’effet de positivité est un sujet en débat, dont l’éclaircissement apporterait des informations intéressantes sur les mécanismes cognitifs sous-jacents à son apparition. Deux modèles proposent en effet des hypothèses différentes à ce sujet. D’après la TSS, l’effet de positivité serait un phénomène contrôlé, dont la présence témoignerait du bon fonctionnement cognitif du sujet âgé. Dans ce cadre, l’effet apparaîtrait consécutivement à un changement psychologique et adapté chez l’individu âgé, qui serait plus motivé à optimiser le temps lui restant à vivre en se focaliser sur des expériences émotionnelles positives. À l’inverse de cette théorie, le modèle DIT postule que l’effet de positivité traduirait un processus automatique, apparaissant suite aux dégradations cérébrales et cognitives liées au vieillissement, en particulier au niveau des processus contrôlés. Ici, un traitement augmenté des stimuli positifs serait en partie causé par les difficultés à traiter les stimuli négatifs, fréquemment observées chez les sujets âgés.

Une façon d’éclaircir la nature automatique ou contrôlée de l’effet de positivité serait de déterminer à quelle étape de traitement (précoce ou tardive) l’effet se reflète sur l’activité cérébrale des sujets âgés. Pour ce faire, l’électroencéphalographie (EEG) et la technique des potentiels évoqués présentés dans le **Chapitre 2** (page 19) représentent des méthodes de choix pour étudier le décours temporel du traitement émotionnel, des processus précoces et

automatiques de capture attentionnelle aux processus conscients. Au niveau cérébral, un effet de positivité devrait se traduire par une amplitude des composantes étudiées plus élevée pour les stimuli positifs, *et/ou* une amplitude plus faible pour les stimuli négatifs, chez les aînés comparé aux jeunes adultes. Si l'effet de positivité est automatique, ce phénomène devrait apparaître sur les composantes très précoces, alors que si l'effet est plutôt contrôlé, il devrait être visible sur les composantes plus tardives.

Avant d'aborder les différences liées à l'âge au niveau des potentiels évoqués affectifs, nous allons d'abord présenter les études réalisées chez le sujet jeune sur le décours temporel du traitement de stimuli émotionnels, et l'interprétation des différentes composantes visibles au cours de ce processus.

1.2. EEG et émotions : revue de littérature chez le sujet jeune

1.2.1. Composantes précoces : P100 et N170

Parmi les composantes sensibles à l'émotion les plus précoces, les ondes P100 et N170 reflètent les premières étapes de l'analyse visuelle dans les régions occipitales, plus précisément au niveau du cortex visuel extrastrié (Olofsson, Nordin, Sequeira, & Polich, 2008; Schupp, Junghofer, Weike, & Hamm, 2003a). Elles sont particulièrement sensibles aux caractéristiques physiques des stimuli. Par exemple, des photographies représentant des objets simples produisent des ondes plus amples que des scènes complexes (Bradley, Hamby, Low, & Lang, 2007), mais ces ondes sont aussi sensibles à la couleur (Cano, Class, & Polich, 2009) et à la fréquence spatiale (Carretié, Hinojosa, Lopez-Martin, & Tapia, 2007). Chez le sujet jeune, plusieurs études ont montré que ces composantes étaient plus amples face à des stimuli émotionnels, comparé à des stimuli neutres (Batty & Taylor, 2003; Keil et al., 2001; Pourtois, Thut, Grave de Peralta, Michel, & Vuilleumier, 2005), suggérant un traitement privilégié et très précoce des informations d'ordre émotionnel. La valence des stimuli a également une influence : la P100 est plus ample pour les stimuli négatifs par rapport aux positifs, que leur niveau d'activation soit élevé ou bas (Carretié, Martin-Loeches, Hinojosa, & Mercado, 2001; Delplanque, Lavoie, Hot, Silvert, & Sequeira, 2004; Smith, Cacioppo, Larsen, & Chartrand, 2003). Ce phénomène est maximal au niveau des régions occipitales (Smith et al., 2003) et frontales (Carretié et al., 2007). Smith et al. (2003) décrivent ce résultat comme étant un biais de négativité dans l'allocation de l'attention, suggérant que de plus grandes ressources attentionnelles sont dédiées au traitement des stimuli déplaisants. Ce biais de négativité précoce aurait pour origine une prédisposition, sélectionnée au cours de l'évolution, à orienter rapidement notre attention vers les stimuli menaçants afin de faciliter l'efficacité du traitement (Cacioppo & Berntson, 1994; Ohman et al., 2001). Toutefois, le résultat inverse a déjà été

rapporté, c'est-à-dire un traitement plus précoce des stimuli positifs (e.g., des visages joyeux) que des stimuli négatifs, entre 100 et 120 ms après la présentation, alors que les réponses à la peur n'apparaissent qu'aux alentours de la N170 dans cette étude (Neath-Tavares & Itier, 2016). Enfin, il a été montré que l'onde N170 présente une amplitude plus élevée pour des visages émotionnels (positifs ou négatifs) par rapport aux neutres, que le traitement de l'émotion soit explicite (e.g. reconnaître l'émotion exprimée par le visage) ou implicite (e.g. détecter la présence d'un grain de beauté sur le visage) (daSilva, Crager, & Puce, 2016; Del Zotto & Pegna, 2015).

1.2.2. Composantes moyennes : EPN, P200, et N200

Plus tard au cours du traitement apparaissent les composantes à latence moyenne, visibles autour de 200 - 300 ms après l'apparition du stimulus. Elles reflèteraient des processus de discrimination entre stimuli, et de sélection de la réponse à émettre (Di Russo, Taddei, Aprile, & Spinelli, 2006; Olofsson et al., 2008). L'une de ces composantes est l'onde EPN (« Early Posterior Negativity »), se traduisant par une déflexion maximale de l'amplitude au niveau des régions fronto-centrales. L'amplitude de l'EPN serait plus conséquente pour les stimuli émotionnels que neutres, mais le facteur modulateur à l'origine de cette différence serait plus l'activation générée par les stimuli que la valence (Hartigan & Richards, 2016; Junghofer, Bradley, Elbert, & Lang, 2001; Schupp, Flaisch, Stockburger, & Junghofer, 2006). L'interprétation classique de la fonction de l'onde EPN est qu'elle traduirait des phénomènes d'attention sélective (Olofsson et al., 2008). Elle témoignerait de l'évaluation des caractéristiques perceptuelles des stimuli, aboutissant sur la sélection des informations affectives et activatrices (Dolcos & Cabeza, 2002; Schupp, Cuthbert, et al., 2004). Les stimuli affectifs moduleraient ainsi l'amplitude des potentiels à latence moyenne, de façon à capter l'attention lorsqu'ils sont pertinents pour l'individu et sa survie (Schupp et al., 2006).

Au niveau fronto-central, les ondes P200 et N200 sont visibles à partir de 200 ms (Cuthbert, Schupp, Bradley, Birbaumer, & Lang, 2000; Delplanque et al., 2004), et sont également influencées par les caractéristiques affectives des stimuli (Olofsson et al., 2008). De la même façon que pour les ondes précoces, la composante P200 présente une amplitude plus importante pour les stimuli émotionnels par rapport aux neutres (Carretié et al., 2001; Delplanque et al., 2004; Hot, Saito, Mandai, Kobayashi, & Sequeira, 2006). Pour des stimuli très activateurs, Carretié et al. (2001) ont montré que l'onde P200 était plus ample pour les stimuli négatifs que pour les positifs, au niveau centro-frontal. Un résultat similaire a été trouvé par Delplanque et al. (2004) pour des stimuli peu activateurs, suggérant que l'onde P200 serait réactive vis-à-vis de la valence mais peu modulée par le niveau d'activation. L'onde N200 est également plus ample face

aux stimuli désagréables, et la source de ce phénomène se trouverait au niveau du cortex cingulaire antérieur (Carretié, Hinojosa, Martin-Loeches, Mercado, & Tapia, 2004).

Le biais de négativité observé au niveau des composantes précoces se retrouve au niveau des composantes à latence moyenne P200 et N200. Toutefois, l'inverse a parfois été observé au niveau de la P200, c'est-à-dire une plus grande amplitude pour les stimuli positifs comparé aux autres (Carretié, Hinojosa, et al., 2004; Carretié, Mercado, Hinojosa, Martin-Loeches, & Sotillo, 2004; Spreckelmeyer, Kutas, Urbach, Altenmuller, & Munte, 2006).

1.2.3. Composantes tardives : P300 et LPP

- Onde P300

Des composantes plus tardives sont visibles après 300 ms, caractérisant le commencement des étapes de traitement plus conscientisées. L'onde P300 a été observée principalement dans les tâches de type « oddball », et apparaît entre 300 et 500 ms post-stimulus dans les régions pariéto-occipitales (Hajcak et al., 2010). Elle reflèterait l'allocation des ressources attentionnelles envers des stimuli pertinents au niveau motivationnel, et se constitue des sous-composantes P3a et P3b. L'onde P3a représenterait des processus attentionnels frontaux, et l'onde P3b temporo-pariétale serait plus associée à la mémoire (Polich, 2007). L'onde P300 est généralement plus ample pour les stimuli émotionnels comparés aux neutres (Delplanque et al., 2004; Delplanque, Silvert, Hot, Rigoulot, & Sequeira, 2006; Keil et al., 2002; Palomba, Angrilli, & Mini, 1997), avec une modulation de la valence légèrement différente entre les sous-composantes P3a et P3b. En effet, l'onde P3a serait plus ample pour les images négatives, par rapport aux positives et aux neutres, suggérant un effet de négativité (Delplanque et al., 2006). En revanche, l'onde P3b serait plus sensible à l'activation : plus les stimuli émotionnels sont activateurs, plus l'onde est ample, indépendamment de la valence (Delplanque et al., 2006; Delplanque, Silvert, Hot, & Sequeira, 2005; Keil et al., 2002). La P300 représenterait l'activité dopaminergique du locus coeruleus, structure liée à des processus de prise de décision (Nieuwenhuis, Aston-Jones, & Cohen, 2005).

- Onde LPP

La composante P300 est suivie par une onde positive lente qualifiée de « potentiel positif tardif » (LPP, pour « *Late Positive Component* »). Elle a été observée au niveau centro-pariétal, dans des fenêtres temporelles variables entre études, allant d'environ 350 à 1000 ms post-stimulus (pour une revue, voir Hajcak et al., 2010). Les résultats d'une étude combinant IRMf et EEG ont montré que l'origine de la LPP se trouve dans les aires occipitales et pariétales postérieures (Keil et al., 2002). Comme pour la P300, la LPP est plus ample face à des stimuli

émotionnels (positifs et négatifs) que non-émotionnels, et sa taille augmente avec l'activation (Bradley et al., 2007; Keil et al., 2002; Olofsson & Polich, 2007; Schupp, Cuthbert, et al., 2004; Schupp et al., 2000; Schupp et al., 2006; Schupp, Ohman, et al., 2004). Les effets modulateurs de l'émotion sur la LPP sont indépendants de la taille du stimulus (De Cesarei & Codispoti, 2006) et de ses caractéristiques perceptuelles (Bradley et al., 2007). De plus, une étude a montré que la LPP est plus ample en présence de mots émotionnels (comparé aux neutres) uniquement dans la condition où le participant lit un texte l'impliquant personnellement (Fields & Kuperberg, 2015), soulignant l'influence de la pertinence pour soi sur cette onde. La modulation de la LPP est donc sensible à l'activation et à la pertinence personnelle, ce qui suggère que cette composante réagit à la saillance motivationnelle des stimuli, et ne reflète pas seulement leur nouveauté, ou les caractéristiques perceptives (Hajcak et al., 2010).

La pertinence de l'émotion dans la réalisation d'un objectif est également un facteur modulateur. En effet, lorsque les aspects émotionnels des stimuli ne sont pas pertinents pour la réalisation de la tâche (traitement émotionnel implicite), l'amplitude de la LPP est réduite en comparaison de tâches explicites de jugement affectif (Batty & Taylor, 2002; Codispoti, Ferrari, & Bradley, 2006; daSilva et al., 2016; De Cesarei & Codispoti, 2006; Ferrari, Codispoti, Cardinale, & Bradley, 2008; Hajcak, Moser, & Simons, 2006), en particulier dans l'hémisphère gauche (daSilva et al., 2016). De plus, la présentation d'expressions faciales émotionnelles masquées n'entraîne pas d'augmentation de l'amplitude de la LPP (Williams et al., 2007). La LPP serait donc peu réactive au traitement implicite des stimuli émotionnels, et serait plus sensible à leur détection consciente. Dans ce cadre, elle pourrait refléter des processus conscients d'évaluation de la pertinence émotionnelle (Bradley, 2009; Codispoti & De Cesarei, 2007; Ferrari, Bradley, Codispoti, & Lang, 2011; Ferrari et al., 2008; Hajcak et al., 2010).

Une littérature croissante s'intéressant à la régulation émotionnelle rapporte une modulation de la LPP par la volonté des personnes à réguler leurs émotions. De manière générale, la LPP est moins ample lorsque les participants ont pour consigne explicite de réduire l'intensité de leurs réponses émotionnelles face à des images négatives (Moser, Hajcak, Bukay, & Simons, 2006; Paul, Simon, Kniesche, Kathmann, & Endrass, 2013). En termes de stratégies spécifiques, la réévaluation cognitive et le déploiement attentionnel réduisent efficacement la LPP (Dunning & Hajcak, 2009; Hajcak, Dunning, & Foti, 2009; Hajcak & Nieuwenhuis, 2006; Schonfelder, Kanske, Heissler, & Wessa, 2014). Cette réduction d'amplitude corrèle avec l'atténuation des émotions ressenties, suggérant l'efficacité de la régulation (Hajcak & Nieuwenhuis, 2006). Face à des images négatives, il a été montré que la distraction (un type de redéploiement attentionnel) entraîne une atténuation de la LPP plus forte (Schonfelder et al., 2014) et plus rapide (Paul et al., 2013; Thiruchselvam, Blechert, Sheppes, Rydstrom, & Gross,

2011) que la réévaluation cognitive. La suppression atténuée également la LPP plus rapidement que la réévaluation, suggérant que cette technique pourrait être utilisée préventivement pour bloquer l'émergence d'une émotion très précocement, plutôt que de cibler la réponse émotionnelle comme ce qui a été théorisé par Gross (Paul et al., 2013). Enfin, il ne semble pas nécessaire que la régulation soit consciente pour qu'un effet soit visible au niveau de la composante LPP. Van Dongen, Van Strien, et Dijkstra (2016) ont effectivement montré que lorsque des photographies émotionnelles et activatrices sont présentées comme des œuvres fictives, leur perception entraîne une LPP moins ample que lorsque ces mêmes photographies sont présentées comme des événements réels. Toutefois, l'inverse a également été observé, c'est-à-dire une augmentation de la LPP pour des stimuli émotionnels en condition de régulation spontanée (Baur, Conzelmann, Wieser, & Pauli, 2015). L'effet de la régulation implicite sur la dynamique temporelle des potentiels évoqués émotionnels reste donc à éclaircir.

Une dernière réflexion concerne la distinction entre la P300 et la LPP, qui n'est pas toujours évidente à cause de leur proximité spatiale et des fenêtres temporelles variables dans lesquelles elles ont été observées, et qui se chevauchent parfois entre études (pour une revue, voir Hajcak et al., 2010). Parmi les critères distinctifs, la modulation par l'émotion de la P300 est maximale au niveau des régions pariéto-occipitales aux alentours de 350 ms post-stimulus, alors que la modulation de la LPP est maximale plutôt dans les régions centro-occipitales entre 850 et 1600 ms (Hajcak et al., 2010). Un autre critère concerne la durée de la modulation. La P300 caractérise une augmentation phasique de l'attention en réponse à des stimuli pertinents pour la tâche. Or, l'amplitude augmentée de la LPP face à des stimuli émotionnels peut durer plusieurs secondes, voir pendant toute la durée de présentation des stimuli (Cuthbert et al., 2000; Foti & Hajcak, 2008; Hajcak, Dunning, & Foti, 2007; Hajcak & Olvet, 2008), et même continuer après (Hajcak & Olvet, 2008). De plus, la P300 est sensible à la nouveauté, alors que la LPP résiste à l'habituation (Codispoti et al., 2006; Olofsson & Polich, 2007). Enfin, contrairement à la LPP, la P300 ne semble pas modulée par les phénomènes de régulation (Yang, Tang, Gu, Luo, & Luo, 2015).

1.3. EEG et émotions : revue de littérature chez le sujet âgé

Par rapport aux observations réalisées chez le sujet jeune, l'avancée en âge semble moduler l'activité de certaines composantes. Les recherches présentées dans cette section consistent en des tâches de catégorisation émotionnelle d'images de l'IAPS en termes de valence (positive, négative, neutre). En premier lieu, Wieser et ses collaborateurs se sont intéressés aux effets de l'âge sur les composantes précoces (Wieser, Mühlberger, Kenntner-Mabiala, & Pauli, 2006). Ils n'observent pas d'effet de l'âge sur l'onde P100, ni d'effet de l'émotion, alors que cette onde est

généralement marquée par un biais de négativité chez les jeunes adultes : ceci laisse suggérer que l'absence de résultat pourrait être due à des facteurs méthodologiques. En revanche, l'onde N170 est plus ample pour les images désagréables, par rapport aux images agréables, quel que soit l'âge des participants (Smith et al., 2005). Le traitement automatique prioritaire des stimuli négatifs pourrait donc être maintenu avec l'avancée en âge. Toutefois, la N170 est moins ample chez les aînés, et cette réduction du biais de négativité va de pair avec l'évaluation plus positive des images rapportée par les personnes âgées, qui déclarent également une activation plus élevée quelle que soit la valence (Smith et al., 2005).

La composante EPN est plus ample pour les images émotionnelles activatrices, comparées aux neutres, et ce quel que soit l'âge (Wieser et al., 2006). Ces auteurs observent toutefois une apparition plus tardive du pic de l'EPN chez les adultes âgés (220 ms) par rapport aux plus jeunes (180 ms), suggérant que la discrimination émotionnelle est retardée chez les aînés. La composante P200, en revanche, n'est modulée ni par l'âge, et ni par l'émotion (Wood & Kisley, 2006). Ce dernier résultat est étonnant car il a été rapporté précédemment chez les sujets jeunes une amplitude plus conséquente de cette onde pour les images négatives comparées aux positives, reflétant un biais de négativité (Carretié et al., 2001; Delplanque et al., 2004).

Smith et ses collaborateurs ont observé, pour chaque groupe d'âge, une composante P300 plus ample pour des images négatives de l'IAPS par rapport à des images positives, bien que cet effet soit plus faible chez les aînés comparés aux jeunes adultes (Smith et al., 2005). Dans le cadre de paradigmes non-émotionnels, la diminution d'amplitude de l'onde P300 a parfois été interprétée comme traduisant une disponibilité réduite des ressources cognitives, et l'augmentation de sa latence comme un ralentissement des processus cognitifs (Walhovd, Rosquist, & Fjell, 2008). La présence d'un biais de négativité suppose une nouvelle fois que le traitement privilégié des stimuli négatifs pourrait être préservé au cours du vieillissement, mais cette possibilité est nuancée par le fait que l'amplitude diminuée observée chez les aînés pourrait traduire des difficultés de gestion des ressources cognitives.

La LPP est la composante ayant été la plus étudiée au cours du vieillissement normal. Plusieurs études laissent penser que l'amplitude de la LPP évoquée par les stimuli émotionnels diminue globalement avec l'âge (Kisley, Wood, & Burrows, 2007; Langeslag & van Strien, 2009; Mathieu et al., 2014; Wood & Kisley, 2006). Certains auteurs rapportent que la réduction d'amplitude chez les personnes âgées serait spécifique aux images négatives (Kisley et al., 2007; Mathieu et al., 2014), alors que d'autres observent une diminution d'amplitude pour les stimuli émotionnels sans distinction selon la valence positive ou négative (Wood & Kisley, 2006). Cette différence pourrait toutefois être due à des niveaux d'activation variables des images utilisées

entre études, la LPP étant plus sensible à l'activation qu'à la valence (Bradley et al., 2007; Keil et al., 2002; Olofsson & Polich, 2007; Schupp, Cuthbert, et al., 2004; Schupp et al., 2000; Schupp et al., 2006; Schupp, Ohman, et al., 2004). Pour chaque groupe individuellement, la LPP est plus ample pour les images émotionnelles, comparées aux neutres. Or, l'onde LPP des sujets jeunes est plus ample pour les images négatives comparées aux positives, alors qu'elle n'est pas différente entre condition négative et positive chez les aînés (Langeslag & van Strien, 2009; Wood & Kisley, 2006). À partir de ces résultats, des auteurs ont proposé que le biais de négativité disparaîtrait avec l'avancée en âge sur les composantes tardives (Wood & Kisley, 2006). Pour les images positives, nous observons soit une absence de différences liées à l'âge (Kisley et al., 2007; Langeslag & van Strien, 2009; Mathieu et al., 2014), soit une diminution de l'amplitude de la LPP (Wood & Kisley, 2006). Aucun biais de positivité n'a donc été rapporté au niveau de cette onde. La diminution d'amplitude de la LPP face à des stimuli négatifs seule, sans augmentation en parallèle de l'amplitude pour les stimuli positifs, va dans le sens d'une réduction de la saillance des informations négatives mais n'est pas suffisante pour considérer qu'un effet de positivité est avéré sur cette composante.

Une information intéressante a été apportée par Foster, Davis, et Kisley (2013). Ces auteurs ont montré qu'une LPP plus ample en réponse à des images négatives était corrélée à un meilleur fonctionnement cognitif, chez des sujets âgés de 53 à 89 ans. Ce résultat suggère que la diminution de l'ampleur de la LPP rapportée précédemment chez les personnes âgées pourrait traduire une dégradation des fonctions exécutives. Or, la modulation de la LPP par l'âge pourrait également refléter la mise en œuvre de mécanismes de régulation émotionnelle. Effectivement, lorsque les participants de tous âges ont pour instruction explicite de diminuer l'intensité de leurs émotions, la LPP est réduite comparé à une condition où ils doivent augmenter l'intensité de leur ressenti (Langeslag & Van Strien, 2010). Aucun effet de l'âge n'a été observé dans cette étude, suggérant que les capacités de régulation émotionnelle explicite seraient préservées dans le vieillissement normal. La LPP réduite des sujets âgés dans les études de catégorisation émotionnelle pourrait refléter la mise en place de mécanismes de régulation spontanée, plutôt qu'une diminution de la saillance des stimuli négatifs. A notre connaissance, il n'y a pas de données disponibles sur la dynamique temporelle de la régulation émotionnelle implicite des sujets âgés.

Quelques études ont étudié le décours temporel des processus émotionnels au cours du vieillissement en utilisant des supports autres que l'IAPS. Une étude de vision passive d'expressions faciales émotionnelles montre que les composantes fronto-centrales N200 et P300 seraient plus amples chez les personnes âgées face à des visages apeurés, comparées aux jeunes adultes (Williams et al., 2006). En parallèle, les visages exprimant la joie provoqueraient une

diminution d'amplitude des composantes très précoces (P80, N120) chez les personnes âgées (Williams et al., 2006). Une autre étude s'est concentrée sur une onde particulièrement sensible au traitement des expressions faciales émotionnelles, la FcEP (« frontocentral emotional positivity »). Observée aux alentours de 110-130 ms post-stimulus, les jeunes adultes présentent une FcEP plus ample pour les visages négatifs, alors qu'elle est plus ample pour les visages joyeux chez les aînés (Hilimire, Mienaltowski, Blanchard-Fields, & Corballis, 2014).

Les résultats obtenus avec des images complexes issues de l'IAPS suggèrent un maintien avec le vieillissement du traitement privilégié des stimuli émotionnels comparés aux neutres, au niveau des composantes N170, EPN, P300, et LPP. Tous les participants présentent une amplitude supérieure pour les stimuli négatifs comparés aux positifs ou neutres, au niveau de la composante précoce N170, mais également pour l'onde intermédiaire P300. L'existence de ce biais de négativité concorde avec les études comportementales qui montrent une focalisation de l'attention sur les éléments négatifs lors des étapes de traitement précoce, indépendante de l'âge (Isaacowitz, Allard, et al., 2009; Lee & Knight, 2009; Orgeta, 2011). Ce biais de négativité est toutefois atténué chez les aînés comparés aux jeunes adultes, suggérant que les émotions négatives seraient traitées différemment avec l'avancée en âge. Les résultats sur l'onde tardive LPP sont plus équivoques. Les sujets jeunes présentent en général une amplitude supérieure de la LPP lors du traitement de stimuli négatifs par rapport aux positifs. Comparativement aux jeunes adultes, certains auteurs observent chez les sujets âgés une atténuation de la LPP pour les images négatives comparées aux positives, alors que d'autres n'observent pas de différence de réactivité selon la valence. Face à des images positives de l'IAPS, aucun biais de positivité n'a été observé chez les personnes âgées sur les composantes étudiées. Une étude a même montré une amplitude inférieure de la LPP pour les images positives chez les aînés, comparés aux plus jeunes. En parallèle, les études reposant sur la perception d'expressions faciales émotionnelles rapportent des résultats contradictoires. Les ondes très précoces des sujets âgés, comparés aux jeunes adultes, présentent parfois une amplitude moindre face à la joie (P80, N120 ; Williams et al., 2006) et parfois une amplitude supérieure, reflétant un biais de positivité (FcEP ; Hilimire et al., 2014).

1.4. Synthèse

L'EEG et les potentiels évoqués affectifs permettent d'observer des processus de capture attentionnelle très précoces et automatiques, et des phénomènes de discrimination émotionnelle, jusqu'aux étapes de conscientisation de l'émotion et sa régulation. Les composantes précoces (P100, N170) et certaines composantes intermédiaires (N200, P200)

sont très sensibles à la valence, quelle que soit l'activation des stimuli. L'onde EPN, puis les ondes tardives P300 et LPP sont en revanche plus sensibles à l'activation. L'onde LPP reflète des processus plus conscients, et caractérise les activités de régulation émotionnelle. Les composantes du potentiel évoqué affectif chez le sujet jeune semblent majoritairement marquées par un biais de négativité attentionnel, c'est-à-dire que les stimuli négatifs seraient prioritairement traités par rapport aux autres. Une réduction du biais de négativité est visible chez les personnes âgées, comparées aux jeunes adultes, à des étapes précoces et plus tardives de traitement de l'émotion (N170, puis P300). La présence d'un biais de positivité sur les composantes précoces est plus controversée, mais un tel résultat a parfois été observé face à des visages joyeux (onde FcEP). Ces observations pourraient être à priori en faveur de la nature automatique de l'effet de positivité, et donc plus en accord avec les postulats du modèle DIT que de la TSS. Or, les résultats au sujet d'un éventuel biais de positivité sont très divergents, et une diminution du traitement des informations négatives n'a jamais été couplée à une augmentation de celui des éléments positifs, au cœur d'un même protocole.

La littérature présentée ici n'apporte pas de réponse définitive aux questionnements sur la nature automatique ou contrôlée de l'effet de positivité. Les conclusions que nous pouvons retirer des observations précédentes se confrontent à plusieurs limites. La dynamique temporelle qui permettrait d'identifier à quel moment les processus de traitement de l'émotion diffèrent entre les deux groupes d'âges n'est qu'indirectement testée. Chaque étude s'est concentrée sur une ou deux composantes particulières, et la variabilité entre protocoles ne permet pas de considérer des composantes évaluées face à des images complexes, et d'autres face à des visages, comme faisant partie d'un processus de traitement continu. L'évaluation des stimuli a parfois été réalisée en dehors de l'acquisition EEG (Langeslag & van Strien, 2009), ce qui pose problème pour lier les observations comportementales et neurophysiologiques étant donné que le ressenti face aux images peut différer en fonction du cadre expérimental (Dolcos & Cabeza, 2002; Olofsson et al., 2008; Spreckelmeyer et al., 2006). De plus, l'activation des images n'est pas systématiquement contrôlée et prise en compte alors qu'elle a une forte influence sur certaines composantes comme la P300 et la LPP (Bradley et al., 2007; Delplanque et al., 2006; Delplanque et al., 2005; Keil et al., 2002; Olofsson & Polich, 2007; Schupp, Cuthbert, et al., 2004; Schupp et al., 2000; Schupp et al., 2006; Schupp, Ohman, et al., 2004). Les groupements d'images en catégories émotionnelles utilisés pour l'analyse des données EEG sont parfois constitués à partir des cotations de l'IAPS, réalisées par des sujets jeunes (Langeslag & Van Strien, 2010). Le fait que les personnes âgées puissent évaluer différemment ces images n'est pas pris en compte, entraînant un risque de fausser les résultats. Au lieu d'utiliser des moyennes de groupe afin de classer les stimuli en catégories, il serait judicieux de reposer les analyses sur les évaluations

individuelles pour traiter les données EEG, afin d'être au plus près du ressenti réel de chaque participant. Ces choix ont pu influencer certains résultats obtenus, comme l'absence d'effet de l'émotion sur les ondes P100 et P200, ou l'absence de biais de positivité chez les aînés. L'intégration de ces critères dans un même protocole pourrait éclaircir la dynamique temporelle des traitements émotionnels chez les personnes âgées, et révéler la nature automatique ou contrôlée de l'effet de positivité.

2. Objectifs et hypothèses

Afin de clarifier la nature automatique ou contrôlée de l'effet de positivité, nous avons étudié le décours temporel du traitement émotionnel, des étapes de traitement précoces aux plus tardives au cœur d'un même protocole. Nous avons ainsi confronté les postulats de la TSS et du modèle DIT.

Notre objectif principal a été de déterminer à quelle étape du traitement émotionnel l'effet de positivité pourrait se refléter sur l'amplitude des composantes du potentiel évoqué affectif. Si l'effet de positivité représente un phénomène automatique, il devrait apparaître sur les composantes précoces. Si à l'inverse, cet effet traduit un phénomène contrôlé, il devrait plutôt être visible sur les composantes plus tardives.

Au niveau comportemental, nous nous attendions à observer un effet de positivité chez les personnes âgées comparées aux jeunes adultes, c'est-à-dire : une évaluation généralement plus positive de la valence des images, et une activation plus élevée pour les images positives comparées aux négatives et neutres.

3. Méthode expérimentale

3.1. Participants

Vingt participants âgés entre 20 et 40 ans, et 20 participants de plus de 60 ans, ont été recrutés via la plateforme de recrutement interne à l'Université Savoie Mont Blanc. Les participants devaient ne pas avoir ou avoir eu de pathologie psychiatrique et/ou neurologique. La présence d'une dépression était évaluée le jour de la passation via l'échelle Beck Depression Inventory pour les sujets jeunes, et la Geriatric Depression Scale pour les sujets âgés. Le questionnaire Mini-Mental State Examination a également été utilisé pour évaluer le fonctionnement cognitif global. Les participants présentant des fonctions cognitives altérées (une score inférieur à 25 au MMSE) ou une dépression (un score supérieur à 7 pour l'échelle

BECK, ou supérieur à 9 pour la GDS), n'ont pas été inclus dans l'analyse. Le Tableau 21 rapporte les caractéristiques moyennes des groupes de participants finaux, c'est-à-dire excluant les participants ayant présenté un nombre d'essais valides insuffisants pour traiter les données EEG (voir sections 4.2. pour plus d'informations à ce sujet).

Tableau 21. Caractéristiques moyennes des participants inclus.

Groupe	N (f/h)	Âge (min - max)	Nombre d'années d'études post-bac (ET)	MMSE (ET)	Echelle de dépression (ET)
JA	16 (11/5)	30,1 (19 - 37)	3,6 (1,9)	29,8 (0,6)	BECK = 2,8 (3,4)
PA	15 (8/7)	67,1 (61 - 78)	2,0 (2,1)	29,1 (0,9)	GDS = 3,1 (1,9)

Note. JA = jeunes adultes ; PA = personnes âgées ; ET = écart-type ; MMSE = Mini-Mental State Examination ; BECK = Beck Depression Inventory ; GDS = Geriatric Depression Scale.

3.2. Matériel et Procédure expérimentale

3.2.1. Tâche d'évaluation des images

L'étude se déroulait dans un box expérimental au Laboratoire de Psychologie et NeuroCognition de l'université Savoie Mont Blanc. Les participants avaient pour tâche d'évaluer 105 images représentant des scènes émotionnelles en termes de valence et d'activation, munis du dispositif d'acquisition EEG. Le matériel et la procédure expérimentale pour cette tâche d'évaluation sont les mêmes que ceux de l'étude 2 (voir **Chapitre 7**, sections 3.2. et 3.4., page 102).

En résumé, l'expérience se déroulait sur ordinateur via le logiciel Eprime. Il était dit au participant qu'il allait voir des images apparaître une à une, et qu'il devait les évaluer selon deux critères subjectifs : le type d'émotion que lui évoquait l'image (la valence), et l'ampleur des sensations internes qu'elle produisait sur lui (l'activation). Chaque essai démarrait par une croix de fixation pendant 500 ms, suivie d'une image qui restait présente à l'écran 6 secondes. Le participant avait ensuite 15 secondes pour indiquer la valence et l'activation de l'image disparue, puis l'image suivante prenait place. La procédure recommençait ainsi pour chaque image. Le système de réponse était basé sur une version locale et modernisée du Self-Assessment Manikin (pour plus de détails, voir **Chapitre 7**, section 3.2. et 3.4., page 102). La valence était évaluée en 9 points, de 1 « émotion très négative » à 9 « émotion très positive ». L'activation était également évaluée en 9 points, de 1 « aucune » à 9 « beaucoup ». Le participant effectuait d'abord un entraînement basé sur 5 images neutres, qu'il pouvait refaire s'il le souhaitait, et quand il se sentait prêt, il pouvait passer à l'expérience proprement dite basée sur les 105 images à évaluer.

3.2.2. Acquisition des données EEG

Le casque EEG était installé avant que la tâche sur ordinateur ne débute. L'activité EEG était enregistrée tout au long de l'expérience avec le dispositif BioSemi Active Two, équipé de 64 électrodes⁴ actives d'Ag-AgCl positionnées selon le système 10-20. L'impédance des électrodes était maintenue à moins de 5 k Ω , grâce à l'application d'un gel salin favorisant le contact entre l'électrode et le scalp. Les signaux ont été échantillonnés à une fréquence de 1000 Hz. Les mouvements oculaires ont été enregistrés avec 2 électrodes positionnées sur les commissures externes des yeux (mouvements horizontaux), et 2 électrodes placées au-dessus et au-dessous de l'œil gauche (mouvements verticaux et clignements). Au cours de l'expérience, un trigger était envoyé au début de la présentation de chaque image, via les ports parallèles de l'ordinateur où avait lieu la tâche vers l'ordinateur permettant l'acquisition EEG. Les participants avaient pour consigne de ne pas se toucher la tête et de bouger le moins possible au cours de la présentation de la croix de fixation et des images, afin de diminuer les sources d'artéfact.

4. Traitements des données

4.1. Classement des images par catégorie émotionnelle selon la valence

Afin de déterminer les différences d'activité cérébrale des sujets jeunes et âgés selon l'émotion, nous avons créé des sélections d'images émotionnelles et neutres spécifiques à chaque participant en fonction de ses propres réponses en termes de valence. Pour rappel, la cotation de la valence s'étendait de 1 (image très négative) à 9 (image très positive). Le seul choix réellement neutre proposé sur l'échelle était « 5 ». Pour chaque participant, les images ont été classées en trois catégories : négative (score < 5), positive (score > 5), et neutre (score = 5). Nous avons choisi des tranches larges pour classer les images négatives et positives afin de minimiser les pertes d'essais. Les scores ont été moyennés par catégorie afin que chaque participant possède 3 scores, représentatifs de sa propre évaluation en termes de valence. Le Tableau 22 rapporte le nombre d'images moyen intégré dans chaque catégorie émotionnelle selon l'âge.

⁴ Electrodes centrales : Fpz, AFz, Fz, FCz, Cz, CPz, Pz, POz, Oz, Iz ; hémisphère droit : Fp2, AF4, AF8, F2, F4, F6, F8, FC2, FC4, FC6, FT8, C2, C4, C6, T8, CP2, CP4, CP6, TP8, P2, P4, P6, P8, P10, PO4, PO8, O2 ; hémisphère gauche : FP1, AF3, AF7, F3, F5, F7, FC1, FC3, FC5, FT7, C1, C3, C5, T7, CP1, CP3, CP5, TP7, P1, P3, P5, P7, P9, PO3, PO7, O1.

Tableau 22. Nombre d'images moyen, et nombre minimum-maximum d'images sélectionnées, par groupe d'âge et catégorie émotionnelle.

Catégorie	Négative (min - max)	Positive (min - max)	Neutre (min - max)
Groupe			
JA (N = 16)	31,8 (13 - 43)	35,2 (15 - 52)	38 (17 - 68)
PA (N = 15)	33,5 (25 - 43)	43,7 (19 - 58)	27,8 (11 - 58)

Notes. JA = jeunes adultes ; PA = personnes âgées.

Afin de déterminer d'éventuelles différences dans le nombre d'images par sélection, nous avons réalisé une analyse de la variance avec le groupe en variable inter (jeunes, âgés) et l'émotion en variable intra (négative, positive, neutre) sur le nombre d'images par catégorie. Cette analyse fait ressortir une interaction entre émotion et groupe, avec un seul effet simple significatif : les personnes âgées ont évalué en moyenne plus d'images comme étant positives que les jeunes adultes, $F(1, 29) = 5.66, p < .05, \eta_p^2 = 0.16$.

4.2. Données EEG : prétraitements et extraction du signal

Le traitement des données EEG a été réalisé avec le logiciel BESA. Un filtre passe-bas fixé à 0.1 Hz et un filtre passe-haut fixé à 45 Hz ont été appliqués sur le signal EEG. Un filtrage de type « zero phase » a été utilisé, c'est-à-dire que le signal a été filtré une fois dans le sens de l'axe temporel, et une fois dans le sens inverse. Le signal a ensuite été segmenté en périodes allant de 300 ms avant la présentation du stimulus à 1000 ms post-stimulus. Chaque segment a été contrôlé visuellement, et les essais contenant des artefacts oculaires importants (clignements, mouvements) ou des traces d'activité musculaire ont été rejetés. Les artefacts liés aux mouvements oculaires légers ont été corrigés via la méthode automatisée proposée par BESA. Cette méthode consiste à créer un clignement oculaire moyen pour chaque participant à partir d'un échantillon de clignements sélectionnés manuellement, et d'appliquer ensuite une correction sur tout le signal basée sur cette moyenne.

Le signal a ensuite été moyenné à travers les essais pour chaque électrode en fonction de la catégorie émotionnelle des stimuli (positive, négative, neutre), pour chaque participant selon sa propre sélection. Tout sujet présentant un nombre insuffisant d'essais pour calculer une onde moyenne a été exclu, c'est-à-dire moins de 10 par catégorie émotionnelle après le retrait des essais avec artefacts (3 jeunes adultes et 4 personnes âgées). Ces analyses individuelles ont ensuite été moyennées par groupe d'âge, et sur la base de ces moyennes nous avons visuellement identifié les fenêtres temporelles dans lesquelles apparaissaient des composantes. Les composantes observables dans les deux groupes étaient les suivantes :

- 1- Composante N200** : En région centrale, une déflexion négative était visible entre 200 et 300 ms après l'apparition du stimulus. Cette description correspond à la composante N200, maximale dans les aires centrales environ 200 ms post-stimulus (Lithari et al., 2010; Patel & Azzam, 2005). Cette onde reflèterait la capture précoce et automatique de l'attention par l'émotion.
- 2- Composante P300** : Au niveau des régions pariéto-occipitales, une onde positive était observable entre 300 et 400 ms. Cette description correspond à la composante P300, maximale dans les zones pariéto-occipitales environ 300 ms après la présentation du stimulus (Hajcak et al., 2010; Sass et al., 2010). Sensible à l'activation et à la valence, elle reflèterait l'allocation des ressources attentionnelles envers des stimuli pertinents au niveau motivationnel.
- 3- Composante LPP** : Au niveau centro-pariétal, une onde positive était visible entre 450 et 750 ms. Cette description semble correspondre à la composante LPP, maximale dans les régions centro-pariétales à partir de 450 ms post-stimulus (Bradley et al., 2007; Codispoti & De Cesarei, 2007; Hajcak et al., 2009; Hajcak et al., 2010). Cette onde est très sensible à l'activation, et reflèterait le début des processus conscients d'évaluation de la pertinence émotionnelle. Elle jouerait également un rôle dans la régulation.

Pour chaque participant et chaque catégorie émotionnelle, les pics d'amplitude moyens de ces 3 composantes ont été extraits dans les fenêtres temporelles décrites. Les électrodes ont ensuite été regroupées en 3 régions d'intérêt, correspondant respectivement aux régions du scalp au niveau lesquelles l'activité maximale de chaque composante a été observée, à la fois dans notre étude et en accord avec la littérature (voir Figure 10) :

- L'activité de l'onde N200 a été moyennée sur les électrodes C5, C3, C1, Cz, C2, C4, C6.
- L'activité de l'onde P300 a été moyennée sur les électrodes PO7, PO3, POz, PO4, PO8.
- L'activité de l'onde LPP a été moyennée sur les électrodes CP5, CP3, CP1, CPz, CP2, CP4, CP6.

Comme prévu, l'effet de l'émotion est significatif, validant les scores plus élevés pour les images positives que négatives, $F(1, 29) = 1274.02$, $p < .001$, $\eta_p^2 = 0.98$. Nous observons également une interaction entre groupe et émotion, $F(1, 29) = 8.02$, $p < .01$, $\eta_p^2 = 0.22$. Les comparaisons planifiées montrent des évaluations plus extrêmes de la part des adultes âgés, c'est-à-dire qu'ils évaluent les images positives comme plus positives ($F(1, 29) = 4.26$, $p < .05$, $\eta_p^2 = 0.13$) et les images négatives comme plus négatives ($F(1, 29) = 8.21$, $p < .01$, $\eta_p^2 = 0.22$), que les jeunes adultes. Le Tableau 23 rapporte les valences moyennes et écart-types selon le groupe d'âge et l'émotion.

Tableau 23. Valence moyenne (et écart-types) selon l'émotion et le groupe d'âge.

	Emotion	Négative	Positive
Groupe			
PA		2,81 (0,37)	6,70 (0,67)
JA		3,17 (0,32)	6,49 (0,31)

Notes. JA = jeunes adultes ; PA = personnes âgées.

5.1.2. L'activation

Nous avons évalué les différences en termes d'activation pouvant exister entre les catégories émotionnelles constituées précédemment. Dans le cadre de l'étude des potentiels évoqués affectifs, il est nécessaire que l'activation des stimuli soit contrôlée car certaines composantes y sont particulièrement sensibles (P300, LPP). Il existe en effet un risque que les effets de valence observés soient confondus par des effets d'activation. Pour rappel, l'activation est cotée de 1 (activation très faible voire inexistante) à 9 (activation forte).

Une ANOVA entre groupes (jeunes, âgés) et valence (négative, positive, neutre) a donc été réalisée sur les scores d'activation. L'effet de groupe est significatif : les aînés rapportent une activation généralement plus élevée que les sujets jeunes, $F(1, 29) = 14.75$, $p < .001$, $\eta_p^2 = 0.34$. L'effet de l'émotion est également significatif ($F(1, 29) = 119.30$, $p < .001$, $\eta_p^2 = 0.80$). Les images négatives sont considérées comme plus activatrices que les positives, $F(1, 29) = 26.75$, $p < .001$, $\eta_p^2 = 0.48$, qui à leur tour sont plus activatrices que les neutres, $F(1, 29) = 122.81$, $p < .001$, $\eta_p^2 = 0.81$. L'interaction entre groupe et émotion n'est pas significative, $F(1, 29) = 2.00$, $p = .14$. Le Tableau 24 ci-dessous rapporte les activations moyennes et écart-types selon le groupe d'âge et l'émotion.

Tableau 24. Activation moyenne (*et écart-types*) selon l'émotion et le groupe d'âge.

Emotion	Négative	Positive	Neutre
Groupe			
PA	4,77 (1,33)	4,23 (1,31)	1,94 (0,94)
JA	3,35 (1,15)	2,77 (1,00)	1,11 (0,19)

Notes. JA = jeunes adultes ; PA = personnes âgées.

5.2. Données EEG : analyse de l'amplitude

5.2.1. Composante N200

L'analyse fait ressortir un effet de groupe au niveau de l'amplitude : la déflexion de l'onde N200 est plus importante chez les adultes âgés que chez les jeunes, $F(1, 29) = 9.79, p < .004, \eta_p^2 = 0.25$. Ensuite, nous observons un effet de l'émotion, $F(2, 58) = 4.22, p < .02, \eta_p^2 = 0.13$. La N200 est plus ample pour les images positives, par rapport aux négatives ($F(1, 29) = 5.21, p < .05, \eta_p^2 = 0.15$) et aux neutres ($F(1, 29) = 9.51, p < .005, \eta_p^2 = 0.25$). Il n'y a pas de différence significative entre images négatives et neutres, $F(1, 29) = 0.16, p = .69$.

L'interaction entre le groupe et l'émotion est également significative, $F(2, 58) = 6.22, p < .004, \eta_p^2 = 0.18$. Les sujets âgés présentent une N200 plus ample pour les images positives par rapport aux négatives, $F(1, 29) = 5.78, p < .03, \eta_p^2 = 0.17$. En revanche, les comparaisons planifiées ne révèlent pas de différences entre les conditions négative et neutre ($F(1, 29) = 3.54, p = .07$), et les conditions positive et neutre ($F(1, 29) = 0.10, p = .75$). L'onde N200 des jeunes adultes est plus ample pour les images positives ($F(1, 29) = 16.81, p < .001, \eta_p^2 = 0.37$) et les images négatives ($F(1, 29) = 6.36, p < .02, \eta_p^2 = 0.18$) par rapport aux images neutres, mais aucune différence significative n'est observée entre les conditions positive et négative, $F(1, 29) = 0.63, p = .43$.

Enfin, nous observons un effet significatif de l'hémisphère ($F(2, 58) = 9.95, p < .001, \eta_p^2 = 0.26$) : la déflexion de la N200 est plus ample en région centrale, comparé à l'hémisphère droit ($F(1, 29) = 16.70, p < .001, \eta_p^2 = 0.37$) et à l'hémisphère gauche ($F(1, 29) = 11.54, p < .002, \eta_p^2 = 0.28$). Aucune différence n'est rapportée entre les hémisphères droit et gauche, $F(1, 29) = 0.06, p = .81$ (voir Figure 11).

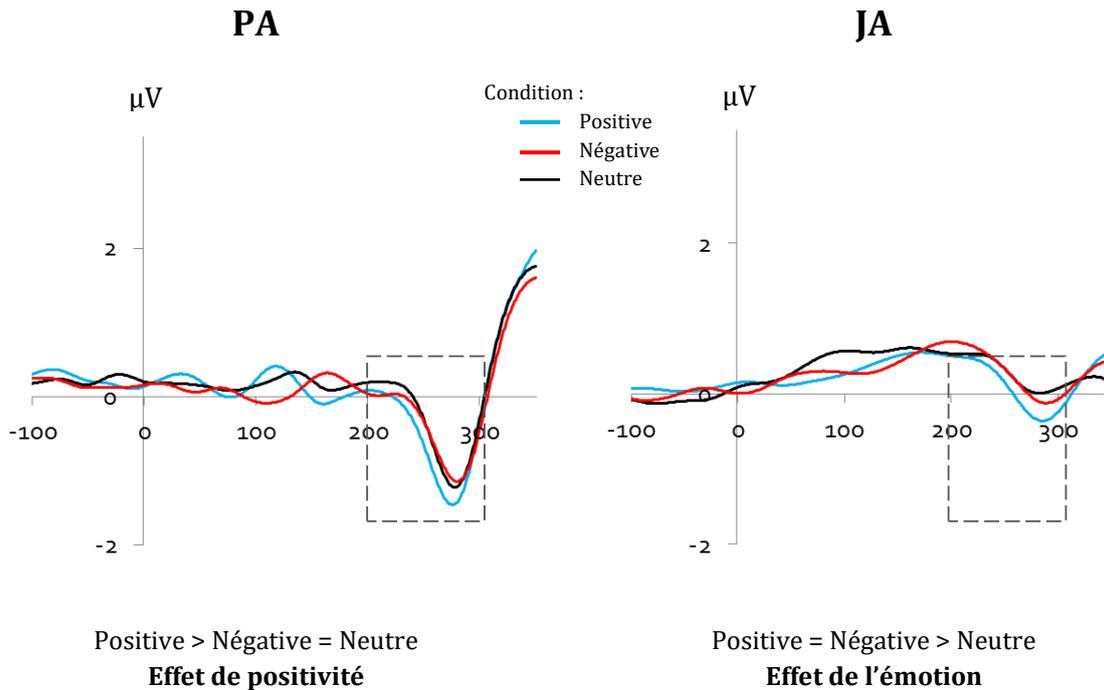


Figure 11. Amplitude moyenne de la composante N200 dans les régions centrales pour la fenêtre temporelle considérée, selon le groupe d'âge (jeunes, âgés) et l'émotion (négative, positive, neutre). PA = personnes âgées ; JA = jeunes adultes.

5.2.2. Composante P300

L'effet de groupe est significatif : la P300 est plus ample chez les jeunes adultes que chez les personnes âgées, $F(1, 29) = 7.83, p < .01, \eta_p^2 = 0.21$. L'effet de l'émotion est également significatif, $F(2, 58) = 3.94, p < .03, \eta_p^2 = 0.12$. Les images négatives provoquent une P300 plus ample que les images positives, $F(1, 29) = 7.05, p < .02, \eta_p^2 = 0.20$. Nous n'observons pas de différences statistiquement significatives entre les images positives et neutres ($F(1, 29) = 1.81, p = .19$), et les images négatives et neutres ($F(1, 29) = 2.31, p = .14$).

L'interaction entre émotion, hémisphère, et groupe, est significative, $F(4, 116) = 3.08, p < .02, \eta_p^2 = 0.10$. Au niveau de l'hémisphère gauche, la P300 des sujets jeunes n'est pas modulée par l'émotion. En revanche, la P300 des sujets âgés est plus ample dans la condition négative, par rapport aux conditions positive ($F(1, 29) = 9.37, p < .005, \eta_p^2 = 0.24$) et neutre ($F(1, 29) = 4.93, p < .04, \eta_p^2 = 0.15$). Aucune différence n'est observée chez les sujets âgés entre les conditions positive et neutre, $F(1, 29) = 1.12, p = .30$. En région centrale, la P300 n'est modulée par l'émotion dans aucun des groupes. Au niveau de l'hémisphère droit, les aînés ne présentent pas non plus de différences d'amplitude en fonction de l'émotion. Or, chez les jeunes adultes, la P300 est plus ample pour la condition négative par rapport à la positive ($F(1, 29) = 8.07, p < .01, \eta_p^2 = 0.22$), et pour la condition neutre comparée à la positive ($F(1, 29) = 11.38, p < .003, \eta_p^2 = 0.28$). La

différence entre conditions négative et neutre n'est pas significative, $F(1, 29) = 0.18, p = .67$ (voir Figure 12).

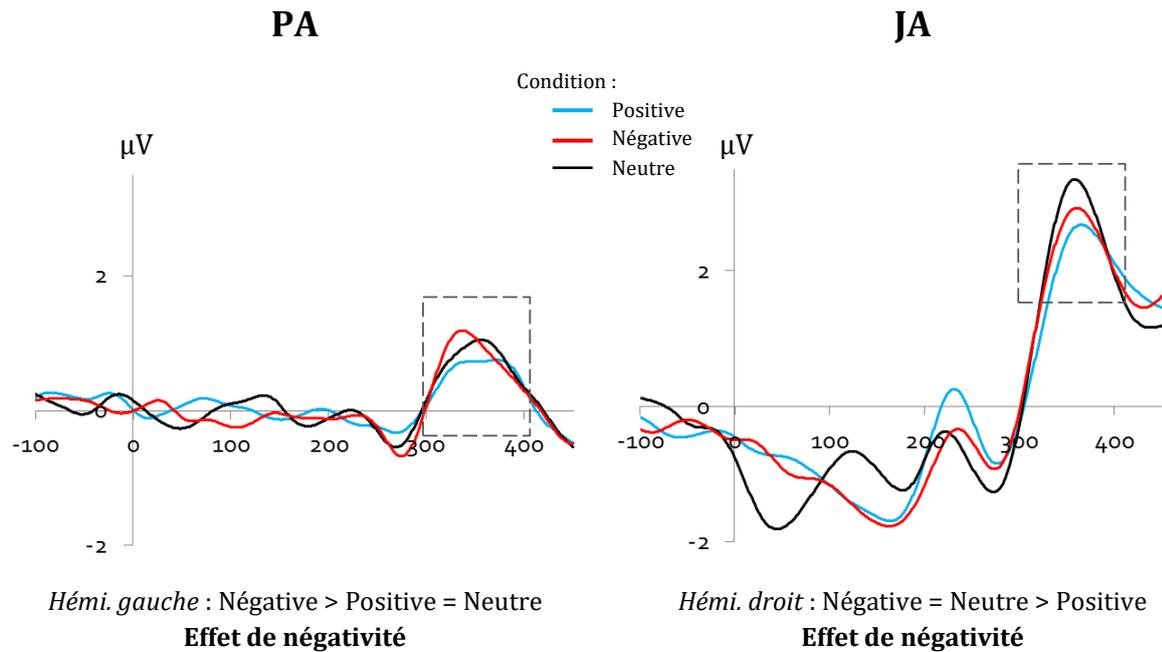


Figure 12. Amplitude moyenne de la composante P300 dans les régions pariéto-occipitales pour la fenêtre temporelle considérée, selon le groupe d'âge, l'émotion (négative, positive, neutre), et l'hémisphère (droit, gauche). PA = personnes âgées ; JA = jeunes adultes ; Hémi. = hémisphère.

5.2.3. Composante LPP

Seule l'interaction entre émotion, hémisphère, et groupe, est significative pour l'amplitude de cette composante, $F(4, 116) = 2.51, p < .05, \eta_p^2 = 0.08$. Les comparaisons planifiées révèlent que les sujets jeunes ne présentent pas de modulation de l'amplitude la LPP en fonction de la valence, et ce pour aucun des 3 hémisphères. Les personnes âgées ne présentent pas non plus de différences entre catégories émotionnelles pour les régions centrales et l'hémisphère droit. En revanche, au niveau de l'hémisphère gauche des personnes âgées, l'onde LPP est plus ample face aux images négatives par rapport aux positives, $F(1, 29) = 6.39, p < .02, \eta_p^2 = 0.18$, ainsi que pour les images neutres par rapport aux positives, $F(1, 29) = 6.37, p < .02, \eta_p^2 = 0.18$. La différence entre conditions négative et neutre n'est pas significative, $F(1, 29) = 0.11, p = 0.74$ (voir Figure 13).

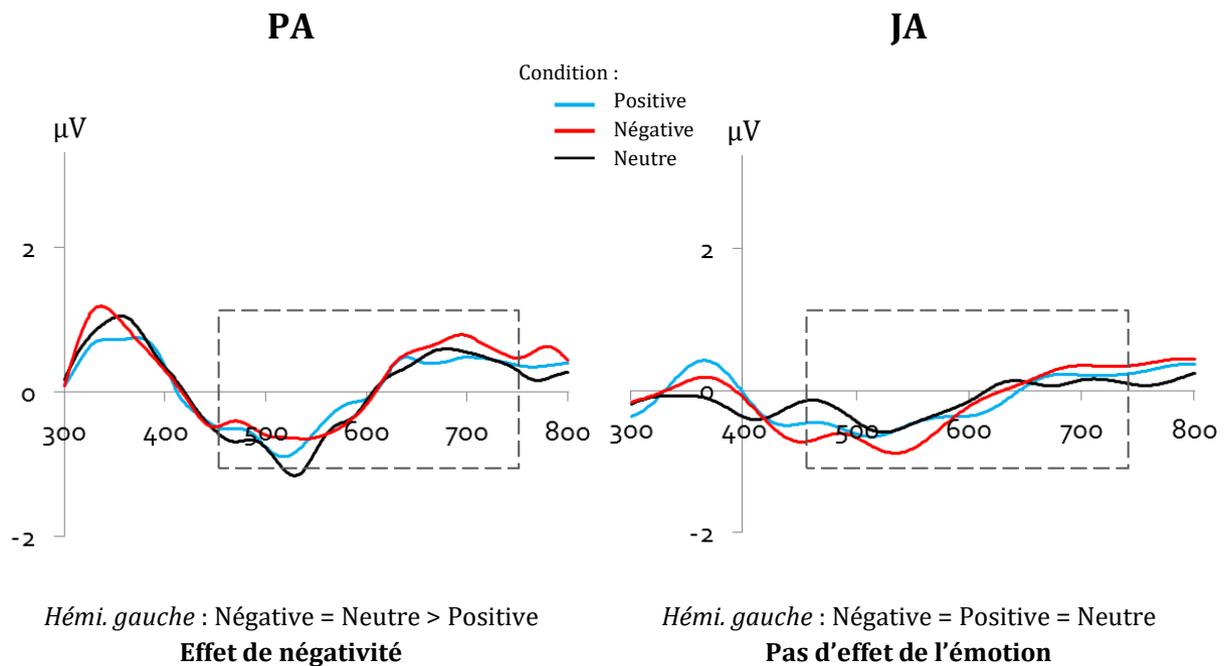


Figure 13. Amplitude moyenne de la composante LPP dans les régions centro-pariétales pour la fenêtre temporelle considérée, selon le groupe d'âge, l'émotion (négative, positive, neutre), et l'hémisphère (droit, gauche). PA = personnes âgées ; JA = jeunes adultes ; Hémi. = hémisphère.

5.2.4. Analyse supplémentaire : impact de l'activation des stimuli sur l'amplitude de la P300 et de la LPP

Nous avons observé un effet de l'émotion sur l'onde P300 des sujets jeunes et âgés, ainsi que sur l'onde LPP des sujets âgés. L'effet se traduit par une amplitude augmentée de ces ondes face aux stimuli négatifs comparés aux positifs. Or, il a été rapporté dans la littérature que l'amplitude des ondes P300 et LPP augmentait en fonction de l'activation des stimuli. Nos résultats comportementaux ont montré que les participants, quel que soit leur âge, évaluaient les stimuli négatifs comme plus activateurs que les positifs. Il semble donc nécessaire de contrôler si le résultat que nous obtenons est bien dû au type d'émotion et non pas aux différences d'activation entre les conditions négatives et positives. Dans cet objectif, nous avons réalisé des régressions linéaires afin de tester si l'amplitude de ces ondes pouvait être prédite par le niveau d'activation des stimuli.

L'effet de l'émotion sur la P300 a été observé dans l'hémisphère gauche des personnes âgées, et dans l'hémisphère droit des jeunes adultes. Nous avons analysé la relation entre amplitude et activation séparément pour chaque condition émotionnelle, et seulement dans l'hémisphère où l'effet était observé pour chaque groupe. Pour l'hémisphère gauche des personnes âgées, les résultats montrent une absence de relation entre l'amplitude de la composante P300 et le niveau d'activation des stimuli négatifs ($F(1, 13) = 0.04, p = .85, R = 0.06$),

positifs ($F(1, 13) = 0.13, p = .73, R = 0.10$), et neutres ($F(1, 13) = 0.10, p = .76, R = 0.09$). Dans l'hémisphère droit des jeunes adultes, nous n'observons pas non plus de relation significative entre l'amplitude de la P300 et le niveau d'activation des stimuli négatifs ($F(1, 14) = 0.82, p = .38, R = 0.23$), positifs ($F(1, 14) = 1.47, p = .25, R = 0.31$), et neutres ($F(1, 14) = 0.28, p = .60, R = 0.14$).

Nous avons ensuite testé si l'amplitude de l'onde LPP dans l'hémisphère gauche des personnes âgées pouvait être prédite par le niveau d'activation des stimuli. La relation entre amplitude et activation a été analysé séparément pour chaque condition émotionnelle, et pour l'hémisphère gauche seulement. Les résultats montrent une absence de relation entre l'amplitude de la composante LPP et le niveau d'activation des stimuli négatifs ($F(1, 14) = 0.00, p = .99, R = 0.001$), positifs ($F(1, 14) = 0.02, p = .90, R = 0.03$), et neutres ($F(1, 14) = 1.23, p = .29, R = 0.29$).

Ces observations laissent penser que le niveau d'activation des stimuli ne serait pas prédicteur de l'amplitude de la P300 et de la LPP chez les sujets jeunes et âgés. L'augmentation d'amplitude observée pour les stimuli négatifs comparés aux positifs pour chacune de ces composantes serait donc plutôt due au contenu émotionnel qu'à des différences d'activation.

6. Discussion

L'objectif principal de cette étude était d'éclaircir la nature automatique ou contrôlée de l'effet de positivité lié à l'âge, en étudiant la dynamique temporelle du traitement émotionnel avec la technique des potentiels évoqués. Nous avons pris en compte les composantes apparaissant lors du traitement de stimuli visuels négatifs, positifs, et neutres, avec l'hypothèse que si l'effet de positivité est un phénomène automatique, il devrait se refléter sur l'amplitude des composantes précoces, et s'il représente un phénomène contrôlé, il serait plutôt visible sur les composantes tardives. Les données EEG ont été analysées en fonction des évaluations individuelles des participants en termes de valence, nous permettant ainsi d'obtenir l'activité cérébrale la plus proche possible de la perception réelle de chacun.

En premier lieu, une analyse des données comportementales a été réalisée, témoignant de l'absence d'un effet de positivité lié à l'âge à ce niveau. L'analyse de la valence montre que les personnes âgées présentent des évaluations plus extrêmes, c'est-à-dire qu'elles considèrent les images positives comme plus positives, mais également les images négatives comme plus négatives, comparativement aux jeunes adultes. Les personnes âgées considèrent en général les images comme plus activatrices que les jeunes adultes, mais aucune interaction entre le groupe d'âge et l'émotion n'a été observée. Tous les participants, quel que soit leur âge, considèrent les

images négatives comme plus activatrices que les positives, qui sont elles-mêmes plus activatrices que les neutres.

Notre analyse des données EEG a fait ressortir 3 composantes : l'onde précoce N200, et les composantes plus tardives P300 et LPP. La N200 présente un effet principal de l'émotion quel que soit l'âge : elle serait plus ample face aux images positives, comparées aux négatives et neutres. Ceci est en accord avec la littérature suggérant que la N200 serait sensible à la valence, bien que nos observations s'opposent à l'effet de négativité traditionnellement rapporté chez le sujet jeune pour cette onde. De plus, l'amplitude de la composante N200 est modulée différemment par l'émotion en fonction de l'âge. Chez les sujets âgés, la N200 est plus ample pour les stimuli positifs comparés aux négatifs, alors que chez les jeunes adultes, elle est plus ample pour les stimuli émotionnels comparés aux neutres, mais sans distinction significative entre les conditions positive et négative. Le résultat des aînés semble traduire un effet de positivité, c'est-à-dire un traitement augmenté des stimuli positifs comparés aux négatifs. L'effet apparaîtrait donc très précocement, dès la composante N200, reflétant une capture automatique de l'attention des sujets âgés par les stimuli positifs.

La composante P300 présente également un effet principal de l'émotion : quel que soit l'âge des participants, son amplitude est plus élevée pour les stimuli négatifs que pour les positifs, traduisant un effet de négativité. L'interaction entre groupe, émotion, et hémisphère, suggère que cet effet de négativité n'aurait pas lieu dans le même hémisphère selon l'âge. En effet, ce phénomène apparaît au niveau de l'hémisphère gauche des sujets âgés, et de l'hémisphère droit des sujets jeunes. L'onde P300 étant sensible à l'activation, nous avons contrôlé si ces effets de négativité ne pouvaient pas être dus à l'activation différentielle entre stimuli négatifs et positifs. L'analyse ne montre pas de lien significatif entre l'amplitude de la P300 et l'activation des stimuli, laissant penser que l'effet que nous observons est bien dû à la valence et non pas à l'activation. Le traitement privilégié des stimuli négatifs semble donc préservé chez les aînés pour les premières étapes des traitements conscients, reflétées par l'onde P300. La présence de l'effet de négativité dans l'hémisphère gauche des aînés alors qu'il apparaît à droite chez les jeunes adultes pourrait s'expliquer par le postulat du Right Hemi-Aging Model (Dolcos et al., 2002). D'après ce modèle, l'hémisphère droit, particulièrement impliqué dans le traitement des émotions négatives (Davidson, 1992; Davidson et al., 1990), se dégraderait plus vite que le gauche au cours du vieillissement normal. Chez nos sujets jeunes, l'effet de négativité visible dans l'hémisphère droit semble effectivement témoigner de l'implication de cet hémisphère dans le traitement des informations négatives. Avec l'avancée en âge, il est possible que les personnes âgées se reposent plus que les jeunes adultes sur

l'hémisphère gauche pour traiter les émotions négatives, peut-être dans une tentative de compensation.

L'analyse de l'onde tardive LPP dévoile une absence d'effet de l'émotion chez les sujets jeunes. Les données de la littérature laissent penser que cette onde serait sensible à l'activation des stimuli, mais bien que les images négatives aient été évaluées comme plus activatrices que les positives, le niveau d'activation ne semble pas influencer sur l'amplitude de la LPP des jeunes adultes. Il est possible que l'absence d'effet de l'émotion pour ce groupe d'âge soit influencée par leur évaluation généralement faible de l'activation des stimuli, quelle que soit la condition émotionnelle (<4, voir Tableau 24). Il a été montré que la LPP s'atténuait lorsque des mécanismes de régulation émotionnelle entraient en jeu : l'absence d'effet de l'émotion sur cette onde pourrait également traduire l'efficacité de la régulation, probablement facilitée par la basse activation des stimuli. À l'inverse, les adultes âgés présentent un effet de négativité dans l'hémisphère gauche, se traduisant par une amplitude supérieure de la LPP face aux images négatives comparées aux positives. L'activation différente entre stimuli négatifs et positifs aurait pu être une variable confondue responsable de ce résultat, mais une analyse supplémentaire nous a permis de contrôler que l'activation n'avait pas d'influence sur l'amplitude de la LPP chez nos participants âgés. À nouveau, le Right Hemi-Aging Model propose un cadre d'interprétation pertinent de ce traitement privilégié des stimuli négatifs spécifique à l'hémisphère gauche des personnes âgées. L'amplitude élevée de la LPP face aux stimuli négatifs, comparés aux positifs, pourrait également traduire une difficulté à réguler les émotions négatives générées par ces stimuli. Par rapport aux jeunes adultes, les personnes âgées ont tendance à privilégier les stratégies d'évitement et de redéploiement attentionnel pour réguler leurs affects (Birditt & Fingerhant, 2005; Coats & Blanchard-Fields, 2008; Isaacowitz et al., 2015; Lohani & Isaacowitz, 2014). Le design expérimental de notre étude ne favorisant pas ce type de stratégies, les images étant présentées une par une et la consigne du participant étant de les analyser afin de les évaluer, il est possible que les aînés n'aient pas pu utiliser ces stratégies pour réguler leurs affects, ou alors de manière inefficace.

Ainsi, l'analyse EEG dévoile un effet de positivité chez les sujets âgés sur la composante précoce N200, et des effets de négativité sur les composantes plus tardives P300 et LPP. Cet effet de positivité neurophysiologique ne semble pas avoir d'impact direct sur les mesures comportementales, étant donné que nous n'observons pas d'effet de positivité chez les sujets âgés lors de la tâche de jugement émotionnel. Or, les potentiels évoqués affectifs reflètent la modulation de l'attention par l'émotion, alors que le jugement émotionnel ferait plus appel à des mécanismes contrôlés d'évaluation consciente du ressenti. L'effet de positivité observé précocement au niveau cérébral pourrait se traduire au niveau attentionnel, par une capture

rapide de l'attention des sujets âgés par les stimuli positifs, qui ne se reflèterait pas ensuite lors de l'évaluation consciente des stimuli. Le protocole de cette étude ne permet pas de mettre en évidence un tel phénomène : l'ajout d'une tâche attentionnelle à une acquisition EEG, éventuellement couplée à des mesures oculométriques, pourrait apporter des réponses à ce questionnement.

Dans leur ensemble, nos résultats semblent plutôt en faveur du modèle DIT, puisqu'ils laissent penser que l'effet de positivité serait un phénomène automatisé, visible aux étapes de traitement précoces reflétant la capture spontanée de l'attention, et qu'il disparaîtrait ensuite des étapes de traitement plus contrôlées. D'après le modèle DIT, l'effet de positivité serait une conséquence des atteintes cérébrales et cognitives associées au vieillissement normal, notamment au niveau des processus contrôlés. Ce dernier point est appuyé par la présence d'un effet de négativité sur l'onde LPP des sujets âgés, absent chez les sujets jeunes, qui pourrait traduire des difficultés à réguler les émotions lors d'étapes plus contrôlées de traitement.

7. Conclusion

Dans cette étude, les données comportementales n'ont pas révélé d'effet de positivité. L'amplitude supérieure de la composante N200 des sujets âgés pour les images positives comparées aux négatives souligne la présence d'un effet de positivité précoce au niveau cérébral. Un tel effet de positivité n'est pas présent chez les personnes âgées pour les ondes plus tardives P300 et LPP, qui sont plutôt marquées par un effet de négativité dans cette tranche d'âge. Ces résultats sont en défaveur de la TSS et vont plutôt dans le sens du modèle DIT : l'effet de positivité pourrait plus traduire un phénomène automatique que contrôlé. L'amplitude augmentée de la LPP pour les images négatives comparées aux positives chez les personnes âgées, phénomène absent chez les jeunes adultes, pourrait traduire une difficulté à réguler les émotions négatives lors d'étapes de traitement plus contrôlées.

Chapitre 9 – Perspectives d'avenir réduites, effet de positivité, et bien-être : évaluation des postulats de la Théorie de la Sélectivité Socio-émotionnelle

Étude 4

L'étude EEG a révélé que des mécanismes automatisés pourraient être à l'origine de l'effet de positivité observé au niveau neurophysiologique. Dans la présente étude, nous avons testé l'hypothèse selon laquelle l'effet de positivité attentionnel pourrait représenter une stratégie de régulation émotionnelle qui s'automatiserait avec l'âge. Nous avons également évalué si l'effet de positivité était un phénomène motivé dû à la réduction des perspectives d'avenir, ou une conséquence du vieillissement de l'organisme, en testant cette hypothèse auprès de sujets âgés, très âgés, et d'une population jeune aux perspectives d'avenir expérimentalement réduites.

1. Introduction

La Théorie de la Sélectivité Socio-émotionnelle (TSS ; Carstensen, 1995) postule que la réduction des perspectives d'avenir entraînerait une modification profonde au niveau motivationnel. Lorsque l'avenir est perçu comme étant limité, les individus favoriseraient les objectifs émotionnellement gratifiants car ils seraient plus propices à prodiguer une satisfaction sur le court terme. Le bien-être et la régulation émotionnelle seraient privilégiés par rapport à d'autres objectifs (Kennedy et al., 2004; Lang & Carstensen, 2002b). À l'inverse, lorsque le temps restant est considéré comme suffisamment long, les individus se focaliseraient sur d'autres buts comme l'acquisition de nouvelles connaissances, et accepteraient d'endurer des émotions désagréables dans la perspective d'obtenir des gratifications sur le long terme (Carstensen, 1995; Lang & Carstensen, 2002b; Tamir, 2009).

Ce modèle a été initialement proposé pour rendre compte de plusieurs phénomènes associés au vieillissement normal. Le premier concerne les choix sociaux effectués par les personnes âgées, dont les perspectives d'avenir sont naturellement réduites comparées aux jeunes adultes. En effet, lorsque les aînés doivent choisir une personne avec qui ils aimeraient passer du temps, ils choisissent systématiquement des personnes familières, alors que les sujets jeunes recherchent plutôt la nouveauté et la quête d'information (Carstensen & Fredrickson,

1998; Fredrickson & Carstensen, 1990). Les aînés s'appuieraient donc plus sur des aspects émotionnels pour choisir leurs interactions sociales. Ces mêmes études montrent également que lorsque la fin d'une période de vie est rendue saillante, par exemple dans le cas d'un déménagement, sujets jeunes et âgés choisissent de façon équivalente de passer du temps avec des personnes proches et familières. Dans la même idée, plusieurs études laissent penser que lorsque les jeunes adultes perçoivent des contraintes temporelles (à cause d'une pathologie ou d'une induction expérimentale), ou lorsque les personnes âgées perçoivent un futur étendu, les différences liées à l'âge en termes de choix sociaux disparaissent (Fung & Carstensen, 2003; Fung & Carstensen, 2006; Fung et al., 1999; Pinquart & Silbereisen, 2006). Ces dernières observations appuient l'idée que ce seraient bien les perspectives d'avenir qui favoriseraient les choix sociaux basés sur l'affect, et non pas des modifications inhérentes au vieillissement de l'organisme.

D'après la TSS, ce seraient également les perspectives d'avenir réduites qui entraîneraient l'apparition d'effets de positivité. Quelques études ont en effet suggéré un lien direct entre la réduction des perspectives d'avenir et l'apparition de l'effet, chez des sujets modérément âgés (< 80 ans en général) et des sujets jeunes à perspective d'avenir réduites artificiellement (Barber et al., 2016; DeWall & Baumeister, 2007; Kellough & Knight, 2012; O'Brien & Ellsworth, 2012; Pruzan & Isaacowitz, 2006). Dans l'objectif de privilégier les expériences émotionnelles gratifiantes, les personnes âgées mobiliseraient plus de ressources que les jeunes adultes afin de maintenir leur bien-être, et cela se traduirait par une préférence accrue pour les informations positives au détriment des négatives (Carstensen & Mikels, 2005; Reed & Carstensen, 2012; Reed et al., 2014). Ainsi, l'attention serait biaisée en faveur des informations qui optimiseraient la régulation des émotions (Carstensen & Mikels, 2005). Il a été suggéré que les aînés utiliseraient plus leur attention que les jeunes adultes pour réguler leurs émotions (voir **Chapitre 5**, page 59), il est donc possible que l'effet de positivité attentionnel ait un lien avec le bien-être élevé rapporté par les personnes âgées (Carstensen et al., 2000; Charles, Reynolds, & Gatz, 2001b), bien que ce lien n'ait pas encore été démontré. Dans cette idée, l'effet de positivité attentionnel représenterait une stratégie de régulation émotionnelle privilégiée au cours du vieillissement. Néanmoins, quelques études montrent une diminution du bien-être à partir de 80 ans (Carstensen et al., 2003; Diener & Suh, 1998; Stacey & Gatz, 1991). Ce résultat est paradoxal car si la motivation à réguler les émotions augmente avec la réduction des perspectives d'avenir, plus les participants sont âgés, plus ils devraient rapporter un bien-être élevé. Il est possible que ces sujets très âgés présentent des effets de positivité attentionnels, mais que ceux-ci ne leur permettent plus d'augmenter efficacement leurs affects positifs. La distinction entre plusieurs groupes de sujets âgés (modérément âgés, très âgés) au cœur d'un protocole évaluant

perspectives de vie future, effet de positivité attentionnel, et bien-être, permettrait d'éclaircir la relation entre ces trois phénomènes.

D'après la TSS, l'effet de positivité serait un phénomène contrôlé, témoin de la préservation des fonctions cognitives. Or, un autre cadre théorique issu du modèle DIT s'oppose à ces postulats. Ce modèle propose que l'effet de positivité refléterait plutôt un mécanisme automatique, apparaissant suite au déclin des ressources cognitives. D'après le modèle DIT, l'effet de positivité serait donc la conséquence des dégradations liées au vieillissement de l'organisme. Les données disponibles laissent pourtant penser que les effets de positivité seraient dissociés des atteintes cérébrales et cognitives liées au vieillissement normal, puisque des perspectives d'avenir réduites semblent les générer à elles seules chez des sujets jeunes (Barber et al., 2016; DeWall & Baumeister, 2007; O'Brien & Ellsworth, 2012; Pruzan & Isaacowitz, 2006). Toutefois, de la même façon que chez les sujets âgés, il n'a jamais été montré si les effets de positivité attentionnels provoqués par un futur limité (artificiellement ou par la pathologie) aidaient les jeunes adultes à augmenter leurs affects positifs. Les deux modèles se distinguent également au sujet de leurs propositions sur la nature automatique ou contrôlée de l'effet de positivité, et une nouvelle fois les arguments sont plutôt en faveur de l'hypothèse motivée et contrôlée proposée par la TSS. Il a en effet été montré que l'apparition de l'effet chez les sujets âgés dépendait de la disponibilité des ressources cognitives (Reed & Carstensen, 2012; Reed et al., 2014). Au cours de tâches visuelles où l'orientation du regard est évaluée, les personnes âgées présentent un évitement des stimuli négatifs lorsque ceux-ci sont présentés plus de 500 ms, phénomène absent lorsque les temps de présentation sont inférieurs (Isaacowitz, Allard, et al., 2009; Lee & Knight, 2009; Orgeta, 2011). Bien que ces études ne rapportent pas d'attraction envers les stimuli positifs, l'évitement des informations négatives est souvent considéré comme une facette de l'effet de positivité. Les temps de présentation courts ne laissent pas le temps aux processus contrôlés de se mettre en place : l'apparition tardive de cet effet révélerait donc sa nature plus contrôlée. Le temps de présentation des stimuli est un facteur à prendre en compte afin de 1/ pouvoir évaluer la nature automatique ou contrôlée de l'effet de positivité, et 2/ pouvoir comparer l'impact de l'effet sur le bien-être à une condition contrôle dénuée d'effet de positivité.

2. Objectifs & Hypothèses

Dans cette étude, nous avons évalué les liens théorisés par la TSS entre perspectives de vie future, effet de positivité, et bien-être, auprès de deux populations : une population âgée (avec deux groupes « âgés » et « très âgés »), et une population jeune à perspectives d'avenir artificiellement réduites. Pour ce faire, nous avons mesuré les perspectives de temps futur de

chaque groupe, puis l'effet de positivité attentionnel a été testé via une tâche de dot-probe émotionnel, au cours de laquelle nous avons évalué à plusieurs reprises les affects de nos participants afin d'avoir un aperçu de leur évolution en fonction de la présence ou non d'un effet de positivité. Nos trois objectifs principaux étaient les suivants :

- 1)** Evaluer le lien entre la réduction des perspectives de vie future et l'apparition de l'effet de positivité attentionnel.

Dans le cadre de la TSS, nous désirions montrer que plus les perspectives d'avenir sont réduites, plus l'effet de positivité attentionnel devrait être conséquent. Les sujets âgés et les sujets jeunes à perspectives d'avenir artificiellement réduites devraient donc présenter des effets de positivité, comparé aux sujets jeunes contrôles.

- 2)** Tester la capacité de l'effet de positivité attentionnel à augmenter les affects positifs. Si l'effet de positivité attentionnel représente une stratégie de régulation, comme proposé par la TSS, sa présence devrait être associée à des affects positifs plus élevés, comparé à une condition où l'effet est absent. Nous avons comparé des sujets jeunes à deux groupes de sujets âgés (« âgés » et « très âgés »), afin d'éclaircir le paradoxe décrit précédemment au sujet de la baisse de bien-être observée dans les âges très avancés de la vie, qui devraient pourtant être associés à des effets de positivité forts.

- 3)** Evaluer la nature automatique ou contrôlée de l'effet de positivité attentionnel. Nous avons manipulé la durée de présentation des stimuli lors de la tâche de dot-probe émotionnel, avec l'idée que si l'effet de positivité attentionnel est un phénomène contrôlé, il devrait être visible uniquement dans la condition « temps de présentation long », par rapport à la condition « temps de présentation court ».

La réalisation de cette étude auprès de sujets jeunes à perspectives d'avenir artificiellement réduites nous a également permis de dissocier l'influence du vieillissement organique de celle de la motivation à optimiser le bien-être suite à la réduction des perspectives futures, et donc de comparer la proposition de la TSS à celle du modèle DIT.

Deux évaluations supplémentaires ont été réalisées :

- Tâche de sélection de partenaires sociaux.

Nous avons tenté de reproduire le résultat princeps de la TSS, au sujet des différences de choix de partenaires sociaux en fonction des perspectives de temps futur. Dans chaque étude, le groupe à la perspective de vie future la plus limitée devrait choisir des partenaires sociaux familiaux plutôt que nouveaux, par rapport au groupe ayant une perspective de vie future plus étendue.

- Bien-être au quotidien (échelle PANAS).

Nous avons également évalué le bien-être général de nos participants, dans l'idée que le groupe de participants présentant des effets de positivité dans chaque étude (en principe celui à la perspective de vie future la plus limitée) pourrait présenter des affects positifs plus élevés au quotidien que le groupe ayant une perspective de vie future plus étendue.

3. Méthode expérimentale

3.1. Participants

Cent vingt-huit participants jeunes (20 – 32 ans) et âgés (60 – 93 ans) ont été recrutés. Les sujets jeunes ont été divisés en deux groupes : un groupe contrôle ($N = 40$, 20 – 32 ans) et un groupe expérimental, dont les perspectives d'avenir des participants ont été manipulées au cours du protocole (groupe « induction », $N = 41$, 18 – 28 ans). Les participants âgés ont également été divisés en deux groupes : un groupe d'adultes âgés ($N = 21$, 60 – 76 ans), et un groupe d'adultes très âgés ($N = 26$, 77 – 93 ans).

Les participants devaient ne pas avoir ou avoir eu de pathologie psychiatrique *et/ou* neurologique, et posséder une vue normale ou corrigée à la normale. La présence d'une dépression a été évaluée via l'échelle Beck Depression Inventory (BDI) pour les sujets jeunes, et la Geriatric Depression Scale (GDS) pour les sujets âgés. Le questionnaire Mini-Mental State Examination (MMSE) a également été utilisé pour évaluer le fonctionnement cognitif global. Les participants présentant des fonctions cognitives altérées (une score inférieur à 25 au MMSE) ou une dépression (un score supérieur à 7 pour l'échelle BDI, ou supérieur à 9 pour la GDS), n'ont pas été inclus dans l'analyse ($N = 9$). Le Tableau 25 ci-dessous présente les caractéristiques moyennes des groupes de participants finaux (les sujets n'ayant pas réalisé correctement la tâche ont déjà été exclus de ce tableau, selon les critères décrits en section 4.1., page 161).

Tableau 25. Caractéristiques moyennes des participants inclus.

Groupe	N (f/h)	Âge (min - max)	MMSE (ET)	Dépression (ET)
Jeunes contrôle	40 (28/12)	22,8 (20 - 32)	29,3 (1,1)	BDI = 2,1 (2,5)
Jeunes induction	41 (39/2)	20,2 (18 - 28)	29,4 (1,3)	BDI = 2,9 (2,5)
Adultes âgés	21 (13/8)	69,0 (60 - 76)	28,6 (1,5)	GDS = 1,6 (1,3)
Adultes très âgés	26 (18/8)	85,2 (77 - 93)	27,5 (1,6)	GDS = 1,5 (1,4)

Note. f = nombre de femmes ; h = nombre d'hommes ; ET = écart-type ; MMSE = Mini-Mental State Examination ; BDI = Beck Depression Inventory ; GDS = Geriatric Depression Scale.

3.2. Questionnaires

Les versions françaises des questionnaires suivants ont été utilisées afin d'évaluer nos dimensions d'intérêt :

- Les perspectives de vie future ont été mesurées avec la Future Time Perspective Scale (FTP ; Lang & Carstensen, 2002b). Cette échelle se compose de 10 items, et le participant doit indiquer à quel point chaque item est vrai pour lui, en se basant sur une échelle allant de 1 « Très faux » à 7 « Très vrai ». L'échelle se cote en additionnant les scores aux items. Plus le score est élevé, plus l'individu pense avoir un futur étendu.
- Le bien-être au quotidien a été mesuré par le Positive and Negative Affect Schedule (PANAS ; Watson et al., 1988). Cette échelle se compose de 20 adjectifs décrivant des états affectifs (e.g., bouleversé, inspiré). En se basant sur ce qu'il ressent en général, le participant doit indiquer à quel point il lui arrive de se sentir dans l'état décrit par chacun des adjectifs. Sa réponse est notée de 1 « Très peu ou pas du tout » à 5 « Enormément ». Dix adjectifs désignent des états positifs, et 10 adjectifs des états négatifs. Ces scores sont additionnés séparément de manière à obtenir un score « d'affects positifs » et un score « d'affects négatifs ». Plus le score est élevé, plus le taux d'affects positifs *et/ou* négatifs est élevé.

3.3. Tâche de sélection des partenaires sociaux

Cette tâche a été traduite en français à partir de la tâche créée par Fredrickson et Carstensen, utilisée par plusieurs études pour évaluer les différences de choix de partenaires sociaux entre groupes aux perspectives d'avenir différentes (Carstensen & Fredrickson, 1998; Fredrickson & Carstensen, 1990; Pinguart & Silbereisen, 2006). Cette tâche s'auto-administre sur papier et se compose de deux conditions, toujours proposées dans le même ordre, associées chacune à une question à laquelle le participant doit répondre en choisissant une personne avec qui il aimerait passer du temps (voir Annexe 2, page 244). Trois réponses sont possibles : un partenaire familial (« un membre de votre famille proche ») ou nouveau (deux choix : « une connaissance récente avec qui vous semblez avoir beaucoup en commun », ou « l'auteur d'un livre que vous avez lu »). Les options de réponse sont les mêmes pour les deux conditions, et leur ordre d'apparition est contrebalancé entre participants.

- Condition 1 : *“Age Differences in Partner Choice”*

La question posée dans cette condition permet d'évaluer quels sont les partenaires sociaux préférentiellement choisis par les sujets jeunes et âgés dans des circonstances standards. Fredrickson et Carstensen ont démontré par cette tâche que les personnes âgées préfèrent généralement les partenaires familiaux, et les sujets plus jeunes les partenaires nouveaux

(Fredrickson & Carstensen, 1990). La question posée est la suivante : « *Imaginez que vous avez une demi-heure de temps libre devant vous, sans obligations urgentes. Vous décidez que vous aimeriez passer ce temps en compagnie d'une autre personne. En supposant que les trois personnes suivantes sont disponibles, avec laquelle choisiriez-vous de passer ce temps ?* »

- **Condition 2** : “*Responses to Anticipated Social Endings*”

Cette condition a été élaborée pour tester si les circonstances sociales peuvent être manipulées chez les jeunes adultes, de manière à induire des décisions semblables à celles des personnes âgées. Cette condition ne simule pas la diminution des perspectives d'avenir associées au vieillissement, mais l'anticipation de la fin d'un environnement social connu. Les résultats de Fredrickson et Carstensen montrent que lorsque la fin d'une période de vie est rendue saillante, les sujets jeunes et âgés font des choix similaires : tous préfèrent passer du temps avec un membre de leur famille proche. La question posée est la suivante : « *Maintenant, imaginez cette nouvelle situation : dans quelques semaines, vous avez prévu de déménager à l'autre bout du pays – seul-e. Personne de votre famille ou de votre entourage proche ne vous accompagnera dans ce déménagement. Bien que vous soyez occupé-e à organiser votre grand départ, il se trouve que vous avez une demi-heure de temps libre, sans obligations urgentes. Vous décidez que vous aimeriez passer ce temps en compagnie d'une autre personne. En supposant que les trois personnes suivantes sont disponibles, avec laquelle choisiriez-vous de passer ce temps ?* »

3.4. Procédure d'induction de perspectives d'avenir réduites

Seul le groupe de sujets jeunes « induction » a été soumis à cette procédure, validée par Barber et collaborateurs (2016) et inspirée des travaux de Fung et Carstensen (2006). L'induction consiste à demander aux participants d'imaginer qu'ils n'ont plus que six mois à vivre, et à rédiger ensuite leurs réponses à quatre questions au sujet de ce qu'ils feraient pendant cette période (voir Annexe 3, page 245, pour un exemplaire du questionnaire).

3.5. Tâche de sondage attentionnel (dot-probe)

3.5.1. Présentation

Les tâches de sondage attentionnel (« dot-probe tasks ») permettent d'évaluer l'attention spatiale via les temps de réaction à des signaux visuels (Posner, Snyder, & Davidson, 1980 ; Navon & Margalit, 1983). Il a en effet été montré que les individus répondent plus rapidement à des signaux présentés dans l'aire du champ visuel à laquelle ils sont plus attentifs (Douillez & Philippot, 2008). Ces tâches informatisées permettent ainsi d'estimer les biais attentionnels en faveur d'un type d'information. Lorsque les stimuli utilisés sont d'ordre émotionnel, elles

permettent de mettre en évidence quel type d'émotion va attirer en priorité l'attention du participant.

Dans les tâches de dot-probe émotionnel, un stimulus émotionnel et un stimulus neutre sont toujours présentés par paires aux participants (Mogg & Bradley, 1999). La disparition d'une paire est suivie par l'apparition d'un symbole, qui remplace soit le stimulus émotionnel (essai dit « congruent » à l'émotion), soit le stimulus neutre (essai « non-congruent » à l'émotion). Le participant a pour consigne de détecter certaines caractéristiques du symbole le plus rapidement possible, en général en appuyant sur un bouton du clavier ou de la souris (par exemple : la position droite-gauche du symbole, son orientation, sa couleur, sa forme, etc.). Si le participant répond plus vite lors des essais congruents que lors des essais non-congruents, cela suggère que son attention a été orientée vers les stimuli émotionnels, au détriment des neutres. Dans ce cadre, nous avons créé une tâche avec deux conditions émotionnelles (positive, négative) afin d'évaluer les biais attentionnels en faveur ou défaveur de ces deux types d'émotion.

3.5.2. Matériel

La tâche attentionnelle a été programmée sur le logiciel E-prime©, et présentée aux participants sur ordinateur. Les stimuli étant présentés très rapidement, nous avons choisi d'utiliser des images représentant des objets simples sur fond blanc afin de favoriser leur détection et interprétation par les participants.

Nous avons sélectionné nos stimuli parmi 987 images représentant des objets naturels et manufacturés sur fond blanc, ayant été cotées par 31 étudiants (6 hommes et 24 femmes) âgés en moyenne de 22,8 ans. Chaque image était cotée en termes de valence (allant de 1 « image très négative », à 7 « image très positive ») et d'activation (allant de 1 « activation faible », à 7 « activation forte »). L'effet de positivité ayant été observé dans la population âgée plutôt pour des stimuli de basse activation (Kensinger, 2008; Streubel & Kunzmann, 2011), nous avons sélectionné 240 images d'activation faible à modérée (inférieure à 5) selon les critères de valence suivants (voir Tableau 26 pour plus de détails et Figure 14 pour un exemple) :

- 120 images neutres (valence entre 3,5 et 4,5),
- 60 images positives (valence entre 5 et 7),
- 60 images négatives (valence entre 1 et 3).

Tableau 26. Caractéristiques moyennes des images utilisées dans la tâche attentionnelle.

Condition	Valence (intervalle)	Activation (intervalle)	Nombre
Négative	2,2 (1,4 – 2,9)	4,1 (2,50 – 4,93)	60
Positive	5,7 (5,2 – 6,3)	3,6 (1,17 – 3,83)	60
Neutre	4,1 (3,5 – 4,5)	2,0 (2,63 – 4,63)	120

**Figure 14.** Exemples d'images, de gauche à droite : image neutre, image négative, image positive.

3.5.3. Design expérimental

Les 240 images choisies ont été divisées en deux blocs de 60 images neutres, 30 images positives, et 30 images négatives chacun. Les blocs diffèrent en termes de durée de présentation des images. Dans le bloc « temps de présentation court » (TC), les images sont présentées 500 ms, et dans le bloc « temps de présentation long » (TL), les images sont présentées 1000 ms. La distinction entre ces deux blocs nous permet de tester la nature automatique ou contrôlée de l'effet de positivité attentionnel. En effet, d'après la littérature, une durée de 500 ms devrait défavoriser l'apparition de l'effet, alors qu'une durée de présentation plus longue (1000 ms) devrait à l'inverse favoriser son apparition car elle permettrait aux mécanismes contrôlés de se mettre en place (Isaacowitz, Allard, et al., 2009; Lee & Knight, 2009; Orgeta, 2011).

Dans la tâche attentionnelle, les images sont présentées par deux : une image neutre apparaît toujours au côté d'une image émotionnelle (négative ou positive). Elles sont sélectionnées aléatoirement dans le bloc, et leur position droite-gauche est contrebalancée. Chaque image est présentée deux fois par bloc : il y a donc 120 essais par bloc, et 240 essais en tout. Pour 120 essais, les couples d'images sont présentés 500 ms (bloc TC) et pour les 120 autres essais les images sont présentées 1000 ms (bloc TL). Chaque participant réalise les deux blocs à la suite, dans un ordre contrebalancé d'un participant à l'autre. La sélection d'images concernée par les temps de présentation courts ou longs est également contrebalancée, c'est-à-dire que les images vues par certains participants en TL seront vues en TC par d'autres.

Le symbole apparaissant suite aux images est de couleur noire sur fond blanc, et représente soit un carré soit un rond. Les participants, à l'aide du clavier, doivent indiquer le

plus rapidement possible s'ils voient un carré (touche « K ») ou un rond (touche « L »). Les touches associées au carré et au rond sont également contrebalancées d'un participant à l'autre. Le symbole reste à l'écran tant que les participants n'ont pas répondu. Le symbole apparaît derrière l'image émotionnelle pour la moitié des essais, et autant de fois à droite qu'à gauche de l'écran. Il y a donc 8 types d'essais différents, combinant les variables « Durée de présentation » (TC, TL), « Émotion » (positive, négative), et « Congruence du symbole au stimulus émotionnel » (congruent, non-congruent ; voir Figure 15 pour un exemple d'essai). Les réponses et les temps de réaction des participants sont enregistrés.

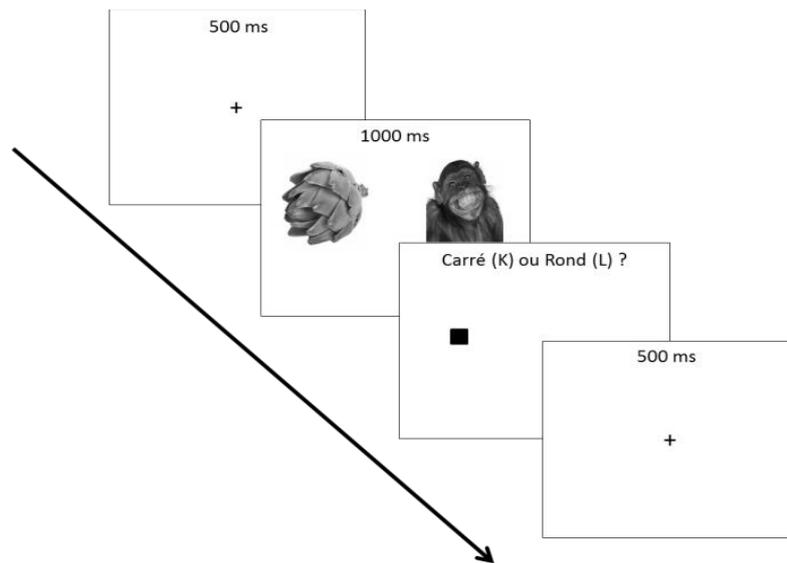


Figure 15. Schéma du déroulement d'un essai « Long-Positif-NonCongruent ».

Au début et à la fin de chaque bloc, il est demandé au participant d'évaluer son état émotionnel subjectif à l'instant précis sur une échelle au format papier allant de « Ressenti très négatif » à « Ressenti très positif ». L'échelle fait 130 mm de longueur (voir Figure 16). À partir du point central (état neutre = 0), un ressenti positif s'étend de 0 à 65 mm, et un ressenti négatif de 0 à -65 mm. Les deux blocs s'enchaînent, le participant évalue son ressenti trois fois au cours de l'expérience.

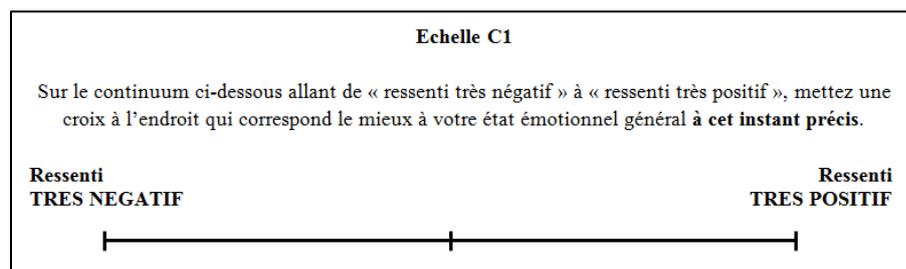


Figure 16. Echelle analogique de ressenti émotionnel utilisée à trois reprises pendant la tâche de sondage attentionnel.

3.6. Procédure expérimentale

- *Pour le groupe contrôle (sujets jeunes), le groupe « âgé » et le groupe « très âgé » :*

L'étude dans son ensemble dure environ quarante-cinq minutes. Les participants répondent d'abord aux questionnaires d'inclusion (MMSE, puis BDI ou GDS). Ils remplissent ensuite les questionnaires FTP et PANAS, puis réalisent la tâche de sélection des partenaires sociaux. Dans un second temps, la tâche de sondage attentionnel leur est expliquée, suivie d'un court entraînement de vingt essais qu'ils peuvent refaire s'ils le souhaitent. Ensuite, il leur est précisé que la tâche qu'ils vont réaliser est semblable à l'entraînement mais avec un élément supplémentaire : ils devront indiquer leur ressenti émotionnel à plusieurs reprises en cours d'exercice, en se basant sur ce qu'ils ressentent à l'instant même. À ces moments, l'expérience s'arrêtera automatiquement et il sera indiqué à l'écran d'appeler l'expérimentatrice afin de recevoir l'échelle à remplir sur papier. Une fois l'échelle remplie et rendue à l'expérimentatrice, ils peuvent appuyer sur la touche « espace » du clavier pour relancer la tâche informatisée. Ils ont une première échelle à remplir avant de commencer la tâche, une entre les deux blocs, et une en fin de tâche. Ils réalisent les deux blocs (TL, TC) à la suite, sans interruption. L'ordre des blocs est contrebalancé entre participants. Une fois la tâche de sondage attentionnel terminée, un débriefing est proposé pour expliquer les objectifs de la tâche et répondre aux éventuelles questions.

- *Pour les sujets jeunes du groupe « induction » :*

L'ordre des événements est légèrement différent pour ce groupe. Après avoir répondu à l'échelle BDI et au MMSE, les participants remplissent la PANAS et réalisent la tâche de sélection des partenaires sociaux. Ils sont ensuite soumis à la procédure d'induction de perspectives d'avenir réduites. L'expérimentatrice leur explique le principe, puis les participants sont laissés seuls pendant cinq minutes pour rédiger leurs réponses au questionnaire d'induction. Au retour de l'expérimentatrice, l'échelle FTP est proposée aux participants. Les réponses à cette échelle nous permettront d'évaluer si la procédure d'induction a fonctionné : si c'est le cas, les perspectives d'avenir de ces participants devraient être sensiblement réduites par rapport à celles des jeunes adultes du groupe contrôle. Ensuite, les participants réalisent la tâche de dot-probe selon la même procédure que pour les autres groupes de participants.

4. Traitement des données

4.1. Données aberrantes

Le traitement des données a été réalisé avec le logiciel STATISTICA. Nous avons analysé les valeurs aberrantes pour chaque groupe expérimental et sur chaque mesure séparément, via la technique des résidus supprimés studentisés. Quel que soit le groupe considéré, nous avons observé la présence de six valeurs aberrantes sur le questionnaire FTP, deux valeurs aberrantes sur la PANAS, quatorze valeurs aberrantes au niveau des temps de réaction à la tâche de dot-probe, et cinq valeurs aberrantes sur les échelles remplies au cours de cette tâche. Ces valeurs ont été supprimées des analyses subséquentes.

4.2. Nombre d'erreurs à la tâche de dot-probe

L'analyse des erreurs nous a permis de vérifier que les participants avaient bien réalisé la tâche. Notre critère d'inclusion était fixé à 5% d'erreurs maximum. Un seul sujet jeune a été supprimé car il présentait plus de 50% d'erreurs (123 essais ratés sur 240). L'analyse des erreurs nous a également permis de ne conserver que les essais corrects lorsque du traitement des temps de réponse.

5. Résultats

5.1. Echelle FTP

Les réponses à l'échelle FTP des quatre groupes de participants (jeunes « contrôle », jeunes « induction », sujets « âgés », et sujets « très âgés ») ont été comparées par une ANOVA. Pour rappel, des scores élevés à l'échelle FTP indiquent des perspectives de vie future étendues. Les groupes diffèrent significativement dans leurs scores, $F(3, 124) = 37.43, p < .001, \eta_p^2 = 0.48$ (voir Figure 17). Les jeunes adultes du groupe contrôle présentent les perspectives de vie future les plus étendues, comparées à celles des adultes âgés ($F(1, 124) = 28.63, p < .001, \eta_p^2 = 0.19$), très âgés ($F(1, 124) = 98.18, p < .001, \eta_p^2 = 0.44$), et des jeunes adultes du groupe « induction » ($F(1, 124) = 4.54, p < .05, \eta_p^2 = 0.04$). Le groupe « induction » rapporte des scores plus élevés que les adultes âgés ($F(1, 124) = 13.05, p < .001, \eta_p^2 = 0.10$) et très âgés ($F(1, 124) = 65.14, p < .001, \eta_p^2 = 0.34$). Les adultes très âgés présentent des perspectives d'avenir plus réduites que celles des adultes âgés, $F(1, 124) = 12.31, p < .001, \eta_p^2 = 0.09$.

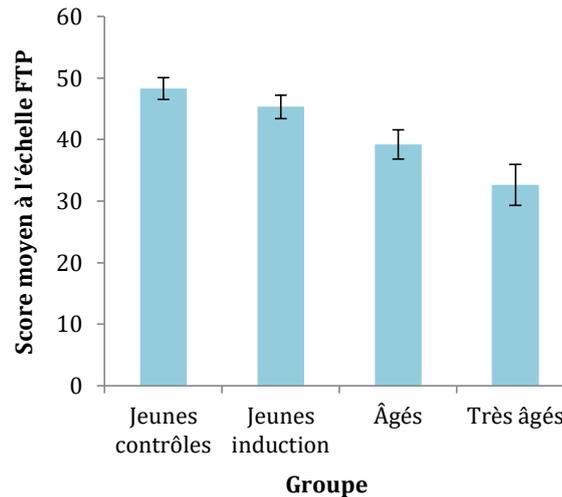


Figure 17. Représentation graphique des scores moyens à l'échelle FTP selon le groupe expérimental. Les barres d'erreur représentent les intervalles de confiance à 95%. Toutes les comparaisons entre groupes sont significatives ($p < .05$).

Les individus possédant la perspective de vie future la plus basse sont donc les adultes les plus âgés, et ceux présentant la perspective de vie future la plus élevée sont les jeunes adultes du groupe contrôle. Bien que la taille d'effet soit faible ($\eta_p^2 = 0.04$), l'induction d'un futur limité semble avoir fonctionné car le groupe « induction » rapporte des perspectives d'avenir significativement réduites par rapport aux jeunes adultes du groupe contrôle.

5.2. Tâche de dot-probe

5.2.1. Nombre d'erreurs

Une ANOVA a été réalisée sur le nombre d'erreurs, incluant les variables Groupe (contrôle, induction, adultes âgés, adultes très âgés), Durée de présentation (TL, TC), Émotion (négative, positive), et Congruence (congruent, non-congruent). Seul l'effet de groupe est significatif, $F(3, 124) = 19.83, p < .001, \eta_p^2 = 0.32$. Les jeunes adultes du groupe contrôle font plus d'erreurs que les sujets âgés ($F(1, 124) = 39.14, p < .001, \eta_p^2 = 0.24$) et très âgés ($F(1, 124) = 29.47, p < .001, \eta_p^2 = 0.19$). Le groupe « induction » fait également plus d'erreurs que les sujets âgés ($F(1, 124) = 28.82, p < .001, \eta_p^2 = 0.19$) et très âgés ($F(1, 124) = 20.03, p < .001, \eta_p^2 = 0.13$). Aucune différence significative au niveau du nombre d'erreurs n'est observée entre les deux groupes de sujets âgés, $F(1, 124) = 1.18, p = .28$, ni entre les deux groupes de sujets jeunes, $F(1, 124) = 1.22, p = .27$.

5.2.2. Temps de réaction

Pour analyser les temps de réaction qui nous permettront d'évaluer les biais attentionnels, nous n'avons gardé que les essais corrects de chaque participant. Pour simplifier l'analyse, des indices ont été créés selon la méthode de Mogg et Bradley (1999). Pour chaque condition émotionnelle (positive, négative), nous avons soustrait les temps de réaction moyens des essais non-congruents aux essais congruents, créant ainsi un « indice positif » et un « indice négatif » pour chaque bloc (TL, TC). Chaque indice indique le sens du biais envers les stimuli à valence positive ou négative : un indice supérieur à zéro indique un détournement de l'attention vis-à-vis du stimulus, et un indice inférieur à zéro indique une attraction de l'attention envers le stimulus. Une ANOVA a été réalisée sur ces indices, avec la variable inter-sujets Groupe (contrôle, induction, adultes âgés, adultes très âgés), et les variables intra-sujets Durée de présentation (TL, TC) et Emotion (négative, positive).

L'analyse ne révèle pas d'effet principal du groupe ($F(3, 124) = 0.61, p = .61$), ni de la durée ($F(1, 124) = 0.24, p = .63$), ni d'interaction entre la durée et le groupe ($F(3, 124) = 1.06, p = .37$), entre la durée et l'émotion ($F(1, 124) = 0.92, p = .34$), ou de double interaction entre durée, émotion, et groupe ($F(3, 124) = 1.13, p = .34$).

En revanche, l'effet principal de l'émotion est significatif : les participants présentent un biais attentionnel significativement plus élevé envers les images positives, par rapport aux images négatives, $F(1, 124) = 13.78, p < .001, \eta_p^2 = 0.10$. Nous observons également une interaction entre groupe et émotion, $F(3, 124) = 2.85, p < .05, \eta_p^2 = 0.06$ (voir Figure 18). Les comparaisons planifiées révèlent l'existence d'une différence significative entre les conditions positive et négative chez les sujets très âgés, suggérant une attraction plus élevée envers les images positives que les négatives, $F(1, 124) = 17.75, p < .001, \eta_p^2 = 0.13$. Aucune différence entre les conditions positive et négative n'a été observée chez les jeunes adultes du groupe contrôle ($F(1, 124) = 1.32, p = .25$) et du groupe induction ($F(1, 124) = 2.41, p = .12$), ainsi que chez les adultes âgés ($F(1, 124) = 0.28, p = .60$).

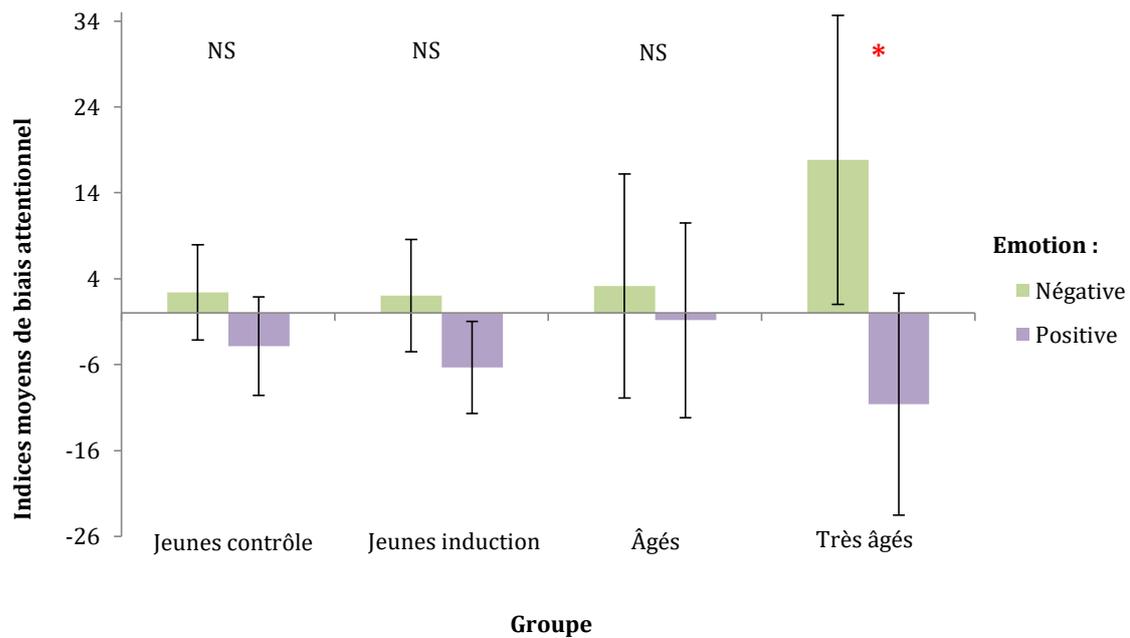


Figure 18. Représentation graphique des indices moyens de biais attentionnel, en fonction de la condition émotionnelle (positive, négative) et du groupe (contrôle, induction, âgé, très âgé). Les barres d'erreur représentent les intervalles de confiance à 95%. NS = non significatif. * $p < .001$.

5.2.3. Corrélation entre les biais attentionnels observés et le bien-être des sujets en cours de tâche

Dans cette étude, nous cherchions à étudier le lien entre l'effet de positivité et les affects des individus. Seuls les sujets très âgés semblent présenter un effet de positivité, c'est-à-dire que leur attention est plus attirée par les stimuli positifs comparés aux négatifs. Nous avons donc étudié la corrélation entre l'effet de positivité et les affects rapportés en cours de tâche pour ce groupe uniquement.

Les trois échelles de ressenti émotionnel remplies en cours de tâche ont été cotées en millimètres, à partir du point central qui correspond à 0 (ressenti neutre). Un score indiquant une humeur positive se situe entre 0 et 65 mm et un score indiquant une humeur négative se situe entre 0 et -65 mm. Nous avons créé des indices indiquant l'évolution de l'état émotionnel en soustrayant le score en début de bloc au score de fin de bloc, pour chacun des deux blocs (TC et TL). Un indice inférieur à zéro indique une baisse des émotions positives au cours du bloc, et un indice supérieur à zéro indique une augmentation des émotions positives au cours du bloc. Si l'indice est égal à zéro, l'état affectif du participant n'a pas changé au cours du bloc. Nous avons ensuite effectué des corrélations entre ces indices d'état affectif et les indices attentionnels « positif » et négatif » du groupe de participants très âgés, pour chaque bloc.

Lorsque les images sont présentées 1000 ms dans le bloc TL, nous n'observons pas de corrélation significative entre l'évolution de l'état émotionnel et les indices attentionnels : le détournement des stimuli négatifs ($p = .76, r = -.07$) ou l'attraction envers les stimuli positifs ($p = .07, r = .40$) ne semblent pas influencer les émotions des participants.

Lorsque les images sont présentées 500 ms dans le bloc TC, nous n'observons pas non plus de corrélation entre le détournement des stimuli négatif et l'état affectif ($p = .79, r = -.06$). En revanche, lorsque l'indice « positif » diminue (et que donc l'attraction envers les stimuli positifs augmente), les émotions positives ressenties augmentent ($p < .05, r = -.52$).

5.2.4. Bien-être général en cours de tâche

Comme nous n'avons pas observé de biais attentionnels dans les groupes autres que celui des sujets très âgés, nous n'avons pas pu réaliser de corrélation afin de révéler un éventuel lien entre biais attentionnel en faveur des stimuli positifs et affects positifs rapportés en cours de tâche. À la place, nous avons effectué une analyse supplémentaire pour comparer les groupes sur les indices affectifs créés pour chaque bloc, afin d'évaluer si l'évolution des affects en cours de tâche diffère entre groupes.

Sur la base des indices créés pour chaque bloc à partir des échelles remplies en cours de tâche, nous avons réalisé une ANOVA entre Groupes (contrôle, induction, âgés, très âgés) et Durée de présentation (TL, TC). L'effet de la durée n'est pas significatif ($F(1, 124) = 0.16, p = .69$), ainsi que l'interaction entre durée et groupe ($F(3, 124) = 0.30, p = .83$). En revanche, l'effet du groupe est significatif, $F(3, 124) = 3.55, p < .05, \eta_p^2 = 0.08$. Quelle que soit la durée de présentation, les sujets du groupe « induction » présentent une baisse des affects positifs plus importante que le groupe contrôle, $F(1, 124) = 5.21, p < .05, \eta_p^2 = 0.04$, et que le groupe de sujets âgés, $F(1, 124) = 9.15, p < .01, \eta_p^2 = 0.07$. Aucune différence significative n'est observée entre le groupe contrôle et les sujets âgés ($F(1, 124) = 1.27, p = .26$), le groupe contrôle et les sujets très âgés ($F(1, 124) = 0.03, p = .85$), les sujets très âgés et le groupe « induction » ($F(1, 124) = 3.38, p = .07$), et entre les sujets âgés et très âgés ($F(1, 124) = 1.43, p = .23$).

5.3. Tâche de sélection de partenaires sociaux

Fredricksen et Carstensen n'ayant pas fait de distinction théorique entre les deux partenaires « nouveaux », nous les avons rassemblés en un seul type de réponse (Pinquart & Silbereisen, 2006). Deux réponses étaient donc possibles : un partenaire social familial, ou un partenaire social nouveau. À l'aide de tests de khi-deux, nous avons analysé les différences de choix entre conditions pour chaque groupe individuellement, puis nous avons comparé les

groupes entre eux pour chaque condition. Les pourcentages de choix par condition et par groupe sont disponibles dans le Tableau 27.

▪ Analyse 1 : *Différences de choix réalisés entre Condition 1 et 2 pour chaque groupe.*

Une différence significative dans les choix de partenaires sociaux entre la Condition 1 et la Condition 2 a été observée chez les jeunes adultes du groupe contrôle, $\chi^2(1, N = 40) = 12.58, p < .001$, et chez les adultes âgés (60 – 76 ans), $\chi^2(1, N = 21) = 11.96, p < .001$. Dans ces deux groupes, les participants choisissent plutôt de passer du temps avec des partenaires nouveaux en Condition 1, alors que dans la Condition 2, ils préfèrent les partenaires familiaux. Aucune différence significative n'est observée entre les deux Conditions pour les jeunes adultes du groupe « induction », $\chi^2(1, N = 41) = 2.62, p = .11$, et pour les individus les plus âgés (77 – 93 ans), $\chi^2(1, N = 26) = 1.73, p = .19$. Ces deux groupes de participants choisissent toujours de passer du temps avec un partenaire familial, quelle que soit la condition.

▪ Analyse 2 : *Différences de choix entre groupes, pour chaque condition.*

Nous avons ensuite comparé les groupes sur chacune des conditions. Les groupes diffèrent significativement dans leurs choix pour la Condition 1, $\chi^2(3, N = 128) = 18.46, p < .001$. Les choix du groupe « induction » sont significativement différents de ceux des jeunes adultes du groupe contrôle, $\chi^2(2, N = 81) = 5.58, p < .05$, et du groupe de sujet modérément âgés, $\chi^2(1, N = 62) = 9.16, p = .01$. Les choix des sujets très âgés diffèrent également de ceux du groupe contrôle, $\chi^2(1, N = 66) = 9.22, p < .003$, et de ceux des sujets moins âgés, $\chi^2(1, N = 47) = 12.93, p < .001$. En effet, les jeunes adultes du groupe contrôle et les sujets modérément âgés préfèrent similairement passer du temps avec un partenaire nouveau en Condition 1, $\chi^2(1, N = 61) = 1.13, p = .29$, alors que les jeunes adultes du groupe « induction » et les personnes très âgées choisissent plutôt un membre de leur famille proche, $\chi^2(2, N = 67) = 1.19, p = .27$.

Pour la Condition 2, La comparaison entre groupes révèle l'absence d'une différence significative dans les choix réalisés : tous les groupes choisissent préférentiellement de passer du temps avec une personne familière, plutôt qu'avec un nouveau partenaire social, $\chi^2(3, N = 128) = 6.71, p = .08$.

Tableau 27. Proportion de partenaires familiaux et nouveaux choisis pour les Conditions 1 et 2, par groupe.

Groupe	Condition 1				Condition 2			
	Familier		Nouveau		Familier		Nouveau	
	%	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%	<i>n</i>
Jeunes contrôle (<i>N</i> = 40)	48	19	52	21	85	34	15	6
Jeunes induction (<i>N</i> = 41)	73	30	27	11	93	38	7	3
Âgés (<i>N</i> = 21)	33	7	67	14	86	18	14	3
Très âgés (<i>N</i> = 26)	85	22	15	4	69	18	31	8

Notes. *n* = nombre de fois où ce choix a été effectué dans le groupe.

5.4. Bien-être au quotidien : échelle PANAS

Les affects positifs et négatifs ressentis au quotidien ont été évalués avec l'échelle PANAS. Nous avons comparé les quatre groupes sur les deux scores à la PANAS (score « positif », score « négatif »).

Les groupes ne présentent pas de différence significative en termes d'affects négatifs, $F(3, 124) = 1.51, p = .21$. Par contre, il existe une différence significative au niveau des affects positifs, $F(3, 124) = 3.92, p < .05, \eta_p^2 = 0.09$ (voir Figure 19). Les sujets très âgés rapportent un taux d'affects positifs plus bas que les adultes moins âgés ($F(1, 124) = 11.44, p < .001, \eta_p^2 = 0.08$) et que les jeunes adultes du groupe contrôle ($F(1, 124) = 4.43, p < .05, \eta_p^2 = 0.03$). Le groupe « induction » rapporte également des affects positifs légèrement plus bas que les adultes âgés, $F(1, 124) = 4.73, p < .05, \eta_p^2 = 0.04$. Enfin, aucune différence significative n'est observée entre le groupe contrôle et le groupe « induction » ($F(1, 124) = 0.30, p = .59$), le groupe contrôle et les adultes âgés ($F(1, 124) = 2.94, p = .09$), et entre le groupe « induction » et les adultes très âgés ($F(1, 124) = 2.66, p = .11$).

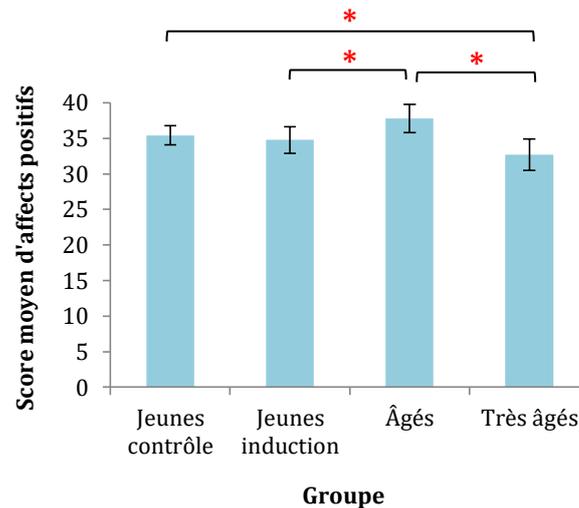


Figure 19. Représentation graphique du score d'affects positifs au quotidien (PANAS), en fonction du groupe (contrôle, induction, âgé, très âgé). Les barres d'erreur représentent les intervalles de confiance à 95%. * $p < .05$.

6. Discussion

Cette recherche a été réalisée afin de tester les postulats de la TSS au sujet des perspectives d'avenir réduites, chez le sujet vieillissant et chez le sujet jeune. D'après cette théorie, la perception d'un futur limité motiverait la mise en place de mécanismes optimisant le bien-être et les expériences émotionnelles gratifiantes. Ces mécanismes prendraient notamment la forme d'effets de positivité, c'est-à-dire une focalisation forte sur les informations positives de l'environnement qui favoriseraient les processus de régulation émotionnelle. Cette idée laisse penser que l'effet de positivité attentionnel pourrait être une stratégie de régulation en soi, privilégiée par les sujets aux perspectives d'avenir réduites comparé à ceux dont le futur est plus étendu. Pour vérifier cette hypothèse, nous avons testé si l'apparition de l'effet de positivité était réellement associée à une augmentation des affects positifs. Nous avons également manipulé les perspectives d'avenir de sujets jeunes, afin d'évaluer si la perception d'un futur limité suffisait à engendrer des effets de positivité attentionnels, et de vérifier ainsi si ces effets sont bel et bien indépendants du vieillissement de l'organisme comme proposé par la TSS. L'influence de l'âge réel sur l'effet de positivité sera d'abord discutée, puis nous analyserons dans un second temps les résultats obtenus en manipulant les perspectives d'avenir des sujets jeunes.

6.1. Perspectives d'avenir réduites chez le sujet âgé

Nous avons testé nos hypothèses chez des sujets jeunes, âgés, et très âgés, dans l'idée que si c'est la perception d'un futur limité qui engendre des effets de positivité, ces effets devraient augmenter avec l'avancée en âge. Les résultats à l'échelle FTP confirment que plus les sujets sont

âgés, plus ils rapportent des perspectives d'avenir réduites. Ce sont également les sujets les plus âgés (77 – 93 ans) qui présentent des effets de positivité attentionnels à la tâche de dot-probe, c'est-à-dire que leur attention est spontanément attirée par les stimuli positifs : ils répondent plus vite lors des essais où le symbole à détecter apparaît derrière une image positive, que lorsque le symbole apparaît suite à une image négative. Cet effet de positivité est absent chez les sujets jeunes, mais également chez les sujets moins âgés (60 – 76 ans). Nous n'observons pas l'effet de négativité attentionnel parfois rapporté chez les jeunes adultes (Isaacowitz et al., 2006a, 2006b; Knight et al., 2007), mais cela peut être dû à l'activation modérée générée par nos stimuli. Il est possible que cet effet de négativité nécessite la présence de stimuli d'activation émotionnelle plus forte.

L'effet de positivité attentionnel observé chez les sujets très âgés ne semble pas modulé par la durée de présentation des paires d'images. D'après nos hypothèses initiales et les théories à ce sujet, l'apparition de l'effet dès 500 ms de présentation laisse penser qu'il représenterait un phénomène automatique. Ce résultat semble s'opposer à ceux rapportés précédemment, qui suggéraient que l'effet de positivité serait plutôt un phénomène contrôlé, visible pour des durées de présentation supérieures à 500 ms (Isaacowitz, Allard, et al., 2009; Lee & Knight, 2009; Orgeta, 2011). Toutefois, ces études rapportaient un évitement des stimuli négatifs, alors que nous observons une attraction envers les stimuli positifs. La nature des effets de positivité observés est donc différente. De plus, il est délicat d'affirmer que cette durée de présentation de 500 ms n'est pas suffisante pour que les processus contrôlés d'orientation de l'attention ne commencent à se mettre en place. L'inclusion d'une condition où les temps de présentation seraient inférieurs à 500 ms, voir subliminaux, pourrait permettre d'éclaircir ce point. Toutefois, ce résultat que nous obtenons au niveau attentionnel, suggérant l'automatisme de l'effet de positivité, semble converger avec les résultats observés au niveau cérébral via la technique des potentiels évoqués (**Chapitre 8, étude 3**, page 125).

La présence de l'effet de positivité est significativement corrélée à l'augmentation des affects positifs des sujets très âgés, traduisant une amélioration du bien-être, mais uniquement dans le bloc aux temps de présentation courts (500 ms). Nous avons vu précédemment que l'attention des personnes âgées serait spontanément attirée par les informations positives, quelle que soit la durée de présentation des images. Lorsque les images sont présentées seulement 500 ms, cela suffirait à optimiser le bien-être, alors que lorsqu'elles sont présentées 1000 ms, il est possible que les personnes âgées aient plus de temps pour traiter les images négatives malgré l'orientation initiale de leur regard, ce qui limiterait les effets bénéfiques de l'effet de positivité sur les affects. Ces résultats laissent penser que l'intérêt de l'effet de positivité comme stratégie de régulation émotionnelle serait limité. Un autre argument en faveur de cette hypothèse

concerne les données de l'échelle PANAS, qui permet d'évaluer l'ampleur des affects positifs et négatifs ressentis au quotidien. Les résultats montrent en effet que les adultes très âgés ressentiraient moins d'affects positifs en général, comparés aux sujets jeunes du groupe contrôle et aux adultes moins âgés. Ceci va dans le sens du bien-être diminué des personnes âgées de plus de 80 ans ayant été parfois rapporté dans la littérature (Carstensen et al., 2003; Diener & Suh, 1998; Stacey & Gatz, 1991). L'effet de positivité représenterait donc une stratégie de régulation « online »⁵ (Sheppes & Meiran, 2008), efficace sous certaines conditions (e.g., temps de présentation courts), mais qui n'aurait pas d'impact fort sur le bien-être général de l'individu au quotidien. Bien que nous ayons contrôlé l'absence de pathologies neurologiques et psychiatriques (notamment la dépression), l'augmentation des problèmes de santé associés au vieillissement a pu influencer le déclin des affects positifs observé chez les sujets très âgés, comme il a été proposé par Kunzmann et al. (2000). Il est donc difficile, dans les âges très avancés de la vie, de dissocier totalement les effets du vieillissement organique de ceux de la réduction des perspectives d'avenir.

D'après la TSS, l'absence d'effet de positivité attentionnel chez nos sujets « modérément » âgés (60 – 76 ans) peut paraître étonnante : comme ces participants ont des perspectives d'avenir plus réduites que les jeunes adultes, ils auraient dû présenter une attraction augmentée pour les stimuli positifs, comparés aux plus jeunes. Nous ne trouvons également pas de différences entre sujets jeunes et modérément âgés sur la tâche de sélection de partenaires sociaux. Alors que les individus les plus âgés choisissent en toutes circonstances des partenaires sociaux familiers, les adultes moins âgés se comportent plutôt comme les adultes jeunes en choisissant de passer du temps avec des partenaires nouveaux dans des circonstances standards (Condition 1). Bien que Carstensen et Fredrickson (1998) aient montré que la proportion de choix sociaux basés sur l'affect augmentait avec l'avancée en âge, il semblerait que des différences significatives entre sujets jeunes et âgés n'apparaissent à ce niveau qu'à partir d'un âge très avancé (à partir de 77 ans d'après nos résultats). De plus, l'étude de Fredrickson et Carstensen (1990) laisse penser que lorsque des tranches d'âges très larges (65 – 92 ans) sont utilisées pour constituer un groupe « âgé » à comparer avec un groupe de jeunes adultes, les différences que nous avons observées entre sujets « âgés » et « très âgés » se confondent. En effet, par rapport à un groupe « jeune » (11 – 29 ans) et un groupe d'âge moyen (30 – 64 ans), cette étude rapporte une préférence générale des sujets âgés (65 – 92 ans) pour les partenaires sociaux familiers, à la fois dans des circonstances standards (Condition 1) et dans le cas d'un déménagement imminent (Condition 2).

⁵ Régulation émotionnelle « online » : Tentative de modification d'une émotion qui démarre et opère de façon continue au cours d'une situation émotionnelle (« *The attempt to change an emotion that starts and continuously operates during an emotional situation* » ; Sheppes & Meiran, 2008).

6.2. Perspectives d'avenir réduites chez le sujet jeune

La méthode que nous avons proposée afin de dissocier les effets du vieillissement organique de ceux de la réduction des perspectives d'avenir, a été de tester les postulats de la TSS chez des sujets jeunes aux perspectives d'avenir artificiellement réduites. Les résultats que nous obtenons dans cette population sont sensiblement différents de ceux observés dans le vieillissement normal.

Via une procédure validée par Barber et al. (2016), nous avons cherché à induire la perception d'un futur limité dans un groupe de sujets jeunes (groupe « induction »). Les résultats à l'échelle FTP, remplie après la procédure, laissent penser que l'induction a fonctionné : ces participants rapportent des perspectives d'avenir significativement réduites, comparé aux jeunes adultes du groupe contrôle. Malgré la réussite de l'induction, ces sujets ne présentent pas d'effets de positivité attentionnels similaires à ceux des adultes très âgés, dans la tâche de dot-probe. Ils se comportent de façon semblable aux jeunes adultes du groupe contrôle, c'est-à-dire que leurs temps de réponse ne diffèrent pas entre essais négatifs et positifs. L'induction n'a peut-être pas suffisamment duré dans le temps pour générer des biais attentionnels. Néanmoins, la baisse des affects positifs est plus forte au cours de cette tâche chez ces participants, comparés aux jeunes adultes du groupe contrôle et aux sujets âgés. Il est possible que l'induction, qui pousse les participants à réfléchir à ce qu'ils feraient s'ils n'avaient plus que six mois à vivre, ait pu impacter sur leur humeur et entraîner cette baisse des affects positifs. Toutefois, dans cette situation, ces jeunes adultes ne semblent pas utiliser leur regard pour réguler leurs émotions et augmenter leurs affects positifs. En accord avec cette observation, il a été suggéré que les jeunes adultes utiliseraient moins leur attention pour réguler leurs émotions que les personnes âgées, qui pratiquent plus souvent qu'eux les stratégies de type déploiement attentionnel (Allard & Isaacowitz, 2008; Lohani & Isaacowitz, 2014; Opitz et al., 2012; Vieillard et al., 2015).

La réduction (artificielle) des perspectives d'avenir ne semble donc pas suffisante à elle-seule pour entraîner des effets de positivité chez les sujets jeunes. L'effet de positivité attentionnel pourrait être une stratégie de régulation qui deviendrait plus performante avec l'expérience de vie, et serait donc dépendante de l'âge réel. Cette hypothèse est en accord avec le modèle SAVI (« Strength and Vulnerability Integration » ; Charles, 2010), qui propose que plus les individus ont vécu longtemps, plus ils ont acquis une certaine expertise, notamment dans la pratique de la régulation émotionnelle (Blanchard-Fields et al., 2007; Magai, Consedine, Krivoshekova, Kudajie-Gyamfi, et al., 2006). Quelles que soient les perspectives d'avenir, il pourrait exister des différences au niveau des stratégies de régulation les plus utilisées en

fonction de l'âge, selon l'expertise acquise. Ainsi, par rapport aux aînés, les jeunes adultes utiliseraient moins leur regard pour réguler leurs émotions, d'où l'absence d'effet de positivité que nous observons sur la tâche de dot-probe, et la baisse des affects positifs. Une littérature importante suggère que d'autres stratégies de régulation seraient favorisées, et plus efficaces, chez les sujets jeunes comparés aux aînés (Mather, 2012).

Enfin, l'analyse de la tâche de sélection des partenaires sociaux laisse penser que les jeunes adultes du groupe « induction » pourraient avoir un profil différent de ceux du groupe contrôle. Les participants du groupe « induction » présentent en effet des choix sociaux ressemblant plus à ceux des adultes très âgés qu'à ceux des sujets jeunes, ou des adultes moins âgés. Ils préfèrent passer du temps avec un membre de leur famille proche dans les deux conditions expérimentales, de façon similaire aux sujets très âgés, alors que les autres groupes de participants sélectionnent plutôt un partenaire nouveau dans la Condition 1. Cette tâche ayant été réalisée avant l'induction, celle-ci n'a pas pu influencer les choix de ces participants. Comme nos deux groupes de sujets jeunes se comportent différemment sur cette tâche, il est possible que les autres résultats que nous ayons observés pour le groupe « induction » (dot-probe, PANAS) aient pu être influencés par des facteurs autres que seulement la manipulation des perspectives d'avenir.

7. Conclusion

Bien que l'échelle FTP dévoile des perspectives d'avenir différentes entre sujets jeunes et modérément âgés (60 – 76 ans), la perception du futur ne semble pas être suffisamment différente entre ces deux groupes pour générer les différences postulées par la TSS en termes de choix sociaux et d'effet de positivité. Nos résultats dans leur ensemble laissent penser que les postulats de la TSS ne s'appliqueraient qu'aux âges très avancés de la vie (après 77 ans). Les participants très âgés sont en effet les seuls à présenter des effets de positivité attentionnels, et à toujours baser leurs choix sociaux sur l'affect. Ces effets de positivité leur permettent de réguler leurs émotions dans certaines circonstances (quand les images émotionnelles sont présentées très rapidement), en augmentant les affects positifs. La présence de l'effet ne semble toutefois pas avoir d'impact sur le bien-être général, les participants très âgés rapportant des affects positifs plus bas au quotidien que les sujets moins âgés et les sujets jeunes. Les résultats laissent également penser que l'effet de positivité attentionnel pourrait être un phénomène faisant appel aux processus automatiques, étant donné qu'il est observé dans la condition de présentation courte des images (500 ms).

L'induction de perspectives d'avenir réduites chez de jeunes adultes n'entraîne pas l'apparition d'effets de positivité attentionnels similaires à ceux des sujets très âgés. Ce résultat laisse penser que l'effet de positivité ne serait pas uniquement lié à la perception d'un futur limité : il pourrait apparaître avec l'expérience acquise au cours de l'avancée en âge réel, notamment au niveau des compétences de régulation émotionnelle. Alors que les sujets très âgés semblent utiliser leur regard pour augmenter leurs affects positifs, les sujets jeunes, aux perspectives d'avenir réduites ou non, pourraient utiliser des techniques différentes pour réguler leurs émotions.

Chapitre 10 – Atteinte différentielle de la régulation émotionnelle automatique et contrôlée au cours du vieillissement normal : le cas de la suppression expressive

Étude 5

Plusieurs données sont en faveur d'une amélioration, et d'une automatisation, des processus de régulation émotionnelle avec l'avancée en âge. L'effet de positivité attentionnel, comme il a été vu précédemment, pourrait représenter une stratégie de régulation qui se serait automatisée au cours du vieillissement. Néanmoins, l'efficacité augmentée de la régulation ne pourrait concerner que certaines stratégies, et ne pas s'appliquer lorsque la régulation est implémentée de façon contrôlée. Dans la présente étude, nous avons testé ces hypothèses auprès de la stratégie de suppression expressive.

1. Introduction

Avec l'avancée en âge, des changements apparaîtraient dans la façon dont les individus régulent leurs émotions. Ces modifications seraient bénéfiques pour le bien-être des sujets âgés, étant donné les hauts niveaux d'affects positifs rapportés dans cette population, comparée aux jeunes adultes (Barrick et al., 1989; Blanchard-Fields, 1998; Gross et al., 1997; Kunzmann et al., 2000; Lawton et al., 1992; Mroczek & Kolarz, 1998; Palmore & Cleveland, 1976; Stacey & Gatz, 1991). Deux théories principales ressortent de la littérature sur le vieillissement émotionnel pour rendre compte de l'évolution des processus de régulation émotionnelle.

En premier lieu, il a été suggéré que les mécanismes de régulation émotionnelle s'automatiseraient avec l'avancée en âge. D'après le modèle SAVI, l'expertise acquise en termes de régulation serait proportionnelle au temps vécu, et se traduirait par une utilisation plus fréquente et spontanée de la régulation émotionnelle (Blanchard-Fields et al., 2007; Charles, 2010; Magai, Consedine, Krivoshekova, Kudajie-Gyamfi, et al., 2006). La TSS et le modèle du Contrôle Cognitif qui en découle postulent également que la régulation deviendrait un mode de fonctionnement par défaut des sujets âgés, mais que ce phénomène serait lié à la réduction des perspectives d'avenir plutôt qu'à l'expérience accumulée (Carstensen et al., 2003; Mather, 2012). Les données disponibles en neuro-imagerie montrent également que les personnes âgées, comparées aux jeunes adultes, présenteraient un pattern d'activation cérébrale traduisant

l'activité de processus de régulation spontanée en l'absence de consignes explicites de régulation. Face à des stimuli négatifs, l'activité amygdalienne de ces sujets serait effectivement réduite, et couplée à une augmentation de l'activité préfrontale (e.g., cortex cingulaire antérieur, régions préfrontales médianes) (Brassen et al., 2011; Brassen et al., 2012; Ebner et al., 2012; Fischer et al., 2005; Gunning-Dixon et al., 2003; Iidaka et al., 2002; Leclerc & Kensinger, 2011; Mather et al., 2004; Murty et al., 2009; St Jacques et al., 2009; Tessitore et al., 2005; Williams et al., 2006). En parallèle, il a été montré que les régions préfrontales latérales, plutôt associées à la régulation émotionnelle contrôlée (Gyurak et al., 2011; Phillips et al., 2003) seraient particulièrement touchées par le vieillissement (Raz et al., 2004). Ces résultats dans leur ensemble laissent donc penser que la régulation émotionnelle contrôlée pourrait être moins performante avec l'avancée en âge, alors que l'efficacité de la régulation émotionnelle automatique pourrait augmenter.

La deuxième explication possible au bien-être élevé des personnes âgées pourrait résider dans la sélection de stratégies de régulation différentes de celles des jeunes adultes. D'après le modèle SOC-ER proposé par Urry et Gross (« Selection, Optimization, and Compensation with Emotion Regulation » ; Urry & Gross, 2010), les individus choisiraient leurs stratégies de régulation émotionnelle selon les ressources à disposition. Pour compenser la baisse des ressources générales liée à l'avancée en âge, les personnes âgées optimiseraient l'utilisation de certaines stratégies de régulation plus faciles à implémenter que d'autres (Urry & Gross, 2010). En faveur de cette idée, plusieurs études ont montré que les personnes âgées utilisaient plus les stratégies de sélection de la situation (Carstensen et al., 2003; Etcheberria et al., 2015), déploiement attentionnel (Isaacowitz, 2012; Lohani & Isaacowitz, 2014), et réévaluation positive (Charles & Carstensen, 2008; Lohani & Isaacowitz, 2014; Shiota & Levenson, 2009), par rapport aux jeunes adultes. À l'inverse, d'autres stratégies sont moins utilisées et moins efficaces pour les aînés, comparés aux plus jeunes (e.g., détachement, réinterprétation) (Opitz et al., 2012; Shiota & Levenson, 2009). Cette hypothèse n'est pas incompatible avec la précédente. Il est possible que l'automatisation des processus de régulation soit spécifique aux stratégies les plus efficaces et faciles à implémenter par les personnes âgées. En parallèle, d'autres stratégies pourraient ne pas s'automatiser au cours du vieillissement, ce qui se reflèterait par des difficultés des aînés à les mettre en place, que les conditions de régulation soient implicites ou explicites.

La suppression expressive est une stratégie de régulation ayant été peu étudiée dans le vieillissement normal, et les résultats à son sujet sont peu consistants. La pratique de cette stratégie consiste à modifier les expressions faciales consécutives à l'émergence d'une émotion, dans la perspective d'en altérer le ressenti. Face à des stimuli émotionnels, la consigne

traditionnellement donnée au participant pour évaluer cette stratégie est de se comporter de façon à ce qu'une personne qui le regarderait ne puisse deviner qu'il ressent quelque chose. Les données disponibles divergent à propos d'une utilisation plus prononcée *et/ou* plus efficace de la suppression expressive avec l'avancée en âge. Chez le sujet jeune, la suppression est en général considérée comme une stratégie coûteuse et peu efficace pour réduire les affects négatifs et augmenter les affects positifs (Goldin et al., 2008; Gross, 1998a; Webb et al., 2012). Les études reposant sur le Emotion Regulation Questionnaire (ERQ) montrent parfois une pratique plus forte de la suppression avec l'avancée en âge (Brummer et al., 2014; Orgeta, 2011), et parfois une pratique réduite, comparée à la réévaluation cognitive (John & Gross, 2004; Yeung et al., 2011). Toutefois, la suppression pourrait être moins utilisée par les sujets âgés que la réévaluation, mais plus fréquemment que d'autres stratégies (Etxeberria et al., 2015). De plus, il a été montré que la pratique fréquente de la suppression était associée à de hauts niveaux de stress, anxiété, et dépression, chez le sujet jeune, mais pas chez le sujet âgé (Brummer et al., 2014). La pratique de la suppression expressive pourrait donc traduire un choix plus adapté chez les aînés que chez les jeunes adultes.

Lorsque la consigne est explicitement donnée, les personnes âgées arrivent tout aussi bien que les jeunes adultes à masquer leurs expressions faciales (Kunzmann, Kupperbusch, & Levenson, 2005b; Lohani & Isaacowitz, 2014; Magai, Consedine, Krivoshekova, Kudajie-Gyamfi, et al., 2006; Phillips et al., 2008; Shiota & Levenson, 2009; Vieillard et al., 2015). En l'absence de consigne explicite de régulation, il a parfois été observé une expressivité plus forte chez les aînés comparés aux jeunes adultes, suggérant que la suppression expressive pourrait ne pas s'automatiser avec l'âge (Phillips et al., 2008). Cette possibilité est toutefois modérée par les résultats d'une autre étude sans consignes de régulation, ayant montré qu'à expressivité égale, les personnes âgées rapportent moins d'émotions négatives que les jeunes adultes lors de l'écoute de musiques émotionnelles (Vieillard et al., 2015). L'impact de la pratique explicite de cette technique sur les affects est également variable entre études. L'absence de différences de ressenti émotionnel entre sujets jeunes et âgés a parfois été rapportée, reflétant une efficacité équivalente de cette technique quel que soit l'âge (Kunzmann et al., 2005b; Shiota & Levenson, 2009). Un ressenti négatif plus intense des sujets âgés comparés aux plus jeunes a également été observé, malgré une performance similaire de suppression des expressions faciales (Phillips et al., 2008; Vieillard et al., 2015). Enfin, une dernière étude a montré une atténuation du ressenti négatif des personnes âgées, comparées aux jeunes adultes, lors de la pratique de cette stratégie, suggérant l'augmentation de son efficacité avec l'âge (Lohani & Isaacowitz, 2014).

Les observations précédentes montrent de manière générale que la capacité à supprimer les expressions faciales émotionnelles serait préservée au cours du vieillissement. Les données

divergent néanmoins au sujet d'une évolution avec l'âge de l'efficacité de la suppression expressive pour réguler les affects. Pourtant, le fait que la suppression expressive soit une stratégie parfois privilégiée par les sujets âgés, comparés aux jeunes adultes, suggère que son efficacité pourrait augmenter avec l'âge. En parallèle, la mise en pratique spontanée de la suppression expressive a été peu évaluée chez les personnes âgées. À la lumière des données disponibles et des théories présentées, il est possible que les performances de suppression expressive des aînés puissent être modulées par la nature automatique ou contrôlée des mécanismes de régulation engagés.

2. Objectifs et hypothèses

Dans la présente étude, nous avons voulu tester si l'automatisation des processus de régulation émotionnelle avec l'avancée en âge s'appliquait à la stratégie de suppression expressive. Dans l'hypothèse d'une amélioration des processus de régulation automatiques et d'une atteinte des processus de régulation contrôlés, l'efficacité de la suppression pourrait être plus élevée chez les sujets âgés comparés aux jeunes adultes dans des conditions de régulation implicite, que lorsque les consignes de suppression sont données explicitement.

Afin de tester cette hypothèse, nous avons confronté des personnes jeunes et âgées à des vidéos inductrices de dégoût. Les participants étaient répartis selon trois conditions expérimentales : une condition contrôle (sans régulation), une condition implicite (invoquant automatiquement la suppression expressive à l'insu du participant), et une condition explicite (avec consignes explicites de suppression). Les expressions faciales des participants étaient filmées à leur insu au cours du visionnage. L'analyse informatisée de ces enregistrements nous a permis d'évaluer objectivement l'intensité du dégoût exprimé pendant la vidéo. L'intensité du dégoût subjectif ressenti a également été mesurée.

Si la suppression expressive automatique devient plus efficace avec l'avancée en âge, l'expression faciale de dégoût et l'intensité du dégoût ressenti devraient être réduites chez les sujets âgés comparés aux plus jeunes, dans la condition implicite.

Si la suppression expressive contrôlée se dégrade avec l'avancée en âge, l'expression et le ressenti du dégoût devraient être plus importants chez les sujets âgés comparés aux jeunes adultes, dans la condition explicite.

Chez les sujets jeunes, l'efficacité de la suppression expressive devrait augmenter avec l'implication des processus de régulation, d'abord automatiques puis contrôlés. Nous nous attendions à ce que les expressions faciales et le ressenti de dégoût soient plus faibles dans la

condition explicite comparée à la condition implicite, et dans la condition implicite comparée à la condition contrôle.

Chez les sujets âgés, nous prédisions que les expressions faciales et le ressenti de dégoût seraient réduits dans la condition implicite comparée à la condition contrôle, grâce à l'efficacité de la suppression expressive automatique. Dans l'hypothèse d'une altération des processus de régulation contrôlés, nous ne devrions pas observer d'effet bénéfique supplémentaire sur la performance lorsque des consignes explicites de suppression sont données. Une absence de différences était donc attendue entre les conditions implicite et explicite : seuls les effets de la suppression expressive automatique devraient être observés dans ces deux conditions.

3. Méthode expérimentale

3.1. Participants

Cent vingt-six personnes ont été incluses dans l'étude : 74 jeunes adultes (18 – 30 ans), et 52 adultes âgés (61 – 91 ans). Les sujets jeunes et âgés ont été respectivement répartis en trois groupes, correspondant aux trois conditions expérimentales qui seront décrites ultérieurement : la condition contrôle, la condition implicite, et la condition explicite. Afin de pouvoir être inclus dans les analyses, les participants devaient avoir une vue normale ou corrigée à la normale, et être dénués de pathologies neurologiques *et/ou* psychiatriques. La présence d'une dépression a été évaluée via l'échelle Beck Depression Inventory II (BDI-II) pour les sujets jeunes, et la Geriatric Depression Scale (GDS) pour les sujets âgés. Le questionnaire Mini-Mental State Examination (MMSE) a également été utilisé pour évaluer le fonctionnement cognitif global. Les participants présentant des fonctions cognitives altérées (un score inférieur à 25 au MMSE) ou une dépression probable (un score supérieur à 16 pour la BDI-II, ou supérieur à 9 pour la GDS), n'ont pas été inclus dans l'analyse ($N = 10$). Le Tableau 28 ci-dessous présente les caractéristiques moyennes des groupes de participants finaux, en fonction de la condition expérimentale (les participants supprimés de l'analyse ultérieurement pour d'autres critères ne sont pas indiqués dans ce tableau, voir section 4., page 183).

Tableau 28. Caractéristiques moyennes des participants inclus dans les analyses.

Âge	Condition	N (f/h)	Âge (ET)	Dépression (ET)	MMSE (ET)
Jeunes adultes	Contrôle	26 (26/0)	19,8 (1,0)	BDI = 7,0 (4,4)	
	Implicite	32 (31/1)	20,1 (2,0)	BDI = 7,4 (4,2)	
	Explicite	16 (13/3)	20,5 (2,4)	BDI = 9,4 (4,6)	
Adultes âgés	Contrôle	16 (14/2)	72,1 (9,3)	GDS = 1,1 (1,1)	28,9 (1,1)
	Implicite	19 (15/4)	70,8 (8,2)	GDS = 1,3 (1,1)	28,4 (1,8)
	Explicite	17 (12/5)	78,1 (9,2)	GDS = 3,0 (2,5)	27,7 (1,8)

Notes. N = nombre de participants inclus dans le groupe. ET = écart-type. Dépression = évaluée par l'échelle BDI-II (Beck Depression Inventory II) pour les sujets jeunes, et l'échelle GDS (Geriatric Depression Scale) pour les sujets âgés. MMSE = Mini-Mental State Examination.

Afin de contrôler d'éventuelles différences de profils entre les participants inclus dans chaque condition expérimentale (contrôle, implicite, explicite), nous avons comparé les trois groupes constitués pour chaque tranche d'âge sur les mesures nous ayant servi de critères d'inclusion (âge, dépression, MMSE). Une ANOVA à un facteur ne dévoile aucune différence en termes d'âge ($F(2, 71) = 0.72, p = .49$) et de dépression ($F(2, 71) = 1.70, p = .19$) entre les trois groupes de sujets jeunes. Quant aux sujets âgés, aucune différence d'âge significative n'est observée entre le groupe contrôle et le groupe implicite, $F(1, 49) = 0.18, p = .67$, ainsi qu'entre le groupe contrôle et le groupe explicite, $F(1, 49) = 3.68, p = .06$. En revanche, le groupe explicite se compose de participants légèrement plus âgés que le groupe implicite, (78.1 vs. 70.8 ans en moyenne ; $F(1, 49) = 5.93, p < .05, \eta_p^2 = .11$). Le groupe explicite rapporte également un niveau de dépression plus élevé que le groupe contrôle (3.0 vs. 1.1 ; $F(1, 49) = 10.94, p < .05, \eta_p^2 = .18$) et le groupe implicite (3.0 vs. 1.3 ; $F(1, 49) = 9.57, p < .05, \eta_p^2 = .16$). Aucune différence significative n'est observée entre les trois groupes de sujets âgés au niveau des scores au MMSE, $F(2, 49) = 2.42, p = .10$.

3.2. Matériel et stimuli

3.2.1. Vidéos

Un support vidéo a été choisi pour provoquer des émotions chez les participants car les vidéos représentent l'une des méthodes d'induction émotionnelle les plus efficaces (Westermann, Stahl, & Hesse, 1996). Deux extraits de films ont été sélectionnés afin d'induire le dégoût. Nous nous sommes focalisés sur l'induction de dégoût car le traitement de cette émotion est particulièrement bien préservé au cours du vieillissement normal (Calder et al., 2003; Keightley et al., 2006; MacPherson et al., 2002; Phillips et al., 2002; Ruffman et al., 2008; Sullivan & Ruffman, 2004; Suzuki et al., 2007). Les extraits étaient présentés sur un écran d'ordinateur de 17 pouces avec webcam et micro intégrés, en plein écran via le logiciel VLC Media Player, avec

un volume sonore constant entre participants. La présentation de l'un ou l'autre des extraits était contrebalancée entre les participants, chaque participant ne voyant qu'un seul extrait.

- Extrait 1 (5 min 27 sec)

L'extrait 1 est issu du film *Trainspotting* (Boyle, 1996), et a été choisi dans la base de données proposée par Schaefer, Nils, Sanchez, et Philippot (2010) (<http://nemo.psp.ucl.ac.be/FilmStim/>), mettant à disposition de nombreux extraits de films dont la capacité à induire des émotions primaires a été validée. Lors de la séquence émotionnelle de l'extrait, inductrice de dégoût, le personnage principal plonge ses mains dans des toilettes bouchées et très sales, puis finit par y plonger l'intégralité de son corps. Cette séquence est accompagnée de bruitages mais dénuée de paroles.

- Extrait 2 (5 min 22 sec)

L'extrait 2 est issu de la série de documentaires télévisés « *Man vs. Wild* », et a été choisi par un consensus inter-expérimentateurs. Lors de la séquence émotionnelle de l'extrait, le personnage principal mange une larve géante et vivante, en faisant part à haute voix de ses impressions. La langue originale du personnage est anglaise mais une voix-off effectue une traduction simultanée en français.

L'induction de dégoût était semblable entre l'extrait 1 ($M = 8.1, ET = 2.9$) et l'extrait 2 ($M = 8.0, ET = 2.9$).

3.2.2. Questionnaire post-film

Les participants remplissaient un questionnaire post-film afin de contrôler 1) s'ils avaient bien regardé le film, et 2) si l'induction de dégoût avait fonctionné. Ce questionnaire se compose de cinq items. Les trois premiers items sont des questions ouvertes portant sur des événements ayant lieu dans l'extrait visionné, permettant ainsi de contrôler si le participant avait été attentif à l'ensemble de l'extrait. Le quatrième item sert à vérifier si le participant avait déjà vu le film ou le documentaire dont est tiré l'extrait, par une réponse dichotomique « oui/non ». La connaissance préalable de l'extrait peut effectivement minimiser l'impact émotionnel de la scène, ce contrôle nous paraissait donc nécessaire. De plus, la connaissance de la suite du scénario pourrait entraîner une régulation émotionnelle spontanée, chez les participants qui anticiperaient les événements négatifs à venir. Le cinquième item se compose d'une échelle de likert visant à évaluer l'intensité du dégoût ressenti par le participant face à l'extrait. Cette échelle s'étend de 1 (dégoût absent) à 11 (dégoût très élevé), et nous permet d'évaluer l'efficacité de l'induction émotionnelle, et l'impact de la suppression expressive implicite et explicite sur l'intensité de l'émotion ressentie.

3.2.3. Logiciel CERT : Computer Expression Recognition Toolbox

Afin d'évaluer l'efficacité de la suppression expressive au travers des trois conditions expérimentales, le visage des participants était filmé à leur insu au cours du visionnage des vidéos, via la webcam de l'ordinateur sur lequel elles étaient présentées. Ces enregistrements ont ensuite été analysés avec le logiciel CERT (Computer Expression Recognition Toolbox), développé à l'université de Californie (San Diego). Ce logiciel fait partie des outils de recherche les plus utilisés pour l'analyse automatique des expressions faciales.

L'analyse réalisée par le logiciel CERT repose sur le Facial Action Coding System (FACS ; Ekman & Friesen, 1978), un système de codage objectif des expressions faciales, qui les décompose selon l'intensité apparente de quarante-six composantes musculaires faciales, appelées unités d'action (Littlewort et al., 2011). Le logiciel CERT code automatiquement l'intensité de dix-neuf unités d'action faciales à une vitesse d'environ dix plans traités par seconde, ce qui lui permet de détecter en temps réel la présence des six émotions primaires théorisées par Ekman (joie, tristesse, peur, colère, dégoût, surprise), ainsi que les expressions neutres.

L'analyse s'effectue en plusieurs étapes (voir Figure 20). La première étape correspond à la détection du visage, et la seconde à la détection des traits faciaux. Le logiciel estime ainsi la localisation de dix points caractéristiques sur le visage (coins extérieurs et intérieurs des yeux et de la bouche, centre des yeux, centre de la bouche, pointe du nez), et l'orientation de la tête dans l'espace (Littlewort et al., 2011). Le visage est ensuite réévalué à la taille canonique de 96 x 96 pixels par une transformation affine, puis enregistré. Dans la quatrième étape, plusieurs filtres de Gabor sont appliqués au visage redimensionné, et les caractéristiques faciales sont extraites sous forme de vecteur. Ces vecteurs sont ensuite interprétés et classés sur la base des unités d'action. Enfin, pour chaque unité d'action ainsi extraite, CERT produit des valeurs continues image par image, tout au long de la vidéo. Ces valeurs sont corrélées à l'intensité des mouvements faciaux associés aux unités d'action (Bartlett et al., 2006). Sur la base des unités d'action mesurées, le logiciel fournit donc la dynamique, c'est-à-dire l'évolution image après image, de l'intensité des six émotions primaires exprimées par le participant.

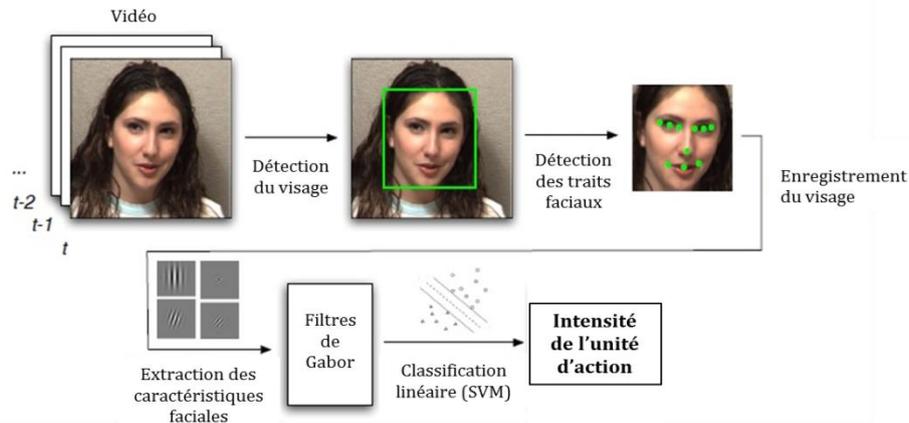


Figure 20. Etapes de traitement effectuées par CERT, de la vidéo jusqu'aux estimations d'intensité de l'expression faciale (adapté à partir de Littlewort et al., 2011).

3.3. Procédure expérimentale

Les passations se sont principalement déroulées à l'université Savoie Mont Blanc, sauf pour quelques participants âgés qui ne pouvaient se déplacer et ont réalisé l'étude sur leur lieu de vie. Après avoir été informé des modalités de l'étude et signé le formulaire de consentement, le participant remplissait les questionnaires d'inclusion spécifiques à son groupe d'âge, puis il était assis face à l'ordinateur dans une pièce calme. La webcam était activée en amont de l'arrivée des participants, de manière à ce que le participant ne se rende pas compte qu'il était filmé. Les participants étaient répartis dans les trois conditions expérimentales suivantes, chaque participant ne réalisant qu'une seule condition :

- **Condition contrôle** : Il était indiqué au participant qu'il allait voir une croix de fixation pendant 1 minute, jusqu'à l'émission d'un bip sonore. Un extrait de film allait être présenté ensuite. Il lui était demandé d'être attentif à l'ensemble de l'extrait, car quelques questions lui seraient posées au sujet du contenu une fois le visionnage terminé. Cette consigne était rappelée à l'écrit, en blanc sur fond noir, avant la présentation de la croix. Après ces explications, l'expérimentatrice laissait le participant seul pour regarder la vidéo. Le participant était donc libre d'exprimer ses émotions sans contraintes particulières, ni consignes, ni pression sociale due à la présence d'une autre personne dans la pièce.
- **Condition implicite** : Les explications données au participant étaient identiques à la condition contrôle, sauf que cette fois-ci l'expérimentatrice restait dans la pièce aux côtés du participant lors du visionnage. Nous nous attendions à ce que la présence d'une autre personne motive les individus à cacher leurs émotions, et influence ainsi leur

expressivité faciale, activant automatiquement des mécanismes de suppression expressive.

- **Condition explicite** : Les explications données au participant sont semblables à celles des deux conditions précédentes, sauf qu'il lui était demandé en plus d'essayer de cacher au mieux ses émotions s'il en ressentait face à la vidéo, de façon à ce qu'une personne extérieure ne puisse deviner son ressenti. Cette condition faisait donc appel à la suppression expressive explicite, les consignes de suppression étant clairement données aux participants. L'expérimentatrice restait dans la pièce lors du visionnage.

Dans chaque condition, l'extrait vidéo se terminait par un bip sonore. Ces deux bip sonores, l'un avant l'extrait et l'autre après, ont servi de repères pour l'analyse ultérieure des données obtenues par l'enregistrement webcam. La présence de la croix de fixation pendant une minute permettait au participant de focaliser son attention sur l'écran avant de visionner l'extrait.

À la fin de la vidéo, le participant remplissait le questionnaire post-film. L'expérimentateur l'informait ensuite qu'il avait été filmé lors du visionnage, et lui demandait son autorisation pour garder l'enregistrement et le traiter. Enfin, un débriefing des objectifs de l'étude était proposé au participant, ainsi qu'une courte vidéo humoristique afin de rétablir un état émotionnel positif avant son départ.

4. Traitement des données

L'induction réussie du dégoût a été contrôlée via l'échelle remplie par les participants sur le questionnaire post-film, et les participants n'ayant pas ressenti de dégoût au cours du visionnage ont été exclus des analyses ($N = 9$). Les réponses aux autres items du questionnaire post-film ont également été prises en compte, dans l'optique de contrôler que les participants avaient bien regardé l'extrait présenté. Aucun participant n'a été exclu des analyses sur ce critère, tous ont répondu correctement aux questions sur le contenu de l'extrait.

Les enregistrements webcam ont été inspectés visuellement afin de supprimer les passages pendant lesquels la détection de l'expression faciale du participant était impossible (e.g., main couvrant le visage, baisse de luminosité soudaine). Trente-deux participants n'ont pu être inclus dans l'analyse car la qualité des enregistrements obtenus ne permettait pas une analyse correcte par le logiciel CERT.

Les enregistrements vidéo ont ensuite été analysés par le logiciel CERT, et l'intensité de l'expression faciale de dégoût a été extraite image par image sur toute la durée du visionnage.

Les valeurs fournies par le logiciel CERT sont dans une unité abstraite se situant entre 0 et 1 : comme indiqué précédemment, ce sont des valeurs transformées qui corréleront à l'intensité des expressions faciales émotionnelles des individus. Pour évaluer l'évolution de l'expression de dégoût, et donc la qualité de la suppression expressive, nous avons créé des indices en soustrayant le score d'intensité d'expression minimum de dégoût au score d'intensité maximum, pour chaque participant. Cet indice indique donc l'intensité du dégoût exprimé au cours du visionnage.

La technique des résidus supprimés studentisés a été utilisée pour révéler d'éventuelles valeurs aberrantes dans ces indices et dans les scores subjectifs de dégoût rapportés par les participants en fin d'expérience. Aucune valeur aberrante n'est ressortie. Les indices et les scores subjectifs de dégoût ont ensuite été analysés séparément avec le logiciel STATISTICA 13, via des ANOVA factorielles incluant les deux variables inter-sujets : l'âge (sujets jeunes, sujets âgés) et la condition expérimentale (contrôle, implicite, explicite).

5. Résultats

5.1. Expression faciale de dégoût

L'effet principal de l'âge est significatif ($F(1, 120) = 37.59, p < .001, \eta_p^2 = .20$) : l'ampleur du dégoût exprimé pendant l'extrait est plus importante chez les sujets âgés, que chez les jeunes adultes. L'effet principal de la condition est significatif, $F(2, 120) = 29.74, p < .001, \eta_p^2 = .27$. Indépendamment de l'âge, aucune différence dans le niveau de dégoût exprimé n'est observée entre les conditions contrôle et implicite, $F(1, 120) = 0.76, p = .39$, mais les participants expriment moins de dégoût dans la condition explicite comparée à la condition contrôle ($F(1, 120) = 50.10, p < .001, \eta_p^2 = .31$) et à la condition implicite ($F(1, 120) = 42.78, p < .001, \eta_p^2 = .26$).

L'interaction entre âge et condition est également significative, $F(2, 120) = 6.47, p < .003, \eta_p^2 = .10$ (voir Figure 21). L'expression de dégoût des sujets jeunes et âgés est équivalente dans la condition contrôle, $F(1, 120) = 0.38, p = .54$, mais les adultes âgés expriment un dégoût plus fort que les jeunes à la fois dans la condition implicite ($F(1, 120) = 25.54, p < .001, \eta_p^2 = .20$) et dans la condition explicite ($F(1, 120) = 24.72, p < .001, \eta_p^2 = .20$). Les comparaisons planifiées nous ont permis d'étudier les différences d'expressivité entre conditions à l'intérieur de chaque groupe d'âge. Les personnes âgées expriment tout autant leur dégoût dans la condition contrôle que dans la condition implicite, $F(1, 120) = 1.73, p = .19$. Le niveau de dégoût exprimé par ces sujets est toutefois plus bas dans la condition explicite, comparée aux conditions contrôle ($F(1, 120) = 6.69, p < .05, \eta_p^2 = .05$) et implicite ($F(1, 120) = 16.29, p < .001, \eta_p^2 = .12$). Les résultats des jeunes

adultes sont un peu différents : ils expriment moins de dégoût en condition implicite ($F(1, 120) = 9.66, p < .01, \eta_p^2 = .08$) et explicite ($F(1, 120) = 58.77, p < .001, \eta_p^2 = .33$) par rapport à la condition contrôle. L'ampleur du dégoût exprimé en condition explicite est également plus faible qu'en condition implicite, $F(1, 120) = 27.83, p < .001, \eta_p^2 = .19$.

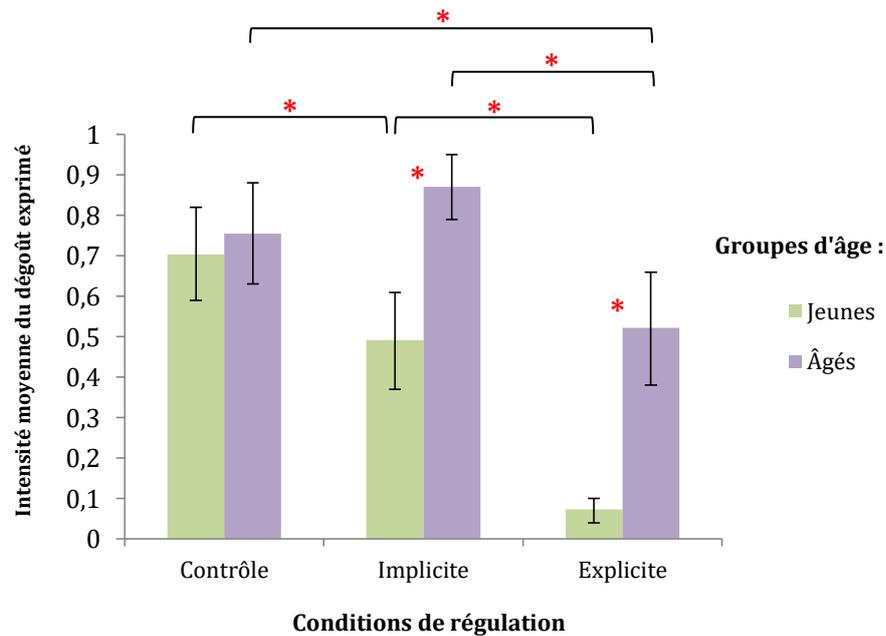


Figure 21. Intensité moyenne du dégoût exprimé en fonction du groupe d'âge (jeunes, âgés) et de la condition de régulation (condition contrôle, régulation implicite, régulation explicite). Les barres d'erreur représentent les intervalles de confiance à 95%. Pour plus de lisibilité, seuls les effets simples significatifs sont signalés, avec un seuil de significativité fixé à $* p < .05$.

5.2. Ressenti subjectif du dégoût

L'ANOVA réalisée avec les variables inter-sujets groupe (jeunes, âgés) et condition (contrôle, implicite, explicite) révèle un effet principal de l'âge : le dégoût ressenti par les aînés est moins intense que le dégoût rapporté par les jeunes adultes ($F(1, 120) = 10.45, p < .01, \eta_p^2 = .08$). L'effet principal de la condition ($F(2, 120) = 5.05, p < .01, \eta_p^2 = .08$) montre que quel que soit l'âge des participants, l'intensité du dégoût est similaire dans les conditions contrôle et implicite, $F(1, 120) = 3.00, p = .09$, et entre les conditions implicite et explicite, $F(1, 120) = 2.75, p = .10$. La seule différence significative dévoile une intensité du dégoût rapporté plus basse en condition explicite, qu'en condition contrôle, $F(1, 120) = 10.06, p < .01, \eta_p^2 = .08$ (voir Figure 22). Enfin, l'interaction entre âge et condition est non-significative, $F(2, 120) = 0.13, p = .88$. La condition expérimentale ne module donc pas différemment l'intensité du dégoût ressenti en fonction de l'âge.

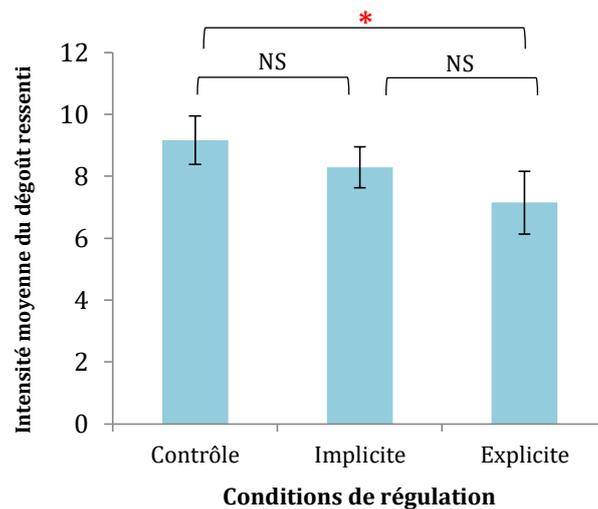


Figure 22. Intensité moyenne du dégoût ressenti en fonction de la condition de régulation (condition contrôle, régulation implicite, régulation explicite). NS = non-significatif, * $p < .01$. Les barres d'erreur représentent les intervalles de confiance à 95%.

6. Discussion

L'objectif de cette recherche était d'étudier l'automatisation des processus de régulation émotionnelle et l'atteinte des processus de régulation contrôlée au cours du vieillissement normal, au travers d'une stratégie précise : la suppression expressive. Les données disponibles dans la littérature rapportent des résultats contradictoires au sujet de l'efficacité de cette stratégie chez les personnes âgées, comparées aux jeunes adultes. Nous avons fait l'hypothèse que ces contradictions pourraient être expliquées en partie par la prise en compte de la nature contrôlée ou automatique des processus de régulation engagés. Dans le cadre d'une augmentation de l'efficacité de la régulation émotionnelle automatique avec l'âge, nous nous attendions à ce que la performance de suppression des aînés soit meilleure que celle des jeunes adultes, lorsqu'elle est spontanée et implicite. À l'inverse, les processus de régulation contrôlés seraient altérés : l'efficacité de la suppression expressive réalisée de façon explicite pourrait donc être réduite chez les personnes âgées, par rapport aux jeunes adultes. À notre connaissance, cette étude rapporte la première comparaison directe entre des conditions de suppression expressive implicite et explicite chez le sujet âgé.

De manière générale, l'expressivité faciale des aînés est plus intense que celle des jeunes adultes. Quel que soit l'âge, le dégoût est moins exprimé dans la condition de suppression explicite, comparée aux conditions contrôle et implicite. La qualité de la suppression expressive est similaire entre ces deux dernières conditions. La décomposition de l'interaction entre groupe d'âge et conditions expérimentales mène à des résultats sensiblement différents de ce qui était attendu. Dans la condition contrôle, l'intensité du dégoût observé au niveau des expressions

faciales des participants est identique entre groupes d'âges : l'expression spontanée des émotions ne semble donc pas altérée au cours du vieillissement. Toutefois, le dégoût exprimé par les personnes âgées est plus intense que celui des jeunes adultes à la fois dans la condition implicite et la condition explicite. En condition implicite, nous nous attendions à ce que la présence d'une autre personne dans la pièce provoque automatiquement la suppression expressive chez nos participants, en l'absence de consignes explicites de régulation. Les sujets jeunes présentent effectivement des expressions faciales atténuées en condition implicite comparée à la condition contrôle (où ils étaient laissés seuls dans la pièce), laissant penser que l'induction de la suppression à l'insu des participants a fonctionné pour ce groupe d'âge. La suppression expressive automatique est toutefois moins efficace que la suppression contrôlée chez les sujets jeunes.

Ces résultats semblent indiquer que les personnes âgées n'arrivent pas aussi bien que les jeunes adultes à réduire leurs expressions faciales de dégoût à la fois dans des conditions de régulation implicite et explicite. La baisse de performance des personnes âgées en condition explicite est en accord avec l'hypothèse d'une atteinte des mécanismes de régulation contrôlée, bien qu'elle contredise les résultats de plusieurs études ayant montré des capacités de suppression identiques entre groupes d'âges (Kunzmann et al., 2005b; Lohani & Isaacowitz, 2014; Magai, Consedine, Krivoshekova, Kudajie-Gyamfi, et al., 2006; Phillips et al., 2008; Shiota & Levenson, 2009; Vieillard et al., 2015). Ces études reposent néanmoins sur l'induction d'émotions variées chez les participants, en utilisant par exemple des vidéos génératrices de tristesse (Lohani & Isaacowitz, 2014; Magai, Consedine, Krivoshekova, Kudajie-Gyamfi, et al., 2006; Shiota & Levenson, 2009), exposant des scènes d'injustices (Phillips et al., 2008), des scènes chirurgicales (Kunzmann et al., 2005b), ou des musiques émotionnelles négatives (Vieillard et al., 2015). L'étude de Shiota et Levenson (2009) incluait également des vidéos dégoûtantes en plus de vidéos tristes, mais d'éventuelles différences en termes de suppression entre ces deux types de vidéo ne sont pas présentées dans l'article. Or, le choix d'étudier la qualité de la régulation face au dégoût semble pertinent dans le vieillissement car plusieurs études montrent une préservation, voir une amélioration du traitement de cette émotion avec l'avancée en âge (Calder et al., 2003; Keightley et al., 2006; MacPherson et al., 2002; Phillips et al., 2002; Ruffman et al., 2008; Sullivan & Ruffman, 2004; Suzuki et al., 2007). L'utilisation d'un support expérimental générateur de dégoût nous a permis de contrôler que l'émotion à réguler sera perçue et ressentie similairement par les sujets jeunes ou âgés, et que donc la performance de régulation sera comparable entre les groupes. Ceci pourrait ne pas être le cas avec par exemple un support inducteur de peur ou de tristesse, émotions dont le traitement semble altéré avec l'âge (Ruffman et al., 2008). Enfin, lorsque les différences de performance entre conditions

sont évaluées dans chaque groupe individuellement, les résultats montrent que les personnes âgées réduisent significativement plus leurs expressions faciales dans la condition explicite, comparée aux deux autres conditions. Les aînés arrivent donc à implémenter la suppression expressive de façon contrôlée, bien qu'ils soient moins performants que les jeunes adultes à ce niveau.

Le degré d'expressivité similaire entre les conditions contrôle et implicite chez les personnes âgées constitue un second résultat central de cette étude, qui peut toutefois être interprété de deux façons différentes :

- 1) La suppression expressive automatique pourrait être touchée dans le vieillissement, puisque malgré son induction les sujets âgés expriment tout autant leurs émotions que dans la condition contrôle ;
- 2) Les personnes âgées pourraient ne pas avoir été sensibles à l'induction implicite de la suppression, et elles se sont comportées comme si elles étaient seules dans la pièce (c'est-à-dire comme dans la condition contrôle).

Nos résultats et le design actuel du protocole ne permettent pas de conclure à ce sujet. Une façon de trancher entre ces deux possibilités serait de réaliser une expérience similaire en changeant la procédure d'induction de la suppression expressive, dans la condition implicite. L'utilisation d'une procédure différente, à laquelle les personnes âgées pourraient être plus sensibles, pourrait mener à d'autres résultats.

Enfin, les différences de groupes que nous observons en termes de ressenti subjectif du dégoût semblent dissociées de l'expressivité faciale. De manière générale, quelle que soit la condition expérimentale, les personnes âgées ressentent un dégoût moins intense que les jeunes adultes. Ainsi, bien que les aînés aient plus de difficultés à réduire leurs expressions faciales de dégoût que les sujets jeunes, cela ne semble pas se traduire par un ressenti de dégoût plus intense. L'absence de significativité de l'interaction entre groupes d'âge et conditions de régulation laisse penser que sujets jeunes et âgés ont bien ressenti un dégoût équivalent dans les trois conditions. L'explication la plus probable à cette dissociation entre dégoût exprimé et ressenti par les personnes âgées concerne l'implication éventuelle de stratégies de régulation autres que la suppression expressive. La suppression expressive est une des stratégies de régulation les plus aisées à étudier car sa mise en pratique est objectivement quantifiable. En revanche, il est délicat de contrôler l'utilisation d'autres stratégies plus difficiles à observer, comme celles de type changement cognitif (e.g., réévaluation cognitive, intellectualisation de la situation).

Une recherche récente (composé de 4 études) a montré qu'une proportion non négligeable de participants déclarait avoir utilisé d'autres stratégies de régulation en cours de tâche que celle qu'il leur avait été explicitement demandé d'utiliser, et ce particulièrement lorsque les stimuli émotionnels sont très activateurs (Opitz, Cavanagh, & Urry, 2015). En contrôlant en fin de vidéo que les participants avaient bien regardé l'extrait, via des questions sur son contenu, nous cherchions à minimiser les stratégies de type déploiement attentionnel, particulièrement utilisées par les personnes âgées (Isaacowitz, 2012; Isaacowitz et al., 2008a). Toutefois, ce contrôle ne permet pas d'éliminer l'influence d'autres stratégies de régulation, notamment la réévaluation positive qui est une stratégie très utilisée par les personnes âgées, parfois même plus souvent que les jeunes adultes (Charles & Carstensen, 2008; Lohani & Isaacowitz, 2014; Shiota & Levenson, 2009). La prise en compte de cette limite dans un prochain protocole permettrait d'éclaircir ces aspects, par exemple en demandant aux personnes d'indiquer si elles pensent avoir utilisé d'autres stratégies de régulation que celle qui était demandée (Opitz et al., 2015).

7. Conclusion

Contrairement à nos hypothèses, la suppression expressive ne serait pas plus facile à implémenter chez les personnes âgées comparées aux jeunes adultes, lorsqu'elle est invoquée implicitement. Cette stratégie ne semble donc pas s'automatiser avec l'avancée en âge. En accord avec nos hypothèses, les personnes âgées arrivent moins bien à supprimer leurs expressions faciales de dégoût que les jeunes adultes lorsque la consigne en est donnée explicitement. La pratique de la suppression expressive semble donc altérée dans le vieillissement normal, qu'elle soit invoquée automatiquement ou appliquée de façon contrôlée. Toutefois, les difficultés à supprimer les expressions faciales ne semblent pas liées à l'intensité du dégoût ressenti. Bien que les personnes âgées n'arrivent pas aussi bien que les jeunes adultes à atténuer leurs expressions, l'intensité de leur dégoût subjectif est plus faible que celui rapporté par les jeunes adultes. Ce phénomène pourrait s'expliquer par l'intervention d'autres stratégies de régulation émotionnelle chez les aînés (e.g., réévaluation cognitive), que le protocole utilisé n'a pas permis de contrôler. À la lumière de ces résultats, il est donc délicat de conclure sur l'efficacité de la suppression expressive à réguler les affects négatifs des sujets âgés. Dans l'ensemble, cette étude suggère que la suppression expressive ne ferait pas partie des stratégies de régulation privilégiées par les aînés, comparés aux sujets jeunes. L'automatisation des mécanismes de régulation émotionnelle avec l'âge ne semble pas s'appliquer à la suppression expressive, mais pourrait être spécifique à d'autres stratégies, plus efficaces et plus faciles à implémenter chez les aînés que chez les jeunes adultes.

DISCUSSION GÉNÉRALE

1. Rappel de la problématique générale

L'objectif de ce travail de thèse était d'étudier différents aspects du vieillissement émotionnel au travers de la distinction entre processus émotionnels automatiques et contrôlés. Nous avons défendu l'idée selon laquelle les particularités de traitement émotionnel observées chez les personnes âgées, comparées aux jeunes adultes, auraient pour origine une atteinte différentielle de ces deux types de processus avec l'avancée en âge. De manière générale, nous nous attendions à ce que la fonctionnalité des mécanismes émotionnels automatisés soit bien préservée avec l'âge, contrairement aux processus plus contrôlés qui se dégraderaient. Cette hypothèse a été testée au niveau de trois phénomènes caractéristiques du vieillissement émotionnel : l'atteinte de la reconnaissance des expressions faciales négatives (*étude 1*), l'effet de positivité attentionnel (*études 2, 3, 4*), et l'amélioration des processus de régulation émotionnelle (*études 4, 5*). Les différences de traitement émotionnel entre groupes d'âges ont été évaluées au niveau comportemental, cérébral, physiologique, et neurophysiologique. Afin d'apporter des éléments de réponse à la problématique posée, les études réalisées dans cette thèse se sont construites autour de quatre questions principales (présentées précédemment dans la section **Problématique**, page 72) :

- 5) Les corrélats cérébraux des traitements émotionnels implicites/automatiques et explicites/contrôlés changent-ils avec l'avancée en âge, et ces changements sont-ils liés aux performances observées ? (*étude 1*, page 80)
- 6) L'effet de positivité lié à l'âge reflète-il un processus automatique ou contrôlé ? (*études 3*, page 125 ; *étude 4*, page 150)
- 7) L'effet de positivité attentionnel (automatique ou contrôlé) représente-t-il une stratégie de régulation émotionnelle ? (*étude 4*, page 150)
- 8) Le bien-être des personnes âgées s'explique-t-il par une efficacité augmentée de la régulation émotionnelle automatique, couplée à une baisse d'efficacité de la régulation contrôlée ? (*étude 5*, page 173)

Avant d'évaluer l'automatisme de l'effet de positivité et sa capacité à réguler les affects, nous avons vérifié si son apparition n'était pas due à un biais méthodologique plutôt qu'à une évolution des processus émotionnels avec l'âge (*étude 2*). Nous avons également mis à l'épreuve les postulats de la Théorie de la Sélectivité Socio-émotionnelle qui prédit un lien entre l'apparition de l'effet de positivité et la réduction des perspectives d'avenir (*étude 4*).

À la suite de cette introduction, les principaux résultats obtenus seront discutés point par point, puis l'apport général de ce travail de thèse et les perspectives futures envisagées seront présentés, avant de conclure.

2. Résultats principaux

2.1. Les réseaux cérébraux responsables du traitement implicite et explicite des expressions faciales émotionnelles évolueraient avec l'âge

Nous avons montré dans l'étude 1 que la reconnaissance explicite des expressions faciales de peur entraînait des activations cérébrales différentes chez les personnes âgées, comparées aux jeunes adultes. En effet, les aînés présentent des activations supplémentaires par rapport aux plus jeunes au niveau des régions préfrontales bilatérales (gyrus frontal médian, supérieur, et moyen), des régions pariétales et temporales, ainsi que dans le gyrus cingulaire antérieur droit et le gyrus occipital moyen gauche. L'augmentation du recrutement des régions frontales avec l'âge, lors de la reconnaissance d'émotions, est en accord avec la littérature (Gunning-Dixon et al., 2003; Keightley et al., 2007; Tessitore et al., 2005). L'hypothèse que les activations supplémentaires observées chez les personnes âgées puissent être de nature compensatoire est prônée par plusieurs modèles du vieillissement cérébral, comme le modèle HAROLD (Cabeza, 2002) et le modèle FADE (St Jacques et al., 2009). Néanmoins, les résultats que nous obtenons laissent penser que cette sur-activation cérébrale ne permettrait pas aux sujets âgés d'améliorer leur performance, étant donné que malgré cela ils ont plus de difficultés à reconnaître la peur que les sujets jeunes. Ce recrutement cérébral accru pourrait donc traduire soit une tentative de compensation inefficace (Cabeza & Dennis, 2013; Reuter-Lorenz & Lustig, 2005; Reuter-Lorenz & Park, 2010), soit la mise en route de mécanismes de régulation émotionnelle, qui ne seraient donc pas associés à la qualité de la reconnaissance des expressions faciales (Bush et al., 2000; Carstensen et al., 2003; Carstensen et al., 2011; S. Dolcos et al., 2014).

En parallèle, nous n'avons observé aucune différence entre sujets jeunes et âgés au niveau des réseaux cérébraux associés au traitement implicite des expressions faciales de peur. En nous reposant sur le modèle FADE, nous avons fait l'hypothèse que la préservation des traitements implicites chez les aînés se traduirait par une augmentation compensatoire de l'activité frontale dans ce groupe d'âge, comparé aux plus jeunes, ce que ne rapportent pas les résultats. Or, il est possible que le traitement implicite de la peur soit préservé chez les sujets âgés même en l'absence d'une sur-activation frontale, étant donné que la nature compensatoire de celle-ci n'est pas avérée (d'après les résultats sur la tâche explicite). Le protocole choisi ne permet pas de contrôler si le traitement implicite de la peur a été équivalent entre groupes d'âges, il est donc délicat d'affirmer la préservation des traitements implicites au cours du vieillissement à partir de ces résultats. Une façon d'apporter des réponses à ce questionnement serait d'ajouter une évaluation objective du ressenti des participants au cours d'une tâche implicite similaire, par exemple avec des mesures physiologiques (compatibles avec l'IRM). Les expressions faciales émotionnelles statiques induisent effectivement des expériences émotionnelles subjectives chez

les participants, mesurable grâce aux variations de conductance cutanée (e.g., peur, joie) (Wild, Erb, & Bartels, 2001; Williams et al., 2005; Williams et al., 2001). Si l'émotion exprimée par un visage est implicitement traitée, une augmentation d'activité physiologique devrait être observée comparé à un visage neutre.

Le modèle FADE prédisait également une baisse d'activité amygdalienne avec l'avancée en âge, que nous n'avons pas observée dans cette étude. La fonctionnalité de cette structure semble donc préservée avec l'âge, et la baisse de performance des sujets âgés dans la tâche explicite ne peut donc pas s'expliquer par une réduction d'activité amygdalienne. En revanche, un autre facteur est susceptible d'avoir influencé les difficultés des aînés à reconnaître la peur. En se basant sur des photographies d'expressions faciales émotionnelles, une étude récente a montré que les personnes âgées reconnaissent mieux les émotions lorsqu'elles sont exprimées par d'autres personnes âgées, à la condition que le regard des visages exprimant des émotions ne soit pas détourné (Campbell, Murray, Atkinson, & Ruffman, 2015). L'utilisation de visages jeunes ou d'âge moyen, comme dans notre étude, pourrait donc contribuer aux différences de performance entre groupes d'âges. De plus, l'utilisation de visages de personnes âgées pourrait mener à des activations cérébrales différentes de celles observées ici, à la fois chez les sujets jeunes et âgés. La prise en compte de ce facteur pourrait donc mener à des résultats différents de ceux que nous rapportons, au niveau comportemental et cérébral.

Enfin, la façon dont les réseaux implicite et explicite sont connectés évoluerait également au cours du vieillissement normal. En effet, les traitements émotionnels implicite et explicite semblent reposer sur des réseaux distincts chez le sujet jeune, alors que chez le sujet âgé, les procédures explicites semblent inclure les processus implicites, comme nous n'observons pas d'activations supplémentaires dans la tâche implicite comparée à l'explicite. Dans l'ensemble, nos résultats laissent penser que les traitements émotionnels implicites et explicites recruteraient des réseaux cérébraux différents, et que ces réseaux changeraient au cours du vieillissement normal. La baisse de performance de reconnaissance de la peur chez les aînés, couplée à une sur-activation cérébrale, suggère une atteinte des processus émotionnels contrôlés avec l'avancée en âge. En parallèle, les réseaux implicites semblent préservés – bien qu'il soit difficile de conclure à ce sujet, étant donné l'impossibilité de vérifier si le traitement implicite de l'émotion était équivalent entre sujets jeunes et âgés.

Les résultats de l'étude 1 vont donc dans le sens de nos hypothèses générales, puisqu'ils reflètent une atteinte des processus émotionnels contrôlés, et la possibilité que les processus émotionnels implicites soient préservés. Ces résultats ont été observés dans le cadre de la reconnaissance des expressions faciales émotionnelles. Comme les processus de régulation

émotionnelle sont susceptibles de s'initier spontanément en présence de tout stimulus émotionnel (Gross & Barrett, 2011), il est délicat de dissocier complètement l'activité cérébrale liée à la régulation de la simple perception d'informations émotionnelles. Les réseaux cérébraux activés lors de la régulation présentent toutefois des particularités par rapport à ceux de la simple perception. Les différences observées entre groupes d'âge en termes de réseaux implicites et explicites pourraient être spécifiques à la reconnaissance des expressions faciales émotionnelles, et ne pas s'appliquer à la régulation émotionnelle. Un projet de recherche futur reposant sur l'étude des corrélats cérébraux de la régulation émotionnelle implicite et explicite dans le vieillissement normal pourrait éclaircir ce questionnement.

2.2. L'effet de positivité lié à l'âge serait un phénomène plus automatique que contrôlé

Après avoir étudié les réseaux cérébraux des traitements émotionnels implicite et explicite, nous nous sommes intéressés aux mécanismes sous-jacents à l'effet de positivité lié à l'âge. Ce phénomène se traduit de manière générale par un traitement privilégié et augmenté des informations positives, et un traitement diminué des informations négatives, chez les sujets âgés comparés aux jeunes adultes. Nous nous sommes particulièrement intéressés à l'effet de positivité apparaissant au niveau attentionnel et au niveau du jugement émotionnel – c'est-à-dire dans la façon dont les individus âgés évaluent la valence et l'activation de stimuli. Nous avons également étudié la présence d'effets de positivité sur l'activité cérébrale des sujets âgés, via l'électroencéphalographie et la technique des potentiels évoqués.

Les théories présentes dans la littérature ne s'accordent pas sur les mécanismes à l'origine de l'effet de positivité, et un débat existe au sujet de la nature automatique ou contrôlée de l'effet. D'après les modèles disponibles, la mise à jour de la nature de l'effet de positivité donnerait des informations intéressantes sur la présence ou non d'une atteinte des processus émotionnels contrôlés, chez les sujets âgés. Les théories principales que nous avons testées à propos des mécanismes sous-jacents à l'effet de positivité seront d'abord rappelées, puis les principaux résultats obtenus seront présentés et discutés.

2.2.1. Origine de l'effet de positivité

Avant d'évaluer sa nature automatique ou contrôlée, nous avons réalisé une étude afin de vérifier que l'effet de positivité n'était pas en partie dû à des facteurs méthodologiques, plutôt qu'à une évolution des processus de traitement émotionnel avec l'âge (*étude 2*). En effet, plusieurs données laissent penser que certains critères méthodologiques favoriseraient l'apparition de l'effet de positivité, indépendamment de l'âge. Par exemple, il apparaîtrait plus

face à des stimuli émotionnels de basse activation, que de haute activation (Denburg et al., 2003; Kensinger, 2008; Roalf et al., 2011; Streubel & Kunzmann, 2011; Wood & Kisley, 2006). Dans l'étude 2, nous avons fait l'hypothèse que l'effet de positivité pourrait être en partie dû à un matériel expérimental inadapté à une population âgée. En effet, la plupart des études sur le vieillissement émotionnel reposent sur des stimuli validés par de jeunes adultes, comme ceux provenant de l'IAPS (Lang et al., 2005). Or, d'après les modèles évaluatifs, l'émotion émergerait en fonction de différents critères subjectifs et contextuels, qui pourraient changer avec l'avancée en âge (Scherer, 2009). Nous avons donc prédit que l'effet de positivité pourrait ne pas apparaître face à des stimuli émotionnels adaptés à la population âgée, dans une tâche de jugement d'images en termes de valence et d'activation. Des mesures physiologiques (rythme cardiaque, réponse électrodermale) ont également été réalisées pendant la tâche. Les résultats ont montré que l'effet de positivité était présent même lorsque les stimuli étaient contrôlés de façon à induire des émotions semblables quel que soit l'âge : une évaluation plus élevée de l'activation des images positives a été observée chez les sujets âgés, comparés aux plus jeunes. Bien que l'effet de positivité fût présent chez les aînés dans la tâche de jugement émotionnel, nous n'avons pas observé de différences entre groupes d'âge en termes d'activité physiologique. Ainsi, les effets apparaissant lors d'évaluations subjectives pourraient être en partie dissociés de l'activité physiologique objective.

Ces observations laissent penser que l'effet de positivité est un phénomène robuste, qui ne peut s'expliquer uniquement par des aspects méthodologiques. Nous avons donc poursuivi l'étude des mécanismes automatiques ou contrôlés sous-jacents à l'effet de positivité, en comparant les postulats des deux modèles suivants :

- **Dynamic Integration Theory (DIT)** (Labouvie-Vief, 2008; Labouvie-Vief, 2003; Labouvie-Vief et al., 2010; Wurm, 2011).

D'après ce modèle, l'effet de positivité serait un phénomène automatique qui naîtrait suite aux dégradations cognitives et cérébrales associées au vieillissement normal. Le déclin cognitif entraînerait des difficultés à traiter les informations négatives, très coûteuses en ressources cognitives. Les personnes âgées se focaliseraient donc spontanément sur les informations positives, plus faciles à traiter. En faveur de cette idée, il a effectivement été montré des difficultés de la part des personnes âgées à traiter les stimuli négatifs, comme les expressions faciales (Calder et al., 2003; Isaacowitz et al., 2007; Keightley et al., 2006; MacPherson et al., 2002, 2006; Phillips et al., 2002; Sullivan & Ruffman, 2004; Sullivan et al., 2007; Suzuki et al., 2007)

- **Théorie de la Sélectivité Socio-émotionnelle (TSS)** (Carstensen, 1995; Carstensen et al., 2003; Carstensen et al., 1999; Lang & Carstensen, 2002a).

D'après la TSS et contrairement au modèle DIT, l'effet de positivité ne serait pas inhérent au vieillissement de l'organisme, mais une conséquence de la réduction des perspectives d'avenir. La focalisation sur les informations positives traduirait la motivation des personnes âgées à optimiser leur bien-être et les expériences émotionnelles gratifiantes, en réponse à l'approche de la fin de la vie. Dans ce cadre, l'effet de positivité représenterait un phénomène contrôlé. En faveur de cette idée, il a par exemple été montré que l'apparition de l'effet pourrait dépendre de la bonne préservation des fonctions cognitives (Kalenzaga et al., 2016; Mather & Knight, 2005; Reed & Carstensen, 2012).

Ces cadres théoriques proposent donc des explications opposées au sujet de la nature de l'effet de positivité. Le modèle DIT prédit que l'effet traduirait un phénomène automatique, qui serait la conséquence de l'atteinte de processus cognitifs contrôlés : les dégradations liées au vieillissement normal seraient donc à l'origine de l'effet de positivité. À l'inverse, la TSS prédit que l'effet de positivité serait un phénomène motivé et contrôlé, apparaissant avec la réduction des perspectives d'avenir : ici, ce ne serait pas le vieillissement de l'organisme qui entrainerait l'effet, mais la perception d'un futur limité. Ainsi, un des enjeux principaux de la comparaison entre ces deux modèles est d'évaluer l'atteinte des processus contrôlés : si l'effet de positivité est automatique, d'après le modèle DIT, cela signifierait que les processus contrôlés sont atteints. Si l'effet de positivité est un phénomène plutôt contrôlé, comme proposé par la TSS, alors la fonctionnalité des processus contrôlés serait préservée.

2.2.2. Données neurophysiologiques en faveur de l'automaticité de l'effet de positivité

Afin de tester la nature automatique ou contrôlée de l'effet de positivité, une première étude en électro-encéphalographie a été réalisée (*étude 3*). La dynamique temporelle du traitement d'images positives, négatives, et neutres, a été évaluée chez des sujets jeunes et âgés via la technique des potentiels évoqués. Lors de l'acquisition EEG, les participants devaient juger les images en termes de valence et d'activation. Nous nous attendions à ce que l'effet de positivité se traduise au niveau cérébral par une amplitude plus élevée des composantes observées pour les stimuli positifs comparés aux stimuli négatifs, chez les aînés par rapport aux jeunes adultes.

Des trois composantes étudiées (N200, P300, LPP), seule l'onde précoce N200 présente une amplitude plus élevée pour les images positives par rapport aux négatives, chez les sujets âgés. Cette différence entre conditions positive et négative est absente chez les jeunes adultes pour cette composante. Les ondes P300 et LPP, plus tardives, sont à l'inverse marquées par un biais

de négativité chez les aînés : elles sont plus amples pour les stimuli négatifs que positifs. De manière générale, il est admis que les composantes observables avant 300 msec post-stimulus reflèteraient des processus automatiques, alors que les ondes apparaissant après 300 – 400 ms caractériseraient des traitements plus conscients et contrôlés. Nos résultats laissent donc penser que des mécanismes automatiques seraient à l'origine de l'effet de positivité lié à l'âge.

Cette conclusion est nuancée par l'absence d'effet de positivité au niveau comportemental. Dans la tâche de jugement émotionnel, les personnes âgées estiment les stimuli positifs comme plus positifs que ce que rapportent les jeunes adultes, mais elles évaluent également les stimuli négatifs comme plus négatifs. Aucune interaction n'est observée entre le groupe et le type d'émotion au niveau de l'activation. L'effet de positivité neurophysiologique ne semble donc pas avoir d'impact comportemental direct, en tout cas pas au niveau du jugement émotionnel des sujets âgés. Or, le jugement émotionnel fait appel à des mécanismes contrôlés de conscientisation et d'évaluation de l'émotion ressentie en termes de valence et d'activation. Les potentiels évoqués affectifs reflètent la modulation de l'attention par l'émotion. Il est possible que l'activité neurophysiologique que nous observons se traduise par un effet de positivité attentionnel, c'est-à-dire une capture rapide de l'attention des sujets âgés par les stimuli positifs, ce que notre protocole ne permet pas d'observer au niveau comportemental. Dans l'étude 4, nous avons apporté un début de réponse à ce questionnement en évaluant l'effet de positivité attentionnel via une tâche de dot-probe. Une façon d'éclaircir le lien entre l'effet de positivité neurophysiologique et l'effet de positivité attentionnel serait de coupler une acquisition EEG à une tâche attentionnelle, par exemple en évaluant l'orientation du regard via un dispositif d'oculométrie.

2.2.3. Données comportementales en faveur de l'automatisme de l'effet de positivité

Une autre façon d'étudier l'automatisme de l'effet de positivité est d'évaluer le temps qu'il met à apparaître via des mesures comportementales. En effet, dans une logique similaire à celle des potentiels évoqués, si l'effet apparaît très précocement, il est fort probable qu'il fasse appel à des mécanismes automatisés. À l'inverse, s'il apparaît tard, il impliquerait des mécanismes plus contrôlés.

Les données disponibles divergent à ce sujet, notamment en fonction des aspects cognitifs étudiés. Au niveau de la récupération en mémoire, Kalenzaga et collaborateurs (2016) ont montré que l'effet de positivité apparaissait après un délai de rétention assez long après l'encodage (20 min), à la fois chez des sujets jeunes et âgés. Ces résultats suggèrent que le traitement privilégié des stimuli positifs chez les sujets âgés reposerait sur le contrôle cognitif, en accord avec la TSS (Carstensen et al., 1999; Reed & Carstensen, 2012). Sava et collaborateurs

(2015) ont montré une apparition de l'effet de positivité chez des sujets âgés lors de la récupération dès 2 min après encodage. Ce résultat a été obtenu alors que l'information émotionnelle des stimuli avait été traitée de façon contrôlée et approfondie lors de l'encodage, suggérant donc que l'effet de positivité reposerait une nouvelle fois sur des processus contrôlés. Néanmoins, les études réalisées dans le domaine attentionnel suggèrent à l'inverse que l'effet de positivité apparaîtrait seulement lorsque les stimuli émotionnels sont présentés rapidement (≤ 500 ms ; Isaacowitz, Allard, et al., 2009; Lee & Knight, 2009; Orgeta, 2011). Lorsqu'ils sont présentés plus longuement (> 500 ms), sujets jeunes et âgés présenteraient des effets de négativité. Ici, l'apparition précoce de l'effet de positivité attentionnel, et son absence lors d'étapes de traitement plus tardives, laisse penser qu'il reposerait plus sur des processus automatiques que contrôlés.

Dans l'étude 4, nous avons évalué l'automatisme de l'effet de positivité attentionnel via une tâche de dot-probe, chez des sujets jeunes, âgés (60 – 76 ans), très âgés (77 – 93 ans), et également chez des sujets jeunes à perspectives d'avenir artificiellement réduites. Ces quatre groupes expérimentaux ont été inclus afin de tester une hypothèse parallèle de la TSS : la réduction des perspectives d'avenir serait à l'origine de l'effet de positivité, et non pas le vieillissement biologique. Les résultats de cette comparaison seront analysés en détail dans la section 2.3. Les participants étaient confrontés à des couples d'images, composés à chaque fois d'une image émotionnelle (négative ou positive) et d'une image neutre. Ces couples d'images étaient présentés soit 500 ms, soit 1000 ms. Leur disparition était suivie de l'apparition d'un symbole – rond ou carré – soit derrière l'image émotionnelle, soit derrière l'image neutre. Le participant devait détecter la forme du symbole le plus vite possible. Les résultats montrent que seuls les participants les plus âgés (77 – 93 ans) présentent des effets de positivité, qui se traduisent par des réponses plus rapides lorsque le symbole à détecter se situe derrière une image positive, que lorsqu'il apparaît derrière une image négative, comparé à l'image neutre. Ce résultat reflète l'orientation spontanée de l'attention de ces participants envers les informations positives, et cet effet est observé quelle que soit la durée de présentation des images.

L'apparition de l'effet de positivité dans des conditions faisant appel aux processus automatiques (500 ms de présentation) laisse donc penser qu'il représenterait un phénomène plutôt automatique. Ce résultat rejoint les conclusions que nous avons faites dans l'étude 3 au sujet de l'effet de positivité neurophysiologique. Dans leur ensemble, nos observations semblent donc plus en faveur du modèle DIT, que de la TSS. D'après le modèle DIT, l'automatisme de l'effet de positivité reflèterait l'atteinte, en parallèle, des fonctions exécutives et des processus de contrôle cognitif liés au vieillissement normal (Labouvie-Vief, 2008; Labouvie-Vief, 2003; Labouvie-Vief et al., 2010; Wurm, 2011). Ces résultats seraient donc en accord avec l'hypothèse

générale défendue dans cette thèse. Le fait que l'effet de positivité soit également observé dans la condition invoquant des processus plus contrôlés (1000 ms de présentation) peut s'expliquer par le fait que les processus émotionnels automatiques s'initieraient en présence de tout stimulus émotionnel, avant l'implication des processus contrôlés (Zajonc, 1980). Cependant, ces résultats sont à interpréter avec précaution car il est possible que 500 ms de présentation aient été suffisantes pour engager des mécanismes de traitement contrôlés dans notre tâche. Tester l'apparition de l'effet de positivité avec des temps de présentations plus courts, voir subliminaux, pourrait fournir des arguments supplémentaires en faveur de son automaticité.

Enfin, nos résultats rejoignent ceux de la littérature sur les biais attentionnels précoces des personnes âgées (Isaacowitz, Allard, et al., 2009; Lee & Knight, 2009; Orgeta, 2011) mais différent de ceux rapportés au niveau de leur mémoire (Kalenzaga et al., 2016; Sava et al., 2015). En effet, alors que l'effet de positivité attentionnel semble plutôt reposer sur des mécanismes automatiques chez le sujet âgé, l'effet de positivité en mémoire ferait appel à des processus plus contrôlés. Toutefois, le type d'effet de positivité rapporté dans ces deux domaines diffère : un évitement du négatif a été observé au niveau attentionnel, alors qu'au niveau de la mémoire, les stimuli positifs seraient mieux mémorisés que les négatifs. Afin d'éclaircir cette dissociation entre attention et mémoire, nous réalisons actuellement une étude en collaboration avec Kylee Ramdeen, doctorante à l'université d'Ottawa. Dans cette étude, nous cherchons à évaluer la qualité de l'encodage incident de stimuli (positifs, négatifs, neutres) présentés lors d'une tâche de type dot-probe. Deux durées de présentations des stimuli ont été incluses dans la tâche de dot-probe, afin de tester si la nature automatique ou contrôlée de l'effet de positivité attentionnel a un impact différentiel sur la mémorisation de stimuli positifs et négatifs. Nous pourrions ainsi évaluer si la présence d'un effet de positivité attentionnel est associée, ou non, à un effet de positivité en mémoire.

2.3. L'effet de positivité attentionnel représenterait une stratégie de régulation émotionnelle automatisée chez les sujets âgés

2.3.1. L'impact de l'effet de positivité sur les affects des sujets jeunes et âgés

D'après la TSS, les individus seraient plus motivés à réguler leurs émotions lorsque leurs perspectives d'avenir se réduisent, de façon à ressentir plus d'émotions positives et moins d'émotions négatives au quotidien (Carstensen et al., 1999). Le modèle du Contrôle Cognitif, découlant de la TSS, postule que les effets de positivité des sujets âgés résulteraient de l'activité des mécanismes de régulation (Mather & Carstensen, 2005; Mather & Knight, 2005; Nashiro et al., 2012). Il a été montré en parallèle que comparés aux jeunes adultes, les aînés utiliseraient

particulièrement leur attention pour réguler leurs émotions. Par exemple, l'efficacité des stratégies de type déploiement attentionnel augmenterait avec l'avancée en âge (Lohani & Isaacowitz, 2014). De plus, lorsque l'orientation de l'attention est limitée par les conditions expérimentales, les aînés arrivent moins bien à réguler leurs affects négatifs que les jeunes adultes (Opitz et al., 2012; Vieillard et al., 2015). Dans cette idée et en accord avec le modèle du Contrôle Cognitif, l'effet de positivité attentionnel pourrait représenter une stratégie de régulation émotionnelle dont la pratique et l'efficacité augmenteraient avec l'âge.

Plusieurs données présentent dans la littérature suggèrent également que les mécanismes de régulation pourraient s'automatiser au cours du vieillissement normal (pour une revue, voir Mather, 2012). Il est donc possible que l'effet de positivité représente une stratégie de régulation efficace lorsque son apparition n'est pas contrainte par des consignes de régulation explicite. Très peu d'études ont été réalisées sur le lien entre effet de positivité et régulation émotionnelle, et elles sont peu concluantes (Isaacowitz, 2012; Isaacowitz, Toner, Goren, & Wilson, 2008b; Isaacowitz, Toner, et al., 2009). Pour tester la capacité de l'effet à augmenter les affects positifs, nous avons évalué l'état affectif des participants à plusieurs reprises au cours de la tâche de dot-probe présentée précédemment (*étude 4*). Nous avons fait l'hypothèse que si l'effet de positivité est bien une stratégie de régulation (automatique ou contrôlée), sa présence devrait permettre aux individus d'augmenter leurs affects, ou au moins de les maintenir.

Nous avons vu précédemment que dans cette tâche, l'effet de positivité apparaissait chez les sujets très âgés (77 – 93 ans) quelles que soient les durées de présentation des images, reflétant la possibilité que l'effet soit un phénomène automatisé. L'analyse de l'évolution des affects en cours de tâche montre que l'effet de positivité est lié à l'augmentation des affects positifs de ces participants, mais uniquement lorsque les images sont présentées 500 ms. Ce résultat laisse penser que l'effet de positivité attentionnel représenterait effectivement une stratégie de régulation émotionnelle, utilisée automatiquement par les sujets très âgés. L'utilisation de cette stratégie apparaîtrait avec l'avancée en âge, car l'effet de positivité n'est observé ni chez les sujets jeunes, ni chez les sujets moins âgés (60 – 76 ans). Or, le fait que ces sujets présentent des effets de positivité ne semble pas impacter sur leur bien-être au quotidien, mesuré par l'échelle PANAS. L'efficacité de cette stratégie de régulation serait donc momentanée, et se limiterait à des circonstances où les individus sont confrontés à des émotions négatives sur de très courtes durées.

Dans l'*étude 4*, nous avons également testé l'hypothèse de la TSS selon laquelle ce serait la réduction des perspectives d'avenir qui générerait la motivation à réguler les émotions, et donc l'effet de positivité. Si cette prédiction est juste, des sujets jeunes aux perspectives d'avenir

réduites devraient présenter des effets de positivité attentionnels similaires à ceux des sujets âgés. Nous avons donc inclus un groupe de sujets jeunes, auxquels nous avons tenté d'induire la perception d'un futur limité selon une procédure validée par Barber et al. (2016). Bien que ces sujets rapportent des perspectives d'avenir réduites par rapport aux jeunes adultes du groupe contrôle, ils ne présentent pas d'effets de positivité. Ce phénomène ne semble donc pas dépendre uniquement des perspectives d'avenir. Néanmoins, la procédure d'induction ne fait que simuler une situation très éloignée de la réalité des participants : il est possible qu'elle n'ait pas été suffisante, ou suffisamment pérenne, pour que les sujets jeunes se comportent de façon similaire aux sujets âgés. La réalisation de ce protocole auprès de participants jeunes aux perspectives d'avenir réellement compromises pourrait mener à des résultats différents. Nous testons actuellement cette hypothèse auprès d'une population de femmes âgées de moins de 40 ans, souffrant du cancer du sein, en collaboration avec l'hôpital Drôme Ardèche. Il a déjà été montré que des personnes souffrant du cancer, en début de thérapie, faisaient des choix sociaux similaires à ceux des personnes âgées (Pinquart & Silbereisen, 2006). Bien que cette étude n'ait pas de mesure objective des perspectives de temps futur, il est sensé de postuler qu'en fonction du succès perçu de la thérapie, la perception du futur des patients puisse changer. D'après la TSS, cette population pourrait donc présenter des effets de positivité, susceptibles d'améliorer le bien-être de la même façon que les sujets âgés.

2.3.2. Conclusion sur l'effet de positivité : comparaison des modèles DIT, TSS, et SAVI

Nos observations s'opposent aux postulats de la TSS sur plusieurs points. Alors que la TSS prédisait que l'effet de positivité reposerait sur des mécanismes contrôlés, nos résultats dans leur ensemble laissent penser qu'il s'agirait plutôt d'un phénomène automatique. D'après le modèle DIT, l'apparition d'un effet de positivité automatisé serait la conséquence des dégradations cognitives et cérébrales liées au vieillissement, en particulier la diminution des ressources cognitives. En faveur de cette idée, l'apparition d'effets de positivité en mémoire a déjà été observée chez des patients souffrant de la maladie d'Alzheimer (Bohn, Kwong See, & Fung, 2016; Sava et al., 2015), malgré l'atteinte prononcée des fonctions exécutives dans cette pathologie (Swanberg, Tractenberg, Mohs, Thal, & Cummings, 2004). L'intégrité des fonctions cognitives ne paraît donc pas nécessaire pour faire apparaître l'effet de positivité, contrairement à ce qui était prédit par la TSS.

Dans un second temps, nous avons vu que l'effet de positivité permettait aux sujets très âgés d'augmenter leurs affects positifs dans certaines conditions. Ce résultat serait en accord avec le postulat de la TSS et du modèle du Contrôle Cognitif, selon lequel ce phénomène apparaîtrait pour permettre aux aînés d'optimiser les expériences émotionnelles positives et leur bien-être. Cependant, la TSS prédisait que ce serait la réduction des perspectives d'avenir

qui entraînerait l'effet de positivité, et non pas le vieillissement de l'organisme. Dans l'étude 4, l'effet de positivité apparaît bien chez les sujets les plus âgés, comparés aux sujets moins âgés et aux jeunes adultes, mais il n'apparaît pas chez les sujets jeunes à perspectives d'avenir expérimentalement réduites. Ce résultat laisse penser que la perception d'un futur réduit ne suffirait pas à elle seule pour générer l'effet de positivité. Cette conclusion est discutable, étant donné les limites décrites précédemment à propos des aléas dus à une procédure d'induction. Toutefois, il existe des preuves expérimentales de l'efficacité de telles procédures d'induction (Barber et al., 2016; Kellough & Knight, 2012), et d'autres études ont également échoué à trouver un lien entre perspectives de temps futur et effet de positivité (Bohn et al., 2016; Demeyer & De Raedt, 2013). Un dernier argument intéressant allant à l'encontre d'un lien direct entre perspectives de vie future et effets de positivité a été apporté par l'étude de Bohn et ses collaborateurs (Bohn et al., 2016). Dans cette étude, les participants jeunes, âgés, et atteints de la maladie d'Alzheimer, devaient indiquer le stade dans lequel ils pensaient se trouver dans la vie sur une échelle allant de la naissance à la mort. Les patients « Alzheimer », victimes d'une distorsion temporelle due à la pathologie, se positionnaient sur cette échelle de façon similaire aux jeunes adultes. Malgré cette vision altérée du temps restant à vivre, les patients « Alzheimer » se rappelaient mieux des stimuli positifs que négatifs par rapport aux jeunes adultes, présentant donc un effet de positivité en mémoire similaire à celui des adultes âgés en bonne santé (Bohn et al., 2016). Les patients semblent donc se comporter selon leur âge réel, c'est-à-dire comme les personnes âgées, plutôt que comme les jeunes adultes, avec qui ils partageaient pourtant des perspectives d'avenir similaires. Dans leur ensemble, ces données sont à nouveau en faveur du modèle DIT, suggérant que ce serait des phénomènes liés à l'âge chronologique qui seraient responsables des effets de positivité (e.g. diminution des ressources cognitives), et non pas les perspectives de temps futur.

Les résultats que nous obtenons sont également en accord avec une troisième théorie, sans être en contradiction avec les postulats du modèle DIT. Le **modèle SAVI** (Strength and Vulnerability Integration; Charles, 2010) propose que l'expertise acquise en termes de régulation émotionnelle serait proportionnelle au temps vécu et à l'expérience engrangée, et se traduirait par une utilisation plus fréquente et spontanée des stratégies de régulation (Blanchard-Fields et al., 2007; Magai, Consedine, Krivoshekova, Kudadjie-Gyamfi, et al., 2006; Rothermund & Brandtstadter, 2003). Nous avons vu que l'effet de positivité pouvait représenter une stratégie de régulation pour les sujets très âgés, chez qui il était associé à une augmentation des affects positifs. Cette théorie expliquerait pourquoi nous observons des effets de positivité chez les sujets âgés (sains ou souffrant de la maladie d'Alzheimer), mais pas chez les individus jeunes, qui ont moins vécu et ont donc moins d'expérience, quelles que soient leurs perspectives

d'avenir. L'effet de positivité pourrait donc être directement lié à l'âge chronologique, et non pas aux perspectives de temps futur comme proposé par la TSS. Le modèle SAVI n'est pas incompatible avec le modèle DIT, car avec l'expérience, l'effet de positivité pourrait s'automatiser, et devenir ainsi une stratégie de plus en plus performante et facile à implémenter avec l'avancée en âge. L'atteinte des processus plus contrôlés, en parallèle, ne devrait donc pas avoir d'impact sur l'apparition de l'effet de positivité.

2.4. L'amélioration des capacités de régulation émotionnelle automatique des sujets âgés dépendrait des stratégies concernées

Nous avons vu que plusieurs données, notamment en neuroimagerie, laissent penser que les mécanismes de régulation émotionnelle pourraient s'automatiser avec l'avancée en âge (Mather, 2012; Urry & Gross, 2010). Le bien-être élevé rapporté par les personnes âgées pourrait également s'expliquer par une transition dans les stratégies utilisées pour réguler les émotions (Carstensen et al., 1999; Gross & Levenson, 1993; Mather, 2012). D'après le modèle SOC-ER, les personnes âgées compenseraient les atteintes cérébrales et cognitives liées au vieillissement par l'optimisation des stratégies de régulation les plus faciles à implémenter, en fonction des ressources disponibles (Urry & Gross, 2010). Elles deviendraient donc très performantes dans l'utilisation de certaines stratégies. En faveur de cette hypothèse, nous avons vu que l'effet de positivité, qui ferait appel à l'attention sélective, serait plus utilisé par les sujets âgés que les jeunes adultes pour augmenter les affects positifs. La pratique assidue d'une stratégie de régulation particulière pourrait mener à l'automatisation de celle-ci, comme dans le cas de l'effet de positivité. Dans la logique du positionnement théorique défendu dans cette thèse, nous avons fait l'hypothèse que les aînés réussiraient efficacement à réguler leurs émotions spontanément, mais présenteraient plus de difficultés lorsque la régulation est implémentée de façon explicite, suite à l'atteinte des processus contrôlés. Ce phénomène pourrait être spécifique à certaines stratégies de régulation, privilégiées avec l'avancée en âge, en accord avec le modèle SOC-ER.

Dans la dernière partie de ce travail de recherche, nous avons donc testé si les processus de régulation émotionnelle automatique ne seraient pas mieux préservés (voir améliorés) par rapport aux processus de régulation contrôlés, avec l'avancée en âge. Nous avons choisi d'étudier une stratégie de régulation précise : la suppression expressive. Le statut de cette stratégie au cours du vieillissement normal est ambigu. En effet, les observations rapportées divergent au sujet d'une utilisation plus prononcée *et/ou* plus efficace de la suppression expressive avec l'âge. Malgré le fait qu'elle soit très coûteuse à implémenter et peu efficace chez les sujets jeunes, la capacité à supprimer les expressions faciales émotionnelles semble préservée avec l'âge (Kunzmann et al., 2005a; Lohani & Isaacowitz, 2014; Magai, Consedine,

Krivoshekova, Kudadjie-Gyamfi, et al., 2006; Phillips et al., 2008; Shiota & Levenson, 2009; Vieillard et al., 2015), et permettrait aux sujets âgés de réduire efficacement leurs affects négatifs dans certaines conditions (Brummer et al., 2014; Lohani & Isaacowitz, 2014; Orgeta, 2011). Nous avons fait l'hypothèse que cette stratégie pourrait être moins coûteuse à implémenter automatiquement pour les sujets âgés. Face à des vidéos, nous nous attendions à ce que la réduction des expressions faciales et du ressenti de dégoût soit plus importante chez les sujets âgés, comparés aux jeunes adultes, lorsque la suppression expressive est induite de façon implicite. En parallèle, nous prédisions une moins bonne performance de suppression chez les aînés, comparés aux plus jeunes, lorsque les consignes de régulation sont données explicitement – et font donc appel aux processus contrôlés.

En comparaison des jeunes adultes, les résultats montrent des difficultés à réduire les expressions faciales et un dégoût ressenti plus intense chez les personnes âgées, à la fois quand la suppression expressive est implicite et explicite. Ces observations pourraient laisser penser que les processus de régulation émotionnelle automatiques et contrôlés se dégradent avec l'âge. Or, d'après le modèle SOC-ER, le maintien du bien-être des sujets âgés serait dû à l'optimisation de certaines stratégies de régulation émotionnelle, suggérant que d'autres stratégies pourraient être à l'inverse inefficaces pour moduler leurs affects. La suppression expressive ne semble donc pas faire partie des stratégies de régulation qui s'automatiseraient avec le vieillissement, et ni de celles qui deviendraient plus efficaces. En regard de nos résultats, le coût cognitif nécessaire à l'implémentation de cette stratégie pourrait même augmenter avec l'âge. Les aînés pourraient sélectionner et optimiser des stratégies moins coûteuses, plus faciles à implémenter, étant donné la baisse des ressources cognitives liée au vieillissement. Un maintien (voir une amélioration) des processus de régulation automatique, couplée à une baisse d'efficacité de la régulation contrôlée, pourrait s'appliquer à d'autres stratégies privilégiées dans le vieillissement normal comme le déploiement attentionnel (Isaacowitz, 2012; Lohani & Isaacowitz, 2014), ou la réévaluation positive (Charles & Carstensen, 2008; Lohani & Isaacowitz, 2014; Shiota & Levenson, 2009).

Enfin, une explication à l'atteinte des processus de suppression expressive automatiques et contrôlés pourrait se trouver dans l'évolution, avec l'âge, des corrélats cérébraux impliqués dans cette stratégie. Afin d'éclaircir ce questionnement, nous effectuons actuellement une étude en neuroimagerie en collaboration avec le laboratoire de Florin Dolcos à l'université de l'Illinois. Les données sont actuellement en cours d'analyse, et les résultats seront disponibles en 2017.

3. Bilan et apports de ce travail de thèse

Dans ce travail de recherche, nous avons étudié plusieurs aspects du vieillissement émotionnel en faisant l'hypothèse d'une atteinte différentielle entre processus émotionnels automatiques et contrôlés. Nos résultats laissent penser que la fonctionnalité des processus émotionnels automatiques pourrait être préservée avec l'avancée en âge :

- Les réseaux cérébraux responsables du traitement implicite/automatique des expressions faciales émotionnelles ne semblent pas se modifier avec l'âge.
- Les processus automatiques seraient responsables de l'effet de positivité, un phénomène observé de façon très récurrente chez les personnes âgées.
- Les processus de régulation émotionnelle automatique se maintiendraient, voir s'amélioreraient, pour certaines stratégies plus faciles à implémenter avec l'avancée en âge. Par exemple, les stratégies de type déploiement attentionnel, comme l'effet de positivité, s'automatiseraient et deviendraient plus efficaces, contrairement à la suppression expressive qui serait touchée à la fois sur les aspects automatiques et contrôlés.

En parallèle, nos résultats présentent également des arguments en faveur d'une atteinte des processus émotionnels contrôlés :

- Les réseaux cérébraux impliqués dans le traitement explicite/contrôlé des expressions faciales émotionnelles changeraient avec l'âge, et ces changements seraient associés à des difficultés à reconnaître la peur chez les aînés, comparés aux jeunes adultes.
- D'après le modèle DIT, l'automatisme de l'effet de positivité reflèterait les difficultés des sujets âgés à intégrer des informations plus complexes (comme les informations négatives), et témoignerait donc de l'atteinte des fonctions exécutives et du contrôle cognitif.
- Les difficultés des sujets âgés à implémenter des stratégies de régulation coûteuses, comme la suppression, soulignent également le déclin des fonctions cognitives.

Au travers de nos recherches, nous avons aussi comparé plusieurs théories proposant des explications aux mécanismes sous-jacents à l'effet de positivité. Nos résultats suggèrent que l'effet de positivité ne serait pas la conséquence d'un matériel expérimental inadapté aux personnes âgées, ni la conséquence de la réduction des perspectives d'avenir (modèle TSS). L'effet de positivité serait plutôt un phénomène automatique, comme proposé par le modèle DIT, et son apparition serait liée à l'expérience accumulée au cours de la vie (modèle SAVI). Les principaux résultats de nos études sont schématisés dans la Figure 23 ci-dessous.

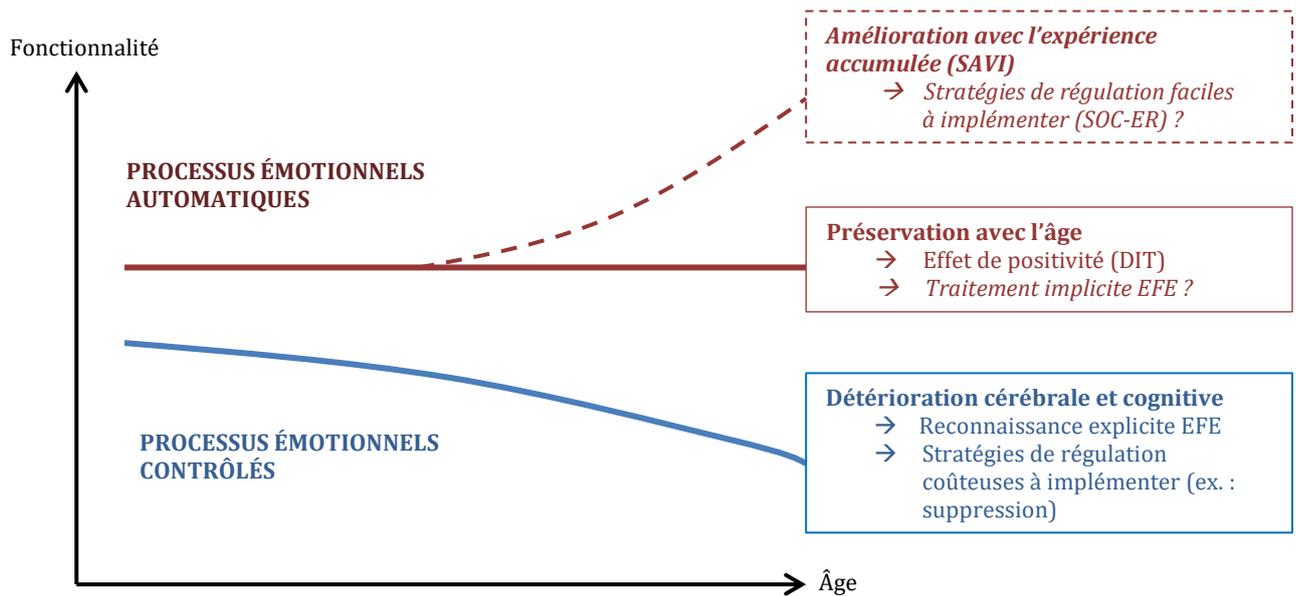


Figure 23. Schéma résumant les principaux résultats obtenus. SAVI = Strength and Vulnerability Integration ; SOC-ER = Selection, Optimization, and Compensation with Emotion Regulation ; DIT = Dynamic Integration Theory ; EFE = expressions faciales émotionnelles.

Ce travail de recherche a donc permis de mieux déterminer le vieillissement émotionnel, au travers d'une distinction originale entre processus émotionnels automatiques et contrôlés. Les résultats obtenus contribuent à l'idée que le vieillissement n'est pas uniquement associé à des déficits : certains processus se dégradent effectivement avec l'âge, mais d'autres à l'inverse se maintiennent voir s'améliorent, comme les compétences de régulation émotionnelle. De plus, les mécanismes qui peuvent paraître déficitaires lorsqu'ils sont implémentés de façon contrôlée, peuvent être efficaces lorsqu'ils sont initiés spontanément. Des tentatives de compensation apparaissent, notamment au niveau cérébral, soulignant l'adaptabilité de l'organisme face aux dégradations liées à l'âge. Les facteurs qui font que la compensation en réponse à la diminution des ressources cognitives sera efficace est un sujet d'étude à poursuivre, car il permet de caractériser ce qu'est un vieillissement émotionnel « réussi ». La détermination d'un profil du vieillissement normal est effectivement un enjeu important pour comprendre ensuite la façon dont la pathologie s'installe, et modifie le fonctionnement standard de l'individu. Les processus émotionnels en particuliers sont affectés par de nombreuses pathologies associées à l'âge, comme la démence fronto-temporale (Bora, Velakoulis, & Walterfang, 2016) ou la maladie d'Alzheimer (Klein-Koerkamp, Beaudoin, Baciú, & Hot, 2012).

4. Conclusion générale

Ce travail de recherche a montré que les spécificités de traitement émotionnel du sujet âgé étaient modulées par la nature automatique ou contrôlée des processus engagés. Des études ont été réalisées sur les aspects comportementaux, cérébraux, et physiologiques, du vieillissement émotionnel. Le traitement des émotions a été évalué au niveau de la reconnaissance des expressions faciale émotionnelles, des processus attentionnels, et de la régulation émotionnelle. À la lumière des résultats, les processus émotionnels automatiques semblent mieux préservés que les processus émotionnels contrôlés avec l'avancée en âge. La préservation de la régulation émotionnelle automatique semble toutefois être spécifique à certaines stratégies de régulation.

BIBLIOGRAPHIE

- Adolphs, R., Tranel, D., Hamann, S., Young, A. W., Calder, A. J., Phelps, E. A., . . . Damasio, A. R. (1999). Recognition of facial emotion in nine individuals with bilateral amygdala damage. *Neuropsychologia*, *37*(10), 1111-1117.
- Alain, C., McDonald, K. L., Ostroff, J. M., & Schneider, B. (2004). Aging: a switch from automatic to controlled processing of sounds? *Psychol Aging*, *19*(1), 125-133. doi: 10.1037/0882-7974.19.1.125
- Allard, E. S., & Isaacowitz, D. M. (2008). Are preferences in emotional processing affected by distraction? Examining the age-related positivity effect in visual fixation within a dual-task paradigm. *Neuropsychol Dev Cogn B Aging Neuropsychol Cogn*, *15*(6), 725-743. doi: 10.1080/13825580802348562
- Allard, E. S., & Kensinger, E. A. (2014a). Age-related differences in neural recruitment during the use of cognitive reappraisal and selective attention as emotion regulation strategies. *Front Psychol*, *5*, 296. doi: 10.3389/fpsyg.2014.00296
- Allard, E. S., & Kensinger, E. A. (2014b). Age-related differences in functional connectivity during cognitive emotion regulation. *J Gerontol B Psychol Sci Soc Sci*, *69*(6), 852-860. doi: 10.1093/geronb/gbu108
- Allen, J., Bruss, J., Brown, C., & Damasio, H. . (2005). Normal neuroanatomical variation due to age: the major lobes and a parcellation of the temporal region. *Neurobiology of Aging*, *26*, 1245-1260.
- Almeling, L., Hammerschmidt, K., Sennhenn-Reulen, H., Freund, A. M., & Fischer, J. (2016). Motivational Shifts in Aging Monkeys and the Origins of Social Selectivity. *Curr Biol*, *26*(13), 1744-1749. doi: 10.1016/j.cub.2016.04.066
- Anders, S., Weiskopf, N., Lule, D., & Birbaumer, N. (2004). Infrared oculography-validation of a new method to monitor startle eyeblink amplitudes during fMRI. *Neuroimage*, *22*(2), 767-770. doi: 10.1016/j.neuroimage.2004.01.024
- Angel, L., Fay, S., Bouazzaoui, B., Granjon, L., & Isingrini, M. (2009). Neural correlates of cued recall in young and older adults: an event-related potential study. *Neuroreport*, *20*(1), 75-79. doi: 10.1097/WNR.0b013e32831b6e0c
- Angel, L., Fay, S., Bouazzaoui, B., & Isingrini, M. (2011). Two hemispheres for better memory in old age: role of executive functioning. *J Cogn Neurosci*, *23*(12), 3767-3777. doi: 10.1162/jocn_a_00104
- Averill, J. R. (1980). A constructivist theory of emotion. In R. Plutchik & H. Kellerman (Eds.), *Emotion, theory, research, and experience. Vol 1: Theories of emotions* (pp. 305-340). San Diego: Academic Press.
- Backman, L., Almkvist, O., Andersson, J., Nordberg, A., Winblad, B., Reineck, R., & Langstrom, B. (1997). Brain activation in young and older adults during implicit and explicit retrieval. *J Cogn Neurosci*, *9*(3), 378-391. doi: 10.1162/jocn.1997.9.3.378
- Backs, R. W., da Silva, S. P., & Han, K. (2005). A comparison of younger and older adults' self-assessment manikin ratings of affective pictures. *Exp Aging Res*, *31*(4), 421-440. doi: 10.1080/03610730500206808
- Baltes, P. B., & Baltes, M. M. (1990). *Psychological perspectives on successful aging: The model of selective optimization with compensation*: New York, NY: Cambridge University Press.
- Banks, S. J., Eddy, K. T., Angstadt, M., Nathan, P. J., & Phan, K. L. (2007). Amygdala-frontal connectivity during emotion regulation. *Soc Cogn Affect Neurosci*, *2*(4), 303-312. doi: 10.1093/scan/nsm029
- Barber, S. J., Opitz, P. C., Martins, B., Sakaki, M., & Mather, M. . (2016). Thinking about a limited future enhances the positivity of younger and older adults' recall: Support for socioemotional selectivity theory. *Memory & cognition*, *44*, 869-882.
- Bargh, J. A., & Williams, L. E. (2007). The case for nonconscious emotion regulation. In J. J. Gross (Ed.), *Handbook of emotion regulation* (pp. 429-445). New York: Guilford Press.
- Barrick, A. L., Hutchinson, R. L., & Deckers, L. H. (1989). Age effects on positive and negative emotions. *Journal of Social Behavior & Personality*, *4*, 421-429.

- Bartlett, M. S., Littlewort, G. C., Frank, M. G., Lainscsek, C., Fasel, I. R., & Movellan, J. R. (2006). Automatic recognition of facial actions in spontaneous expressions. *Journal of multimedia*, 1(6), 22-35.
- Batty, M., & Taylor, M. J. (2002). Visual categorization during childhood: an ERP study. *Psychophysiology*, 39(4), 482-490. doi: 10.1017/S0048577202010764
- Batty, M., & Taylor, M. J. (2003). Early processing of the six basic facial emotional expressions. *Brain Res Cogn Brain Res*, 17(3), 613-620.
- Baur, R., Conzelmann, A., Wieser, M. J., & Pauli, P. (2015). Spontaneous emotion regulation: differential effects on evoked brain potentials and facial muscle activity. *Int J Psychophysiol*, 96(1), 38-48. doi: 10.1016/j.ijpsycho.2015.02.022
- Bellis, T. J., Nicol, T., & Kraus, N. (2000). Aging affects hemispheric asymmetry in the neural representation of speech sounds. *J Neurosci*, 20(2), 791-797.
- Berlinger, M., Danelli, L., Bottini, G., Sberna, M., & Paulesu, E. (2013). Reassessing the HAROLD model: is the hemispheric asymmetry reduction in older adults a special case of compensatory-related utilisation of neural circuits? *Exp Brain Res*, 224(3), 393-410. doi: 10.1007/s00221-012-3319-x
- Birditt, K. S., & Fingerman, K. L. (2005). Do we get better at picking our battles? Age group differences in descriptions of behavioral reactions to interpersonal tensions. *J Gerontol B Psychol Sci Soc Sci*, 60(3), P121-128.
- Biss, R. K., & Hasher, L. (2012). Happy as a lark: Morning-type younger and older adults are higher in positive affect. *Emotion*, 12(3), 437-441.
- Blair, K. S., Smith, B. W., Mitchell, D. G., Morton, J., Vythilingam, M., Pessoa, L., . . . Blair, R. J. (2007). Modulation of emotion by cognition and cognition by emotion. *Neuroimage*, 35(1), 430-440. doi: 10.1016/j.neuroimage.2006.11.048
- Blanchard-Fields, F. (1998). The role of emotion in social cognition across the adult life span. *Annual Review of Gerontology and Geriatrics*, 17, 238-265.
- Blanchard-Fields, F. (2007). Everyday problem solving and emotion: An adult developmental perspective. *Current Directions in Psychological Science*, 16, 26-31.
- Blanchard-Fields, F., Mienaltowski, A., & Seay, R. B. (2007). Age differences in everyday problem-solving effectiveness: Older adults select more effective strategies for interpersonal problems. *Journals of Gerontology Series B: Psychological Sciences and Social Sciences*, 62, 61-64.
- Bohn, L., Kwong See, S. T., & Fung, H. H. (2016). Time Perspective and Positivity Effects in Alzheimer's Disease. *Psychology and Aging*, 6, 574-582. doi: 10.1037/pag0000084
- Bonnet, L., Comte, A., Tatu, L., Millot, J. L., Moulin, T., & Medeiros de Bustos, E. (2015). The role of the amygdala in the perception of positive emotions: an "intensity detector". *Front Behav Neurosci*, 9, 178. doi: 10.3389/fnbeh.2015.00178
- Bora, E., Velakoulis, D., & Walterfang, M. (2016). Meta-Analysis of Facial Emotion Recognition in Behavioral Variant Frontotemporal Dementia: Comparison With Alzheimer Disease and Healthy Controls. *J Geriatr Psychiatry Neurol*, 29(4), 205-211. doi: 10.1177/0891988716640375
- Bradley, M. M. (2009). Natural selective attention: orienting and emotion. *Psychophysiology*, 46(1), 1-11. doi: 10.1111/j.1469-8986.2008.00702.x
- Bradley, M. M., Codispoti, M., Cuthbert, B. N., & Lang, P. J. (2001). Emotion and motivation I: defensive and appetitive reactions in picture processing. *Emotion*, 1(3), 276-298.
- Bradley, M. M., Cuthbert, B. N., & Lang, P. J. (1996). Picture media and emotion: effects of a sustained affective context. *Psychophysiology*, 33(6), 662-670.
- Bradley, M. M., Hamby, S., Low, A., & Lang, P. J. (2007). Brain potentials in perception: picture complexity and emotional arousal. *Psychophysiology*, 44(3), 364-373. doi: 10.1111/j.1469-8986.2007.00520.x
- Bradley, M. M., & Lang, P. J. (2000). Measuring emotion: Behavior, feeling, and physiology. In R. D. Lane & L. Nadel (Eds.), *Cognitive neuroscience of emotion* (pp. 242-276). Oxford: Oxford University Press.

- Bradley, M. M., Sabatinelli, D., Lang, P. J., Fitzsimmons, J. R., King, W., & Desai, P. (2003). Activation of the visual cortex in motivated attention. *Behav Neurosci*, *117*(2), 369-380.
- Brandtstädter, J., & Greve, W. (1994). The aging self: Stabilizing and protective processes. *Developmental Review*, *14*, 52-80.
- Brassen, S., Gamer, M., & Buchel, C. (2011). Anterior cingulate activation is related to a positivity bias and emotional stability in successful aging. *Biol Psychiatry*, *70*(2), 131-137. doi: 10.1016/j.biopsych.2010.10.013
- Brassen, S., Gamer, M., Peters, J., Gluth, S., & Buchel, C. (2012). Don't look back in anger! Responsiveness to missed chances in successful and unsuccessful aging. *Science*, *336*(6081), 612-614. doi: 10.1126/science.1217516
- Britton, J.C., Taylor, S.F., Sudheimer, K.D., & Liberzon, I. . (2006). Facial expressions and complex IAPS pictures: common and differential networks. *Neuroimage*, *31*, 906-919.
- Brummer, L., Stopa, L., & Bucks, R. (2014). The influence of age on emotion regulation strategies and psychological distress. *Behav Cogn Psychother*, *42*(6), 668-681. doi: 10.1017/S1352465813000453
- Buchanan, T. W., & Adolphs, R. (2002). The role of human amygdala in emotional modulation of long-term declarative memory. In S. Moore & M. Oaksford (Eds.), *Emotional cognition: From brain to behavior* (pp. 9-34). Amsterdam: John Benjamins.
- Buhle, J. T., Silvers, J. A., Wager, T. D., Lopez, R., Onyemekwu, C., Kober, H., . . . Ochsner, K. N. (2014). Cognitive reappraisal of emotion: a meta-analysis of human neuroimaging studies. *Cereb Cortex*, *24*(11), 2981-2990. doi: 10.1093/cercor/bht154
- Buodo, G., Sarlo, M., & Palomba, D. (2002). Attentional resources measured by reaction times highlight differences within pleasant and unpleasant, high arousing stimuli. *Motivation and Emotion*, *26*(2), 123-138.
- Burke, S.N., & Barnes, C.A. . (2006). Neural plasticity in the aging brain. *Nature Reviews Neuroscience*, *7*, 30-40.
- Bush, G., Luu, P., & Posner, M. I. (2000). Cognitive and emotional influences in anterior cingulate cortex. *Trends Cogn Sci*, *4*(6), 215-222.
- Butler, E. A., Egloff, B., Wilhelm, F. H., Smith, N. C., Erickson, E. A., & Gross, J. J. (2003). The social consequences of expressive suppression. *Emotion*, *3*(1), 48-67.
- Cabeza, R. (2002). Hemispheric asymmetry reduction in older adults: the HAROLD model. *Psychol Aging*, *17*(1), 85-100.
- Cabeza, R., Anderson, N. D., Locantore, J. K., & McIntosh, A. R. (2002). Aging gracefully: compensatory brain activity in high-performing older adults. *Neuroimage*, *17*(3), 1394-1402.
- 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*. New York: Oxford University Press.
- Cabeza, R., Grady, C. L., Nyberg, L., McIntosh, A. R., Tulving, E., Kapur, S., . . . Craik, F. I. (1997). Age-related differences in neural activity during memory encoding and retrieval: a positron emission tomography study. *J Neurosci*, *17*(1), 391-400.
- Cacioppo, J. T., & Berntson, G. G. (1994). Relationship between attitudes and evaluative space - a critical review, with emphasis on the separability of positive and negative substrates. *Psychological Bulletin*, *115*, 401-423.
- Cacioppo, J. T., Berntson, G. G., & Hawkley, L. C. . (2011). Could an Aging Brain Contribute to Subjective Well-Being? The value added by a social neuroscience perspective. In A. Todorov, S. Fiske & D. Prentice (Eds.), *Social Neuroscience: Toward Understanding the Underpinnings of the Social Mind* (pp. 249-262).
- Cahill, L., & McGaugh, J. L. (1998). Mechanisms of emotional arousal and lasting declarative memory. *Trends Neurosci*, *21*(7), 294-299.
- Calder, A. J., Keane, J., Manly, T., Sprengelmeyer, R., Scott, S., Nimmo-Smith, I., & Young, A. W. . (2003). Facial expression recognition across the adult life span. *Neuropsychologia*, *41*(2), 195-202.

- Calvo, G., & Lang, P. J. (2004). Gaze Patterns When Looking at Emotional Pictures: Motivationally Biased Attention. *Motivation and Emotion, 28*, 221-243.
- Campbell, A., Murray, J. E., Atkinson, L., & Ruffman, T. (2015). Face Age and Eye Gaze Influence Older Adults' Emotion Recognition. *J Gerontol B Psychol Sci Soc Sci*. doi: 10.1093/geronb/gbv114
- Cano, M. E., Class, Q. A., & Polich, J. (2009). Affective valence, stimulus attributes, and P300: color vs. black/white and normal vs. scrambled images. *Int J Psychophysiol, 71*(1), 17-24. doi: 10.1016/j.ijpsycho.2008.07.016
- Carretié, L. (2014). Exogenous (automatic) attention to emotional stimuli: a review. *Cogn Affect Behav Neurosci, 14*(4), 1228-1258. doi: 10.3758/s13415-014-0270-2
- Carretié, L., Hinojosa, J. A., Lopez-Martin, S., & Tapia, M. (2007). An electrophysiological study on the interaction between emotional content and spatial frequency of visual stimuli. *Neuropsychologia, 45*(6), 1187-1195. doi: 10.1016/j.neuropsychologia.2006.10.013
- Carretié, L., Hinojosa, J. A., Martin-Loeches, M., Mercado, F., & Tapia, M. (2004). Automatic attention to emotional stimuli: neural correlates. *Hum Brain Mapp, 22*(4), 290-299. doi: 10.1002/hbm.20037
- Carretié, L., Martin-Loeches, M., Hinojosa, J. A., & Mercado, F. (2001). Emotion and attention interaction studied through event-related potentials. *J Cogn Neurosci, 13*(8), 1109-1128. doi: 10.1162/089892901753294400
- Carretié, L., Mercado, F., Hinojosa, J. A., Martin-Loeches, M., & Sotillo, M. (2004). Valence-related vigilance biases in anxiety studied through event-related potentials. *J Affect Disord, 78*(2), 119-130.
- Carriere, J. S., Cheyne, J. A., Solman, G. J., & Smilek, D. . (2010). Age trends for failures of sustained attention. *Psychology and aging, 25*(3), 569-585.
- Carstensen, L. L. (1995). Evidence for a life-span theory of socioemotional selectivity. *Current Directions in Psychological Science, 4*, 151-156.
- Carstensen, L. L., & Fredrickson, B. L. (1998). Influence of HIV status and age on cognitive representations of others. *Health Psychol, 17*(6), 494-503.
- Carstensen, L. L., Fung, H. H., & Charles, S. T. . (2003). Socioemotional selectivity theory and the regulation of emotion in the second half of life. *Motivation and emotion, 27*(2), 103-123.
- Carstensen, L. L., Isaacowitz, D. M., & Charles, S. T. (1999). Taking time seriously. A theory of socioemotional selectivity. *Am Psychol, 54*(3), 165-181.
- Carstensen, L. L., & Mikels, J. A. . (2005). At the intersection of emotion and cognition aging and the positivity effect. *Current directions in psychological science, 14*(3), 117-121.
- Carstensen, L. L., Pasupathi, M., Mayr, U., & Nesselroade, J. R. (2000). Emotional experience in everyday life across the adult life span. *Journal of Personality and Social Psychology, 79*, 644-655.
- Carstensen, L. L., Turan, B., Scheibe, S., Ram, N., Ersner-Hershfield, H., Samanez-Larkin, G. R., . . . Nesselroade, J. R. (2011). Emotional experience improves with age: Evidence based on over 10 years of experience sampling. *Psychology and Aging, 26*, 21-33.
- Cavanna, A. E., & Trimble, M. R. (2006). The precuneus: a review of its functional anatomy and behavioural correlates. *Brain, 129*(Pt 3), 564-583. doi: 10.1093/brain/awl004
- Chaiken, S., & Trope, Y. (1999). *Dual-process theories in social psychology*. New York: Guilford Press.
- Charles, S. T. (2010). Strength and vulnerability integration: a model of emotional well-being across adulthood. *Psychol Bull, 136*(6), 1068-1091. doi: 10.1037/a0021232
- Charles, S. T., & Carstensen, L. L. (2008). Unpleasant situations elicit different emotional responses in younger and older adults. *Psychol Aging, 23*(3), 495-504. doi: 10.1037/a0013284
- Charles, S. T., Mather, M., & Carstensen, L. L. . (2003). Aging and Emotional Memory: The Forgettable Nature of Negative Images for Older Adults. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 132*, 310-324.

- Charles, S. T., Reynolds, C. A., & Gatz, M. (2001a). Age-related differences and change in positive and negative affect over 23 years. *Journal of Personality and Social Psychology*, *80*, 136-151.
- Charles, S. T., Reynolds, C. A., & Gatz, M. (2001b). Age-related differences and change in positive and negative affect over 23 years. *J Pers Soc Psychol*, *80*(1), 136-151.
- Coats, A. H., & Blanchard-Fields, F. (2008). Emotion regulation in interpersonal problems: the role of cognitive-emotional complexity, emotion regulation goals, and expressivity. *Psychol Aging*, *23*(1), 39-51. doi: 10.1037/0882-7974.23.1.39
- Cochrane, T. (2009). Eight dimensions for the emotions. *Social Science Information*, *48*(3), 379-420.
- Codispoti, M., & De Cesarei, A. (2007). Arousal and attention: picture size and emotional reactions. *Psychophysiology*, *44*(5), 680-686. doi: 10.1111/j.1469-8986.2007.00545.x
- Codispoti, M., Ferrari, V., & Bradley, M. M. (2006). Repetitive picture processing: autonomic and cortical correlates. *Brain Res*, *1068*(1), 213-220. doi: 10.1016/j.brainres.2005.11.009
- Critchley, H., Daly, E., Phillips, M., Brammer, M., Bullmore, E., Williams, S., . . . Murphy, D. (2000). Explicit and implicit neural mechanisms for processing of social information from facial expressions: a functional magnetic resonance imaging study. *Hum Brain Mapp*, *9*(2), 93-105.
- Cunningham, W. A., Raye, C. L., & Johnson, M. K. (2004). Implicit and explicit evaluation: fMRI correlates of valence, emotional intensity, and control in the processing of attitudes. *J Cogn Neurosci*, *16*(10), 1717-1729. doi: 10.1162/0898929042947919
- Cuthbert, B. N., Bradley, M. M., & Lang, P. J. (1996). Probing picture perception: activation and emotion. *Psychophysiology*, *33*(2), 103-111.
- Cuthbert, B. N., Schupp, H. T., Bradley, M. M., Birbaumer, N., & Lang, P. J. (2000). Brain potentials in affective picture processing: covariation with autonomic arousal and affective report. *Biol Psychol*, *52*(2), 95-111.
- Damasio, A. R. (1998). Emotion in the perspective of an integrated nervous system. *Brain Res Brain Res Rev*, *26*(2-3), 83-86.
- daSilva, E. B., Crager, K., & Puce, A. (2016). On dissociating the neural time course of the processing of positive emotions. *Neuropsychologia*, *83*, 123-137. doi: 10.1016/j.neuropsychologia.2015.12.001
- Davidson, R. J. (1992). Anterior cerebral asymmetry and the nature of emotion. *Brain Cogn*, *20*(1), 125-151.
- Davidson, R. J., Ekman, P., Saron, C. D., Senulis, J. A., & Friesen, W. V. (1990). Approach-withdrawal and cerebral asymmetry: emotional expression and brain physiology. I. *J Pers Soc Psychol*, *58*(2), 330-341.
- 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*, 1201-1209.
- Day-Brown, J. D., Wei, H., Chomsung, R. D., Petry, H. M., & Bickford, M. E. (2010). Pulvinar projections to the striatum and amygdala in the tree shrew. *Front Neuroanat*, *4*, 143. doi: 10.3389/fnana.2010.00143
- De Cesarei, A., & Codispoti, M. (2006). When does size not matter? Effects of stimulus size on affective modulation. *Psychophysiology*, *43*(2), 207-215. doi: 10.1111/j.1469-8986.2006.00392.x
- de Gelder, B., Vroomen, J., Pourtois, G., & Weiskrantz, L. (1999). Non-conscious recognition of affect in the absence of striate cortex. *Neuroreport*, *10*(18), 3759-3763.
- Del Zotto, M., & Pegna, A. J. (2015). Processing of masked and unmasked emotional faces under different attentional conditions: an electrophysiological investigation. *Front Psychol*, *6*, 1691. doi: 10.3389/fpsyg.2015.01691
- Delplanque, S., Lavoie, M. E., Hot, P., Silvert, L., & Sequeira, H. (2004). Modulation of cognitive processing by emotional valence studied through event-related potentials in humans. *Neurosci Lett*, *356*(1), 1-4.

- Delplanque, S., Silvert, L., Hot, P., Rigoulot, S., & Sequeira, H. (2006). Arousal and valence effects on event-related P3a and P3b during emotional categorization. *Int J Psychophysiol*, *60*(3), 315-322. doi: 10.1016/j.ijpsycho.2005.06.006
- Delplanque, S., Silvert, L., Hot, P., & Sequeira, H. (2005). Event-related P3a and P3b in response to unpredictable emotional stimuli. *Biol Psychol*, *68*(2), 107-120. doi: 10.1016/j.biopsycho.2004.04.006
- Demeyer, I., & De Raedt, R. (2013). Attentional bias for emotional information in older adults: the role of emotion and future time perspective. *PLoS One*, *8*(6), e65429. doi: 10.1371/journal.pone.0065429
- Demeyer, I., & De Raedt, R. . (2014). The effect of future time perspective manipulation on affect and attentional bias. *Cognitive therapy and research*, *38*(3), 302-312.
- Denburg, N. L., Buchanan, T. W., Tranel, D., & Adolphs, R. . (2003). Evidence for preserved emotional memory in normal older persons. *Emotion*, *3*, 239-253.
- Dennis, N. A., Hayes, S. M., Prince, S. E., Madden, D. J., Huettel, S. A., & Cabeza, R. (2008). Effects of aging on the neural correlates of successful item and source memory encoding. *J Exp Psychol Learn Mem Cogn*, *34*(4), 791-808. doi: 10.1037/0278-7393.34.4.791
- Derouesne, C. (2011). Qu'est-ce qu'une émotion? Une introduction à l'étude des émotions. *Gériatrie et Psychologie Neuropsychiatrie du Vieillissement*, *9*, 69-81.
- DeWall, C. N., & Baumeister, R. F. (2007). From terror to joy: automatic tuning to positive affective information following mortality salience. *Psychol Sci*, *18*(11), 984-990. doi: 10.1111/j.1467-9280.2007.02013.x
- Di Russo, F., Taddei, F., Apnile, T., & Spinelli, D. (2006). Neural correlates of fast stimulus discrimination and response selection in top-level fencers. *Neurosci Lett*, *408*(2), 113-118. doi: 10.1016/j.neulet.2006.08.085
- Diekhof, E. K., Geier, K., Falkai, P., & Gruber, O. (2011). Fear is only as deep as the mind allows: a coordinate-based meta-analysis of neuroimaging studies on the regulation of negative affect. *Neuroimage*, *58*(1), 275-285. doi: 10.1016/j.neuroimage.2011.05.073
- Diener, E., & Suh, E. M. (1998). Subjective well-being and age: An international analysis. *Annual Review of Gerontology and Geriatrics: Focus on Emotion and Adult Developmental Psychology*, *17*, 304-324.
- Dimberg, U., Thunberg, M., & Elmehed, K. (2000). Unconscious facial reactions to emotional facial expressions. *Psychol Sci*, *11*(1), 86-89.
- Dolcos, F., & Cabeza, R. (2002). Event-related potentials of emotional memory: encoding pleasant, unpleasant, and neutral pictures. *Cogn Affect Behav Neurosci*, *2*(3), 252-263.
- Dolcos, F., Jordan, A. D., & Dolcos, S. (2011). Neural correlates of emotion-cognition interactions: A review of evidence from brain imaging investigations. *J Cogn Psychol (Hove)*, *23*(6), 669-694. doi: 10.1080/20445911.2011.594433
- Dolcos, F., Rice, H. J., & Cabeza, R. (2002). Hemispheric asymmetry and aging: right hemisphere decline or asymmetry reduction. *Neurosci Biobehav Rev*, *26*(7), 819-825.
- Dolcos, S., Katsumi, Y., & Dixon, R. A. (2014). The role of arousal in the spontaneous regulation of emotions in healthy aging: a fMRI investigation. *Front Psychol*, *5*, 681. doi: 10.3389/fpsyg.2014.00681
- Dorfel, D., Lamke, J. P., Hummel, F., Wagner, U., Erk, S., & Walter, H. (2014). Common and differential neural networks of emotion regulation by Detachment, Reinterpretation, Distraction, and Expressive Suppression: a comparative fMRI investigation. *Neuroimage*, *101*, 298-309. doi: 10.1016/j.neuroimage.2014.06.051
- Douillez, C., & Philippot, P. (2008). Chapitre 1. Paradigmes expérimentaux en psychopathologie cognitive des émotions *Psychopathologie et neurosciences* (pp. 17-53). Bruxelles: De Boeck Supérieur.
- Dunning, J. P., & Hajcak, G. . (2009). See no evil: Directing visual attention within unpleasant images modulates the electrocortical response. *Psychophysiology*, *46*, 28-33.
- Ebner, N. C., Johnson, M. K., & Fischer, H. (2012). Neural mechanisms of reading facial emotions in young and older adults. *Front Psychol*, *3*, 223. doi: 10.3389/fpsyg.2012.00223
- Ekman, P. (1992). An argument for basic emotions. *Cognition & Emotion*, *6*, 169-200.

- Ekman, P., & Friesen, W. . (1978). *The Facial Action Coding System: A Technique For The Measurement of Facial Movement*. San Francisco: Consulting Psychologists Press.
- Emery, L., & Hess, T. M. (2008). Viewing instructions impact emotional memory differently in older and young adults. *Psychol Aging, 23*(1), 2-12. doi: 10.1037/0882-7974.23.1.2
- Etzeberria, I., Etzebarria, I., Urdaneta, E., & Yanguas, J. J. (2015). Age differences among older adults in the use of emotion regulation and strategy. What happens among over 85s and centenarians? *Aging Ment Health, 1*-7. doi: 10.1080/13607863.2015.1050995
- Eyler, L. T., Sherzai, A., Kaup, A. R., & Jeste, D. V. (2011). A review of functional brain imaging correlates of successful cognitive aging. *Biol Psychiatry, 70*(2), 115-122. doi: 10.1016/j.biopsych.2010.12.032
- Ferrari, V., Bradley, M. M., Codispoti, M., & Lang, P. J. (2011). Repetitive exposure: brain and reflex measures of emotion and attention. *Psychophysiology, 48*(4), 515-522. doi: 10.1111/j.1469-8986.2010.01083.x
- Ferrari, V., Codispoti, M., Cardinale, R., & Bradley, M. M. (2008). Directed and motivated attention during processing of natural scenes. *J Cogn Neurosci, 20*(10), 1753-1761. doi: 10.1162/jocn.2008.20121
- Fields, E. C., & Kuperberg, G. R. (2015). Dynamic Effects of Self-Relevance and Task on the Neural Processing of Emotional Words in Context. *Front Psychol, 6*, 2003. doi: 10.3389/fpsyg.2015.02003
- Fischer, H., Sandblom, J., Gavazzeni, J., Fransson, P., Wright, C.I., & Bäckman, L. (2005). Age-differential patterns of brain activation during perception of angry faces. *Neuroscience Letters, 386*, 99-104.
- 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. *J Psychiatr Res, 12*(3), 189-198.
- Fontaine, J. R., Scherer, K. R., Roesch, E. B., & Ellsworth, P. C. (2007). The world of emotions is not two-dimensional. *Psychol Sci, 18*(12), 1050-1057. doi: 10.1111/j.1467-9280.2007.02024.x
- Foster, S. M., Davis, H. P., & Kisley, M. A. (2013). Brain responses to emotional images related to cognitive ability in older adults. *Psychol Aging, 28*(1), 179-190. doi: 10.1037/a0030928
- Foti, D., & Hajcak, G. (2008). Deconstructing reappraisal: descriptions preceding arousing pictures modulate the subsequent neural response. *J Cogn Neurosci, 20*(6), 977-988. doi: 10.1162/jocn.2008.20066
- Frank, D. W., Dewitt, M., Hudgens-Haney, M., Schaeffer, D. J., Ball, B. H., Schwarz, N. F., . . . Sabatinelli, D. (2014). Emotion regulation: quantitative meta-analysis of functional activation and deactivation. *Neurosci Biobehav Rev, 45*, 202-211. doi: 10.1016/j.neubiorev.2014.06.010
- Frankenstein, U. N., Richter, W., McIntyre, M. C., & Remy, F. (2001). Distraction modulates anterior cingulate gyrus activations during the cold pressor test. *Neuroimage, 14*(4), 827-836. doi: 10.1006/nimg.2001.0883
- Fredrickson, B. L., & Carstensen, L. L. (1990). Choosing social partners: how old age and anticipated endings make people more selective. *Psychol Aging, 5*(3), 335-347.
- Fung, H. H., & Carstensen, L. L. (2003). Sending memorable messages to the old: age differences in preferences and memory for advertisements. *J Pers Soc Psychol, 85*(1), 163-178.
- Fung, H. H., & Carstensen, L. L. . (2006). Goals change when life's fragility is primed: Lessons learned from older adults, the September 11 attacks and SARS. *Social Cognition, 24*(3), 248-278.
- Fung, H. H., Carstensen, L. L., & Lutz, A. M. (1999). Influence of time on social preferences: implications for life-span development. *Psychol Aging, 14*(4), 595-604.
- Gainotti, G. (1972). Emotional behavior and hemispheric side of the lesion. *Cortex, 8*(1), 41-55.
- Garavan, H., Ross, T. J., & Stein, E. A. (1999). Right hemispheric dominance of inhibitory control: an event-related functional MRI study. *Proc Natl Acad Sci U S A, 96*(14), 8301-8306.
- Garcia-Rodriguez, B., Fusari, A., Rodriguez, B., Hernandez, J. M., & Ellgring, H. (2009). Differential patterns of implicit emotional processing in Alzheimer's disease and healthy aging. *J Alzheimers Dis, 18*(3), 541-551. doi: 10.3233/JAD-2009-1161

- Gasquoine, P. G. (2014). Contributions of the insula to cognition and emotion. *Neuropsychol Rev*, 24(2), 77-87. doi: 10.1007/s11065-014-9246-9
- Gatz, M., Johansson, B., Pedersen, N., Berg, S., & Reynolds, C. (1993). A cross-national self-report measure of depressive symptomatology. *International Psychogeriatrics*, 5, 147-156.
- Gavazzeni, J., Wiens, S., & Fischer, H. (2008). Age effects to negative arousal differ for self-report and electrodermal activity. *Psychophysiology*, 45(1), 148-151. doi: 10.1111/j.1469-8986.2007.00596.x
- Glascher, J., & Adolphs, R. (2003). Processing of the arousal of subliminal and supraliminal emotional stimuli by the human amygdala. *J Neurosci*, 23(32), 10274-10282.
- Goldin, P. R., McRae, K., Ramel, W., & Gross, J. J. (2008). The neural bases of emotion regulation: reappraisal and suppression of negative emotion. *Biol Psychiatry*, 63(6), 577-586. doi: 10.1016/j.biopsych.2007.05.031
- Good, C. D., Johnsrude, I. S., Ashburner, J., Henson, R. N., Friston, K. J., & Frackowiak, R. S. (2001). A voxel-based morphometric study of ageing in 465 normal adult human brains. *Neuroimage*, 14(1 Pt 1), 21-36. doi: 10.1006/nimg.2001.0786
- Goren, D., & Wilson, H. R. (2006). Quantifying facial expression recognition across viewing conditions. *Vision Res*, 46(8-9), 1253-1262. doi: 10.1016/j.visres.2005.10.028
- Grady, C. L., Bernstein, L. J., Beig, S., & Siegenthaler, A. L. (2002). The effects of encoding task on age-related differences in the functional neuroanatomy of face memory. *Psychol Aging*, 17(1), 7-23.
- Grady, C. L., Maisog, J. M., Horwitz, B., Ungerleider, L. G., Mentis, M. J., Salerno, J. A., . . . Haxby, J. V. (1994). Age-related changes in cortical blood flow activation during visual processing of faces and location. *J Neurosci*, 14(3 Pt 2), 1450-1462.
- Grady, C. L., McIntosh, A. R., Horwitz, B., & Rapoport, S. I. (2000). Age-related changes in the neural correlates of degraded and nondegraded face processing. *Cogn Neuropsychol*, 17(1), 165-186. doi: 10.1080/026432900380553
- Grandjean, D., & Scherer, K. R. (2008). Unpacking the cognitive architecture of emotion processes. *Emotion*, 8(3), 341-351. doi: 10.1037/1528-3542.8.3.341
- Grieve, S.M., Clark, C.R., Williams, L.M., Peduto, A.J., & Gordon, E. . (2005). Preservation of limbic and paralimbic structures in aging. *Human Brain Mapping*, 25, 391-401.
- Grill-Spector, K., Knouf, N., & Kanwisher, N. (2004). The fusiform face area subserves face perception, not generic within-category identification. *Nat Neurosci*, 7(5), 555-562. doi: 10.1038/nn1224
- Gross, J. J. (1998a). Antecedent- and response-focused emotion regulation: divergent consequences for experience, expression, and physiology. *J Pers Soc Psychol*, 74(1), 224-237.
- Gross, J. J. (1998b). The emerging field of emotion regulation: An integrative review. *Review of General Psychology*, 2, 271-299.
- Gross, J. J. (2001). Emotion regulation in adulthood: Timing is everything. *Current Directions in Psychological Science*, 10, 214-219.
- Gross, J. J., & Barrett, L. F. (2011). Emotion Generation and Emotion Regulation: One or Two Depends on Your Point of View. *Emot Rev*, 3(1), 8-16. doi: 10.1177/1754073910380974
- Gross, J. J., Carstensen, L. L., Pasupathi, M., Tsai, J., Götestam Skorpen, C., & Hsu, A. Y. C. (1997). Emotion and aging: Experience, expression, and control. *Psychology and Aging*, 12, 590-599.
- Gross, J. J., & John, O. P. (2003). Individual differences in two emotion regulation processes: implications for affect, relationships, and well-being. *J Pers Soc Psychol*, 85(2), 348-362.
- Gross, J. J., & Levenson, R. W. (1993). Emotional suppression: physiology, self-report, and expressive behavior. *J Pers Soc Psychol*, 64(6), 970-986.
- Gruhn, D., & Scheibe, S. (2008). Age-related differences in valence and arousal ratings of pictures from the International Affective Picture System (IAPS): do ratings become more extreme with age? *Behav Res Methods*, 40(2), 512-521.

- Gruhn, D., Scheibe, S., & Baltes, P. B. (2007). Reduced negativity effect in older adults' memory for emotional pictures: the heterogeneity-homogeneity list paradigm. *Psychol Aging, 22*(3), 644-649. doi: 10.1037/0882-7974.22.3.644
- Grühn, D., Smith, J., & Baltes, P. B. . (2005). No aging bias favoring memory for positive material: evidence from a heterogeneity-homogeneity list paradigm using emotionally toned words. *Psychology and aging, 20*(4), 579-588.
- Gunning-Dixon, F. M., Gur, R. C., Perkins, A. C., Schroeder, L., Turner, T., Turetsky, B. I., . . . Gur, R. E. (2003). Age-related differences in brain activation during emotional face processing. *Neurobiol Aging, 24*(2), 285-295.
- Gunning-Dixon, F.M., Gur, R.C., Perkins, A.C., Schroeder, L., Turner, T., Turetski, B.I., . . . Gur, R.E. . (2003). Age-related differences in brain activation during emotional face processing. *Neurobiology of Aging, 24*, 285-295.
- Gur, R. C., Schroeder, L., Turner, T., McGrath, C., Chan, R. M., Turetsky, B. I., . . . Gur, R. E. (2002). Brain activation during facial emotion processing. *Neuroimage, 16*(3 Pt 1), 651-662.
- Gutchess, A. H., Welsh, R. C., Hedden, T., Bangert, A., Minear, M., Liu, L. L., & Park, D. C. (2005). Aging and the neural correlates of successful picture encoding: frontal activations compensate for decreased medial-temporal activity. *J Cogn Neurosci, 17*(1), 84-96. doi: 10.1162/0898929052880048
- Gyurak, A., Gross, J. J., & Etkin, A. (2011). Explicit and implicit emotion regulation: a dual-process framework. *Cogn Emot, 25*(3), 400-412. doi: 10.1080/02699931.2010.544160
- Habel, U., Windischberger, C., Derntl, B., Robinson, S., Kryspin-Exner, I., Gur, R. C., & Moser, E. (2007). Amygdala activation and facial expressions: explicit emotion discrimination versus implicit emotion processing. *Neuropsychologia, 45*(10), 2369-2377. doi: 10.1016/j.neuropsychologia.2007.01.023
- Hahn, S., Carlson, C., Singer, S., & Gronlund, S. D. (2006). Aging and visual search: automatic and controlled attentional bias to threat faces. *Acta Psychol (Amst), 123*(3), 312-336. doi: 10.1016/j.actpsy.2006.01.008
- Hajcak, G., Dunning, J. P., & Foti, D. (2007). Neural response to emotional pictures is unaffected by concurrent task difficulty: an event-related potential study. *Behav Neurosci, 121*(6), 1156-1162. doi: 10.1037/0735-7044.121.6.1156
- Hajcak, G., Dunning, J. P., & Foti, D. (2009). Motivated and controlled attention to emotion: time-course of the late positive potential. *Clin Neurophysiol, 120*(3), 505-510. doi: 10.1016/j.clinph.2008.11.028
- Hajcak, G., MacNamara, A., & Olvet, D. M. (2010). Event-related potentials, emotion, and emotion regulation: an integrative review. *Dev Neuropsychol, 35*(2), 129-155. doi: 10.1080/87565640903526504
- Hajcak, G., Moser, J. S., & Simons, R. F. (2006). Attending to affect: appraisal strategies modulate the electrocortical response to arousing pictures. *Emotion, 6*(3), 517-522. doi: 10.1037/1528-3542.6.3.517
- Hajcak, G., & Nieuwenhuis, S. (2006). Reappraisal modulates the electrocortical response to unpleasant pictures. *Cogn Affect Behav Neurosci, 6*(4), 291-297.
- Hajcak, G., & Olvet, D. M. (2008). The persistence of attention to emotion: brain potentials during and after picture presentation. *Emotion, 8*(2), 250-255. doi: 10.1037/1528-3542.8.2.250
- Hamann, S. (2001). Cognitive and neural mechanisms of emotional memory. *Trends Cogn Sci, 5*(9), 394-400.
- Hamann, S. (2012). Mapping discrete and dimensional emotions onto the brain: controversies and consensus. *Trends Cogn Sci, 16*(9), 458-466. doi: 10.1016/j.tics.2012.07.006
- Hamann, S., Ely, T. D., Hoffman, J. M., & Kilts, C. D. (2002). Ecstasy and agony: activation of the human amygdala in positive and negative emotion. *Psychol Sci, 13*(2), 135-141.
- Hariri, A. R., Bookheimer, S. Y., & Mazziotta, J. C. (2000). Modulating emotional responses: effects of a neocortical network on the limbic system. *Neuroreport, 11*(1), 43-48.
- Hariri, A. R., Mattay, V. S., Tessitore, A., Fera, F., & Weinberger, D. R. (2003). Neocortical modulation of the amygdala response to fearful stimuli. *Biol Psychiatry, 53*(6), 494-501.

- Hartigan, A., & Richards, A. (2016). Disgust exposure and explicit emotional appraisal enhance the LPP in response to disgusted facial expressions. *Soc Neurosci*, 1-10. doi: 10.1080/17470919.2016.1182067
- Haxby, J.V., Hoffman, E.A., & Gobbini, M.I. . (2000). The distributed human neural system for face perception. *Trends in Cognitive Sciences*, 4, 223-233.
- Hay, E. L., & Diehl, M. (2011). Emotion complexity and emotion regulation across adulthood. *Eur J Ageing*, 8(3), 157-168. doi: 10.1007/s10433-011-0191-7
- Hilimire, M. R., Mienaltowski, A., Blanchard-Fields, F., & Corballis, P. M. (2014). Age-related differences in event-related potentials for early visual processing of emotional faces. *Soc Cogn Affect Neurosci*, 9(7), 969-976. doi: 10.1093/scan/nst071
- Hot, P., Saito, Y., Mandai, O., Kobayashi, T., & Sequeira, H. (2006). An ERP investigation of emotional processing in European and Japanese individuals. *Brain Res*, 1122(1), 171-178. doi: 10.1016/j.brainres.2006.09.020
- Hot, P., & Sequeira, H. (2015). Diurnal emotional reactivity: Ultradian changes at neural and behavioral levels in men. *Chronobiol Int*, 32(5), 687-696. doi: 10.3109/07420528.2015.1039645
- Houwer, J. D., & Moors, A. (2012). How to Define and Examine Implicit Processes? *Implicit and Explicit Processes*, 183-198. doi: 10.1093/acprof:oso/9780199753628.003.0008
- Hsu, S. M., & Pessoa, L. (2007). Dissociable effects of bottom-up and top-down factors on the processing of unattended fearful faces. *Neuropsychologia*, 45(13), 3075-3086. doi: 10.1016/j.neuropsychologia.2007.05.019
- Iidaka, T., Okada, T., Murata, T., Omori, M., Kosaka, H., Sadato, N., & Yonekura, Y. (2002). Age-related differences in the medial temporal lobe responses to emotional faces as revealed by fMRI. *Hippocampus*, 12(3), 352-362. doi: 10.1002/hipo.1113
- Ikier, S., Yang, L., & Hasher, L. (2008). Implicit proactive interference, age, and automatic versus controlled retrieval strategies. *Psychol Sci*, 19(5), 456-461. doi: 10.1111/j.1467-9280.2008.02109.x
- Isaacowitz, D. M. (2012). Mood Regulation in Real-Time: Age Differences in the Role of Looking. *Curr Dir Psychol Sci*, 21(4), 237-242. doi: 10.1177/0963721412448651
- Isaacowitz, D. M., Allard, E. S., Murphy, N. A., & Schlangel, M. (2009). The time course of age-related preferences toward positive and negative stimuli. *J Gerontol B Psychol Sci Soc Sci*, 64(2), 188-192. doi: 10.1093/geronb/gbn036
- Isaacowitz, D. M., Livingstone, K. M., Harris, J. A., & Marcotte, S. L. (2015). Mobile eye tracking reveals little evidence for age differences in attentional selection for mood regulation. *Emotion*, 15(2), 151-161. doi: 10.1037/emo0000037
- Isaacowitz, D. M., Löckenhoff, C. E., Lane, R. D., Wright, R., Sechrest, L., Riedel, R., & Costa, P. T. . (2007). Age differences in recognition of emotion in lexical stimuli and facial expressions. *Psychology and aging*, 22(1), 147-159.
- Isaacowitz, D. M., Toner, K., Goren, D., & Wilson, H. (2008a). Looking while unhappy: Mood congruent gaze in young adults, positive gaze in older adults. *Psychological Science*, 19, 848-853.
- Isaacowitz, D. M., Toner, K., Goren, D., & Wilson, H. R. (2008b). Looking while unhappy: mood-congruent gaze in young adults, positive gaze in older adults. *Psychol Sci*, 19(9), 848-853. doi: 10.1111/j.1467-9280.2008.02167.x
- Isaacowitz, D. M., Toner, K., & Neupert, S. D. (2009). Use of gaze for real-time mood regulation: Effects of age and attentional functioning. *Psychology and Aging*, 24, 989-994.
- Isaacowitz, D. M., Wadlinger, H. A., Goren, D., & Wilson, H. R. (2006a). Is there an age-related positivity effect in visual attention? A comparison of two methodologies. *Emotion*, 6, 511-516.
- Isaacowitz, D. M., Wadlinger, H. A., Goren, D., & Wilson, H. R. (2006b). Selective preference in visual fixation away from negative images in old age? An eye tracking study. *Psychology and Aging*, 21, 40-48.
- Izard, C. E., Kagan, J., & Zajonc, R. B. (1984). *Emotions, cognition & behavior*. Cambridge: Cambridge University Press.

- James, W. (1889). What is an emotion? *Mind*, *34*, 188-205.
- Jennings, J. M., & Jacoby, L. L. (1993). Automatic versus intentional uses of memory: aging, attention, and control. *Psychol Aging*, *8*(2), 283-293.
- John, O. P., & Gross, J. J. (2004). Healthy and unhealthy emotion regulation: personality processes, individual differences, and life span development. *J Pers*, *72*(6), 1301-1333. doi: 10.1111/j.1467-6494.2004.00298.x
- Johnson, B. P., Pinar, A., Fornito, A., Nandam, L. S., Hester, R., & Bellgrove, M. A. (2015). Left anterior cingulate activity predicts intra-individual reaction time variability in healthy adults. *Neuropsychologia*, *72*, 22-26. doi: 10.1016/j.neuropsychologia.2015.03.015
- Junghofer, M., Bradley, M. M., Elbert, T. R., & Lang, P. J. (2001). Fleeting images: a new look at early emotion discrimination. *Psychophysiology*, *38*(2), 175-178.
- Kalenzaga, S., Lamidey, V., Ergis, A. M., Clarys, D., & Piolino, P. (2016). The positivity bias in aging: Motivation or degradation? *Emotion*, *16*(5), 602-610. doi: 10.1037/emo0000170
- Kalisch, R., Wiech, K., Critchley, H. D., Seymour, B., O'Doherty, J. P., Oakley, D. A., . . . Dolan, R. J. (2005). Anxiety reduction through detachment: subjective, physiological, and neural effects. *J Cogn Neurosci*, *17*(6), 874-883. doi: 10.1162/0898929054021184
- Kalisch, R., Wiech, K., Herrmann, K., & Dolan, R. J. (2006). Neural correlates of self-distraction from anxiety and a process model of cognitive emotion regulation. *J Cogn Neurosci*, *18*(8), 1266-1276. doi: 10.1162/jocn.2006.18.8.1266
- Kanske, P., Heissler, J., Schonfelder, S., Bongers, A., & Wessa, M. (2011). How to regulate emotion? Neural networks for reappraisal and distraction. *Cereb Cortex*, *21*(6), 1379-1388. doi: 10.1093/cercor/bhq216
- Kanske, P., & Kotz, S. A. (2011). Emotion triggers executive attention: anterior cingulate cortex and amygdala responses to emotional words in a conflict task. *Hum Brain Mapp*, *32*(2), 198-208. doi: 10.1002/hbm.21012
- Kanwisher, N., McDermott, J., & Chun, M. M. (1997). The fusiform face area: a module in human extrastriate cortex specialized for face perception. *J Neurosci*, *17*(11), 4302-4311.
- Katkin, E. S., Wiens, S., & Ohman, A. (2001). Nonconscious fear conditioning, visceral perception, and the development of gut feelings. *Psychol Sci*, *12*(5), 366-370.
- Keightley, M. L., Chiew, K. S., Winocur, G., & Grady, C. L. (2007). Age-related differences in brain activity underlying identification of emotional expressions in faces. *Soc Cogn Affect Neurosci*, *2*(4), 292-302. doi: 10.1093/scan/nsm024
- 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*, 558-572.
- Keil, A., Bradley, M. M., Hauk, O., Rockstroh, B., Elbert, T., & Lang, P. J. (2002). Large-scale neural correlates of affective picture processing. *Psychophysiology*, *39*(5), 641-649. doi: 10.1017.S0048577202394162
- Keil, A., Muller, M. M., Gruber, T., Wienbruch, C., Stolarova, M., & Elbert, T. (2001). Effects of emotional arousal in the cerebral hemispheres: a study of oscillatory brain activity and event-related potentials. *Clin Neurophysiol*, *112*(11), 2057-2068.
- Kellough, J. L., & Knight, B. G. (2012). Positivity effects in older adults' perception of facial emotion: the role of future time perspective. *J Gerontol B Psychol Sci Soc Sci*, *67*(2), 150-158. doi: 10.1093/geronb/gbr079
- Kennedy, Q., Mather, M., & Carstensen, L. L. (2004). The role of motivation in the age-related positivity effect in autobiographical memory. *Psychol Sci*, *15*(3), 208-214.
- Kensinger, E. (2008). Age differences in memory for arousing and nonarousing emotional words. *Journal of Gerontology: Psychological Sciences*, *63*, 13-18.
- Kensinger, E., & Schacter, D. L. (2006). Processing emotional pictures and words: effects of valence and arousal. *Cogn Affect Behav Neurosci*, *6*(2), 110-126.
- Kessler, E. M., & Staudinger, U. M. (2009). Affective experience in adulthood and old age: The role of affective arousal and perceived affect regulation. *Psychology and Aging*, *24*, 349-362.
- Kessler, R. C., Foster, C., Webster, P. S., & House, J. S. (1992). The relationship between age and depressive symptoms in two national surveys. *Psychology and Aging*, *7*, 119-126.

- Kim, S., Healey, M. K., Goldstein, D., Hasher, L., & Wiprzycka, U. J. (2008). Age differences in choice satisfaction: a positivity effect in decision making. *Psychol Aging, 23*(1), 33-38. doi: 10.1037/0882-7974.23.1.33
- Kisley, M. A., Wood, S., & Burrows, C. L. . (2007). Looking at the Sunny Side of Life Age-Related Change in an Event-Related Potential Measure of the Negativity Bias. *Psychological Science, 18*(9), 838-843.
- Klein-Koerkamp, Y., Beaudoin, M., Baciú, M., & Hot, P. (2012). Emotional decoding abilities in Alzheimer's disease: a meta-analysis. *J Alzheimers Dis, 32*(1), 109-125. doi: 10.3233/JAD-2012-120553
- Knight, B. G., Maines, M. L., & Robinson, G. S. (2002). The effects of sad mood on memory in older adults: a test of the mood congruence effect. *Psychol Aging, 17*(4), 653-661.
- Knight, M., Seymour, T. L., Gaunt, J. T., Baker, C., Nesmith, K., & Mather, M. (2007). Aging and goal-directed emotional attention: Distraction reverses emotional biases. *Emotion, 7*, 705-714.
- Koenigsberg, H. W., Fan, J., Ochsner, K. N., Liu, X., Guise, K., Pizzarello, S., . . . Siever, L. J. (2010). Neural correlates of using distancing to regulate emotional responses to social situations. *Neuropsychologia, 48*(6), 1813-1822. doi: 10.1016/j.neuropsychologia.2010.03.002
- Kohn, N., Eickhoff, S. B., Scheller, M., Laird, A. R., Fox, P. T., & Habel, U. (2014). Neural network of cognitive emotion regulation--an ALE meta-analysis and MACM analysis. *Neuroimage, 87*, 345-355. doi: 10.1016/j.neuroimage.2013.11.001
- Koole, S. L. . (2008). The psychology of emotion regulation: An integrative review. *Cognition & Emotion, 23*, 4-41.
- Krauth-Gruber, S. (2009). La régulation des émotions. *Revue électronique de Psychologie Sociale, 4*, 32-38.
- Kreibig, S. D. (2010). Autonomic nervous system activity in emotion: a review. *Biol Psychol, 84*(3), 394-421. doi: 10.1016/j.biopsycho.2010.03.010
- Kunzmann, U., Kupperbusch, C. S., & Levenson, R. W. (2005a). Behavioral inhibition and amplification during emotional arousal: a comparison of two age groups. *Psychol Aging, 20*(1), 144-158. doi: 10.1037/0882-7974.20.1.144
- Kunzmann, U., Kupperbusch, C. S., & Levenson, R. W. (2005b). Behavioral inhibition and amplification during emotional arousal: A comparison of two age groups. *Psychology and Aging, 20*, 144-158.
- Kunzmann, U., Little, T. D., & Smith, J. (2000). Is age-related stability of subjective well-being a paradox? Cross-sectional and longitudinal evidence from the Berlin Aging Study. *Psychology and Aging, 15*, 511-526.
- Kwon, Y., Scheibe, S., Samanez-Larkin, G. R., Tsai, J. L., & Carstensen, L. L. (2009). Replicating the positivity effect in picture memory in Koreans: evidence for cross-cultural generalizability. *Psychol Aging, 24*(3), 748-754. doi: 10.1037/a0016054
- LaBar, K. S., Torpey, D. C., Cook, C. A., Johnson, S. R., Warren, L. H., Burke, J. R., & Welsh-Bohmer, K. A. (2005). Emotional enhancement of perceptual priming is preserved in aging and early-stage Alzheimer's disease. *Neuropsychologia, 43*(12), 1824-1837. doi: 10.1016/j.neuropsychologia.2005.01.018
- Labouvie-Vief, G. (2008). When differentiation and negative affect lead to integration and growth. *The American Psychologist, 63*(6), 564-565.
- Labouvie-Vief, G. . (2003). Dynamic integration: affect, cognition, and the self in adulthood. *Current Directions in Psychological Science, 12*(6), 201-206.
- Labouvie-Vief, G., Grünh, D., & Studer, J. (2010). Dynamic Integration of Emotion and Cognition: Equilibrium Regulation in Development and Aging. In R. M. Lerner, M. E. Lamb & A. M. Freund (Eds.), *The Handbook of Life-Span Development*. Hoboken: John Wiley & Sons, Inc.
- Lamar, M., & Resnick, S.M. . (2004). Aging and prefrontal functions: dissociating orbitofrontal and dorsolateral abilities. *Neurobiology of Aging, 25*, 553-558.
- Lang, F. R., & Carstensen, L. L. (2002a). Time counts: Future time perspective, goals, and social relationships. *Psychology and Aging, 17*, 125-139.
- Lang, F. R., & Carstensen, L. L. (2002b). Time counts: future time perspective, goals, and social relationships. *Psychol Aging, 17*(1), 125-139.

- Lang, P. J., Bradley, M. M., & Cuthbert, B. N. (1990). Emotion, attention, and the startle reflex. *Psychological review*, 97(377-395).
- Lang, P. J., Bradley, M. M., & Cuthbert, B. N. (1998a). Emotion and motivation: measuring affective perception. *J Clin Neurophysiol*, 15(5), 397-408.
- Lang, P. J., Bradley, M. M., & Cuthbert, B. N. (1998b). Emotion, motivation, and anxiety: brain mechanisms and psychophysiology. *Biol Psychiatry*, 44(12), 1248-1263.
- Lang, P. J., Bradley, M. M., & Cuthbert, B. N. . (2005). *International affective picture system (IAPS): Affective ratings of pictures and instruction manual*. University of Florida, Gainesville.
- Langeslag, S. J., & van Strien, J. W. (2009). Aging and emotional memory: the co-occurrence of neurophysiological and behavioral positivity effects. *Emotion*, 9(3), 369-377. doi: 10.1037/a0015356
- Langeslag, S. J., & Van Strien, J. W. . (2010). Comparable modulation of the late positive potential by emotion regulation in younger and older adults. *Journal of Psychophysiology*, 24(3), 186-197.
- Lawton, M. P., Kleban, M. H., Rajagopal, D., & Dean, J. (1992). Dimensions of affective experience in three age groups. *Psychology and Aging*, 7, 171-184.
- Lazarus, R. S. , Kanner, A. D., & Filkman, S. . (1980). Emotions: a cognitive-phenomenological analysis. In R. Plutchik & H. Kellerman (Eds.), *Emotion, theory, research, and experience. Vol 1: Theories of emotions* (pp. 189-217). San Diego Academic Press.
- Leclerc, C. M., & Kensinger, E. A. (2008). Age-related differences in medial prefrontal activation in response to emotional images. *Cogn Affect Behav Neurosci*, 8(2), 153-164.
- Leclerc, C. M., & Kensinger, E. A. (2011). Neural processing of emotional pictures and words: a comparison of young and older adults. *Dev Neuropsychol*, 36(4), 519-538. doi: 10.1080/87565641.2010.549864
- LeDoux, J. (1996). *The Emotional Brain: The Mysterious Underpinnings of Emotional Life*. New York: Simon & Schuster.
- LeDoux, J. E. (1994). Emotional processing, but not emotions, can occur unconsciously. In P. Ekman & R. J. Davidson (Eds.), *The nature of emotion: Fundamental questions* (pp. 291-293). New York: Oxford University Press.
- Lee, L. O., & Knight, B. G. (2009). Attentional bias for threat in older adults: moderation of the positivity bias by trait anxiety and stimulus modality. *Psychol Aging*, 24(3), 741-747. doi: 10.1037/a0016409
- Leigland, L. A., Schulz, L. E., & Janowsky, J. S. (2004). Age related changes in emotional memory. *Neurobiol Aging*, 25(8), 1117-1124. doi: 10.1016/j.neurobiolaging.2003.10.015
- Leventhal, A. G., Rodieck, R. W., & Dreher, B. (1985). Central projections of cat retinal ganglion cells. *J Comp Neurol*, 237(2), 216-226. doi: 10.1002/cne.902370206
- Levesque, J., Joanette, Y., Mensour, B., Beaudoin, G., Leroux, J. M., Bourgouin, P., & Beauregard, M. (2003). Neural correlates of sad feelings in healthy girls. *Neuroscience*, 121(3), 545-551.
- Levy, R., & Goldman-Rakic, P. S. (2000). Segregation of working memory functions within the dorsolateral prefrontal cortex. *Exp Brain Res*, 133(1), 23-32. doi: 10.1007/s002210000397
- Lieberman, M. D., Hariri, A., Jarcho, J. M., Eisenberger, N. I., & Bookheimer, S. Y. (2005). An fMRI investigation of race-related amygdala activity in African-American and Caucasian-American individuals. *Nat Neurosci*, 8(6), 720-722. doi: 10.1038/nn1465
- Lindquist, K. A., Wager, T. D., Kober, H., Bliss-Moreau, E., & Barrett, L. F. (2012). The brain basis of emotion: a meta-analytic review. *Behav Brain Sci*, 35(3), 121-143. doi: 10.1017/S0140525X11000446
- Lithari, C., Frantzidis, C. A., Papadelis, C., Vivas, A. B., Klados, M. A., Kourtidou-Papadeli, C., . . . Bamidis, P. D. (2010). Are females more responsive to emotional stimuli? A neurophysiological study across arousal and valence dimensions. *Brain Topogr*, 23(1), 27-40. doi: 10.1007/s10548-009-0130-5
- Littlewort, G., Whitehill, J., Wu, T., Fasel, I., Frank, M., Movellan, J., & Bartlett, M. . (2011). *The computer expression recognition toolbox (CERT)*. Paper presented at the Automatic Face & Gesture Recognition and Workshops (FG 2011), 2011 IEEE International Conference.

- Lockenhoff, C. E., & Carstensen, L. L. (2007). Aging, emotion, and health-related decision strategies: motivational manipulations can reduce age differences. *Psychol Aging, 22*(1), 134-146. doi: 10.1037/0882-7974.22.1.134
- Logan, J. M., Sanders, A. L., Snyder, A. Z., Morris, J. C., & Buckner, R. L. (2002). Under-recruitment and nonselective recruitment: dissociable neural mechanisms associated with aging. *Neuron, 33*(5), 827-840.
- Lohani, M., & Isaacowitz, D. M. (2014). Age differences in managing response to sadness elicitors using attentional deployment, positive reappraisal and suppression. *Cogn Emot, 28*(4), 678-697. doi: 10.1080/02699931.2013.853648
- Lundqvist, D., Flykt, A., & Öhman, A. . (1998). *The Karolinska Directed Emotional Faces - KDEF, CD ROM from Department of Clinical Neuroscience, Psychology section, Karolinska Institutet, ISBN 91-630-7164-9.*
- MacKay, D. G., Shafto, M. , Taylor, J. K., Marian, D. E., Abrams, L. , & Dyer, J. R. . (2004). Relations between emotion, memory, and attention: evidence from taboo stroop, lexical decision, and immediate memory tasks. *Memory & cognition, 32*(3), 474-488.
- MacLeod, C., Mathews, A., & Tata, P. (1986). Attentional bias in emotional disorders. *J Abnorm Psychol, 95*(1), 15-20.
- 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*, 598-609.
- MacPherson, S.E., Phillips, L.H., & Della Sala, S. . (2006). Age-related differences in the ability to perceive sad facial expressions. *Aging Clinical and Experimental Research, 18*, 418-424.
- Madden, D. J., Gottlob, L. R., Denny, L. L., Turkington, T. G., Provenzale, J. M., Hawk, T. C., & Coleman, R. E. (1999). Aging and recognition memory: changes in regional cerebral blood flow associated with components of reaction time distributions. *J Cogn Neurosci, 11*(5), 511-520.
- Magai, C., Consedine, N. S., Krivoshekova, Y. S., Kudadjie-Gyamfi, E., & McPherson, R. . (2006). Emotion experience and expression across the adult life span: Insights from a multimodal assessment study. *Psychology and Aging, 21*, 303-317.
- Magai, C., Consedine, N. S., Krivoshekova, Y. S., Kudajie-Gyamfi, E., & McPherson, R. (2006). Emotion experience and expression across the adult life span: Insights from a multimodal assessment study. *Psychology and Aging, 21*, 303-317.
- Maguire, E. A., & Frith, C. D. (2003). Aging affects the engagement of the hippocampus during autobiographical memory retrieval. *Brain, 126*(Pt 7), 1511-1523. doi: 10.1093/brain/awg157
- Masters, J. C. (1991). Strategies and mechanisms for the personal and social control of emotion. In J. Garber & K. A. Dodge (Eds.), *The development of emotion regulation and dysregulation* (pp. 182-207). Cambridge: Cambridge University Press.
- Mather, M. (2004). Aging and emotional memory. In R. D. & H. P. (Eds.), *Memory and Emotion* (pp. 272-307): Oxford University Press.
- Mather, M. (2012). The emotion paradox in the aging brain. *Ann N Y Acad Sci, 1251*, 33-49. doi: 10.1111/j.1749-6632.2012.06471.x
- Mather, M., Canli, T., English, T., Whitfield, S., Wais, P., Ochsner, K., . . . Carstensen, L. L. (2004). Amygdala responses to emotionally valenced stimuli in older and younger adults. *Psychol Sci, 15*(4), 259-263. doi: 10.1111/j.0956-7976.2004.00662.x
- Mather, M., & Carstensen, L. L. (2003). Aging and attentional biases for emotional faces. *Psychological Science, 14*, 409-415.
- Mather, M., & Carstensen, L. L. (2005). Aging and motivated cognition: the positivity effect in attention and memory. *Trends Cogn Sci, 9*(10), 496-502. doi: 10.1016/j.tics.2005.08.005
- Mather, M., & Knight, M. (2005). Goal-directed memory: the role of cognitive control in older adults' emotional memory. *Psychol Aging, 20*(4), 554-570. doi: 10.1037/0882-7974.20.4.554

- Mathieu, N. G., Gentaz, E., Harquel, S., Vercueil, L., Chauvin, A., Bonnet, S., & Campagne, A. (2014). Brain processing of emotional scenes in aging: effect of arousal and affective context. *PLoS One*, *9*(6), e99523. doi: 10.1371/journal.pone.0099523
- Mauss, I. B., Bunge, S. A., & Gross, J. J. (2007). Automatic emotion regulation. *Social and Personality Psychology Compass*, *1*(1), 146-167.
- Mauss, I. B., Cook, C. L., & Gross, J. J. (2007). Automatic emotion regulation during anger provocation. *Journal of Experimental Social Psychology*, *43*(5), 698-711.
- Mayer, J. D., & Salovey, P. (1995). Emotional intelligence and the construction and regulation of feelings. *Applied and Preventive Psychology*, *4*, 197-208.
- McGaugh, J. L. (2013). Making lasting memories: remembering the significant. *Proc Natl Acad Sci U S A*, *110* Suppl 2, 10402-10407. doi: 10.1073/pnas.1301209110
- McRae, K., Hughes, B., Chopra, S., Gabrieli, J. D., Gross, J. J., & Ochsner, K. N. (2010). The neural bases of distraction and reappraisal. *J Cogn Neurosci*, *22*(2), 248-262. doi: 10.1162/jocn.2009.21243
- Mikels, J. A., Larkin, G. R., Reuter-Lorenz, P. A., & Cartensen, L. L. (2005). Divergent trajectories in the aging mind: changes in working memory for affective versus visual information with age. *Psychol Aging*, *20*(4), 542-553. doi: 10.1037/0882-7974.20.4.542
- Mitchell, D. G., Nakic, M., Fridberg, D., Kamel, N., Pine, D. S., & Blair, R. J. (2007). The impact of processing load on emotion. *Neuroimage*, *34*(3), 1299-1309. doi: 10.1016/j.neuroimage.2006.10.012
- Mogg, K., & Bradley, B. P. (1999). Orienting of attention to threatening facial expressions presented under conditions of restricted awareness. *Cognition & Emotion*, *13*(6), 713-740.
- Moors, A., & De Houwer, J. (2006). Automaticity: a theoretical and conceptual analysis. *Psychol Bull*, *132*(2), 297-326. doi: 10.1037/0033-2909.132.2.297
- Morcom, A. M., Good, C. D., Frackowiak, R. S., & Rugg, M. D. (2003). Age effects on the neural correlates of successful memory encoding. *Brain*, *126*(Pt 1), 213-229.
- Morris, J. S., DeGelder, B., Weiskrantz, L., & Dolan, R. J. (2001). Differential extrageniculostriate and amygdala responses to presentation of emotional faces in a cortically blind field. *Brain*, *124*(Pt 6), 1241-1252.
- Morris, J. S., Ohman, A., & Dolan, R. J. (1998). Conscious and unconscious emotional learning in the human amygdala. *Nature*, *393*(6684), 467-470. doi: 10.1038/30976
- Morris, J. S., Ohman, A., & Dolan, R. J. (1999). A subcortical pathway to the right amygdala mediating "unseen" fear. *Proc Natl Acad Sci U S A*, *96*(4), 1680-1685.
- Moser, J. S., Hajcak, G., Bukay, E., & Simons, R. F. (2006). Intentional modulation of emotional responding to unpleasant pictures: an ERP study. *Psychophysiology*, *43*(3), 292-296. doi: 10.1111/j.1469-8986.2006.00402.x
- Mroczek, D. K., & Kolarz, C. M. (1998). The effect of age on positive and negative affect: A developmental perspective on happiness. *Journal of Personality and Social Psychology*, *75*, 1333-1349.
- Murphy, F. C., Nimmo-Smith, I., & Lawrence, A. D. (2003). Functional neuroanatomy of emotions: a meta-analysis. *Cogn Affect Behav Neurosci*, *3*(3), 207-233.
- Murphy, N. A., & Isaacowitz, D. M. (2008). Preferences for emotional information in older and younger adults: a meta-analysis of memory and attention tasks. *Psychol Aging*, *23*(2), 263-286. doi: 10.1037/0882-7974.23.2.263
- Murty, V. P., Sambataro, F., Das, S., Tan, H. Y., Callicott, J. H., Goldberg, T. E., . . . Mattay, V. S. (2009). Age-related alterations in simple declarative memory and the effect of negative stimulus valence. *J Cogn Neurosci*, *21*(10), 1920-1933. doi: 10.1162/jocn.2009.21130
- Narme, P., Peretz, I., Strub, M. L., & Ergis, A. M. (2016). Emotion Effects on Implicit and Explicit Musical Memory in Normal Aging. *Psychol Aging*. doi: 10.1037/pag0000116
- Nashiro, K., Sakaki, M., & Mather, M. (2012). Age differences in brain activity during emotion processing: reflections of age-related decline or increased emotion regulation? *Gerontology*, *58*(2), 156-163. doi: 10.1159/000328465

- Neath-Tavares, K. N., & Itier, R. J. (2016). Neural processing of fearful and happy facial expressions during emotion-relevant and emotion-irrelevant tasks: A fixation-to-feature approach. *Biol Psychol*, *119*, 122-140. doi: 10.1016/j.biopsycho.2016.07.013
- Neupert, S. D., Almeida, D. M., & Charles, S. T. (2007). Age differences in reactivity to daily stressors: the role of personal control. *J Gerontol B Psychol Sci Soc Sci*, *62*(4), P216-225.
- Nielson, K. A., Langenecker, S. A., & Garavan, H. (2002). Differences in the functional neuroanatomy of inhibitory control across the adult life span. *Psychol Aging*, *17*(1), 56-71.
- Nieuwenhuis, S., Aston-Jones, G., & Cohen, J. D. (2005). Decision making, the P3, and the locus coeruleus-norepinephrine system. *Psychol Bull*, *131*(4), 510-532. doi: 10.1037/0033-2909.131.4.510
- Nummenmaa, L., Hyona, J., & Calvo, M. G. (2006). Eye movement assessment of selective attentional capture by emotional pictures. *Emotion*, *6*(2), 257-268. doi: 10.1037/1528-3542.6.2.257
- O'Brien, E., & Ellsworth, P. C. (2012). Saving the last for best: a positivity bias for end experiences. *Psychol Sci*, *23*(2), 163-165. doi: 10.1177/0956797611427408
- Ochsner, K. N. (2000). Are affective events richly recollected or simply familiar? The experience and process of recognizing feelings past. *Journal of Experimental Psychology* *129*, 242-261.
- Ochsner, K. N., Bunge, S. A., Gross, J. J., & Gabrieli, J. D. (2002). Rethinking feelings: an fMRI study of the cognitive regulation of emotion. *J Cogn Neurosci*, *14*(8), 1215-1229. doi: 10.1162/089892902760807212
- Ochsner, K. N., & Gross, J. J. (2005). The cognitive control of emotion. *Trends Cogn Sci*, *9*(5), 242-249. doi: 10.1016/j.tics.2005.03.010
- Ochsner, K. N., Ray, R. D., Cooper, J. C., Robertson, E. R., Chopra, S., Gabrieli, J. D., & Gross, J. J. (2004). For better or for worse: neural systems supporting the cognitive down- and up-regulation of negative emotion. *Neuroimage*, *23*(2), 483-499. doi: 10.1016/j.neuroimage.2004.06.030
- Ochsner, K. N., Silvers, J. A., & Buhle, J. T. (2012). Functional imaging studies of emotion regulation: a synthetic review and evolving model of the cognitive control of emotion. *Ann N Y Acad Sci*, *1251*, E1-24. doi: 10.1111/j.1749-6632.2012.06751.x
- Ohman, A., Flykt, A., & Esteves, F. (2001). Emotion drives attention: detecting the snake in the grass. *J Exp Psychol Gen*, *130*(3), 466-478.
- Olofsson, J. K., Nordin, S., Sequeira, H., & Polich, J. (2008). Affective picture processing: an integrative review of ERP findings. *Biol Psychol*, *77*(3), 247-265. doi: 10.1016/j.biopsycho.2007.11.006
- Olofsson, J. K., & Polich, J. (2007). Affective visual event-related potentials: arousal, repetition, and time-on-task. *Biol Psychol*, *75*(1), 101-108. doi: 10.1016/j.biopsycho.2006.12.006
- Opitz, P. C., Cavanagh, S. R., & Urry, H. L. (2015). Uninstructed emotion regulation choice in four studies of cognitive reappraisal. *Personality and Individual Differences*, *86*, 455-464.
- Opitz, P. C., Rauch, L. C., Terry, D. P., & Urry, H. L. (2012). Prefrontal mediation of age differences in cognitive reappraisal. *Neurobiol Aging*, *33*(4), 645-655. doi: 10.1016/j.neurobiolaging.2010.06.004
- Orgeta, V. (2011). Avoiding threat in late adulthood: testing two life span theories of emotion. *Exp Aging Res*, *37*(4), 449-472. doi: 10.1080/0361073X.2011.590759
- Palmore, E., & Cleveland, W. (1976). Aging, terminal decline, and terminal drop. *Journal of Gerontology*, *31*, 76-81.
- Palomba, D., Angrilli, A., & Mini, A. (1997). Visual evoked potentials, heart rate responses and memory to emotional pictorial stimuli. *Int J Psychophysiol*, *27*(1), 55-67.
- Patel, S. H., & Azzam, P. N. (2005). Characterization of N200 and P300: selected studies of the Event-Related Potential. *Int J Med Sci*, *2*(4), 147-154.
- Paul, S., Simon, D., Kniesche, R., Kathmann, N., & Endrass, T. (2013). Timing effects of antecedent- and response-focused emotion regulation strategies. *Biol Psychol*, *94*(1), 136-142. doi: 10.1016/j.biopsycho.2013.05.019

- Persson, J., Nyberg, L., Lind, J., Larsson, A., Nilsson, L. G., Ingvar, M., & Buckner, R. L. (2006). Structure-function correlates of cognitive decline in aging. *Cereb Cortex*, *16*(7), 907-915. doi: 10.1093/cercor/bhj036
- Pessoa, L., & Adolphs, R. (2010). Emotion processing and the amygdala: from a 'low road' to 'many roads' of evaluating biological significance. *Nat Rev Neurosci*, *11*(11), 773-783. doi: 10.1038/nrn2920
- Pessoa, L., McKenna, M., Gutierrez, E., & Ungerleider, L. G. (2002). Neural processing of emotional faces requires attention. *Proc Natl Acad Sci U S A*, *99*(17), 11458-11463. doi: 10.1073/pnas.172403899
- Phan, K.L., Wager, T., Taylor, S.F., & Liberzon, I. . (2002). Functional neuroanatomy of emotion: a meta-analysis of emotion activation studies in PET and fMRI. *Neuroimage*, *16*, 331-348.
- Phillips, L. H., Henry, J. D., Hosie, J. A., & Milne, A. B. (2008). Effective regulation of the experience and expression of negative affect in old age. *Journals of Gerontology Series B: Psychological Sciences and Social Sciences*, *63*, 138-145.
- Phillips, L. H., Maclean, R.D.J., & Allen, R. . (2002). Age and the understanding of emotions: neuropsychological and socio-cognitive perspectives. *Journals of Gerontology Series B: Psychological Sciences and Social Sciences*, *57B*, 526-530.
- Phillips, M. L., Drevets, W. C., Rauch, S. L., & Lane, R. (2003). Neurobiology of emotion perception I: The neural basis of normal emotion perception. *Biol Psychiatry*, *54*(5), 504-514.
- Phillips, M. L., Ladouceur, C. D., & Drevets, W. C. (2008). A neural model of voluntary and automatic emotion regulation: implications for understanding the pathophysiology and neurodevelopment of bipolar disorder. *Mol Psychiatry*, *13*(9), 829, 833-857. doi: 10.1038/mp.2008.65
- Phillips, M. L., Williams, L. M., Heining, M., Herba, C. M., Russell, T., Andrew, C., . . . Gray, J. A. (2004). Differential neural responses to overt and covert presentations of facial expressions of fear and disgust. *Neuroimage*, *21*(4), 1484-1496.
- Piguet, O., Connally, E., Krendl, A. C., Huot, J. R., & Corkin, S. (2008). False memory in aging: effects of emotional valence on word recognition accuracy. *Psychol Aging*, *23*(2), 307-314. doi: 10.1037/0882-7974.23.2.307
- Pinquart, M., & Silbereisen, R. K. (2006). Socioemotional selectivity in cancer patients. *Psychol Aging*, *21*(2), 419-423. doi: 10.1037/0882-7974.21.2.419
- Polich, J. (2007). Updating P300: an integrative theory of P3a and P3b. *Clin Neurophysiol*, *118*(10), 2128-2148. doi: 10.1016/j.clinph.2007.04.019
- Pourtois, G., Schettino, A., & Vuilleumier, P. (2013). Brain mechanisms for emotional influences on perception and attention: what is magic and what is not. *Biol Psychol*, *92*(3), 492-512. doi: 10.1016/j.biopsycho.2012.02.007
- Pourtois, G., Spinelli, L., Seeck, M., & Vuilleumier, P. (2010). Modulation of face processing by emotional expression and gaze direction during intracranial recordings in right fusiform cortex. *J Cogn Neurosci*, *22*(9), 2086-2107. doi: 10.1162/jocn.2009.21404
- Pourtois, G., Thut, G., Grave de Peralta, R., Michel, C., & Vuilleumier, P. (2005). Two electrophysiological stages of spatial orienting towards fearful faces: early temporo-parietal activation preceding gain control in extrastriate visual cortex. *Neuroimage*, *26*(1), 149-163. doi: 10.1016/j.neuroimage.2005.01.015
- Pruzan, K., & Isaacowitz, D. M. . (2006). An attentional application of socioemotional selectivity theory in college students. *Social Development*, *15*(2), 326-338.
- Rajah, M. N., & D'Esposito, M. . (2005). Region-specific changes in prefrontal function with age: a review of PET and fMRI studies on working and episodic memory. *Brain*, *128*, 1964-1983.
- Raz, N. (2000). Aging of the brain and its impact on cognitive performance: integration of structural and functional findings. In S. T. Craik FMI (Ed.), *The handbook of aging and cognition* (pp. 1-90). Mahwah: Erlbaum.
- Raz, N., Gunning-Dixon, F., Head, D., Rodrigue, K. M., Williamson, A., & Acker, J. D. (2004). Aging, sexual dimorphism, and hemispheric asymmetry of the cerebral cortex: replicability of

- regional differences in volume. *Neurobiol Aging*, 25(3), 377-396. doi: 10.1016/S0197-4580(03)00118-0
- Raz, N., Lindenberger, U., Rodrigue, K. M., Kennedy, K. M., Head, D., Williamson, A., . . . Acker, J. D. (2005). Regional brain changes in aging healthy adults: general trends, individual differences and modifiers. *Cereb Cortex*, 15(11), 1676-1689. doi: 10.1093/cercor/bhi044
- Reed, A. E., & Carstensen, L. L. (2012). The theory behind the age-related positivity effect. *Front Psychol*, 3, 339. doi: 10.3389/fpsyg.2012.00339
- Reed, A. E., Chan, L., & Mikels, J. A. (2014). Meta-analysis of the age-related positivity effect: age differences in preferences for positive over negative information. *Psychol Aging*, 29(1), 1-15. doi: 10.1037/a0035194
- Reuter-Lorenz, P. A., & Cappell, K. . (2008). Neurocognitive aging and the compensation hypothesis. *Current Directions in Psychological Science*, 18, 177-182.
- Reuter-Lorenz, P. A., Jonides, J., Smith, E. E., Hartley, A., Miller, A., Marshuetz, C., & Koeppel, R. A. (2000). Age differences in the frontal lateralization of verbal and spatial working memory revealed by PET. *J Cogn Neurosci*, 12(1), 174-187.
- Reuter-Lorenz, P. A., & Lustig, C. (2005). Brain aging: reorganizing discoveries about the aging mind. *Curr Opin Neurobiol*, 15(2), 245-251. doi: 10.1016/j.conb.2005.03.016
- Reuter-Lorenz, P. A., & Park, D. C. (2010). Human neuroscience and the aging mind: a new look at old problems. *J Gerontol B Psychol Sci Soc Sci*, 65(4), 405-415. doi: 10.1093/geronb/gbq035
- Richards, J., & Gross, J. . (1999). Composure at any cost? The cognitive consequences of emotion suppression. *Personality and Social Psychology Bulletin*, 25, 1033-1044.
- Ritchey, M., Bessette-Symons, B., Hayes, S. M., & Cabeza, R. (2011). Emotion processing in the aging brain is modulated by semantic elaboration. *Neuropsychologia*, 49(4), 640-650. doi: 10.1016/j.neuropsychologia.2010.09.009
- Roalf, D. R., Pruis, T. A., Stevens, A. A., & Janowsky, J. S. (2011). More is less: emotion induced prefrontal cortex activity habituates in aging. *Neurobiol Aging*, 32(9), 1634-1650. doi: 10.1016/j.neurobiolaging.2009.10.007
- Rosler, A., Ulrich, C., Billino, J., Sterzer, P., Weidauer, S., Bernhardt, T., . . . Kleinschmidt, A. (2005). Effects of arousing emotional scenes on the distribution of visuospatial attention: changes with aging and early subcortical vascular dementia. *J Neurol Sci*, 229-230, 109-116. doi: 10.1016/j.jns.2004.11.007
- Rothermund, K., & Brandtstadter, J. (2003). Coping with deficits and losses in later life: from compensatory action to accommodation. *Psychol Aging*, 18(4), 896-905. doi: 10.1037/0882-7974.18.4.896
- Rovenpor, D. R., Skogsberg, N. J., & Isaacowitz, D. M. (2013). The choices we make: an examination of situation selection in younger and older adults. *Psychol Aging*, 28(2), 365-376. doi: 10.1037/a0030450
- 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. *Neurosci Biobehav Rev*, 32(4), 863-881. doi: 10.1016/j.neubiorev.2008.01.001
- Russell, J. A. (2003). Core affect and the psychological construction of emotion. *Psychol Rev*, 110(1), 145-172.
- Sabatinelli, D., Bradley, M. M., Fitzsimmons, J. R., & Lang, P. J. (2005). Parallel amygdala and inferotemporal activation reflect emotional intensity and fear relevance. *Neuroimage*, 24(4), 1265-1270. doi: 10.1016/j.neuroimage.2004.12.015
- Salthouse, T. A. (2000). *Steps towards the explanation of adult age differences in cognition*: Open University Press, Oxford.
- Salthouse, T. A. (2010). Selective review of cognitive aging. *J Int Neuropsychol Soc*, 16(5), 754-760. doi: 10.1017/S1355617710000706
- Salthouse, T. A. (2011). Neuroanatomical substrates of age-related cognitive decline. *Psychol Bull*, 137(5), 753-784. doi: 10.1037/a0023262

- 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*, 566-594.
- Samanez-Larkin, G. R., & Carstensen, L. L. (2011). Socioemotional functioning and the aging brain. In J. Decety & J. T. Cacioppo (Eds.), *The Oxford Handbook of Social Neuroscience* (pp. 507-521). New York: Oxford University Press.
- Sander, D., Grafman, J., & Zalla, T. (2003). The human amygdala: an evolved system for relevance detection. *Rev Neurosci*, *14*(4), 303-316.
- Sander, D., & Scherer, K. R. (2009). *Traité de psychologie des émotions*. Paris Dunod.
- Sass, S. M., Heller, W., Stewart, J. L., Silton, R. L., Edgar, J. C., Fisher, J. E., & Miller, G. A. (2010). Time course of attentional bias in anxiety: emotion and gender specificity. *Psychophysiology*, *47*(2), 247-259. doi: 10.1111/j.1469-8986.2009.00926.x
- Sava, A. A., & Chainay, H. . (2013). Effets des émotions sur la mémoire dans la maladie d'Alzheimer et le vieillissement normal. *Revue de neuropsychologie*, *5*(4), 255-263.
- Sava, A. A., Paquet, C., Krolak-Salmon, P., Dumurgier, J., Hugon, J., & Chainay, H. (2015). Emotional memory enhancement in respect of positive visual stimuli in Alzheimer's disease emerges after rich and deep encoding. *Cortex*, *65*, 89-101. doi: 10.1016/j.cortex.2015.01.002
- Schachter, S., & Singer, J. E. (1962). Cognitive, social, and physiological determinants of emotional state. *Psychol Rev*, *69*, 379-399.
- Schacter, D. L. (1997). The cognitive neuroscience of memory: perspectives from neuroimaging research. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci*, *352*(1362), 1689-1695. doi: 10.1098/rstb.1997.0150
- Schaefer, A., Collette, F., Philippot, P., van der Linden, M., Laureys, S., Delfiore, G., . . . Salmon, E. (2003). Neural correlates of "hot" and "cold" emotional processing: a multilevel approach to the functional anatomy of emotion. *Neuroimage*, *18*(4), 938-949.
- Schaefer, A., Nils, F., Sanchez, X., & Philippot, P. . (2010). Assessing the effectiveness of a large database of emotion-eliciting films: A new tool for emotion researchers. *Cognition and Emotion*, *24*(7), 1153-1172.
- Scheibe, S., Sheppes, G., & Staudinger, U. M. (2015). Distract or Reappraise? Age-Related Differences in Emotion-Regulation Choice. *Emotion*. doi: 10.1037/a0039246
- Scherer, K. R. (2009). Emotions are emergent processes: they require a dynamic computational architecture. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci*, *364*(1535), 3459-3474. doi: 10.1098/rstb.2009.0141
- Scheuerecker, J., Frodl, T., Koutsouleris, N., Zetsche, T., Wiesmann, M., Kleemann, A. M., . . . Meisenzahl, E. M. (2007). Cerebral differences in explicit and implicit emotional processing--an fMRI study. *Neuropsychobiology*, *56*(1), 32-39. doi: 10.1159/000110726
- Schiller, P. H., Malpeli, J. G., & Schein, S. J. (1979). Composition of geniculostriate input of superior colliculus of the rhesus monkey. *J Neurophysiol*, *42*(4), 1124-1133.
- Schmitter-Edgecombe, M. (1999). Effects of divided attention and time course on automatic and controlled components of memory in older adults. *Psychol Aging*, *14*(2), 331-345.
- Schonfelder, S., Kanske, P., Heissler, J., & Wessa, M. (2014). Time course of emotion-related responding during distraction and reappraisal. *Soc Cogn Affect Neurosci*, *9*(9), 1310-1319. doi: 10.1093/scan/nst116
- Schupp, H. T., Cuthbert, B., Bradley, M., Hillman, C., Hamm, A., & Lang, P. . (2004). Brain processes in emotional perception: Motivated attention. *Cognition & Emotion*, *18*(5), 593-611.
- Schupp, H. T., Cuthbert, B. N., Bradley, M. M., Cacioppo, J. T., Ito, T., & Lang, P. J. . (2000). Affective picture processing: The late positive potential is modulated by motivational relevance. *Psychophysiology*, *37*, 257-261.
- Schupp, H. T., Flaisch, T., Stockburger, J., & Junghofer, M. (2006). Emotion and attention: event-related brain potential studies. *Prog Brain Res*, *156*, 31-51. doi: 10.1016/S0079-6123(06)56002-9
- Schupp, H. T., Junghofer, M., Weike, A. I., & Hamm, A. O. (2003a). Emotional facilitation of sensory processing in the visual cortex. *Psychol Sci*, *14*(1), 7-13.

- Schupp, H. T., Ohman, A., Junghofer, M., Weike, A. I., Stockburger, J., & Hamm, A. O. (2004). The facilitated processing of threatening faces: an ERP analysis. *Emotion, 4*(2), 189-200. doi: 10.1037/1528-3542.4.2.189
- Sergerie, K., Chochol, C., & Armony, J. L. (2008). The role of the amygdala in emotional processing: a quantitative meta-analysis of functional neuroimaging studies. *Neurosci Biobehav Rev, 32*(4), 811-830. doi: 10.1016/j.neubiorev.2007.12.002
- Shaw, P., Bramham, J., Lawrence, E. J., Morris, R., Baron-Cohen, S., & David, A. S. (2005). Differential effects of lesions of the amygdala and prefrontal cortex on recognizing facial expressions of complex emotions. *J Cogn Neurosci, 17*(9), 1410-1419. doi: 10.1162/0898929054985491
- Sheppes, G., & Meiran, N. (2008). Divergent cognitive costs for online forms of reappraisal and distraction. *Emotion, 8*(6), 870-874. doi: 10.1037/a0013711
- Shiota, M. N., & Levenson, R. W. (2009). Effects of aging on experimentally instructed detached reappraisal, positive reappraisal, and emotional behavior suppression. *Psychol Aging, 24*(4), 890-900. doi: 10.1037/a0017896
- Simon, D., Craig, K.D., Miltner, W.H.R., & Rainville, P. . (2006). Brain responses to dynamic facial expressions of pain. *Pain, 126*, 309-318.
- Small, B. J., Hertzog, C., Hulstsch, D. F., & Dixon, R. A. (2003). Stability and change in adult personality over 6 years: Findings from the Victoria Longitudinal Study. *Journals of Gerontology, Series B: Psychological Sciences and Social Sciences, 58*, 166-176.
- Small, D. M., Gregory, M. D., Mak, Y. E., Gitelman, D., Mesulam, M. M., & Parrish, T. (2003). Dissociation of neural representation of intensity and affective valuation in human gustation. *Neuron, 39*(4), 701-711.
- Smith, D. P., Hillman, C. H., & Duley, A. R. (2005). Influences of age on emotional reactivity during picture processing. *J Gerontol B Psychol Sci Soc Sci, 60*(1), P49-56.
- Smith, J., & Baltes, P. B. . (1993). Differential psychological aging: Profiles of the old and very old. *Ageing and Society, 13*, 551-587.
- Smith, N. K., Cacioppo, J. T., Larsen, J. T., & Chartrand, T. L. (2003). May I have your attention, please: electrocortical responses to positive and negative stimuli. *Neuropsychologia, 41*(2), 171-183.
- Sommer, T., Glascher, J., Moritz, S., & Buchel, C. (2008). Emotional enhancement effect of memory: removing the influence of cognitive factors. *Learn Mem, 15*(8), 569-573. doi: 10.1101/lm.995108
- Spaniol, J., Voss, A., & Grady, C. L. (2008). Aging and emotional memory: cognitive mechanisms underlying the positivity effect. *Psychol Aging, 23*(4), 859-872. doi: 10.1037/a0014218
- Spreckelmeyer, K. N., Kutas, M., Urbach, T. P., Altenmuller, E., & Munte, T. F. (2006). Combined perception of emotion in pictures and musical sounds. *Brain Res, 1070*(1), 160-170. doi: 10.1016/j.brainres.2005.11.075
- Sprengelmeyer, R., & Jentzsch, I. . (2006). Event related potentials and the perceptions and the perception of intensity in facial expressions. *Neuropsychologia, 44*, 2899-2906.
- Srivastava, S., John, O. P., Gosling, S. D., & Potter, J. (2003). Development of personality in early and middle adulthood: Set like plaster or persistent change? *Journal of Personality and Social Psychology, 84*, 1041-1053.
- St Jacques, P., Bessette-Symons, B., & Cabeza, R. (2009). Functional neuroimaging studies of aging and emotion: fronto-amygdalar differences during emotional perception and episodic memory. *J Int Neuropsychol Soc, 15*(6), 819-825. doi: 10.1017/S1355617709990439
- St Jacques, P., Dolcos, F., & Cabeza, R. (2010a). Effects of aging on functional connectivity of the amygdala during negative evaluation: a network analysis of fMRI data. *Neurobiol Aging, 31*(2), 315-327. doi: 10.1016/j.neurobiolaging.2008.03.012
- St Jacques, P., Dolcos, F., & Cabeza, R. . (2010b). Effects of aging on functional connectivity of the amygdala during negative evaluation: a network analysis of fMRI data. *Neurobiology of Aging, 31*, 315-327.

- Stacey, C. A., & Gatz, M. (1991). Cross-sectional age differences and longitudinal change on the Bradburn Affect Balance Scale. *Journals of Gerontology, Series B: Psychological Sciences and Social Sciences*, *46*, 76-78.
- Staub, B., Doignon-Camus, N., Marques-Carneiro, J. E., Bacon, E., & Bonnefond, A. . (2015). Age-related differences in the use of automatic and controlled processes in a situation of sustained attention. *Neuropsychologia*, *75*, 607-616.
- Stebbins, G. T., Carrillo, M. C., Dorfman, J., Dirksen, C., Desmond, J. E., Turner, D. A., . . . Gabrieli, J. D. (2002). Aging effects on memory encoding in the frontal lobes. *Psychol Aging*, *17*(1), 44-55.
- Stone, A. A., Schwartz, J. E., Broderick, J. E., & Deaton, A. (2010). A snapshot of the age distribution of psychological well-being in the United States. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *107*, 9985-9990.
- Streubel, B., & Kunzmann, U. (2011). Age differences in emotional reactions: arousal and age-relevance count. *Psychol Aging*, *26*(4), 966-978. doi: 10.1037/a0023424
- Sullivan, S., & Ruffman, T. . (2004). Emotion recognition deficits in the elderly. *International Journal of Neurosciences*, *114*, 403-432.
- Sullivan, S., Ruffman, T., & Hutton, S.B. . (2007). Age differences in emotion recognition skills and the visual scanning of emotion faces. *Journals of Gerontology Series B: Psychological Sciences and Social Sciences*, *B62*, 53-60.
- Suzuki, A., Hoshino, T., Shigemasu, K., & Kawamura, M. . (2007). Decline or improvement? Age – related differences in facial expression recognition. *Biological Psychology*, *74*, 75-84.
- Swanberg, M. M., Tractenberg, R. E., Mohs, R., Thal, L. J., & Cummings, J. L. . (2004). Executive dysfunction in Alzheimer disease. *Archives of Neurology*, *61*(4), 556-560.
- Tabei, K. (2015). Inferior Frontal Gyrus Activation Underlies the Perception of Emotions, While Precuneus Activation Underlies the Feeling of Emotions during Music Listening. *Behav Neurol*, *2015*, 529043. doi: 10.1155/2015/529043
- Tamietto, M., & de Gelder, B. (2010). Neural bases of the non-conscious perception of emotional signals. *Nat Rev Neurosci*, *11*(10), 697-709. doi: 10.1038/nrn2889
- Tamir, M. (2009). What do people want to feel and why? Pleasure and utility in emotion regulation. *Current Directions in Psychological Science*, *18*, 101-105.
- Teachman, B. A. (2006). Aging and negative affect: the rise and fall and rise of anxiety and depression symptoms. *Psychology and aging*, *21*(1), 201-207.
- Teachman, B. A., Siedlecki, K. L., & Magee, J. C. (2007). Aging and symptoms of anxiety and depression: Structural invariance of the tripartite model. *Psychology and Aging*, *22*(1), 160.
- Tessitore, A., Hariri, A. R., Fera, F., Smith, W. G., Das, S., Weinberger, D. R., & Mattay, V. S. (2005). Functional changes in the activity of brain regions underlying emotion processing in the elderly. *Psychiatry Res*, *139*(1), 9-18. doi: 10.1016/j.psychres.2005.02.009
- Thiruchselvam, R., Blechert, J., Sheppes, G., Rydstrom, A., & Gross, J. J. (2011). The temporal dynamics of emotion regulation: an EEG study of distraction and reappraisal. *Biol Psychol*, *87*(1), 84-92. doi: 10.1016/j.biopsycho.2011.02.009
- Thomas, R. C., & Hasher, L. (2006). The influence of emotional valence on age differences in early processing and memory. *Psychol Aging*, *21*(4), 821-825. doi: 10.1037/0882-7974.21.4.821
- Tisserand, D. J., Pruessner, J. C., Sanz Arigita, E. J., van Boxtel, M. P., Evans, A. C., Jolles, J., & Uylings, H. . (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.
- Titov, N., & Knight, R. G. (1997). Adult age differences in controlled and automatic memory processing. *Psychol Aging*, *12*(4), 565-573.
- Tomaszczyk, J. C., Fernandes, M. A., & MacLeod, C. M. (2008). Personal relevance modulates the positivity bias in recall of emotional pictures in older adults. *Psychon Bull Rev*, *15*(1), 191-196.

- Urry, H. L., & Gross, J. J. (2010). Emotion Regulation in Older Age. *Current Directions in Psychological Science*, 19(6), 352-357.
- Urry, H. L., van Reekum, C. M., Johnstone, T., Kalin, N. H., Thurow, M. E., Schaefer, H. S., . . . Davidson, R. J. (2006). Amygdala and ventromedial prefrontal cortex are inversely coupled during regulation of negative affect and predict the diurnal pattern of cortisol secretion among older adults. *J Neurosci*, 26(16), 4415-4425. doi: 10.1523/JNEUROSCI.3215-05.2006
- Van Dillen, L. F., Heslenfeld, D. J., & Koole, S. L. (2009). Tuning down the emotional brain: an fMRI study of the effects of cognitive load on the processing of affective images. *Neuroimage*, 45(4), 1212-1219. doi: 10.1016/j.neuroimage.2009.01.016
- Van Dongen, N. N., Van Strien, J. W., & Dijkstra, K. (2016). Implicit emotion regulation in the context of viewing artworks: ERP evidence in response to pleasant and unpleasant pictures. *Brain Cogn*, 107, 48-54. doi: 10.1016/j.bandc.2016.06.003
- van Reekum, C. M., Johnstone, T., Urry, H. L., Thurow, M. E., Schaefer, H. S., Alexander, A. L., & Davidson, R. J. (2007). Gaze fixations predict brain activation during the voluntary regulation of picture-induced negative affect. *Neuroimage*, 36(3), 1041-1055. doi: 10.1016/j.neuroimage.2007.03.052
- Vanderaspoilden, V., Adam, S., der Linden, M. V., & Morais, J. (2007). Controlled processes account for age-related decrease in episodic memory. *Acta Psychol (Amst)*, 125(1), 20-36. doi: 10.1016/j.actpsy.2006.05.004
- Vieillard, S., & Harm, J. . (2013). La régulation des émotions au cours du vieillissement normal. *L'Année psychologique*, 113(4), 595-628.
- Vieillard, S., Harm, J., & Bigand, E. (2015). Expressive suppression and enhancement during music-elicited emotions in younger and older adults. *Front Aging Neurosci*, 7, 11. doi: 10.3389/fnagi.2015.00011
- Viken, R. J., Rose, R. J., Kaprio, J., & Koskenvuo, M. (1994). A developmental genetic analysis of adult personality: Extraversion and neuroticism from 18 to 59 years of age. *Journal of Personality and Social Psychology and Aging*, 66, 722-730.
- Villalta-Gil, V., Melendez-Perez, I., Russell, T., Surguladze, S., Radua, J., Fuste, M., . . . Haro, J. M. (2013). Functional similarity of facial emotion processing between people with a first episode of psychosis and healthy subjects. *Schizophr Res*, 149(1-3), 35-41. doi: 10.1016/j.schres.2013.06.020
- Vuilleumier, P., Armony, J. L., Driver, J., & Dolan, R. J. (2003). Distinct spatial frequency sensitivities for processing faces and emotional expressions. *Nat Neurosci*, 6(6), 624-631. doi: 10.1038/nn1057
- Vuilleumier, P., & Pourtois, G. . (2007). Distributed and interactive brain mechanisms during emotion face perception: evidence from functional neuroimaging. *Neuropsychologia*, 45, 174-194.
- Vytal, K., & Hamann, S. . (2010). Neuroimaging Support for Discrete Neural Correlates of Basic Emotions: A Voxel-based Meta analysis. *Journal of Cognitive Neurosciences*, 22(12), 2864-2885.
- Wager, T. D., Phan, K. L., Liberzon, I., & Taylor, S. F. (2003). Valence, gender, and lateralization of functional brain anatomy in emotion: a meta-analysis of findings from neuroimaging. *Neuroimage*, 19(3), 513-531.
- Walhovd, K. B., Rosquist, H., & Fjell, A. M. . (2008). P300 amplitude age reductions are not caused by latency jitter. *Psychophysiology*, 45, 545-553.
- Walter, H., von Kalckreuth, A., Schardt, D., Stephan, A., Goschke, T., & Erk, S. (2009). The temporal dynamics of voluntary emotion regulation. *PLoS One*, 4(8), e6726. doi: 10.1371/journal.pone.0006726
- Watson, D., Clark, L. A., & Tellegen, A. (1988). Development and validation of brief measures of positive and negative affect: the PANAS scales. *J Pers Soc Psychol*, 54(6), 1063-1070.
- Webb, T. L., Miles, E., & Sheeran, P. (2012). Dealing with feeling: a meta-analysis of the effectiveness of strategies derived from the process model of emotion regulation. *Psychol Bull*, 138(4), 775-808. doi: 10.1037/a0027600

- Westermann, R., Stahl, G., & Hesse, F. (1996). Relative effectiveness and validity of mood induction procedures: a meta-analysis. *European Journal of social psychology*, 26, 557-580.
- Wieser, M. J., Mühlberger, A., Kenntner-Mabiala, R., & Pauli, P. . (2006). Is emotion processing affected by advancing age? An event-related brain potential study. *Brain research*, 1096(1), 138-147.
- Wild, B., Erb, M. , & Bartels, M. (2001). Are emotions contagious? Evoked emotions while viewing emotionally expressive faces: quality, quantity, time course and gender differences. *Psychiatry research*, 102(2), 109-124.
- Williams, J. M., Mathews, A., & MacLeod, C. (1996). The emotional Stroop task and psychopathology. *Psychol Bull*, 120(1), 3-24.
- Williams, L. M., Brown, K. J., Palmer, D., Liddell, B. J., Kemp, A. H., Olivieri, G., . . . Gordon, E. (2006). The mellow years?: neural basis of improving emotional stability over age. *J Neurosci*, 26(24), 6422-6430. doi: 10.1523/JNEUROSCI.0022-06.2006
- Williams, L. M., Das, P., Liddell, B., Olivieri, G., Peduto, A., Brammer, M. J., & Gordon, E. (2005). BOLD, sweat and fears: fMRI and skin conductance distinguish facial fear signals. *Neuroreport*, 16(1), 49-52.
- Williams, L. M., Kemp, A. H., Felmingham, K., Liddell, B. J., Palmer, D. M., & Bryant, R. A. (2007). Neural biases to covert and overt signals of fear: dissociation by trait anxiety and depression. *J Cogn Neurosci*, 19(10), 1595-1608. doi: 10.1162/jocn.2007.19.10.1595
- Williams, L. M., Liddell, B. J., Rathjen, J., Brown, K. J., Gray, J., Phillips, M., . . . Gordon, E. (2004). Mapping the time course of nonconscious and conscious perception of fear: an integration of central and peripheral measures. *Hum Brain Mapp*, 21(2), 64-74. doi: 10.1002/hbm.10154
- Williams, L. M., Phillips, M. L., Brammer, M. J., Skerrett, D., Lagopoulos, J., Rennie, C., . . . Gordon, E. (2001). Arousal dissociates amygdala and hippocampal fear responses: evidence from simultaneous fMRI and skin conductance recording. *Neuroimage*, 14(5), 1070-1079. doi: 10.1006/nimg.2001.0904
- Winecoff, A., Labar, K. S., Madden, D. J., Cabeza, R., & Huettel, S. A. (2011). Cognitive and neural contributors to emotion regulation in aging. *Soc Cogn Affect Neurosci*, 6(2), 165-176. doi: 10.1093/scan/nsq030
- Winston, J.S., O'Doherty, J., & Dolan, R.J. . (2003). Common and distinct neural responses during direct and incidental processing of multiple facial expressions. *Neuroimage*, 20, 84-97.
- Wood, S., & Kisley, M. A. . (2006). The negativity bias is eliminated in older adults: age-related reduction in event-related brain potentials associated with evaluative categorization. *Psychology and Aging*, 21(4), 815-820.
- Wright, C. I., Dickerson, B. C., Feczko, E., Negeira, A., & Williams, D. (2007). A functional magnetic resonance imaging study of amygdala responses to human faces in aging and mild Alzheimer's disease. *Biol Psychiatry*, 62(12), 1388-1395. doi: 10.1016/j.biopsych.2006.11.013
- Wright, C. I., Wedig, M. M., Williams, D., Rauch, S. L., & Albert, M. S. (2006). Novel fearful faces activate the amygdala in healthy young and elderly adults. *Neurobiol Aging*, 27(2), 361-374. doi: 10.1016/j.neurobiolaging.2005.01.014
- Wurm, L. H. (2011). Decreasing complexity of affective space in older adults lower on cognitive control: affective effects in a nonaffective task and with nonaffective stimuli. *Psychol Aging*, 26(3), 716-730. doi: 10.1037/a0022513
- Yang, Q., Tang, P., Gu, R., Luo, W., & Luo, Y. J. (2015). Implicit emotion regulation affects outcome evaluation. *Soc Cogn Affect Neurosci*, 10(6), 824-831. doi: 10.1093/scan/nsu124
- Yang, T. T., Menon, V., Reid, A. J., Gotlib, I. H., & Reiss, A. L. (2003). Amygdalar activation associated with happy facial expressions in adolescents: a 3-T functional MRI study. *J Am Acad Child Adolesc Psychiatry*, 42(8), 979-985. doi: 10.1097/01.CHI.0000046886.27264.BA
- Yates, A., Ashwin, C., & Fox, E. (2010). Does emotion processing require attention? The effects of fear conditioning and perceptual load. *Emotion*, 10(6), 822-830. doi: 10.1037/a0020325

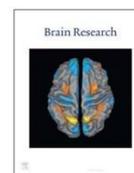
- Yeung, D. Y., Wong, C. K., & Lok, D. P. (2011). Emotion regulation mediates age differences in emotions. *Aging Ment Health, 15*(3), 414-418. doi: 10.1080/13607863.2010.536136
- Zajonc, R. B. (1980). Feeling and thinking: preferences need no inferences. *American Psychologist, 35*, 151-175.
- Zajonc, R. B., & Markus, H. (1984). Affect and cognition: the hard interface. In C. E. Izard, J. Kagan & R. B. Zajonc (Eds.), *Emotions, cognition & behavior* (pp. 73-102). Cambridge: Cambridge University Press.
- Zald, D. H. (2003). The human amygdala and the emotional evaluation of sensory stimuli. *Brain Res Brain Res Rev, 41*(1), 88-123.

ANNEXES



Contents lists available at ScienceDirect

Brain Research

journal homepage: www.elsevier.com/locate/brainres

Research report

Age-related differences in brain activity during implicit and explicit processing of fearful facial expressions



Isabella Zsoldos^{a,*}, Emilie Cousin^b, Yanica Klein-Koerkamp^b, Cédric Pichat^b, Pascal Hot^a

^a Laboratoire de Psychologie et Neurocognition (LPNC), CNRS, UMR 5105, University Savoie Mont Blanc, Chambéry, France

^b Laboratoire de Psychologie et Neurocognition (LPNC), CNRS, UMR 5105, University Grenoble Alpes, Grenoble, France

ARTICLE INFO

Article history:

Received 8 April 2016
Received in revised form
2 September 2016
Accepted 4 September 2016
Available online 8 September 2016

Keywords:

Aging
Fear
fMRI
Explicit task
Implicit task

ABSTRACT

Age-related differences in neural correlates underlying implicit and explicit emotion processing are unclear. Within the framework of the Frontoamygdalar Age-related Differences in Emotion model (St Jacques et al., 2009), our objectives were to examine the behavioral and neural modifications that occur with age for both processes. During explicit and implicit processing of fearful faces, we expected to observe less amygdala activity in older adults (OA) than in younger adults (YA), associated with poorer recognition performance in the explicit task, and more frontal activity during implicit processing, suggesting compensation. At a behavioral level, explicit recognition of fearful faces was impaired in OA compared with YA. We did not observe any cerebral differences between OA and YA during the implicit task, whereas in the explicit task, OA recruited more frontal, parietal, temporal, occipital, and cingulate areas. Our findings suggest that automatic processing of emotion may be preserved during aging, whereas deliberate processing is impaired. Additional neural recruitment in OA did not appear to compensate for their behavioral deficits.

© 2016 Elsevier B.V. All rights reserved.

1. Introduction

Difficulties in processing emotional facial expressions (EFE) have been frequently reported in healthy older adults (OA, typically adults 60 years and older) when they have to perform an explicit recognition task. In these tasks, the participants are asked to label or name the emotion they feel or perceive when viewing a stimulus: emotion processing is then deliberate and conscious. The main findings suggest an impairment in the recognition of facial expressions of fear, anger, and sadness in OA compared with younger adults (YA, typically between 20 and 40 years old; Calder et al., 2003; Ekman and Friesen, 1976; Isaacowitz et al., 2007; Keightley et al., 2006; MacPherson et al., 2002, 2006; Phillips et al., 2002; Sullivan and Ruffman, 2004; Sullivan et al., 2007; Suzuki et al., 2007).

In these explicit tasks, the attention of the participant is focused on the emotional content of the stimuli. However, processing of valenced stimuli can be accomplished without consciousness of the emotions being displayed, through implicit processes that imply features of automaticity (Houwer and Moors, 2012). In implicit tasks, emotional content is either presented too fast to be

consciously processed (i.e., subliminal protocols) or is irrelevant for the task and does not need to be processed: the participants have to focus on aspects of the stimulus other than the emotion to correctly perform the task (e.g., gender judgment task, color judgment task). However, there is evidence that emotions are processed in these tasks anyway. For example, increased physiological responses have been observed for emotional stimuli compared with neutral stimuli (Dimberg et al., 2000; Williams et al., 2004). Explicit and implicit tasks may call in different processes, and this reflects on OA performance: in contrast with the results observed in explicit tasks, the processing of all emotions seems to be preserved in OA when emotional abilities are assessed with implicit tasks (Garcia-Rodriguez et al., 2009; LaBar et al., 2005).

A key difference between the two types of protocols is probably the differential involvement of automatic and deliberate emotion processing. As discussed by Moors and De Houwer (2006), one may expect that automatic emotional processing is initiated in every situation involving an emotional cue regardless of the will of the individual. In other words, explicit emotion recognition tasks should include both controlled and automatic processing, as the latter would be automatically activated when an individual is confronted with an emotion, before it is perceived consciously. This indirectly suggests that the results observed for OA could reflect preserved automatic processing in both implicit and explicit tasks, but impairment of the additional processes concerning emotion recognition in explicit tasks. This hypothesis has been

* Correspondence to: LPNC, CNRS, UMR 5105, University Savoie Mont Blanc, UFR LLSH, Jacob-Bellecombette, BP1104, 73000 Chambéry, Cedex, France.

E-mail address: isabella.zsoldos@univ-smb.fr (I. Zsoldos).

<http://dx.doi.org/10.1016/j.brainres.2016.09.004>

0006-8993/© 2016 Elsevier B.V. All rights reserved.

investigated by neuroimaging studies that assess brain processing of emotional information even when tasks do not provide a behavioral index of this processing (as in implicit tasks).

Previous studies report that when participants have to explicitly recognize EFE, OA present more activity in the middle and inferior frontal cortex than do YA (Gunning-Dixon et al., 2003; Keightley et al., 2007; Tessitore et al., 2005). In parallel, brain activity in OA is reduced in the dorsal anterior cingulate (Keightley et al., 2007), the right amygdala (Gunning-Dixon et al., 2003; Tessitore et al., 2005), and the bilateral posterior fusiform (Tessitore et al., 2005), compared with that in YA. OA had difficulties to recognize negative EFE in two of these studies (Gunning-Dixon et al., 2003; Keightley et al., 2007), but one study reported similar recognition performances between the two age groups (Tessitore et al., 2005). Therefore, it is unclear if the age-related differences observed in cerebral activity helped the OA to enhance their performance or not, when required to discriminate EFE. Furthermore, these differences involved cortical areas that sustain face recognition (fusiform gyrus; Haxby et al., 2000; Pourtois et al., 2010), as well as subcortical parts of the limbic system (amygdala) associated with automatic processing of emotion (Adolphs et al., 1999; Critchley et al., 2000). The only study comparing cerebral activity between OA and YA during implicit processing of EFE showed reduced limbic activity in the left amygdala and the right parahippocampal gyrus in OA, compared with that in YA (Iidaka et al., 2002). There were no differences in performance between age groups while implicitly processing EFE (gender judgment task). Taken as a whole, these observations suggest that, compared with YA, OA rely more on frontal cortices during explicit processing of EFE, although they recruit fewer limbic structures (e.g., amygdala, hippocampus) during both explicit and implicit processing.

Several issues need to be clarified in order to associate brain activity with automatic versus controlled processing. In particular, it is difficult to draw conclusions about the nature and specificity of functional modifications between age groups, as a direct comparison between an implicit and an explicit condition is lacking. One of the previous studies included an implicit (age decision) and an explicit (emotion discrimination) task within the same protocol; however, the analyses of cerebral activity focused on the age-related differences for the explicit condition only (Gunning-Dixon et al., 2003). Most studies also compiled brain activity from a recognition task performed on several impaired or preserved emotions in OA (Iidaka et al., 2002; Gunning-Dixon et al., 2003; Tessitore et al., 2005). Thus, it is difficult to conclude on the impact of the cerebral differences in OA compared to YA in the processing of specific emotions: could these functional changes underlie a better or worse recognition of which emotions? Although all studies included a measure of performance, none of them used it as an indicator of correct trials to analyze fMRI data. The participants of one study even performed the behavioral task outside of the scanner (Keightley et al., 2007), therefore there is no evidence that participants correctly performed the task while being scanned.

The general goal of our study was to assess age-related changes in brain activity with an experimental design that combined an explicit and an implicit task, making the comparison of the cerebral activations in these two conditions more reliable. To clarify the association between decreased and increased brain activity and the quality of emotion processing in aging, we focused on an emotion that OA have difficulties in recognizing. We selected EFE of fear for two reasons: (i) there is evidence that recognition of fearful faces is impaired with increasing age, and (ii) the processing of fearful faces has been repeatedly associated with amygdala activity (see Vytal and Hamann (2010)), a structure that seems to be affected by aging. The specific aim of this study was to investigate the compensatory hypothesis for EFE recognition in OA.

The greater reliance of OA on frontal areas may indeed appear surprising, as these structures are particularly affected by aging (Raz, 2000). This reliance is, however, in accordance with the Frontoamygdalar Age-related Differences in Emotion (FADE) model (St Jacques et al., 2009). The FADE model assumes that OA recruit less of the amygdala and more of the frontal areas during emotional perception than do YA. Increases in the frontal activity of OA could reflect a compensatory mechanism or emotional regulation, or both, as emotional regulation can be seen as a form of compensation (St Jacques et al., 2010). Within the framework of the FADE model, we made the following predictions. We expected fewer areas to be activated in OA than in YA during the explicit task (including limbic areas such as the amygdala), contributing to poor recognition performance of fearful EFE. Amygdalar-dependent stimuli such as fearful faces are particularly relevant in assessing FADE predictions. In line with the assumption that both the implicit and the explicit tasks involve automatic processing, this decrease in amygdala activity should also occur in OA during implicit processing of fearful faces. As behavioral studies have suggested that the implicit processing of fearful expressions is preserved with aging, we predicted that more frontal structures would be activated in OA than in YA during implicit processing and thus play a compensatory role.

2. Results

Data from 17 OA and 17 YA were analyzed. The experiment consisted of two fMRI sessions one after the other, including an implicit and an explicit task. Both tasks required participants to give a GO/NOGO response, and their answers were recorded. In the implicit task, participants were instructed to attend to and judge the gender of fearful and neutral faces by pressing the response button when they saw a woman's face (or a man's face for half of the participants). In the explicit task, participants were instructed to attend to and judge the emotional expression of faces by pressing the button when they saw a fearful expression. We compared the groups (OA, YA) on the mean number of correct responses for the two emotion conditions (fear, neutral) and the two experimental conditions (implicit, explicit). We analyzed the functional data by taking into account only the correct trials for each participant.

2.1. Behavioral results

YA made significantly more correct responses ($M=113.45$, $SD=18.34$) than did OA ($M=94.65$, $SD=25.50$), regardless of the type of task and emotion, $F(1,31)=26.14$, $p < .05$, $\eta_p^2=.46$. We also found a main effect of task; participants overall made more correct responses in the implicit ($M=105.76$, $SD=14.14$) than in the explicit condition ($M=102.12$, $SD=30.87$), $F(1,31)=4.21$, $p < .05$, $\eta_p^2=.12$. We observed a main effect of emotion: participants made more correct responses when the face presented was neutral ($M=115.43$, $SD=16.09$) than when it was fearful ($M=92.39$, $SD=25.35$), regardless of the type of task and age group, $F(1,31)=90.04$, $p < .05$, $\eta_p^2=.74$. No interaction was observed between age groups and type of task ($F(1,31)=.20$, $p=.65$), or between emotion and group ($F(1,31)=3.80$, $p=.06$).

Interaction was observed between task and emotion ($F(1,31)=73.30$, $p < .05$, $\eta_p^2=.70$). Planned comparisons revealed that there were no significant differences in the number of correct responses between fearful and neutral faces in the implicit task ($F(1,31)=2.51$, $p=.12$). However, in the explicit task, participants overall made more correct answers for neutral faces ($M=124.24$, $SD=12.15$) than for fearful faces ($M=80$, $SD=27.91$), $F(1,31)=83.44$, $p < .05$, $\eta_p^2=.73$.

Interaction was also observed between task, emotion, and group ($F(1,31)=5.40, p < .05, \eta_p^2=.15$). YA made more correct answers for neutral faces ($M=117.25, SD=5.92$) than for fearful faces ($M=114.88, SD=5.07$) in the implicit task ($F(1,31)=4.43, p < .05, \eta_p^2=.13$), and they were also better at detecting neutral expressions ($M=128.35, SD=3.16$) than fearful expressions ($M=93.65, SD=25.11$) in the explicit task, $F(1,31)=23.54, p < .05, \eta_p^2=.43$. In parallel, OA were also better at detecting neutral faces ($M=120.12, SD=16.07$) than EFE of fear ($M=66.35, SD=24.09$) in the explicit task ($F(1,31)=65.89, p < .05, \eta_p^2=.68$), but they did not show any differences between neutral and fearful faces in the implicit task, $F(1,31)=.01, p=.92$.

2.2. Functional results

The anatomic localization of significant voxels was identified by using the SPM toolboxes Automated Anatomic Labeling (Tzourio-Mazoyer et al., 2002) and Xjview (<http://www.alivelearn.net/xjview>). The figure was created with Xjview. All coordinates are reported in Montreal Neurological Institute (MNI) format. For all analyses, we used a significance threshold set at $p < .001$ uncorrected, coupled with an extent threshold of 10 contiguous voxels.

2.2.1. Neural networks of implicit and explicit processing of fearful faces in YA

We first determined areas showing a main effect of emotion in each task separately in YA. In the implicit task, YA presented a greater response to fearful than to neutral faces (contrast: Fearful > Neutral faces) in the left amygdala (see Table 1).

For the explicit condition, the same contrast revealed a greater response to fearful than to neutral stimuli in the frontal lobe (bilateral inferior and medial superior frontal gyrus, bilateral precentral gyrus), the parietal lobe (bilateral inferior parietal gyrus, left supramarginal gyrus, right angular gyrus, left postcentral gyrus), the temporal lobe (bilateral fusiform gyrus and inferior temporal gyrus), the bilateral insula, the left middle cingulate gyrus, the occipital lobe (left inferior occipital gyrus, right superior occipital gyrus), and the cerebellum (see Table 2).

Second, we identified areas showing greater activation in one of the two tasks for the processing of fearful EFE. A greater response during implicit than explicit processing (Implicit_{Fearful > Neutral} > Explicit_{Fearful > Neutral}) was observed in the frontal lobe (bilateral superior, medial superior, and middle frontal gyrus), the parietal lobe (left angular gyrus, left precuneus), the temporal lobe (left middle temporal gyrus, left fusiform gyrus), the bilateral anterior cingulate gyrus, the left posterior cingulate gyrus, and the left cuneus (see Table 3).

For the explicit condition, the opposite contrast (Explicit_{Fearful > Neutral} > Implicit_{Fearful > Neutral}) revealed more activation in the frontal lobe (left medial superior frontal gyrus, left precentral gyrus), the parietal lobe (left inferior

Table 1
Main effect of emotion in the implicit task for younger adults.

Area	Side	BA	k	T	MNI coordinates		
					x	y	z
Fearful > Neutral faces (implicit task)							
Limbic system							
Amygdala	L	34	10	4.75	-24	-4	-15

Note. Significance threshold: $p < .001$ uncorrected; extent threshold: 10 contiguous voxels.

Table 2
Main effect of emotion in the explicit task for younger adults.

Area	Side	BA	k	T	MNI coordinates		
					x	y	z
Fearful > Neutral faces (explicit task)							
Frontal lobe							
Medial superior frontal gyrus	L	8	42	4.93	-2	31	44
	R	8	65	5.85	8	31	44
Inferior frontal gyrus (pars triangularis)	L	9	33	4.89	-48	14	27
	R	46	74	3.89	48	25	27
Inferior frontal gyrus (pars opercularis)	L	9	62	4.71	-40	9	20
	R	9	72	5.24	46	12	27
Precentral gyrus	L	9	52	4.59	-51	6	27
	R	9	13	3.82	48	6	30
Parietal lobe							
Inferior parietal gyrus	L	40	210	5.64	-42	-44	41
	R	40	38	4.05	40	-52	41
Supramarginal gyrus	L	4	69	4.78	-59	-20	41
Angular gyrus	R	7	47	7.09	35	-52	37
Postcentral gyrus	L		28	4.82	-34	-25	41
Temporal lobe							
Fusiform gyrus	L	37	76	5.21	-40	-55	-18
	R	37	21	3.95	43	-63	-18
Inferior temporal gyrus	L	37	62	7.18	-40	-47	-15
	R	37	47	4.97	46	-41	-15
Limbic system							
Insula	L	13	60	4.46	-32	17	2
	R	47	10	3.96	35	20	-4
Cingulate cortex							
Middle cingulate gyrus	L	6	28	4.88	-10	9	34
Occipital lobe							
Inferior occipital gyrus	L	18	18	5.31	-24	-87	-4
Superior occipital gyrus	R	14	4.74	30	-63	37	
Cerebellum							
Cerebellum	L		69	7.45	-32	-58	-32
	R		104	7.25	24	-55	-32

Note. Significance threshold: $p < .001$ uncorrected; extent threshold: 10 contiguous voxels.

parietal gyrus, left supramarginal gyrus, left postcentral gyrus), the left insula, the left middle cingulate gyrus, and the right cerebellum (see Table 3).

2.2.2. Neural networks of implicit and explicit processing of fearful faces in OA

As revealed by the contrast Fearful > Neutral faces, when implicitly processing fearful faces, OA engaged more of the left inferior parietal gyrus and the left fusiform gyrus (see Table 4).

The explicit processing of fearful faces in OA led to increased activity in the frontal areas bilaterally (middle, superior, and inferior frontal gyrus; medial superior frontal gyrus; precentral gyrus), the parietal areas bilaterally (postcentral gyrus, inferior and superior parietal gyrus, supramarginal gyrus, angular gyrus, precuneus), the temporal areas bilaterally (middle, superior, and inferior temporal gyrus; fusiform gyrus), the bilateral insula, the bilateral amygdala, the bilateral hippocampus, the bilateral middle and anterior cingulate gyrus, and the bilateral middle occipital gyrus (see Table 5).

Next we directly compared the activation maps between implicit and explicit processing of fearful faces in OA. For an intensity threshold set at $p < .001$ coupled with an extent threshold of 10 voxels, there were no voxels significantly more activated during

Table 3
Effect of task (implicit, explicit) on the functional processing of fearful faces in younger adults.

Area	Side	BA	k	T	MNI coordinates		
					x	y	z
Implicit_{Fearful > Neutral} > Explicit_{Fearful > Neutral}							
Frontal lobe							
Superior frontal gyrus	L	8	80	5.14	-15	41	44
	R	8	42	5.84	24	41	44
Middle frontal gyrus	L	9	120	5.39	-26	31	41
	R	8	37	4.55	30	33	44
Medial superior frontal gyrus	L	8	146	4.10	-10	39	44
	R	9	35	3.75	5	50	30
Parietal lobe							
Angular gyrus	L	39	105	5.84	-48	-66	27
Precuneus	L	31	54	5.07	-5	-63	27
Temporal lobe							
Middle temporal gyrus	L	39	22	4.25	-51	-63	20
Fusiform gyrus	L	37	10	5.17	-29	-36	-15
Cingulate cortex							
Anterior cingulate gyrus	L	10	46	3.79	-5	50	2
	R	10	24	4.43	11	41	16
Posterior cingulate gyrus	L		13	4.60	-7	-52	27
Occipital lobe							
Cuneus	L	31	13	4.77	-5	-63	23
Explicit_{Fearful > Neutral} > Implicit_{Fearful > Neutral}							
Frontal lobe							
Medial superior frontal gyrus	L	32	14	4.72	-10	20	44
Precentral gyrus	L	9	13	5.21	-59	9	30
Parietal lobe							
Inferior parietal gyrus	L	2	93	4.75	-40	-39	41
Supramarginal gyrus	L	3	19	4.63	-59	-20	37
Postcentral gyrus	L		14	5.35	-32	-28	41
Limbic system							
Insula	L	13	20	4.52	-37	-1	9
Cingulate cortex							
Middle cingulate gyrus	L	32	16	5.27	-10	12	37
Cerebellum							
Cerebellum	R		20	4.23	24	-58	-32

Note. Significance threshold: $p < .001$ uncorrected; extent threshold: 10 contiguous voxels.

Table 4
Main effect of emotion in the implicit task for older adults.

Area	Side	BA	k	T	MNI coordinates		
					x	y	z
Fearful > Neutral faces (implicit task)							
Parietal lobe							
Inferior parietal gyrus	L	2	13	5.28	-45	-28	44
Temporal lobe							
Fusiform gyrus	L	37	17	7.79	-40	-52	-18

Note. Significance threshold: $p < .001$ uncorrected; extent threshold: 10 contiguous voxels.

implicit than during explicit processing in OA (Implicit_{Fearful > Neutral} > Explicit_{Fearful > Neutral}).

On the contrary, a greater response during explicit compared with implicit processing (Explicit_{Fearful > Neutral} > Implicit_{Fearful > Neutral}) was observed in the frontal lobe (bilateral precentral gyrus; bilateral superior, medial superior, middle, and inferior frontal gyrus), the parietal

Table 5
Main effect of emotion in the explicit task for older adults.

Area	Side	BA	k	T	MNI coordinates		
					x	y	z
Fearful > Neutral faces (explicit task)							
Frontal lobe							
Precentral gyrus	L	6	719	6.32	-51	-6	51
	R	6	372	7.95	38	-9	55
Middle frontal gyrus	L	46	378	7.16	-40	39	27
	R	46	537	10.07	40	39	27
Inferior frontal gyrus (<i>pars triangularis</i>)	L	46	476	9.39	-45	25	27
	R	46	285	5.91	54	28	20
Inferior frontal gyrus (<i>pars opercularis</i>)	L		252	6.70	-42	4	23
	R		334	9.21	51	9	16
Medial superior frontal gyrus	L	6	173	6.03	-2	39	41
	R	8	143	5.82	3	41	51
Superior frontal gyrus	L	6	118	6.19	-21	-1	58
	R	6	133	5.14	21	4	65
Parietal lobe							
Inferior parietal gyrus	L	40	662	12.18	-42	-36	41
	R	40	277	8.15	40	-49	44
Postcentral gyrus	L	40	587	6.53	-34	-33	48
	R	40	276	5.61	57	-22	41
Supramarginal gyrus	L	40	343	7.66	-59	-41	27
	R	40	355	5.14	51	-39	23
Superior parietal gyrus	L	7	343	6.59	-21	-71	58
	R	7	273	6.51	32	-74	51
Angular gyrus	L	40	100	5.10	-40	-66	48
	R	40	233	8.56	43	-60	48
Precuneus	L	7	69	4.43	-13	-66	62
	R	7	22	3.72	8	-68	48
Temporal lobe							
Middle temporal gyrus	L	22	402	7.13	-61	-36	2
	R	21	429	6.32	62	-39	-1
Superior temporal gyrus	L	13	155	4.26	-51	-36	13
	R	42	261	6.02	65	-39	20
Inferior temporal gyrus	L	37	126	9.44	-42	-49	-18
	R	21	98	7.54	59	-47	-11
Fusiform gyrus	L	37	120	8.21	-32	-47	-22
	R	36	51	5.60	30	-39	-22
Limbic system							
Insula	L	47	333	9.85	-34	17	-1
	R	47	188	6.94	38	20	-4
Amygdala	L	28	5.68	-24	-6	-15	
	R	14	4.43	24	-4	-11	
Hippocampus	L	24	4.75	-18	-25	-11	
	R	20	4.71	24	-25	-11	
Cingulate cortex							
Middle cingulate gyrus	L	24	267	8.78	-2	1	37
	R	24	147	4.85	3	-9	37
Anterior cingulate gyrus	L	32	52	5.35	-10	25	30
	R	32	50	4.62	13	39	20
Occipital lobe							
Middle occipital gyrus	L	39	122	5.07	-32	-79	23
	R	39	120	5.52	32	-76	27

Note. Significance threshold: $p < .001$ uncorrected; extent threshold: 10 contiguous voxels.

lobe bilaterally (postcentral gyrus, inferior and superior parietal gyrus, supramarginal gyrus, angular gyrus, precuneus), the temporal areas bilaterally (middle, superior, and inferior temporal gyrus; fusiform gyrus), the bilateral insula, the cingulate cortex (bilateral middle cingulate gyrus, left anterior cingulate gyrus, right posterior cingulate gyrus), and the bilateral middle occipital gyrus (see Table 6).

2.2.3. Group comparisons: YA versus OA

In a final analysis, we searched for an effect of age in each type of task for EFE of fear. During implicit processing, we did not observe

Table 6
Effect of task (implicit, explicit) on the functional processing of fearful faces in older adults.

Area	Side	BA	k	T	MNI coordinates		
					x	y	z
Implicit_{Fearful > Neutral} > Explicit_{Fearful > Neutral}							
None							
Explicit_{Fearful > Neutral} > Implicit_{Fearful > Neutral}							
Frontal lobe							
Precentral gyrus	L	6	486	7.58	-37	-12	55
	R	6	204	6.80	40	-9	55
Inferior frontal gyrus (<i>pars triangularis</i>)	L	46	204	7.67	-48	23	27
	R	46	159	4.39	46	28	16
Inferior frontal gyrus (<i>pars opercularis</i>)	L	9	143	9.09	-48	14	2
	R	9	282	9.50	46	14	34
Middle frontal gyrus	L	10	113	5.47	-29	41	27
	R	46	340	9.04	38	41	27
Superior frontal gyrus	L	6	34	6.66	-15	1	72
	R	6	18	4.94	35	-6	58
Medial superior frontal gyrus	L	8	81	4.56	-2	31	48
	R	8	83	5.05	8	28	48
Parietal lobe							
Inferior parietal gyrus	L	40	430	7.27	-48	-39	55
	R	40	120	4.49	48	-44	48
Postcentral gyrus	L	3	392	7.14	-42	-22	58
	R	4	60	4.30	57	-20	41
Supramarginal gyrus	L	40	286	8.70	-59	-41	27
	R	40	52	6.41	43	-33	37
Superior parietal gyrus	L		49	5.43	-10	-76	51
	R	7	40	4.18	32	-74	51
Angular gyrus	L	40	38	4.12	-40	-58	41
	R	40	124	4.76	46	-60	44
Precuneus	L	7	39	4.45	-10	-76	55
Temporal lobe							
Middle temporal gyrus	L	22	247	6.05	-59	-47	2
	R	22	206	6.73	59	-36	6
Inferior temporal gyrus	L	20	98	7.42	-42	-47	-18
	R	20	40	4.82	54	-39	-18
Fusiform gyrus	L	37	65	8.62	-45	-58	-18
	R	13	4.47	24	-52	-15	
Superior temporal gyrus	L	22	52	5.21	-61	-41	16
	R	22	144	4.59	67	-36	13
Limbic system							
Insula	L	47	198	13.21	-34	17	-1
	R	47	101	7.46	35	23	-1
Cingulate cortex							
Middle cingulate gyrus	L	32	130	5.11	-5	23	34
	R	32	85	4.43	3	28	30
Posterior cingulate gyrus	R	29	13	5.80	3	-44	6
Anterior cingulate gyrus	L	32	36	5.41	-10	25	30
	R	32	13	4.62	5	31	27
Occipital lobe							
Middle occipital gyrus	L	39	48	4.24	-29	-76	30
	R	39	68	4.65	35	-79	27

Note. Significance threshold: $p < .001$ uncorrected; extent threshold: 10 contiguous voxels.

any significant differences between YA and OA for both contrasts ($OA_{\text{Fearful} > \text{Neutral}} > YA_{\text{Fearful} > \text{Neutral}}$; $YA_{\text{Fearful} > \text{Neutral}} > OA_{\text{Fearful} > \text{Neutral}}$).

During the explicit processing of fearful EFE, compared with YA, OA engaged more of the frontal lobe (bilateral superior, medial superior, and middle frontal gyrus), the parietal lobe (bilateral precuneus, right postcentral gyrus, bilateral angular gyrus, bilateral inferior parietal gyrus, bilateral supramarginal gyrus), the temporal areas (bilateral middle and superior temporal gyrus; right fusiform

Table 7
Effect of age in the explicit task.

Area	Side	BA	k	T	MNI coordinates		
					x	y	z
$OA_{\text{Fearful} > \text{Neutral}} > YA_{\text{Fearful} > \text{Neutral}}$ (explicit condition)							
Frontal lobe							
Medial superior frontal gyrus	L	9	167	5.13	-2	60	16
	R	10	36	3.44	8	58	16
Superior frontal gyrus	L		86	4.57	-24	58	16
	R	9	12	4.32	19	44	37
Middle frontal gyrus	L	10	65	5.00	-34	50	16
	R	9	18	3.85	27	39	41
Parietal lobe							
Precuneus	L	7	89	4.58	-2	-60	48
	R	7	28	4.47	3	-63	48
Postcentral gyrus	R		23	3.91	35	-33	48
Angular gyrus	L	39	99	4.31	-45	-63	30
	R	40	32	3.96	48	-63	41
Inferior parietal gyrus	L	40	17	3.33	-56	-47	37
	R	40	16	3.97	57	-52	41
Supramarginal gyrus	L	40	50	4.65	-59	-41	23
	R	40	14	3.46	54	-41	30
Temporal lobe							
Middle temporal gyrus	L	21	174	5.71	-67	-39	-1
	R	21	118	4.91	65	-41	-4
Superior temporal gyrus	L	22	18	3.42	-59	-41	16
	R		23	4.25	57	-33	6
Fusiform gyrus	R	37	17	4.49	27	-36	-18
Cingulate cortex							
Anterior cingulate gyrus	R	10	42	5.10	11	41	16
Occipital lobe							
Middle occipital gyrus	L		55	4.33	-40	-76	30
$YA_{\text{Fearful} > \text{Neutral}} > OA_{\text{Fearful} > \text{Neutral}}$ (explicit condition)							
None							

Note. Significance threshold: $p < .001$ uncorrected; extent threshold: 10 contiguous voxels.

gyrus), the right anterior cingulate gyrus, and the left middle occipital gyrus.

There were no voxels significantly more activated in YA than OA during explicit processing of fear ($YA_{\text{Fearful} > \text{Neutral}} > OA_{\text{Fearful} > \text{Neutral}}$) (see Table 7 and Fig. 1).

3. Discussion

This study compared, for the first time, aging effects on brain activity during implicit and explicit processing of fearful EFE. We first clarified the differences between explicit and implicit networks for each group, with the underlying hypothesis that explicit processing of EFE would include automatic processing. In line with this idea, we were expecting to observe additional cerebral activity during explicit processing than during implicit processing, but not the opposite. Our comparison of cerebral activity between implicit and explicit processing of fearful EFE highlights different functional networks for each age group.

In the YA, compared with the explicit condition, implicit processing of fear led to increased activity in the frontal, parietal, and temporal areas; the bilateral anterior cingulate gyrus; the left posterior cingulate gyrus; and the left cuneus. The opposite contrast revealed that explicit processing of fear enhanced cerebral activity in different areas of the frontal and the parietal lobes, as well as in the left insula, the left middle cingulate gyrus, and the right cerebellum. Compared with the explicit task, the implicit

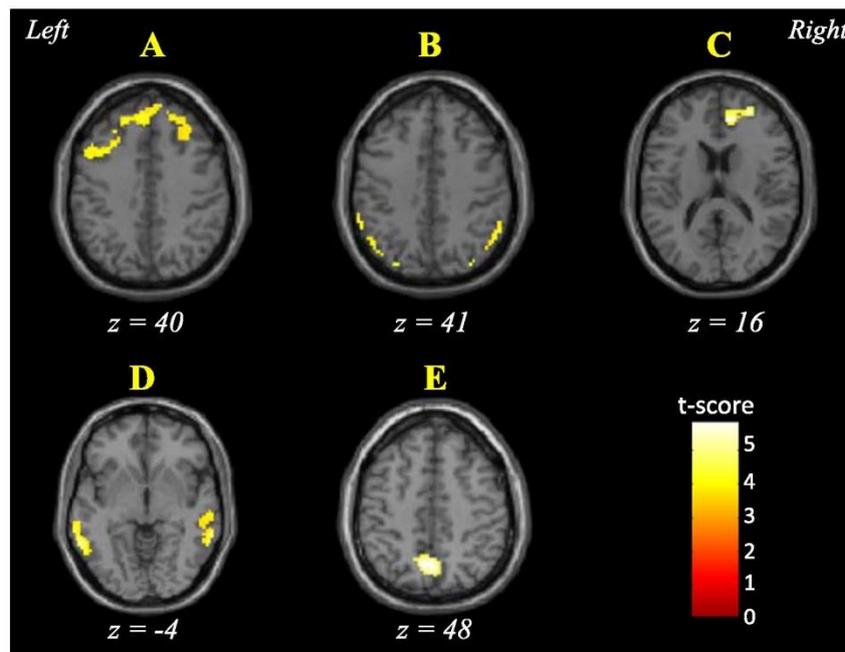


Fig. 1. Supplementary activations in older adults compared with younger adults during explicit processing of fearful faces in (A) the prefrontal cortex (bilateral superior, medial, and middle frontal gyrus), (B) the parietal cortex (bilateral inferior parietal gyrus and angular gyrus), (C) the right anterior cingulate, (D) the bilateral middle temporal gyrus, and (E) the bilateral precuneus. Activations are thresholded at $p < .001$ (uncorrected), showing only significant clusters with more than 10 contiguous voxels.

task led to increased activity in the left fusiform gyrus, a structure known for its involvement in face processing (Grill-Spector et al., 2004; Kanwisher et al., 1997). The left precuneus, more engaged in the implicit than the explicit condition, is a parietal structure implicated in the processing of visuo-spatial information, memory retrieval, and consciousness (Cavanna and Trimble, 2006). Interestingly, left precuneus activity was recently associated with the feeling of emotion (Tabei, 2015), suggesting that the incidental processing of facial emotions may lead to subjective emotional reactions. Dissociation is observed in cingulate gyrus activity: the bilateral anterior cingulate and the left posterior cingulate were more engaged in the implicit condition, whereas the left middle cingulate gyrus presented increased activity in the explicit task. The activity of the anterior cingulate gyrus is associated with an effort to regulate emotions (Bush et al., 2000; Dolcos et al., 2014). Another key structure underlying explicit processing is the insula, which is related to the limbic system and is known to play a role in emotion processing (Gasquoine, 2014).

We did not find any strong differences in amygdala activity in YA when we directly compared the implicit and the explicit tasks. However, some activity was observed in the left amygdala of YA when we compared fearful with neutral faces during the implicit but not explicit processing of EFE. This result is consistent with that from the study by Critchley et al. (2000), suggesting that the left amygdala could be more sensitive to incidental processing of fearful faces than to explicit recognition of the same facial emotions. Enhanced activity in the amygdala may suggest that emotion is in some ways processed even if it is not relevant for completing the gender decision task.

In YA, the presence of supplementary activations in both tasks contradicts our prediction that explicit recognition of EFE should include the brain areas activated in a similar but implicit task. We based this prediction on the results of previous studies that found no evidence of additional neural recruitment in implicit processing when compared with explicit processing (Habel et al.,

2007; Phillips et al., 2004; Scheuerecker et al., 2007). Our results in YA, however, suggest that explicit and implicit processes were not performed in an incremental manner (with controlled processing including automatic processing), but rather in separate ways with partly distinct networks for both processes. When explicit processing of emotion is initiated, it may replace automatic processing instead of building upon it.

Results in OA lead to different conclusions. As expected, but in contrast to what was described earlier for YA, there were no supplementary activations in the implicit task compared with the explicit task for this age group. Compared with implicit processing, explicit processing increased activity in several structures of the frontal lobe, the parietal lobe, the temporal lobe, the cingulate areas, and the bilateral insula. The enhanced activity in parietal structures and the left anterior cingulate gyrus may reflect a supplementary effort in spatial attention to perform this task, compared with the implicit task (Johnson et al., 2015). As in the YA, in the OA, increased activity in the insula may reflect emotion processing, and the engagement of the inferior frontal gyrus may help to suppress internal emotional reactions that could interfere while performing the task (Mather, 2012). In the OA, the amygdala seems not to be differentially activated between the implicit and the explicit task, although its greater engagement was observed during explicit processing of fear (compared with neutral, see Table 5), but not when fear was processed implicitly (see Table 4). It is interesting to note that the amygdala seems to play a different role between the age groups: enhanced activity in the bilateral amygdala was observed during the explicit task in the OA, but in YA, enhanced activity in the left amygdala was observed only for implicit processing of fear (see Table 1). This suggests that amygdala engagement in automatic and controlled processing of fear may change with increasing age.

In the YA, implicit and explicit procedures seemed to rely on different networks, but in the OA, explicit processing seemed to include implicit processing, as there were no supplementary

activations in the implicit compared with the explicit task. Thus, the way that automatic processing and controlled processing are functionally connected may evolve with increasing age. Williams et al. (2006) suggested that OA present a shift from automatic processing to more controlled processing of emotions, which translated in their study into a greater allocation of medial prefrontal activation during controlled than during automatic processing of emotion. The supplementary activations that we observed in the explicit task for OA, especially in the prefrontal areas (bilateral medial, middle, superior, and inferior frontal gyri), could be in line with this idea. However, the major limitation of the current design is the lack of evidence that fear was indeed processed in the implicit task. A protocol designed to study the time-course of emotion processing in young and older adults, from early and automatic steps to more controlled processes in the same task, would help to clarify this issue.

The main goal of our study was to assess the relevance of the FADE model to explain brain differences in OA associated with preserved and impaired performance in processing fearful EFE. We predicted fewer limbic areas (including the amygdala) would be activated in OA than in YA during the explicit task, related to worse recognition performance. In line with the assumption that both the implicit and the explicit tasks involve automatic processing, this decrease in amygdala activity was also expected in OA compared with YA during the implicit processing of fearful faces, but coupled with an increase in frontal activity, playing a compensatory role.

Our analysis of correct responses showed that YA made significantly more correct responses than did OA in both tasks. The poorer performance in the explicit recognition of fear in OA is consistent with results from previous studies (Calder et al., 2003; Isaacowitz et al., 2007). Interestingly, regardless of age, participants made more correct responses in the implicit (gender decision task) than in the explicit (fear recognition task) condition. This finding suggests that the fear recognition task may have been more difficult to perform than the gender decision task. It is known that fear is one of the most difficult emotions to recognize, even for YA: for example, fear is easily confused with sadness when presentations are brief (Goren and Wilson, 2006). This idea is strengthened by the interaction that we observed between task and emotion, showing higher accuracy in the explicit detection of neutral faces than of fearful faces. However, it is important to note that the GO/NOGO paradigm that we used implies that the participant had to push the button only for fearful faces but refrain for neutral faces: these distinct instructions could have influenced the differences we observed between emotions. The interaction between task, emotion, and group showed that YA made more correct answers for neutral faces than for fearful faces in both tasks. A similar result was observed in OA for the explicit task, but they did not show an effect of emotion in the implicit task. The presence of an emotional facial expression seems to affect the processing of gender in YA, but not in OA: OA may be less sensitive to interfering emotional content than YA, possibly because of their difficulties to detect fear.

During implicit processing, we did not find any significant cerebral differences between YA and OA. Contrary to our predictions, there were no age-related differences in frontal and limbic activity while implicitly processing fear. Automatic processing of emotion may be preserved during aging, but this result must be interpreted with care as we lack a clear indication that emotion was indeed processed during this task. Moreover, the behavioral results showed that YA were influenced by the emotions displayed by the faces while processing gender, but not the OA: OA may not implicitly process fear the same way as YA do. Consequently, it is difficult to link these behavioral observations to preserved or degraded implicit processing of fear in aging. This limitation in our

protocol could be improved in a future study by including physiological measures of emotional arousal during fMRI scanning (e.g., electrodermal activity, heart rate).

During explicit processing, YA did not recruit any additional regions compared with OA, but the opposite comparison revealed that OA engaged more structures, including prefrontal areas (bilateral medial, superior, and middle frontal gyri), parietal areas, temporal areas, the right anterior cingulate gyrus, and the left middle occipital gyrus. The increased activity in many parietal structures and the cingulate gyrus suggests that the explicit task is more effortful for OA and more costly in terms of attentional resources and concentration than it is for the YA. The greater engagement of frontal areas in OA during explicit processing is consistent with results from previous studies (Gunning-Dixon et al., 2003; Keightley et al., 2007; Tessitore et al., 2005), but it did not appear to compensate for the poorer recognition performance in OA, as they made fewer correct responses than did YA.

Compensation would have been beneficial if the performance of the OA had been optimized by the use of a different neural network than the one used by YA. However, our results suggest that supplementary and extensive activations in OA may translate into unsuccessful compensation and inefficient processing (Reuter-Lorenz and Lustig, 2005). It has been suggested that cerebral overactivation could be a neural correlate of cognitive decline (Reuter-Lorenz and Park, 2010), and could also reflect nonselective recruitment of cerebral regions (the inability to recruit specialized areas; Cabeza and Dennis, 2012; Reuter-Lorenz and Lustig, 2005). Successful compensation through greater activations is possible, but depends on the cerebral areas concerned and the task context: for example, additional activity in the lateral and inferior prefrontal areas has been observed in OA with similar encoding performances as those of YA (Gutchess et al., 2005; Reuter-Lorenz and Lustig, 2005). A parallel explanation could be that the additional frontal recruitment that we observed in OA may be linked to an effort to regulate internal emotions rather than attempted compensation, as described in the FADE model (St Jacques et al., 2009,2010). As emotional regulation is associated with frontal activity and seems to improve with increasing age (Carstensen et al., 2003; Carstensen et al., 2011), our results in the explicit task may reflect this phenomenon. Another observation in favor of this idea is the greater engagement in OA of the anterior cingulate gyrus, a structure also associated with emotion regulation (Bush et al., 2000; Dolcos et al., 2014).

Contrary to the FADE predictions and our hypothesis, we did not find any differences in amygdala activation between the two groups, although we observed some activity in this structure in YA and OA separately. Despite OA recruiting the amygdala and limbic system to the same extent as YA, this was not in itself efficient to maintain a high level of fear processing in OA.

4. Conclusion

Our study reinforces the notion that implicit and explicit processing engages different cerebral networks and that these networks change with increasing age. We observed more frontal, parietal, temporal, occipital, and cingulate areas activated in OA during the explicit task, but not in the implicit task. As OA make more mistakes than YA when asked to recognize fearful expressions, we conclude that enhanced activation, especially in the frontal lobe, is not sufficient to compensate for recognition difficulties. Contrary to our initial hypothesis, we did not find differences in amygdala activity between YA and OA; therefore, it cannot take into account the reduced behavioral performance of OA in this study.

Table 8
Sample characteristics.

Characteristics	Age Group	
	YA	OA
N	17	17
Female:male ratio	11:6	8:9
Mean age (SD)	24.9 (2.7)	68.6 (5.6)
Mean MMSE score (range)	29.9 (29–30)	29.3 (26–30)
Mean BECK score (range)	1.3 (0–6)	
Mean GDS score (range)		1.9 (0–5)

Note. YA=younger adults; OA=older adults; MMSE=Mini-Mental State Examination; BECK=Beck Depression Inventory; GDS=Geriatric Depression Scale.

5. Materials and methods

5.1. Participants

Seventeen YA and 17 OA took part in the experiment. All participants were right-handed and had normal or corrected-to-normal vision. They were all healthy and went through a series of tests to exclude neurological and psychiatric disorders. Cognitive function was evaluated through the Mini-Mental State Examination (MMSE; Folstein et al., 1975). The absence of depression was determined by using the Geriatric Depression Scale (GDS) for OA and the Beck Depression Inventory (BECK) for YA (see Table 8).

5.2. Materials

Forty-four black-and-white photographs of male and female faces in front view expressing fear or a neutral expression were used in this study (see Fig. 2 for a sample). The pictures were selected from the Karolinska Directed Emotional Faces database (Lundqvist et al., 1998). All of the photographs were 360 × 460 pixels wide and were projected onto a mirror mounted onto the MRI head coil (visual angle: 5 × 6.3°). Each experimental session had two conditions (two types of EFE: fear, neutral) with 22 different stimuli (11 women and 11 men) per condition. During data acquisition, participants held a response box with one button in their hand.

5.3. Procedure

All participants gave informed consent prior to participating in the study. They completed the neuropsychological tests (MMSE, and GDS or BECK) prior to being installed in the MRI device. The experiment consisted of two fMRI sessions one after the other, with distinct instructions given to the participant, including an implicit and an explicit task. Participants always performed the two scanning sessions in the same order with the implicit task first in order to avoid influences from the explicit condition that could initiate deliberate processing of emotional content in a subsequent implicit task. Answers were recorded by using E-Prime software.

The paradigms for each task were made with an event-related design. Each stimulus was presented six times in random order, resulting in 132 trials per emotion condition (264 trials in all, for each task). Each trial started with the presentation of one of the faces in the center of the screen, on a grey background, for 200 ms. A fixation cross was then presented for 1540 ms, and participants had to answer quickly before the presentation of the next face. Therefore, a complete trial was 1740 ms long.

Both the implicit and explicit tasks required participants to give a GO/NOGO response. In the implicit task, participants were instructed to attend to and judge the gender of faces by pressing the response button when they saw a woman's face (or a man's face for half of the participants). In the explicit task, participants were this time instructed to attend to and judge the emotional expression of faces by pressing the button when they saw a fearful expression.

5.4. Image acquisition

A whole-body 3 T MR scanner was used (Philips Achieva TX) with 40 mT/m gradient strength. For functional scans, the manufacturer-provided gradient-echo/T2*-weighted EPI method was used. Thirty-nine adjacent axial slices parallel to the bi-commissural plane were acquired in interleaved mode. The slice thickness was 3.5 mm. The in-plane voxel size was 2.7 × 2.7 mm² (80 × 80 pixel reconstruction matrix, 216 × 216 × 136.5 mm field of view acquired with a 72 × 71 pixel data matrix). The sequence parameters were TR=2.9 s, TE=30 ms, and flip angle=77°. A total of 189 scans were acquired. A T1-weighted high-resolution three-dimensional anatomical volume was acquired by using a T1 TFE sequence (field of view: 240.941 × 256.000 × 180.000 mm; resolution: .89 × .89 × 1.2 mm; acquisition matrix: 272 × 249 pixels; reconstruction matrix: 288 × 288 pixels).

5.5. Data analysis

5.5.1. Behavioral data

We estimated the mean number of correct responses for each group, each emotion condition, and both tasks. Correct responses included correct GO responses (when the participant appropriately pushed the button) and correct NOGO responses (when the participant appropriately refrained from pushing the button). As we were interested in explicit and implicit processing of EFE (fear, neutral), the correct GO and NOGO answers did not have the same value for both tasks:

- For the implicit task, if the participant had to push the button for female faces, then each emotion condition (fear, neutral) would include correct GO and correct NOGO answers. For example, pushing the button (GO) when seeing a scared or a neutral female face would be correct, as would not pushing the button (NOGO) when seeing a scared or neutral male face.
- In the explicit task, pushing the button when seeing a fearful



Fig. 2. Example stimuli.

face would be a correct GO trial, and not pushing the button when seeing a neutral face would be a correct NOGO trial. Therefore, a correct NOGO trial for fear does not exist, nor does a correct GO trial for neutral.

We then compared the groups (YA, OA) on this measure for the two emotion conditions (fear, neutral) and the two experimental conditions (implicit, explicit) with $2 \times 2 \times 2$ ANOVAs, using STATISTICA9 software. The significance threshold was set at $p < .05$.

5.5.2. fMRI data

Data analysis was performed by using the general linear model in SPM8 (Wellcome Department of Imaging Neuroscience, London, UK, www.fil.ion.ucl.ac.uk/spm) and implemented in MATLAB 2009 (Mathworks Inc., Sherborn, MA, USA). Data analysis started with the spatial pre-processing steps. First the realignment procedure was performed, and then the T1-weighted anatomical volume was co-registered to mean images created at the realignment step and normalized to the MNI space by using a trilinear interpolation. The anatomical normalization parameters were subsequently used for the normalization of functional volumes. Finally, each functional volume was smoothed by an 8-mm FWHM Gaussian kernel. The time series for each voxel were high-pass filtered (1/128 Hz cutoff) to remove low-frequency noise and signal drift. Pre-processed data were then statistically processed into one design matrix that included both runs. At the first (single-subject) level, fMRI responses were modeled in a design matrix comprising the onset-times of the 2 regressors of interest (Fearful faces, Neutral faces), for each task. Onset-times corresponded to the presentation of the stimuli, and we modeled only the correct "neutral" and "fearful" trials for each participant. The fact that the participants answered correctly is considered as evidence that they indeed processed the faces. Movement parameters derived from the realignment corrections (three translations and three rotations) were also included in the design matrix as additional factors. Linear contrasts were then used to determine the effect of emotion (Fearful > Neutral faces) for each task and each participant, and these contrast-images were used in the second (across-subjects) level of analysis.

First we analyzed data from each group separately. Statistical analyses were performed at the group level with one-sample t -tests to reveal structures specifically activated during the processing of fearful faces for the implicit and the explicit tasks separately (effect of emotion, contrast: Fearful > Neutral faces). Paired t -tests were then used to compare the conditions (implicit, explicit) within each group to reveal structures differentially engaged in these two conditions for fear processing (interaction between the type of emotion and the type of task: Implicit_{Fearful} > Neutral > Explicit_{Fearful} > Neutral and vice versa). In a last step, we performed two-sample t -tests to compare the groups on the implicit and the explicit tasks to highlight age-related differences in each task for processing of fearful EFE (OA_{Fearful} > Neutral > YA_{Fearful} > Neutral and vice versa). For all analyses, we used a significance threshold set at $p < .001$ uncorrected, coupled with an extent threshold of 10 contiguous voxels.

Conflicts of interest

none.

Acknowledgments

We thank the Region Rhône-Alpes (France) (11 HVN) for financial support. We thank Kylee Ramdeen for language correction and her valuable comments on this article.

References

- Adolphs, R., Tranel, D., Hamann, S., Young, A.W., Calder, A.J., Phelps, E.A., Anderson, A., Lee, G.P., Damasio, A.R., 1999. Recognition of facial emotion in nine individuals with bilateral amygdala damage. *Neuropsychologia* 37, 1111–1117. [http://dx.doi.org/10.1016/S0028-3932\(99\)00039-1](http://dx.doi.org/10.1016/S0028-3932(99)00039-1).
- Bush, G., Luu, P., Posner, M.I., 2000. Cognitive and emotional influences in anterior cingulate cortex. *Trends Cogn. Sci.* 4, 215–222. [http://dx.doi.org/10.1016/S1364-6613\(00\)01483-2](http://dx.doi.org/10.1016/S1364-6613(00)01483-2).
- Cabeza, R., Dennis, N.A., 2012. Frontal lobes and aging: deterioration and compensation. In: Stuss, D.T., Knight, R.T. (Eds.), *Principles of Frontal Lobe Function*, 2nd ed. Oxford University Press, New York, NY, pp. 628–652.
- Calder, A.J., Keane, J., Manly, T., Sprengelmeyer, R., Scott, S., Nimmo-Smith, I., Young, A.W., 2003. Facial expression recognition across the adult life span. *Neuropsychologia* 41, 195–202. [http://dx.doi.org/10.1016/S0028-3932\(02\)00149-5](http://dx.doi.org/10.1016/S0028-3932(02)00149-5).
- Carstensen, L.L., Fung, H.H., Charles, S.T., 2003. Socioemotional selectivity theory and the regulation of emotion in the second half of life. *Motiv. Emot.* 27, 103–123. <http://dx.doi.org/10.1023/A:1024569803230>.
- Carstensen, L.L., Turan, B., Scheibe, S., Ram, N., Ernsner-Hersfield, H., Samanez-Larkin, G.R., Brooks, K.P., Nesselroade, J.R., 2011. Emotional experience improves with age: Evidence based on over 10 years of experience sampling. *Psychol. Aging* 26, 21–33. <http://dx.doi.org/10.1037/a0021285>.
- Cavanna, A.E., Trimble, M.R., 2006. The precuneus: a review of its functional anatomy and behavioural correlates. *Brain* 129 (Pt 3), 564–583. <http://dx.doi.org/10.1093/brain/aw1004>.
- Critchley, H., Daly, E., Phillips, M., Brammer, M., Bullmore, E., Williams, S., Van Amelsvoort, T., Robertson, D., David, A., Murphy, D., 2000. Explicit and implicit neural mechanisms for processing of social information from facial expressions: a functional magnetic resonance imaging study. *Hum. Brain Mapp.* 9, 93–105. [http://dx.doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-0193\(200002\)9:2<93::AID-HBM4>3.0.CO;2-Z](http://dx.doi.org/10.1002/(SICI)1097-0193(200002)9:2<93::AID-HBM4>3.0.CO;2-Z).
- Dimberg, U., Thunberg, M., Elmehed, K., 2000. Unconscious facial reactions to emotional facial expressions. *Psychol. Sci.* 11 (1), 86–89. <http://dx.doi.org/10.1111/1467-9280.00221>.
- Dolcos, S., Katsumi, Y., Dixon, R.A., 2014. The role of arousal in the spontaneous regulation of emotions in healthy aging: a fMRI investigation. *Front. Psychol.* 5, 681. <http://dx.doi.org/10.3389/fpsyg.2014.00681>.
- Ekman, P., Friesen, W.V., 1976. *Pictures of Facial Affect*. Consulting Psychologists Press, Palo Alto, CA.
- 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. *J. Psychiatr. Res.* 12, 189–198.
- Garcia-Rodriguez, B., Fusari, A., Rodriguez, B., Hernandez, J.M., Ellgring, H., 2009. Differential patterns of implicit emotional processing in Alzheimer's disease and healthy aging. *J. Alzheimer's Dis.* 18, 541–551. <http://dx.doi.org/10.3233/JAD-2009-1161>.
- Gasquoine, P.G., 2014. Contributions of the insula to cognition and emotion. *Neuropsychol. Rev.* 24, 77–87. <http://dx.doi.org/10.1007/s11065-014-9246-9>.
- Goren, D., Wilson, H.R., 2006. Quantifying facial expression recognition across viewing conditions. *Vis. Res.* 46, 1253–1262. <http://dx.doi.org/10.1016/j.visres.2005.10.028>.
- Grill-Spector, K., Knouf, N., Kanwisher, N., 2004. The fusiform face area subserves face perception, not generic within-category identification. *Nat. Neurosci.* 7, 555–562. <http://dx.doi.org/10.1038/nn1224>.
- Gunning-Dixon, F.M., Gur, R.C., Perkins, A.C., Schroeder, L., Turner, T., Turetsky, B. I., Chan, R.M., Loughhead, J.W., Alsup, D.C., Maldjian, J.D., Gur, R.E., 2003. Age-related differences in brain activation during emotional face processing. *Neurobiol. Aging* 24, 285–295. [http://dx.doi.org/10.1016/S0197-4580\(02\)00099-4](http://dx.doi.org/10.1016/S0197-4580(02)00099-4).
- Gutchess, A.H., Welsh, R.C., Hedden, T., Bangert, A., Minear, M., Liu, L.L., Park, D.C., 2005. Aging and the neural correlates of successful picture encoding: frontal activations compensate for decreased medial-temporal activity. *J. Cogn. Neurosci.* 17, 84–96. <http://dx.doi.org/10.1162/0898929052880048>.
- Habel, U., Windischberger, C., Derntl, B., Robinson, S., Kryspin-Exner, I., Gur, R.C., Moser, E., 2007. Amygdala activation and facial expressions: explicit emotion discrimination versus implicit emotion processing. *Neuropsychologia* 45, 2369–2377. <http://dx.doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2007.01.023>.
- Haxby, J.V., Hoffman, E.A., Gobbini, M.I., 2000. The distributed human neural system for face perception. *Trends Cogn. Sci.* 4, 223–233. [http://dx.doi.org/10.1016/S1364-6613\(00\)01482-0](http://dx.doi.org/10.1016/S1364-6613(00)01482-0).
- Houwer, J.D., Moors, A., 2012. How to Define and Examine Implicit Processes? Implicit Explic. Process., 183–198. <http://dx.doi.org/10.1093/acprof:oso/9780199753628.003.0008>.
- Iidaka, T., Okada, T., Murata, T., Omori, M., Kosaka, H., Sadato, N., Yonekura, Y., 2002. Age-related differences in the medial temporal lobe responses to emotional faces as revealed by fMRI. *Hippocampus* 12, 352–362. <http://dx.doi.org/10.1002/hipo.1113>.
- Isaacowitz, D.M., Löckenhoff, C.E., Lane, R.D., Wright, R., Sechrest, L., Riedel, R., Costa, P.T., 2007. Age differences in recognition of emotion in lexical stimuli and facial expressions. *Psychol. Aging* 22, 147–159. <http://dx.doi.org/10.1037/0882-7974.22.1.147>.
- Johnson, B.P., Pinar, A., Fornito, A., Nandam, L.S., Hester, R., Bellgrove, M.A., 2015. Left anterior cingulate activity predicts intra-individual reaction time variability in healthy adults. *Neuropsychologia* 72, 22–26. <http://dx.doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2015.03.015>.

- Kanwisher, N., McDermott, J., Chun, M.M., 1997. The fusiform face area: a module in human extrastriate cortex specialized for face perception. *J. Neurosci.* 17, 4302–4311.
- Keightley, M.L., Chiew, K.S., Winocur, G., Grady, C.L., 2007. Age-related differences in brain activity underlying identification of emotional expressions in faces. *Soc. Cogn. Affect. Neurosci.* 2 (4), 292–302. <http://dx.doi.org/10.1093/scan/nsm024>.
- Keightley, M.L., Winocur, G., Burianova, H., Hongwanishkul, D., Grady, C.L., 2006. Age effects on social cognition: Faces tell a different story. *Psychol. Aging* 21, 558–572. <http://dx.doi.org/10.1037/0882-7974.21.3.558>.
- LaBar, K.S., Torpey, D.C., Cook, C.A., Johnson, S.R., Warren, L.H., Burke, J.R., Welsh-Bohmer, K.A., 2005. Emotional enhancement of perceptual priming is preserved in aging and early-stage Alzheimer's disease. *Neuropsychologia* 43, 1824–1837. <http://dx.doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2005.01.018>.
- Lundqvist, D., Flykt, A., Öhman, A., 1998. The Karolinska Directed Emotional Faces – KDEF [CD ROM]. Karolinska Institutet, Department of Clinical Neuroscience, Psychology section.
- MacPherson, S.E., Phillips, L.H., Della Sala, S., 2002. Age, executive function, and social decision making: a dorsolateral prefrontal theory of cognitive aging. *Psychol. Aging* 17, 598–609. <http://dx.doi.org/10.1037/0882-7974.17.4.598>.
- MacPherson, S.E., Phillips, L.H., Della Sala, S., 2006. Age-related differences in the ability to perceive sad facial expressions. *Aging Clin. Exp. Res.* 18, 418–424. <http://dx.doi.org/10.1007/BF03324838>.
- Mather, M., 2012. The emotion paradox in the aging brain. *Ann. N. Y. Acad. Sci.* 1251, 33–49. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1749-6632.2012.06471.x>.
- Moors, A., De Houwer, J., 2006. Automaticity: a theoretical and conceptual analysis. *Psychol. Bull.* 132, 297–326. <http://dx.doi.org/10.1037/0033-2909.132.2.297>.
- Phillips, L.H., Maclean, R.D.J., Allen, R., 2002. Age and the understanding of emotions: Neuropsychological and socio-cognitive perspectives. *J. Gerontol. Ser. B: Psychol. Sci. Soc. Sci.* 57B, 526–530. <http://dx.doi.org/10.1093/geronb/57.6.P526>.
- Phillips, M.L., Williams, L.M., Heining, M., Herba, C.M., Russell, T., Andrew, C., Gray, J. A., Bullmore, E.T., Brammer, M.J., Williams, S.C., Morgan, M., Young, A.W., 2004. Differential neural responses to overt and covert presentations of facial expressions of fear and disgust. *NeuroImage* 21, 1484–1496. <http://dx.doi.org/10.1016/j.neuroimage.2003.12.013>.
- Pourtois, G., Spinelli, L., Seeck, M., Vuilleumier, P., 2010. Modulation of face processing by emotional expression and gaze direction during intracranial recordings in right fusiform cortex. *J. Cogn. Neurosci.* 22, 2086–2107. <http://dx.doi.org/10.1162/jocn.2009.21404>.
- Raz, N., 2000. Aging of the brain and its impact on cognitive performance: integration of structural and functional findings. In: Craik, F.I.M., Salthouse, T.A. (Eds.), *The Handbook of Aging and Cognition*. Erlbaum, Mahwah, NJ, pp. 1–90.
- Reuter-Lorenz, P.A., Lustig, C., 2005. Brain aging: reorganizing discoveries about the aging mind. *Curr. Opin. Neurobiol.* 15, 245–251. <http://dx.doi.org/10.1016/j.conb.2005.03.016>.
- Reuter-Lorenz, P.A., Park, D.C., 2010. Human neuroscience and the aging mind: a new look at old problems. *J. Gerontol. Ser. B: Psychol. Sci. Soc. Sci.* 65, 405–415. <http://dx.doi.org/10.1093/geronb/gbq035>.
- Scheuerecker, J., Frodl, T., Koutsouleris, N., Zetzsche, T., Wiesmann, M., Kleemann, A. M., Brückmann, H., Schmitt, G., Möller, H.J., Meisenzahl, E.M., 2007. Cerebral differences in explicit and implicit emotional processing—An fMRI study. *Neuropsychobiology* 56, 32–39. <http://dx.doi.org/10.1159/000110726>.
- St Jacques, P., Bessette-Symons, B., Cabeza, R., 2009. Functional neuroimaging studies of aging and emotion: Fronto-amygdalar differences during emotional perception and episodic memory. *J. Int. Neuropsychol. Soc.* 15, 819–825. <http://dx.doi.org/10.1017/S1535617709990439>.
- St Jacques, P., Dolcos, F., Cabeza, R., 2010. Effects of aging on functional connectivity of the amygdala during negative evaluation: a network analysis of fMRI data. *Neurobiol. Aging* 31, 315–327. <http://dx.doi.org/10.1016/j.neurobiolaging.2008.03.012>.
- Sullivan, S., Ruffman, T., 2004. Emotion recognition deficits in the elderly. *Int. J. Neurosci.* 114, 403–432. <http://dx.doi.org/10.1080/00207450490270901>.
- Sullivan, S., Ruffman, T., Hutton, S.B., 2007. Age differences in emotion recognition skills and the visual scanning of emotion faces. *J. Gerontol. Ser. B: Psychol. Sci. Soc. Sci.* B62, 53–60. <http://dx.doi.org/10.1093/geronb/62.1.p53>.
- Suzuki, A., Hoshino, T., Shigemasa, K., Kawamura, M., 2007. Decline or improvement? Age-related differences in facial expression recognition. *Biol. Psychol.* 74, 75–84. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biopsycho.2006.07.003>.
- Tabei, K., 2015. Inferior frontal gyrus activation underlies the perception of emotions, while precuneus activation underlies the feeling of emotions during music listening. *Behav. Neurosci.* 529043. <http://dx.doi.org/10.1155/2015/529043>.
- Tessitore, A., Hariri, A.R., Fera, F., Smith, W.G., Das, S., Weinberger, D.R., Mattay, V.S., 2005. Functional changes in the activity of brain regions underlying emotion processing in the elderly. *Psychiatry Res.* 139, 9–18. <http://dx.doi.org/10.1016/j.psychres.2005.02.009>.
- Tzourio-Mazoyer, N., Landeau, B., Papathanassiou, D., Crivello, F., Etard, O., Delcroix, N., Mazoyer, B., Joliot, M., 2002. Automated anatomical labeling of activations in SPM using a macroscopic anatomical parcellation of the MNI MRI single-subject brain. *Neuroimage* 15 (1), 273–289. <http://dx.doi.org/10.1006/nimg.2001.0978>.
- Vytal, K., Hamann, S., 2010. Neuroimaging support for discrete neural correlates of basic emotions: A voxel-based meta-analysis. *J. Cogn. Neurosci.* 22, 2864–2885. <http://dx.doi.org/10.1162/jocn.2009.21366>.
- Williams, L.M., Liddell, B.J., Rathjen, J., Brown, K.J., Gray, J., Phillips, M., Young, A., Gordon, E., 2004. Mapping the time course of nonconscious and conscious perception of fear: an integration of central and peripheral measures. *Hum. Brain Mapp.* 21, 64–74. <http://dx.doi.org/10.1002/hbm.10154>.
- Williams, L.M., Brown, K.J., Palmer, D., Liddell, B.J., Kemp, A.H., Olivieri, G., Peduto, A., Gordon, E., 2006. The mellow years: neural basis of improving emotional stability over age. *J. Neurosci.* 26, 6422–6430. <http://dx.doi.org/10.1523/JNEUROSCI.0022-06.2006>.

SST

Pour chacune de ces deux questions, cochez la réponse qui correspond le mieux à ce que vous pensez.

1. Imaginez que vous avez une demi-heure de temps libre devant vous, sans obligations urgentes. Vous décidez que vous aimeriez passer ce temps en compagnie d'une autre personne. En supposant que les trois personnes suivantes sont disponibles, avec laquelle choisiriez-vous de passer ce temps ?

- Un membre de votre famille proche
- Une connaissance récente avec qui vous semblez avoir beaucoup en commun
- L'auteur d'un livre que vous avez lu

2. Maintenant, imaginez cette nouvelle situation : dans quelques semaines, vous avez prévu de déménager à l'autre bout du pays – seul(e). Personne de votre famille ou de votre entourage proche ne vous accompagnera dans ce déménagement. Bien que vous soyez occupé à organiser votre grand départ, il se trouve que vous avez une demi-heure de temps libre, sans obligations urgentes. Vous décidez que vous aimeriez passer ce temps en compagnie d'une autre personne. En supposant que les trois personnes suivantes sont disponibles, avec laquelle choisiriez-vous de passer ce temps ?

- Une connaissance récente avec qui vous semblez avoir beaucoup en commun
- L'auteur d'un livre que vous avez lu
- Un membre de votre famille proche

Perspectives d'avenir

On ne peut jamais savoir quand notre vie arrivera à son terme. Par exemple, vous pourriez mourir n'importe quand d'une crise cardiaque, d'un accident vasculaire cérébral, ou dans un accident de voiture. De nombreuses recherches montrent que nous passons trop peu de temps à nous concentrer sur le moment présent. En répondant aux questions suivantes, imaginez que vous n'avez plus que 6 mois à vivre. Partez du principe que vous serez en bonne santé durant cette période.

- 1- Comment le fait de savoir que vous n'avez plus que 6 mois à vivre changerait la façon dont vous dépensez, ou économisez, votre argent ?

.....
.....
.....

- 2- Comment le fait de savoir que vous n'avez plus que 6 mois à vivre changerait vos activités ?

.....
.....
.....

- 3- Décrivez la façon dont vous aimeriez passer le dernier jour de votre vie.

.....
.....
.....

- 4- Si vous n'aviez plus que 6 mois à vivre, quels seraient vos objectifs pour vos derniers mois de vie ?

.....
.....
.....

Atteintes différentielles des processus émotionnels automatiques et contrôlés au cours du vieillissement normal : Approche comportementale et neurocognitive

Résumé

D'après l'hypothèse de la double voie de traitement des émotions, une émotion peut être traitée soit de façon explicite, c'est-à-dire volontairement, soit de façon implicite, en faisant appel à des processus automatiques. Les traitements émotionnels implicites et explicites reposeraient sur l'activité de réseaux cérébraux partiellement distincts. Des données comportementales et en neuroimagerie laissent penser que ces deux types de processus seraient différemment touchés par le vieillissement normal de l'organisme. L'objectif de ce travail de thèse était d'évaluer les différences de traitement émotionnel entre sujets jeunes (18 - 40 ans) et plus âgés (60 ans et plus) en fonction du niveau de traitement cognitif engagé (contrôlé, automatique). En regard de la littérature sur le vieillissement émotionnel, nous nous attendions à ce que les processus automatiques de traitement de l'émotion soient mieux préservés au cours du vieillissement que les processus contrôlés. Grâce à des mesures comportementales et neurophysiologiques, cette hypothèse a été testée dans trois domaines de recherche : 1) la reconnaissance des expressions faciales émotionnelles, 2) l'effet de positivité lié à l'âge, et 3) la régulation émotionnelle. Dans leur ensemble, les résultats suggèrent que les mécanismes automatiques de perception et de régulation de l'émotion seraient toujours fonctionnels dans le vieillissement, et potentiellement responsables de certains phénomènes comme l'effet de positivité. Les traitements contrôlés/explicites seraient à l'inverse plus touchés avec l'âge, notamment au sujet de la reconnaissance des expressions faciales émotionnelles. Au niveau des processus de régulation émotionnelle, l'atteinte différentielle entre mécanismes automatiques et contrôlés dépendrait des stratégies de régulation considérées.

Mots-clés : émotions ; vieillissement ; processus implicites ; processus explicites ; effet de positivité ; régulation émotionnelle

Abstract

According to the dual-process theory of emotions, an emotion can be processed explicitly and deliberately, or implicitly through automatic processes. Implicit and explicit emotional processes seem to rely on partly distinct cerebral networks. Several behavioral and neuroimaging studies suggest that these two types of processes may be differentially affected by normal aging. The goal of this research was to assess the differences in emotion processing between young (18 - 40 years old) and older adults (60 years old or more), by taking into account the level of cognitive processing involved (controlled or more automatic). Based on the current literature available, we predicted that automatic emotional processes would be relatively well preserved with age compared to controlled processes that would be more greatly impaired. We tested this hypothesis, using behavioral and neurophysiological measures, within three areas of aging and emotion research: 1) recognition of emotional facial expressions, 2) the positivity effect, and 3) emotion regulation. Altogether, our results suggest that the processes underlying the automatic perception and regulation of emotion remain functional in older adults, and are likely responsible for the positivity effect. Explicit emotion processing appears to be more affected by aging, especially when it comes to the recognition of emotional facial expressions. Regarding emotion regulation, the differential impact of aging on automatic and controlled processes seems to depend on the particular regulatory strategies employed.

Keywords: emotions ; aging ; implicit processes ; explicit processes ; positivity effect ; emotion regulation