

Université de Montréal

**L'influence du vieillissement normal et pathologique sur le traitement des expressions
faciales et du jugement de confiance**

par

Catherine Éthier-Majcher

**Département de psychologie
Faculté des Arts et des sciences**

Thèse présentée à la Faculté des Arts et des sciences en vue de
l'obtention du grade de doctorat (Ph.D.) en psychologie

Avril 2014

© Catherine Éthier-Majcher, 2014

RÉSUMÉ

Déterminer si quelqu'un est digne de confiance constitue, tout au long de notre vie, une décision à la base de nos interactions sociales quotidiennes. Des études récentes chez les jeunes adultes ont proposé que le jugement de confiance basé sur un visage constituerait une extension des processus de reconnaissance des expressions faciales, particulièrement de la colère et de la joie (Todorov, 2008). Bien que le jugement de confiance soit d'une grande importance tout au long de notre vie, à notre connaissance, aucune étude n'a tenté d'explorer l'évolution de ce processus au cours du vieillissement. Pourtant, sachant que les personnes âgées saines sont moins efficaces que les jeunes adultes pour reconnaître les expressions faciales émotionnelles (Ruffman et al., 2008; Calder et al., 2003), des différences pourraient exister dans les capacités de ces deux groupes d'âge à poser un jugement de confiance. Le présent travail a permis d'explorer, pour une première fois, les processus perceptifs sous-jacents au jugement de confiance chez une population âgée saine ainsi que chez une population présentant une démence fronto-temporale. Les résultats démontrent que les représentations de colère, de joie et de confiance sont similaires chez les jeunes et les âgés sains et suggèrent qu'il existe bel et bien un lien entre le jugement de confiance et les jugements de joie et de colère. De plus, ils révèlent que ce lien persiste au cours du vieillissement, mais que les adultes âgés sains se fient davantage à leur représentation de la colère que les jeunes adultes pour déterminer si un visage est digne de confiance ou non. Enfin, les patients présentant une démence fronto-temporale possèdent des représentations différentes des âgés sains en ce qui concerne la colère, la joie et la confiance, et ils semblent se fier davantage à leur représentation de la joie que les âgés sains pour déterminer le niveau de confiance d'un visage.

Mots clés : Vieillissement, perception visuelle, cognition sociale, expressions faciales, jugement de confiance, démence fronto-temporale

ABSTRACT

To determine whether someone looks trustworthy or not is, throughout our lives, a basic decision in our social interactions. Recent studies have suggested that this type of judgment may be an extension of facial expression judgments, more specifically of anger and happiness judgments (Todorov, 2008). Even though trustworthiness judgments play a great role in our social interactions throughout our lives, little is known about the evolution of this process through aging. However, knowing that older adults are less efficient than younger adults in identifying facial expressions (Ruffman et al., 2008; Calder et al., 2003), one could expect to find differences between young and older adults in the way they judge trustworthiness. This work aimed to explore, for the first time, perceptual processes underlying trustworthiness judgments in a healthy older adult population as well as in a population of fronto-temporal dementia (FTD) patients. Results show that anger, happiness and trustworthiness representations are similar between young and older adults, and they suggest that a relationship does exist between emotional judgments and trustworthiness judgments. Moreover, results show that this relationship persists throughout aging, but that older adults rely more on their representation of anger than younger in adults while judging trustworthiness. Finally, patients with fronto-temporal dementia show different representations of anger, happiness and trustworthiness than that of the controls. Also, for trustworthiness judgments, they rely more on their representation of happiness than controls.

Key words: Aging, visual perception, social cognition, facial expressions, trustworthiness judgment, fronto-temporal dementia

TABLE DES MATIÈRES

RÉSUMÉ	iii
ABSTRACT.....	iv
LISTE DES TABLEAUX.....	ix
LISTE DES FIGURES	x
LISTE DES ABRÉVIATIONS.....	xi
DÉDICACE	xii
REMERCIEMENTS.....	xiii
CHAPITRE PREMIER : INTRODUCTION GÉNÉRALE	1
Position du problème	2
Contexte théorique	8
<i>Perception visuelle et vieillissement normal</i>	8
<i>Cognition sociale et vieillissement normal</i>	9
<i>Reconnaissance des expressions faciales et vieillissement normal</i>	11
<i>Biais positif</i>	13
<i>Déclin cognitif général</i>	15
<i>Changements neuropsychologiques</i>	16
<i>Cognition sociale et vieillissement pathologique</i>	20
<i>Description de la pathologie</i>	21
<i>Traitement des émotions dans la DFT</i>	22
<i>Jugements de confiance</i>	25

CHAPITRE DEUXIÈME : ARTICLE 1	32
CONTRIBUTIONS À L'ARTICLE	33
DÉCLARATION DES COAUTEURS DE L'ARTICLE 1	34
Reverse correlating trustworthy faces in young and older adults	35
Abstract	36
Introduction	37
Methods	41
<i>Participants</i>	42
<i>Stimuli</i>	43
<i>Procedures</i>	44
<i>Results</i>	45
Discussion	48
Acknowledgments	51
References	52
 CHAPITRE TROISIÈME : ARTICLE 2	 60
CONTRIBUTIONS À L'ARTICLE	61
DÉCLARATION DES COAUTEURS DE L'ARTICLE 2	62
Relation between emotional judgments and trust judgment in patients with fronto-temporal dementia	63
Abstract	64
Introduction	65
<i>Processing of emotions in fronto-temporal dementia</i>	67

Material and methods.....	71
<i>Experiment 1</i>	72
<i>Participants</i>	72
<i>Case 1</i>	73
<i>Case 2</i>	73
<i>Case 3</i>	74
<i>Apparatus</i>	74
<i>Stimuli</i>	74
<i>Procedures</i>	76
<i>Results</i>	76
<i>Experiment 2</i>	78
<i>Participants</i>	78
<i>Apparatus</i>	78
<i>Stimuli</i>	79
<i>Procedures</i>	79
<i>Results</i>	80
<i>Experiment 3</i>	81
<i>Participants</i>	82
<i>Apparatus</i>	83
<i>Stimuli</i>	83
<i>Procedures</i>	83
<i>Results</i>	84
General discussion	86
Acknowledgments.....	89

References	90
CHAPITRE QUATRIÈME : DISCUSSION GÉNÉRALE.....	106
Discussion des résultats	107
<i>Première étude</i>	107
<i>Deuxième étude</i>	109
Discussion générale.....	111
<i>Reconnaissance des émotions de base et vieillissement</i>	112
<i>Jugement de confiance et vieillissement</i>	117
Apports méthodologiques	118
Limites	119
<i>Autres pistes de recherche empruntées</i>	121
Pistes d’exploration cliniques et recherches futures	122
Conclusion	124
RÉFÉRENCES	126

LISTE DES TABLEAUX

CHAPITRE PREMIER

CHAPITRE DEUXIÈME

Table I	
Neuropsychological results of elderly participants.....	57

CHAPITRE TROISIÈME

Table II	
Neuropsychological results of elderly participants.....	104

Table III	
Confusability matrix of responses for each group and each emotion.....	105

CHAPITRE QUATRIÈME

LISTE DES FIGURES

CHAPITRE PREMIER

CHAPITRE DEUXIÈME

Figure 1

Sequence of events in the experiment. The question appeared on the first frame of a block. Then, a green dot served as a fixation point and appeared on the screen for 200ms. The stimuli then appeared for three seconds after which a choice was required. This sequence of events was repeated for the 150 trials of the block. 58

Figure 2

Coloured images represent smooth group-judgment classification images transformed into z-scores superimposed on a grayscale face. Grayscale images represent raw group-judgment classification images added to a grayscale face with the same range of values. 59

CHAPITRE TROISIÈME

Figure 3

Examples of stimuli for anger, disgust, fear, happiness, sadness and surprise, respectively. 99

Figure 4

Accuracy of response (percentage) for each group and each emotion. 100

Figure 5

Screen-caption of the judging task. 101

Figure 6

Z-Scores of anger, happiness and trust judgments for FTD patients and controls. 102

Figure 7

Sequence of events of the experiment. 103

CHAPITRE QUATRIÈME

Figure 8

Pourcentages de réponses dans une tâche d'identification d'émotions effectuée chez les jeunes et les âgés sains. 112

LISTE DES ABRÉVIATIONS

cd/m ²	candela par mètre carré
cm	centimètre
DFT/FTD	démence fronto-temporale/fronto-temporal dementia
Hz	hertz

DÉDICACE

*À Madeleine et Jacques,
Pour que vos descendants vieillissent sainement,
dans la dignité.*

REMERCIEMENTS

Beaucoup de gens ont traversé ma vie pendant ces dernières années. Je prends ici quelques lignes pour les remercier de m'avoir accompagnée dans la mise à terme de ce long projet qu'est le doctorat.

Tout d'abord, merci à mon directeur, Frédéric. Merci de m'avoir accompagnée pendant ces 8 dernières années. Merci pour ton intelligence, ta passion, tes connaissances, ton humour, ta sensibilité, ton honnêteté. Tu n'auras peut-être pas fait de moi un chercheur, mais tu m'auras grandement inspirée et sensibilisée à la recherche rigoureuse et de qualité. Merci également à Sven, qui a su si bien co-diriger mon travail. Merci Sven pour tes habiletés de clinicien, ta gentillesse, ton ouverture, ton écoute. Ce fut un plaisir de découvrir, à travers cette collaboration, une personne aussi douce et agréable que toi. Merci à tous les deux d'avoir été l'équipe parfaite pour moi.

Je n'aurais jamais pu terminer mon doctorat sans le soutien de mes si précieux collègues de laboratoire qui sont devenus, au cours des années, mes amis, ma « petite » famille. Merci à Caroline, Cynthia, Daniel, Nicolas, Sylvain et les autres. Même si chacun suit maintenant son propre chemin, je garderai toujours une place pour vous quelque part dans mes souvenirs et dans mon cœur. Merci également à mes mentors cliniques, Catherine, Anne, Françoise, Marie-Pier et Valérie. Vous avez su m'inspirer et vous m'avez poussée à donner le meilleur de moi-même. Merci de m'avoir fait grandir.

Merci à mes amis, Maude, Julien, Karine et les autres, qui ont été à mes côtés dans les meilleurs moments comme dans les pires. Un merci tout particulier à Karine et Rosemarie, avec qui une

amitié très précieuse s'est développée dans les dernières années. Merci pour toutes ces soirées passées ensemble, qui m'ont permis de me confier, de me divertir, de rire, de pleurer, mais surtout d'avancer et de grandir. Vous êtes très précieuses à mes yeux.

Je ne pourrais conclure sans mentionner ma famille. Merci Gabriel d'avoir partagé avec moi cette aventure des études supérieures. Je t'admire petit frère! Un merci très particulier à mes parents, qui ont toujours été là pour moi, dans les meilleurs moments comme dans les pires. Merci de m'avoir soutenue dans cette aventure, merci d'être toujours là pour moi, merci d'être fiers de moi et de croire en moi depuis toutes ces années. Je vous aime.

Un dernier merci tout précieux à mon amoureux, Xavier, qui partage ma vie depuis quatre ans déjà. Merci pour ton amour, ton soutien constant, ton écoute, ton réconfort, ta compréhension, ta logique, ton humour. Je me souviendrai toujours de cette soirée enneigée où tu as bravé la tempête pour venir me porter une grande tasse de thé bien chaud alors que je travaillais tard, au froid, dans mon bureau à l'université. Ça dit tout. Merci de me faire grandir et de me permettre de m'épanouir chaque jour. Merci de me ramener sur terre tout en me faisant rêver. Je t'aime.

CHAPITRE PREMIER : INTRODUCTION GÉNÉRALE

Position du problème

Automne 2013. Nous sommes en pleine campagne électorale pour les élections municipales. Cette année, ces élections s'inscrivent dans un contexte tout à fait particulier : corruption, fraudes et mensonges chez les élus municipaux font la manchette depuis déjà plusieurs mois. Plusieurs maires ont vu leur réputation complètement détruite et ont dû démissionner. La population est échaudée par les révélations qui ont été faites. Je regarde les pancartes électorales et je me demande bien pour qui je voterai cette fois, sachant que je ne connais pas du tout les nouveaux candidats. Des discussions familiales m'ont permis de constater que mes parents et moi ne partageons pas la même première impression sur les candidats et que les pancartes électorales ne nous inspiraient pas les mêmes sentiments. À qui faire confiance et pour quelle raison? S'il s'agissait de se baser uniquement sur les pancartes électorales, mes parents et moi ferions-nous les mêmes choix électoraux?

Les jugements sociaux occupent une importance particulière dans notre vie quotidienne. Tout au long de notre vie, nous entrons en contact avec nos pairs et développons des liens avec les gens qui nous entourent. À chacun de ces contacts, plusieurs jugements sociaux sont effectués. Cette personne est-elle attirante? Compétente? Aimable? Agressive? Menaçante? Digne de confiance? Est-elle d'humeur agréable ou désagréable? Ces jugements nous permettent d'anticiper les demandes et les attentes de l'autre. Parmi ces jugements sociaux, le jugement de confiance apparaît être particulièrement important puisqu'il nous permet de déterminer les avantages ou les dangers d'entrer en contact avec l'autre. Mais sur quelle information visuelle nous basons-nous pour effectuer de tels jugements? Le traitement du visage change-t-il selon l'âge de l'observateur? Bien que les jugements sociaux fassent partie de notre vie, dès notre plus tendre enfance et ce jusqu'à notre mort, très peu d'études ont tenté d'évaluer les changements qui pourraient survenir

dans nos capacités à découvrir les dispositions de l'autre avec l'âge. Pourtant, chaque année, les médias rapportent des histoires de fraudes, de vols et d'agressions de personnes âgées qui suggèrent que cette population est particulièrement vulnérable à la manipulation et qui poussent à réfléchir sur l'efficacité des jugements sociaux qu'ils effectuent, spécialement en ce qui a trait au jugement de confiance (i.e. déterminer si la personne devant nous est digne de confiance ou non).

Des études récentes dans le domaine de la psychologie cognitive ont montré que, chez de jeunes adultes, il existe un lien entre le jugement de confiance et la reconnaissance des expressions faciales. En effet, ces deux types de processus seraient sous-tendus par les mêmes régions cérébrales et le jugement de confiance serait en fait une extension des processus de reconnaissance des expressions faciales (Todorov, 2008). Toutefois, le lien qui unit les processus de reconnaissance des expressions faciales et le jugement de confiance reste à approfondir. Chez les jeunes adultes, au point de vue du traitement des expressions faciales, on sait que certaines régions du visage sont critiques à la reconnaissance d'émotions particulières (Blais, Roy, Fiset, Arguin & Gosselin, 2012; Smith, Cottrell, Gosselin & Schyns, 2005; Cunningham, Kleiner, Bülthoff & Wallraven, 2004; Ekman, 1982; Bassili, 1979) et que la possibilité d'extraire l'information présentée dans ces régions critiques repose sur l'activité de certaines structures cérébrales (Adolphs, Gosselin, Buchanan, Tranel, Schyns & Damasio, 2005; Harmer, Thilo, Rithwell & Goodwin, 2001; Blair, Morris, Frith, Perrett & Dolan, 1999; Adolphs, Tranel & Damasio, 1998; Breiter, Etcoff, Whalen, Kennedy, Rauch, Buckener et al., 1996; Adolphs, Tranel, Damasio & Damasio, 1994).

Au cours du vieillissement, des études récentes ont démontré qu'en plus des capacités cognitives, les capacités perceptuelles de bas niveau évoluent. Par exemple, la discrimination d'orientations

(Betts, Sekuler & Bennett, 2007), l'intégration de contours (Roudaida, Bennett & Sekuler, 2008), la sensibilité au mouvement (Allard, Lagacé-Nadon, Faubert, 2013; Betts, Sekuler & Bennett, 2009; Betts, Taylor, Sekuler & Bennett, 2005; Faubert, 2002) et la capacité à détecter le mouvement biologique (Legault, Troje & Faubert, 2012) évoluent avec l'âge. Si certaines capacités de bas niveau sont affectées chez les âgés sains, il est possible que des capacités perceptuelles de plus haut niveau soient également affectées. Toutefois, très peu d'études se sont concentrées sur cet aspect du traitement perceptuel chez les âgés. La littérature recense certaines particularités au niveau de la reconnaissance de l'identité des visages, où les personnes âgées saines n'utiliseraient pas les processus holistiques et configuratifs de la même façon que les jeunes (Konar, Bennett & Sekuler, 2013; Wiese, Kachel, Schweinberger, 2013; Slessor, Riby & Finerty, 2012; Chaby, Narme & George, 2011; Narme, Cloarec, George & Chaby, 2008), n'utiliseraient pas les mêmes patrons de fixations oculaires que les jeunes adultes (Firestone, Turk-Browne & Ryan, 2007) et présenteraient une activité électrophysiologique différente en réponse à une tâche d'identification de visages lorsque comparées à de jeunes adultes (Rousselet, Husk, Pernet, Gaspar, Bennett & Sekuler, 2009; Chaby, George, Renault & Fiori, 2003). Cependant, les processus sous-tendant la reconnaissance des expressions faciales chez les âgés sains sont moins bien compris. En effet, plusieurs études montrent que des différences existent entre les capacités de reconnaissance des expressions faciales des jeunes et des âgés sains. Par exemple, les personnes âgées saines diffèrent des jeunes adultes dans leurs capacités à reconnaître la tristesse, la colère et la peur, alors qu'elles seraient aussi aptes que les jeunes adultes à reconnaître des émotions très subtiles de dégoût et de joie (Chaby & Narme, 2009; Calder et al., 2003). De plus, tout comme pour l'identification de visages, il semble que leurs patrons de fixations oculaires lors de tâches de reconnaissance d'expressions faciales soient différents de ceux des jeunes adultes (Sullivan, Ruffman & Hutton, 2007; Wong, Cronin-Golomb & Nearing, 2005) et que leur activité

cérébrale diffère (St.Jacques, Dolcos & Cabeza, 2010; Fischer, Nyberg & Bäckman, 2009; Fischer, Sandblom, Gavazzeni, Fransson, Wright & Bäckman, 2005; Gunning-Dixon et al., 2003; Iidaka et al., 2002). Enfin, l'intensité de l'expression faciale présentée aurait un impact sur la performance des âgés sains en reconnaissance des émotions négatives (Mienaltowski, Johnson, Wittman, Wilson, Sturycz & Norman, 2013).

Les difficultés retrouvées chez les personnes âgées saines au plan de la reconnaissance des expressions faciales restent subtiles et nécessitent d'être mieux documentées. Connaissant le lien qui unit le jugement de confiance et la reconnaissance des expressions faciales chez les jeunes adultes, ce qui affecte la reconnaissance des expressions faciales chez les personnes âgées pourrait bien affecter la qualité des jugements sociaux. À notre connaissance, les processus de jugements sociaux, d'un point de vue perceptif, n'ont jamais été explorés chez les personnes âgées saines.

Si certaines évidences suggèrent que les personnes âgées saines traitent les expressions faciales de façon différente des jeunes adultes, des difficultés similaires, voire plus importantes, se retrouvent aussi chez certains types de patients présentant un vieillissement pathologique. En outre, plusieurs études démontrent que l'on retrouve des difficultés quant à la reconnaissance du dégoût chez des patients souffrant de la maladie de Huntington (Sprengelmeyer et al., 1996; Sprengelmeyer et al., 1997; Wang, Hoosain, Yang, Meng, & Wang, 2003), un désordre neurologique génétique et dégénératif faisant son apparition le plus souvent vers l'âge de 40-50 ans et occasionnant des difficultés importantes au plan moteur ainsi que des difficultés cognitives. Certaines études rapportent également des difficultés plus ou moins sévères en reconnaissance des expressions faciales chez des patients aux prises avec la maladie d'Alzheimer (Bediou, Ryff, Mercier et al., 2009; Weiss, Kobler, Vonbank et al., 2008; Burnham & Hogervorst, 2004).

De par les principaux symptômes de la maladie, une attention toute particulière a été accordée aux processus de reconnaissance des expressions faciales chez les patients présentant une démence fronto-temporale, une pathologie caractérisée par une dégénérescence progressive des lobes frontal et temporal. En effet, ces patients présentent très tôt dans la maladie des problèmes de comportement qui interfèrent significativement avec leurs interactions sociales et qui semblent altérer leur façon de traiter les émotions. Dans les dernières années, des études ont démontré que les patients présentant une démence fronto-temporale ont plus de mal que les âgés sains à reconnaître les émotions négatives, plus particulièrement la colère (pour une revue complète, voir Kumfor & Piguet, 2012). Toutefois, l'origine de ces difficultés n'est pas très bien connue. De plus, les jugements sociaux, qui pourraient également être affectés chez cette population, n'ont jamais été investigués.

Le présent travail fait état des premières pistes d'exploration des processus visuels sous-tendant le jugement de confiance chez des personnes âgées saines ainsi que chez des patients présentant une démence fronto-temporale. Nous mettons également de l'avant le lien qui peut exister entre le jugement de confiance et la reconnaissance des émotions faciales. Dans notre premier article, nous explorerons les stratégies perceptives sous-jacentes à la reconnaissance des expressions faciales et à l'accomplissement du jugement de confiance chez les personnes âgées saines et comparerons ces stratégies à celles de jeunes adultes. Tel que mentionné plus haut, des études récentes suggèrent que ces deux types de processus seraient sous-tendus par les mêmes régions cérébrales et que le jugement de confiance serait en fait une extension des processus de reconnaissance des expressions faciales (Todorov, 2008). Selon cette théorie, si le vieillissement normal influence les processus de reconnaissance des expressions faciales, il est attendu qu'il influence aussi la capacité à poser un jugement de confiance. Dans notre second article, nous présenterons une première piste

de recherche en ce qui concerne le jugement de confiance chez des patients présentant une démence fronto-temporale.

Dans la prochaine section, la littérature sur la perception des expressions faciales dans le vieillissement normal et pathologique ainsi que sur le jugement de confiance sera exposée plus en détails afin de mieux comprendre les bases théoriques du présent travail. Suite à cela, les hypothèses de recherche seront formulées.

Contexte théorique

Perception visuelle et vieillissement normal

Au cours du vieillissement normal, le cerveau se dégrade et plusieurs modifications s'opèrent au niveau des capacités cognitives. En ce qui a trait à la vision de bas niveau, les changements observés peuvent être résumés en six phénomènes : les seuils perceptifs absolus et différentiels augmentent, la sensibilité à l'éblouissement augmente, la perception des couleurs et la discrimination entre certaines couleurs est affectée, l'acuité diminue, l'adaptation (i.e. la sensibilité de l'œil au changement d'intensité) décline et l'étendue du champ visuel périphérique diminue (Fontaine, 2007). De plus, des études révèlent des différences significatives entre les jeunes adultes et les adultes plus âgés aux plans de la discrimination d'orientations (Betts, Sekuler & Bennett, 2007), l'intégration de contours (Roudaida, Bennett & Sekuler, 2008), la sensibilité au mouvement (Allard, Lagacé-Nadon, Faubert, 2013; Betts, Sekuler & Bennett, 2009; Betts, Taylor, Sekuler & Bennett, 2005; Faubert, 2002) et la capacité à détecter le mouvement biologique (Legault, Troje & Faubert, 2012)

Jusqu'à tout récemment, il existait cependant très peu d'études examinant précisément les stratégies perceptives de plus haut niveau des personnes âgées et comparant le fonctionnement perceptif des personnes âgées au fonctionnement perceptif des jeunes adultes, particulièrement lorsqu'il est question du traitement des visages. Dans les dernières années, quelques auteurs se sont penchés sur la question des stratégies perceptives sous-tendant le traitement des visages chez les personnes âgées saines. En 2006, Boutet et Faubert ont montré que les personnes âgées présentaient des déficits spécifiques en ce qui a trait au traitement des visages lorsque comparé au traitement d'objets (dans ce cas-ci des chaises et des maisons). Les auteurs avaient initialement émis l'hypothèse que le traitement holistique des visages, soit le traitement des visages dans leur

globalité, tel que mesuré par l'effet composite, serait affecté chez les personnes âgées, mais les résultats qu'ils ont obtenus ne concordaient pas avec cette hypothèse. Leur explication alternative proposait plutôt que les déficits observés pourraient résulter d'une plus grande complexité des circuits neuronaux de traitement des visages qui, avec le vieillissement, s'activeraient moins fortement et auraient du mal à trouver des circuits compensatoires (voir aussi Faubert, 2002). D'autres études plus récentes ont cependant obtenu des résultats suggérant que le traitement holistique des visages pourrait effectivement être affecté chez les personnes âgées (Konar, Bennett & Sekuler, 2013; Chaby, Narme, & George, 2011; Murray, Halberstadt, & Ruffman, 2010; Obermeyer et al., 2012; Narme, Cloarec, George & Chaby, 2008) et la reconnaissance d'un même visage selon différents points de vue semble plus difficile chez les âgés que chez les jeunes adultes (Habak, Wilkinson & Wilson, 2008). De plus, les âgés sains seraient moins sensibles que les jeunes adultes aux changements de relation entre les différents aspects d'un visage (Murray, Halberstadt & Ruffman, 2010). De même, dans les tâches de reconnaissance des visages, les patrons de fixation des jeunes adultes et des adultes plus âgés seraient différents (Firestone, Turk-Browne & Ryan, 2007). En effet, il semble que les adultes âgés passent plus de temps à regarder le nez et la bouche que les jeunes adultes, et ce pour tous les visages. Ces résultats suggèrent que les adultes jeunes et âgés utilisent des stratégies perceptives différentes pour encoder les visages et que ces stratégies sont corrélées avec les performances en reconnaissance des visages.

Cognition sociale et vieillissement normal

La cognition sociale fait référence aux processus cognitifs impliqués dans les relations sociales. Dans les dix dernières années, quelques groupes de chercheurs ont commencé à s'intéresser plus spécifiquement à l'évolution de la cognition sociale au cours du vieillissement. En 2004, Sullivan

et Ruffman se sont demandé si les personnes âgées avaient les mêmes capacités de théorie de l'esprit – soit la capacité à attribuer à autrui un état mental indépendant du sien ainsi que la capacité à prédire le comportement d'autrui sur la base de cet état mental (Baron-Cohen, 1985) – que les jeunes adultes. Pour répondre à leur question, ils ont utilisé deux histoires que les participants jeunes et âgés devaient lire et mémoriser. La première histoire était simple à comprendre et traitait de contenu factuel alors que la compréhension de la deuxième histoire nécessitait l'application de la théorie de l'esprit. Leurs résultats montrent des différences significatives entre la performance des jeunes adultes et des âgés au niveau de la théorie de l'esprit, mais lorsqu'on contrôle pour le niveau d'intelligence fluide (entre autres, pour la mémoire de travail), ces différences disparaissent. Cependant, les auteurs ont aussi utilisé des images statiques et dynamiques d'expressions faciales dans le but de mesurer les capacités des âgés en cognition sociale et ils ont obtenu des différences entre les jeunes et les âgés qui ne pouvaient pas s'expliquer par le niveau d'intelligence fluide. Une étude subséquente par Slessor, Philipps et Bull (2007) a aussi révélé la présence de difficultés au niveau de la théorie de l'esprit, mais les auteurs ont montré que ces difficultés chez les âgés sains s'étendaient aux capacités générales de détection des indices sociaux.

Keightley, Winocur, Burianova, Hongwanishkul et Grady (2006) ont aussi tenté de voir les effets de l'âge sur la cognition sociale. Pour ce faire, ils ont utilisé plusieurs tâches : une tâche de jugement de la valence de mots à caractère émotionnel, une tâche de jugement de la valence d'expressions faciales, un questionnaire auto-administré sur les caractéristiques sociales et une tâche impliquant la théorie de l'esprit (histoires). Les participants ont aussi été évalués sur plusieurs épreuves cognitives ainsi que sur un questionnaire de personnalité. Les résultats de l'étude montrent que les personnes âgées sont moins efficaces que les jeunes adultes uniquement

au niveau de la reconnaissance des expressions faciales; elles obtiennent les mêmes performances que les plus jeunes au niveau des autres tâches de cognition sociale. Le même genre de résultats fut obtenu par Phillips, MacLean et Allen (2002), où les auteurs n'ont pas retrouvé de différence entre la performance des jeunes adultes et des adultes âgés au niveau de tâches verbales à caractère émotionnel. Toutefois, dans une tâche de reconnaissance d'expressions faciales, les adultes âgés ont obtenu une moins bonne performance pour la reconnaissance des expressions de colère et de tristesse. Il semble donc inadéquat de parler de déficits de la cognition sociale dans sa généralité, car ceci impliquerait des déficits à reconnaître les intentions de l'autre dans toutes les tâches et toutes les modalités. Ces études suggèrent plutôt que les adultes âgés sont moins efficaces que les jeunes adultes lorsqu'il s'agit de reconnaître des expressions faciales, d'où la pertinence d'examiner plus en détails le traitement des émotions faciales chez les âgés.

Reconnaissance des expressions faciales et vieillissement normal

Tout comme les études chez les jeunes adultes, les études portant sur la reconnaissance des expressions faciales chez les âgés investiguent généralement la reconnaissance des six émotions de base soient la tristesse, la colère, la peur, la joie, la surprise et le dégoût. De nombreuses études s'entendent pour dire que les émotions les plus touchées lors du vieillissement normal sont la colère, la tristesse et la peur, alors que le dégoût semble préservé (Mienaltowski et al., 2013; Chaby & Narme 2009 ; Sullivan & Ruffman, 2004; Calder et al., 2003). Une méta-analyse de 17 études, chez les âgés, sur la reconnaissance des expressions faciales et des émotions véhiculées à travers d'autres modalités confirme ces résultats (Ruffman, Henry, Livingstone & Phillips, 2008). En ce qui concerne la reconnaissance du dégoût, on observerait même une tendance des personnes âgées à mieux performer que les jeunes adultes, mais cette tendance n'est pas statistiquement

significative. Ceci est vrai en ce qui concerne la reconnaissance des émotions en modalité visuelle, mais il semble que ce ne soient pas les mêmes émotions qui soient touchées lorsque les tâches émotionnelles sont effectuées dans la modalité auditive (où la colère, la tristesse et la joie sont affectées). Calder et al. (2003) ont voulu vérifier à partir de quel moment du vieillissement normal on observe une baisse d'efficacité dans les capacités de reconnaissance des expressions faciales. Pour ce faire, ils ont testé des adultes âgés entre 18 et 75 ans sur trois tâches de reconnaissance d'expressions faciales. La première tâche avait pour but de vérifier quelles expressions faciales étaient moins bien reconnues par les âgés (groupe de 58 à 70 ans) que par les jeunes (groupe de 18 à 30 ans). Dans cette première tâche, les auteurs ont observé une performance significativement moins bonne des âgés pour la reconnaissance de la peur et de la tristesse, mais une meilleure performance des âgés pour la reconnaissance du dégoût. Les deux tâches suivantes utilisaient des méthodologies légèrement différentes, mais avaient toutes deux pour but de déterminer si la dégradation de la performance se faisait de façon graduelle pour chacune des émotions et si oui, à partir de quel âge débutait cette dégradation de la performance. Les résultats sont concluants pour l'expression de peur et montrent que la capacité à reconnaître cette expression décline de façon linéaire à partir de l'âge de 40 ans.

Plusieurs hypothèses pourraient expliquer les différences plutôt robustes entre les performances des jeunes adultes et celles des personnes âgées dans le traitement des expressions faciales. Ruffman et al. (2008) proposent trois hypothèses pour expliquer leurs résultats : le biais positif, le déclin cognitif général et les changements neuropsychologiques. Chaby et Narme (2009) ont ajouté deux autres éléments aux hypothèses proposées par Ruffman et al. (2008). Le premier élément agit à titre de mise en garde et concerne l'âge des visages présentés aux participants. Certains auteurs ont observé un biais dans la reconnaissance des expressions faciales lié à la

différence entre l'âge du participant et l'âge du visage qui lui est présenté, où les expressions faciales de visages jeunes présentés à des personnes âgées seraient plus difficiles à reconnaître que les expressions faciales de visages de leur même groupe d'âge (Malatesta, Izard, Culver, Nicolich, 1987). Le même type de biais fut observé en identification de visages (Firestone, Turk-Browne, & Ryan, 2007). Le deuxième élément constitue en fait une quatrième hypothèse que l'on peut ajouter aux hypothèses de Ruffman et al. (2008). Chaby et Narme (2009) proposent que les stratégies perceptives des personnes âgées pourraient être différentes de celles des jeunes adultes et que ces différences pourraient expliquer les déficits retrouvés au niveau de la reconnaissance de certaines expressions faciales spécifiques. Plusieurs évidences vont dans le sens de cette hypothèse, en conjonction avec l'hypothèse des changements neuropsychologiques. Ces hypothèses seront discutées en lien avec d'autres études sur la reconnaissance des expressions faciales chez les jeunes adultes et chez les adultes âgés.

Biais positif

Le biais positif fait référence à certaines études qui démontrent que les personnes âgées auraient tendance à porter davantage attention aux stimuli positifs qu'aux stimuli négatifs (Isaacowitz, Wadlinger, Goren & Wilson, 2006). Ainsi, les résultats obtenus par St.Jacques et al. (2010) montrent que, sur le plan comportemental, les adultes âgés jugent les expressions faciales négatives comme étant plus positives que les jeunes adultes. De plus, les adultes plus âgés démontreraient un biais vers la joie dès lors qu'un visage présente un sourire, peu importe la nature plus ou moins bienfaisante du sourire (Slessor, Miles, Bull & Philipps, 2010). Dans le cadre de la reconnaissance des expressions faciales, cette hypothèse pourrait expliquer pourquoi les personnes âgées ont plus de difficulté à reconnaître les émotions négatives que les émotions positives. Cependant, il semble que cette hypothèse soit peu cohérente avec les résultats

généralement obtenus dans la littérature. D'abord, tel que mentionné plus haut, de nombreuses études trouvent que les adultes âgés ont de meilleures performances que les jeunes adultes au niveau de la reconnaissance du dégoût, qui n'est pas considérée comme une émotion positive (Ruffman et al., 2008). De plus, une étude des patrons de mouvements oculaires effectués lors de la reconnaissance d'expressions faciales obtient des résultats qui ne vont pas dans le sens de ceux obtenus par Isaacowitz et al. (2006). Dans cette étude, Sullivan, Ruffman et Hutton (2007) mesuraient les mouvements oculaires d'un groupe de personnes âgées (61 à 95 ans) et d'un groupe de jeunes adultes (20 à 37 ans) dans le cadre d'une tâche de reconnaissance d'expressions faciales (où un visage était présenté et où le participant devait décider quelle expression – parmi les six émotions de base – était véhiculée par ce visage). Les auteurs ont observé des différences dans les patrons de fixation des deux groupes, mais ils ont aussi noté que les deux groupes regardaient significativement plus longtemps les expressions négatives que les expressions positives, ce qui va à l'encontre des résultats obtenus par Isaacowitz et al. (2006). Une autre étude a obtenu des différences dans les patrons de fixation des jeunes et des âgés, mais seulement pour la reconnaissance de la colère et non pas pour toutes les expressions négatives (Slessor, Philipps & Bull, 2010). Il semble donc que l'hypothèse du biais positif n'explique pas de façon parcimonieuse les différences de reconnaissance des expressions faciales observées entre les jeunes adultes et les adultes âgés. Toutefois, chez les âgés, il semble y avoir des différences réelles entre le traitement des expressions faciales positives et négatives qui pourraient s'expliquer, entre autres, par des différences au niveau des stratégies perceptives utilisées pour reconnaître ces expressions faciales. Nous reviendrons sur cette hypothèse un peu plus loin.

Déclin cognitif général

Le déclin cognitif général fait référence au fait que, au cours du vieillissement normal, les performances dans certaines tâches cognitives tendent à diminuer. Avec le déclin global, les performances qui se situent à la limite inférieure à la moyenne pourraient alors se retrouver déficitaires. Cette hypothèse suggère qu'il est possible que les personnes âgées aient plus de difficulté que les jeunes à reconnaître les expressions faciales qui sont les plus difficiles à identifier de façon générale. Par exemple, parmi un échantillon comprenant les 6 émotions de base, la joie est l'une des émotions les plus faciles à reconnaître puisqu'elle est la seule émotion franchement positive. En contrepartie, les émotions négatives sont plus nombreuses et un traitement plus approfondi apparaît nécessaire pour les discriminer. Si la baisse d'efficacité en reconnaissance d'expressions faciales pouvait s'expliquer par l'hypothèse d'un déclin cognitif général, on s'attendrait à ce que les expressions faciales qui posent plus de difficulté aux jeunes adultes soient celles pour lesquelles la performance des adultes âgés est déficiente. Or, ce n'est pas le cas. Ruffman et al. (2008) rapportent que les jeunes adultes ont généralement plus de difficulté à reconnaître les expressions de dégoût, l'une des expressions les mieux reconnues par les personnes âgées. À l'opposé, les adultes âgés ont plus de difficulté à reconnaître la tristesse, l'une des expressions les mieux reconnues par les jeunes adultes. Il est toutefois important de nuancer ces résultats en notant que les jeunes adultes ont un taux de réussite de 98% aux tâches de reconnaissance des expressions faciales présentées dans 15 des 17 études relevées par Ruffman et al. (2008). Ces données reflètent un effet plafond qui fut également mis de l'avant dans d'autres études (e.g. Simon, Craig, Gosselin, Belin & Rainville, 2008). Cet effet plafond signifie que la tâche est peu sensible pour aller détecter les expressions faciales qui semblent plus difficiles à reconnaître chez les jeunes adultes. Un autre aspect qui tend à infirmer l'hypothèse du déclin cognitif général est le fait que plusieurs études montrent que les déficits en reconnaissance

d'expressions faciales chez les âgés sont indépendants des mesures du fonctionnement cognitif général (Keightley et al., 2006 ; Sullivan & Ruffman, 2004a, 2004b ; Phillips et al., 2002). Cependant, Ruffman et al. (2008) mentionnent que, bien que les données recueillies dans leur méta-analyse ne semblent pas pouvoir s'expliquer par un déclin cognitif global, il reste possible qu'un déclin des processus perceptifs ou de certains processus cognitifs spécifiques soit en cause dans les résultats obtenus. Chaby et Narme (2009) rapportent d'ailleurs que, suite aux évidences mentionnées plus haut, la littérature a mis de côté l'hypothèse d'un déclin cognitif général au profit d'une hypothèse selon laquelle on pourrait observer un déclin spécifique des structures cérébrales qui sont liées à la reconnaissance de la colère, de la tristesse et de la peur. Ce déclin spécifique pourrait expliquer les différences observées dans le traitement de ces expressions au cours du vieillissement normal.

Changements neuropsychologiques

L'hypothèse des changements neuropsychologiques s'inscrit dans le cadre d'une hypothèse de déclin spécifique de certaines régions corticales. En effet, cette hypothèse postule que des émotions spécifiques sont traitées par des zones cérébrales spécifiques. Au cours du vieillissement normal, le cerveau subit une dégénérescence qui se produit à un rythme plus ou moins lent et pendant laquelle certaines structures cérébrales se détériorent à des rythmes différents. Par exemple, on sait que, suivant les processus de vieillissement normal, les structures frontales et temporales sont les premières à subir une dégénérescence. Ainsi, il est possible que certaines régions permettant de reconnaître des expressions faciales spécifiques se détériorent plus rapidement que d'autres, expliquant les différences de performance dans la reconnaissance des six émotions de base. Les processus de traitement des émotions pourraient être affectés de diverses façon : par une atrophie des structures cérébrales sous-jacentes au traitement des expressions

faciales, par une sous-activation de ces structures, par une diminution du volume de la matière blanche, par un changement au niveau des neurotransmetteurs, etc. On sait déjà que le cortex orbito-frontal serait impliqué dans la reconnaissance de la colère, le cortex cingulaire et l'amygdale dans la reconnaissance de la tristesse et l'amygdale dans la reconnaissance de la peur (Ruffman et al., 2008). Ainsi, en supposant que ces structures présentent un déclin à travers le vieillissement normal, il serait possible d'expliquer les déficits circonscrits à certaines émotions chez les personnes âgées. Calder et al. (2003) adoptent cette hypothèse et concluent leur étude en mentionnant la forte probabilité que leurs résultats soient liés à la dégénérescence « à deux vitesses » de deux systèmes neuronaux différents s'occupant de la reconnaissance des émotions, en l'occurrence l'amygdale en opposition avec le système insula/globus pallidus/noyaux gris centraux. Ce système à deux vitesses pourrait expliquer le fait que le dégoût soit bien reconnu par les personnes âgées en suggérant que l'insula, structure particulièrement impliquée dans la reconnaissance du dégoût, serait préservée plus longtemps que d'autres structures. En fait, il semble que même dans le vieillissement pathologique suite à la présence de démence, le dégoût serait bien reconnu, ce qui appuie l'hypothèse que l'insula est l'une des structures qui subit une dégénérescence tardive (Henry et al., 2008).

Quelques études ont tenté de vérifier l'hypothèse des changements neuropsychologiques pour expliquer les différences entre les jeunes adultes et les âgés. En 2002, Iidaka et al. ont utilisé l'imagerie par résonance magnétique fonctionnelle (IRMf) pour comparer l'activité cérébrale des jeunes adultes (19 à 39 ans) et des adultes âgés (62 à 72 ans) dans une tâche où les participants devaient juger du genre du visage présenté, mais où les visages présentaient différentes expressions (six émotions de base) qui variaient en termes de valence (négative, positive ou neutre) et d'intensité. Les analyses avaient pour but de déterminer s'il existait des différences entre

les jeunes adultes et les adultes âgés dans le traitement implicite des expressions faciales. Les résultats obtenus montrent des différences entre les jeunes et les âgés dans l'activité de l'amygdale gauche lorsque les visages présentés sont de valence négative. De plus, on observe des changements au niveau de l'activité de l'hippocampe et du gyrus para-hippocampique lorsque des visages à valence positive sont présentés. Cependant, un problème majeur de cette étude est que les auteurs n'expliquent pas sur quoi ils se sont basés pour déterminer la valence des visages présentés. Les visages à valence négative peuvent donc faire référence à plus d'une expression faciale, ce qui nous renseigne peu sur la portée des résultats obtenus.

Il est possible que les changements neuropsychologiques ne soient pas observables en termes de dégénérescence anatomique de certaines structures, mais plutôt en termes de ressources recrutées pour faire une tâche. En effet, le vieillissement normal pourrait faire en sorte que certaines tâches nécessitent plus de ressources cognitives ou encore des ressources différentes et donc que les circuits neuronaux utilisés pour effectuer certaines tâches changent avec le temps pour compenser les difficultés. À notre connaissance, trois études ont obtenu des résultats qui vont dans ce sens en ce qui concerne la reconnaissance des expressions faciales négatives. Gunning-Dixon et al. (2003) ont montré que, dans une tâche d'identification d'expressions faciales (six émotions de base), les jeunes adultes ont majoritairement recours à l'amygdale et aux structures limbiques alors que les adultes âgés font plutôt appel aux structures frontales. Dans le même sens, Fischer et al. (2005) ont montré que, pour la reconnaissance d'expressions de colère, les jeunes adultes présentent une plus grande activation de l'amygdale et de l'hippocampe que les adultes âgés, et les adultes âgés montrent une plus grande activation de l'insula. Les auteurs interprètent leurs résultats comme étant une évidence du fait que les personnes âgées ne traitent pas les expressions faciales de la même façon que les jeunes adultes. En 2010, St.Jacques, Dolcos et Cabeza ont montré qu'il

existait des différences de connectivité fonctionnelle au niveau de l'amygdale lorsqu'on compare les adultes âgés aux jeunes adultes. Ces différences consistent en une plus grande connectivité fonctionnelle chez les adultes âgés entre l'amygdale droite et les régions ventrales antérieures du cortex cingulaire, régions qui sont généralement reconnues pour être impliquées dans la régulation émotionnelle. Cependant, les auteurs mentionnent aussi un déclin au niveau de la connectivité fonctionnelle entre l'amygdale et les aires postérieures, reflétant un déclin des processus perceptifs. Ce dernier résultat est particulièrement intéressant puisqu'il fait référence au lien qui semble exister entre l'amygdale et les processus perceptifs de reconnaissance des expressions faciales. Bien que ce lien fut peu investigué chez les adultes âgés, la littérature sur la reconnaissance des expressions faciales chez les jeunes adultes présente des évidences qui suggèrent que la reconnaissance des expressions faciales pourrait être affectée par une sous-utilisation de certaines structures cérébrales entraînant une modification des processus perceptifs de reconnaissance des visages. En 1994, Adolphs, Tranel, Damasio et Damasio ont rapporté le cas de la patiente SM qui présentait une lésion bilatérale des amygdales, ce qui avait pour conséquence qu'elle n'arrivait plus à reconnaître les expressions de peur. De plus, sur une échelle d'intensité des expressions faciales, les scores attribués par SM étaient plus faibles (i.e. moins intenses) que les scores attribués par les contrôles pour les expressions de colère et de surprise. Dans une étude subséquente sur cette même patiente, Adolphs et al. (2005) ont montré que, dans une tâche de reconnaissance de la peur, SM regardait beaucoup moins les yeux que les sujets contrôles. De façon intéressante, si l'on demande à SM de regarder les yeux, sa performance dans une tâche de reconnaissance de la peur devient tout à fait comparable à celle des sujets contrôles. Ces résultats suggèrent un lien entre les fonctions de l'amygdale et les stratégies perceptives qu'il est possible d'utiliser pour reconnaître les expressions faciales. Dans le cas de SM, la peur était particulièrement affectée puisque la reconnaissance de cette expression nécessite principalement

de regarder les yeux. L'importance des yeux dans la cognition sociale fut rapportée à plusieurs reprises dans la littérature (voir Itier & Batty, 2009 pour une revue), autant pour la reconnaissance des expressions faciales que pour la reconnaissance de l'identité des visages. Dans le cas de SM, le déficit est spécifique à la reconnaissance de la peur. Si l'amygdale est l'une des structures qui subit une dégénérescence précoce avec l'âge, il est envisageable que l'on puisse observer une différence entre les stratégies perceptives utilisées pour reconnaître les expressions faciales chez les jeunes adultes et chez les âgés, d'où la pertinence du présent projet.

Cognition sociale et vieillissement pathologique

L'un des grands principes de base en recherche en neuropsychologie est que l'étude de patients cérébrésés peut grandement nous aider à comprendre le fonctionnement d'individus sans lésion cérébrale. En plus de nous intéresser aux processus de reconnaissance des expressions faciales dans le vieillissement normal, nous nous sommes donc intéressés également aux processus de reconnaissance des émotions dans le vieillissement pathologique. À l'image de la littérature sur la reconnaissance des expressions faciales dans le vieillissement normal, la littérature traitant de ce sujet dans le vieillissement pathologique n'abonde pas. Toutefois, des études fiables ont démontré que les patients atteints de la maladie d'Huntington, de la maladie d'Alzheimer et de la démence fronto-temporale (DFT) présentent des difficultés à reconnaître certaines expressions faciales. En effet, les patients atteints de la maladie de Huntington, une maladie génétique dégénérative, ont plus de difficulté que les âgés sains à reconnaître l'expression de dégoût (Sprengelmeyer et al., 1996; Sprengelmeyer et al., 1997; Wang, Hoosain, Yang, Meng, & Wang, 2003). De même, plusieurs études suggèrent que les patients présentant la maladie d'Alzheimer ont plus de difficulté que les âgés sains à reconnaître les émotions négatives de colère, de tristesse et de peur, alors que le dégoût semble préservé (Hargrave, Maddock & Stone, 2002; Burnham & Hogervorst, 2004;

Bediou, Ryff, Mercier et al., 2009; Weiss, Kobler, Vonbank et al., 2008; Henry, Ruffman, McDonalds, O'Leary, Phillips, Brodaty et al. 2008). De par la nature comportementale des symptômes de la maladie et de par l'impact de ces symptômes sur les relations sociales, nous nous sommes intéressés davantage aux patients présentant une démence fronto-temporale.

Description de la pathologie

La démence fronto-temporale frappe généralement tôt, vers 50-60 ans, et est caractérisé par la dégénérescence progressive des lobes frontal et temporal. Contrairement à d'autres démences, les premiers symptômes qui sont caractéristiques de la DFT et qui permettent de poser le diagnostic ne sont pas des pertes mnésiques, mais bien des symptômes comportementaux. Parmi ces symptômes, on retrouve un comportement apathique, une désinhibition, des comportements obsessifs et compulsifs, un émoussement émotionnel et une perte de sympathie et d'empathie (Rosen, Perry, Murphy, Kramer, Mychack et al., 2002). D'un point de vue clinique, la DFT se décline en trois variantes distinctes : la variante comportementale (ou frontale), la variante temporale (aussi appelée démence sémantique) et l'aphasie lentement progressive. En l'absence de marqueurs neurobiologiques, ces trois variantes peuvent être différenciées sur la base d'indices comportementaux, neuropsychologiques et neuroanatomiques. Les critères cliniques permettant de poser le diagnostic de DFT ont récemment été révisés. Ils incluent une détérioration progressive du comportement et/ou de la cognition et la présence d'au moins trois des symptômes suivants : désinhibition comportementale hâtive, apathie ou inertie hâtive, perte hâtive des manifestations de sympathie ou d'empathie, comportements persévératifs, stéréotypés ou compulsifs/ritualisés, hyperoralité et changements au niveau de l'appétit (Rascovsky, Hodges, Knopman et al., 2011). Les raisons pour lesquelles de tels changements comportementaux sont présents dans cette pathologie ne sont pas bien comprises. Au plan neuropsychologique, les patients aux prises avec la

DFT présentent souvent des performances plus faibles dans les tâches impliquant les fonctions exécutives, alors que les capacités visuo-spatiales et la mémoire épisodique sont généralement préservés (Neary, Snowden & Mann, 2005).

Traitement des émotions dans la DFT

À différents degrés, des aspects de la cognition sociale semblent touchés dans les trois variantes de la DFT (Kumfor et al. 2012). De plus faibles habiletés en cognition sociale pourrait expliquer au moins en partie les changements comportementaux rencontrés chez les patients DFT. En effet, d'interpréter différemment les intentions des gens qui les entoure pourrait influencer grandement la nature des relations sociales des patients présentant une DFT. Sachant que les lobes frontaux et temporaux jouent un rôle dans les processus émotionnels chez les adultes sains, il n'apparaît pas surprenant que les patients DFT puissent connaître des difficultés au niveau de la cognition sociale (Kumfor, Irish, Hodges et al., 2013). La majorité des études portant sur la cognition sociale chez les DFT se sont concentrées sur les variantes frontale et temporale de la maladie, car de plus nombreuses manifestations comportementales sont présentes dans ces variantes, ce qui suggère de moins bonnes habiletés sociales. De plus, une revue de littérature de Kumfor et Piguet (2012) rapporte que les patients aux prises avec une aphasie lentement progressive présentent moins de difficultés à reconnaître les émotions.

Plusieurs études ont suggéré que la performance dans les tâches de reconnaissance des émotions constituait un bon indice de la réalité des patients dans les situations sociales quotidiennes (Kumfor & Piguet, 2012; Sturm, McCarthy, Yun et al., 2010; Kipps, Mioshi & Hodges, 2009; Diehl-Schmid, Pohl, Ruprecht et al., 2007; Keane, Calder, Hodges & Young, 2002; Lavenex, Pasquier, Lebert et al., 1999). Cette corrélation entre les tâches de reconnaissance des émotions et

les difficultés comportementales des patients au quotidien témoigne de l'importance des études portant sur les processus de reconnaissance des émotions chez les DFT. Lavenu et al. (1999) furent les premiers à étudier les processus de reconnaissance des émotions chez les DFT. Pour ce faire, ils ont utilisé la banque d'images émotionnelles d'Ekman (Ekman & Friesen, 1986) dans le but de comparer les patients DFT à des patients aux prises avec la maladie d'Alzheimer dans leurs capacités à reconnaître les six émotions de base (colère, dégoût, joie, peur, surprise, tristesse), en plus de l'expression de mépris. Il a d'ailleurs été démontré plus tard que la banque d'images d'Ekman constituait un bon test de dépistage pour la DFT (Diehl-Schmid et al., 2007). Les résultats de Lavenu et al. (1999) ont révélé une meilleure reconnaissance des émotions chez les patients Alzheimer que chez les patients DFT, particulièrement pour les émotions de colère, de tristesse et de dégoût. De plus, une analyse plus approfondie des erreurs commises par les deux groupes a révélé une constance dans les mauvaises réponses des patients Alzheimer (e.g. confusion constante entre la peur et la surprise), alors que cette constance n'était pas présente chez les patients DFT. Pour expliquer ces résultats, les auteurs ont émis l'hypothèse que l'accès à la mémoire sémantique des émotions pouvait être atteint chez les patients DFT. En 2005, Lavenu et Pasquier ont publié une suite à cette étude reprenant les mêmes tâches chez les mêmes patients trois ans plus tard que le moment où les premiers tests furent effectués. Les résultats de cette étude ont montré un déclin dans les capacités de reconnaissance des expressions faciales chez les patients aux prises avec la maladie d'Alzheimer. En contrepartie, les résultats des patients DFT présentaient des résultats plus variables : certains patients présentaient de meilleures habiletés de reconnaissance des émotions que trois ans auparavant alors que d'autres présentaient un déclin. De façon générale, la performance des patients DFT était toutefois inférieure à celle des patients Alzheimer dans toutes les tâches de reconnaissance des émotions.

Dans les dernières années, plusieurs nouvelles études ont traité des processus de reconnaissance des émotions chez les patients DFT, mais il n'existe pas de réel consensus dans la littérature concernant les émotions atteintes et encore moins concernant les processus atteints. Certaines études ont démontré que la reconnaissance de l'ensemble des six émotions de base est altérée chez les patients DFT. En outre, Rosen et al. (2002) ont mesuré la compréhension des émotions dans la variante temporelle de la DFT. Le but de leur étude était d'examiner le traitement émotionnel en utilisant une tâche de reconnaissance d'émotions dans laquelle on présentait aux participants des visages de femmes présentant les six émotions de base. Les résultats de l'étude révèlent une plus faible performance chez les patients DFT en ce qui concerne toutes les émotions, mais des performances encore plus faibles en ce qui concerne les émotions négatives telles que la colère, la tristesse et la peur.

Des études plus récentes rapportent des déficits plus importants pour la reconnaissance des émotions négatives que pour la reconnaissance des expressions positives chez les DFT, et ce particulièrement dans les tâches d'identification émotionnelle (Lough, Kipps, Treise et al., 2006; Kumfor, Miller, Lah et al., 2011; Rosen et al., 2002), mais aussi dans des tâches d'appariement (Fernandez-Duque & Black, 2005). On remarque d'ailleurs que des déficits au niveau de la reconnaissance de la colère apparaissent particulièrement récurrents à travers les études. En général, les patients DFT semblent traiter les émotions positives de la même façon que les contrôles.

Bien que les variantes frontale et temporelle de la maladie sont généralement confondues dans les études, une étude de Rosen, Pace-Savitsky, Perry et al. (2004) a suggéré des différences entre ces deux variantes dans les processus de traitement émotionnel. En effet, l'étude a révélé une moins bonne reconnaissance de toutes les émotions de base chez les patients présentant la variante

frontale que chez les patients présentant la variante temporelle. Cette différence de performance touchait particulièrement la reconnaissance de la tristesse, de la colère et de la peur. Au-delà de la variante de la pathologie, d'autres facteurs semblent affecter de façon différentielle les processus de reconnaissance des émotions. En outre, l'intensité de l'expression émotionnelle d'un visage semble pouvoir influencer les capacités de reconnaissance de l'émotion présentée. En effet, des études ont montré qu'une plus grande intensité émotionnelle pourrait aider les patients DFT à mieux distinguer les expressions négatives (Kessels, Gerritsen, Montagne et al., 2007; Kumfor et al., 2011).

À notre connaissance, un seul autre aspect de la cognition sociale a été évalué chez les patients DFT. Il s'agit de la théorie de l'esprit. Les études ayant évalué cet aspect chez les patients DFT révèlent que cette population présente beaucoup de difficulté dans les tâches faisant appel à la théorie de l'esprit, plus particulièrement dans les tâches nécessitant une interprétation affective de l'état d'esprit d'autrui (Snowden, Gibbons, Blackshaw et al., 2003; Kipps & Hodges 2006). Les difficultés à reconnaître les émotions pourraient expliquer en partie les déficits dans l'utilisation de la théorie de l'esprit, mais les auteurs suggèrent que les déficits en théorie de l'esprit vont au-delà des difficultés dans le traitement des émotions.

Jugements de confiance

Tel que démontré plus haut dans la littérature portant sur les processus de reconnaissance des émotions chez les DFT, des liens existent entre les habiletés de traitement des expressions faciales et les comportements sociaux. De la même façon, il existe une forte promiscuité entre l'étude de la reconnaissance des émotions de base et l'étude des jugements sociaux faits sur la base d'un visage, particulièrement les jugements de confiance. Toutefois, peu d'études explicitent ces liens. Puisque, à notre connaissance, aucune étude ne s'est penchée sur les capacités de jugement de confiance

chez les personnes âgées présentant un vieillissement sain ou pathologique, nous rapporterons ici les quelques études qui furent menées chez les jeunes adultes.

En 1998, Adolphs, Damasio et Damasio ont montré que l'amygdale est requise pour les jugements sociaux d'approche/évitement et de confiance. Pour ce faire, ils ont testé trois patients présentant des lésions bilatérales de l'amygdale. Chez ces trois patients, les visages étaient jugés comme étant plus dignes de confiance que chez les sujets contrôles. De plus, cette différence était sélective à la modalité visuelle. En 2002, Winston, Strange, O'Doherty et Dolan se sont eux aussi penchés sur l'activité cérébrale en lien avec les jugements de confiance, mais cette fois-ci les participants étaient des adultes sains, sans lésion cérébrale. Leurs résultats vont dans le même sens que les résultats d'Adolphs et al. (1998) et montrent que les visages jugés comme n'étant pas dignes de confiance entraînent une plus grande activation de l'amygdale, en plus de montrer l'implication de l'insula droite dans le jugement des visages non dignes de confiance.

Plus récemment, un seul groupe de recherche, celui d'Alexander Todorov, a approfondi le sujet et a publié de nombreuses études sur les jugements de confiance. Ces études ont permis de développer, sur des bases anatomiques et comportementales, un modèle des processus de jugement de confiance qui fait le lien avec les processus de reconnaissance des expressions faciales. En 2007, Engell, Haxby et Todorov ont eux aussi démontré l'implication de l'amygdale dans les jugements de confiance. Cependant, ils ont montré que l'implication de l'amygdale se faisait de façon automatique en utilisant une tâche qui ne demande pas aux participants de poser un jugement social explicite sur le visage présenté. De plus, ils ont révélé que la réponse de l'amygdale est un meilleur prédicteur des jugements de confiance consensuels que des jugements de confiance individuels, ce qui suggère que l'amygdale catégoriserait les visages sur la base des

propriétés des visages communément perçues comme signalant un visage non digne de confiance. Dans une autre étude, Todorov et Engell (2008) ont montré qu'en fait, l'amygdale répondait spécifiquement à des jugements de valence et qu'elle modulait la réponse aux visages de certaines régions occipito-temporales dont le gyrus fusiforme. Toutefois, malgré le fait que la réponse du gyrus fusiforme puisse être affectée, il semble que des patients prosopagnosiques soient tout aussi aptes à effectuer des jugements de confiance adéquats que des sujets normaux, du moins dans 50% des cas, ce qui suggère que les processus de jugements sociaux et d'identification des visages ne sont pas les mêmes (Todorov & Duchaine, 2008).

Selon ces résultats, il est facile d'imaginer qu'il existe certaines propriétés des visages qui nous mènent à porter un jugement de confiance de façon adéquate et que, si l'amygdale est endommagée, il devient plus difficile d'extraire ces propriétés. Todorov, Baron et Oosterhof (2008) se sont penchés sur les propriétés du visage qui pourraient influencer les jugements de confiance. Pour ce faire, ils ont construit un modèle computationnel permettant de varier certains aspects du visage de façon spécifique. Ils ont d'abord généré des visages neutres qu'ils ont présentés à un groupe de participants qui avait pour tâche de juger de la confiance de ces visages. Suite à cela, ils ont procédé à une régression sur les quatre propriétés des visages qui corrôlaient le plus avec les jugements de confiance, soient les sourcils, les os des joues, le menton et les narines. Ils ont ainsi pu générer des visages classés le long d'un continuum plus ou moins dignes de confiance qu'ils ont utilisés comme stimuli pour une étude en imagerie par résonance magnétique fonctionnelle. Les résultats de cette étude montrent que l'amygdale droite répondrait spécifiquement aux visages non dignes de confiance, alors que l'amygdale gauche répondrait aux deux extrêmes du continuum. Basé sur ces résultats, Todorov (2008) a proposé un modèle de la cognition sociale où il propose que les jugements de confiance constituent une extension

fonctionnelle et adaptative des systèmes de reconnaissance des émotions faciales qui permet de comprendre les caractères communicateurs des visages. Selon lui, le jugement de confiance serait une tentative d'inférer les intentions comportementales d'approche/évitement. Ce type de jugement se ferait en évaluant le visage sur la base de deux dimensions orthogonales : l'aspect de dominance du visage, qui donnerait surtout une idée du degré de force/faiblesse de la personne, et l'aspect de la valence du visage, qui contrôle les comportements d'approche/évitement (Oosterhof & Todorov, 2008). De façon plus concrète, une étude plus récente a révélé que l'aspect de dominance pouvait être lié à la largeur du visage, particulièrement chez les visages masculins, et que des observateurs faisaient moins confiance à des visages plus larges qu'à des visages plus fins (Stirrat & Perrett, 2010).

Si on repense aux résultats de la patiente SM (présentés plus haut) ainsi qu'aux résultats des trois autres patients ayant des lésions bilatérales des amygdales qui furent testés sur leurs capacités à effectuer des jugements de confiance, il semble clairement y avoir un lien entre l'activation de l'amygdale, la possibilité d'effectuer des jugements sociaux de confiance et la possibilité de reconnaître certaines expressions faciales. Oosterhof et Todorov (2009) ainsi que Said, Sebe et Todorov (2009) ont tenté d'explicitier le lien qui unit les jugements de confiance et la reconnaissance des expressions faciales. La première étude a permis de montrer que les visages étant jugés comme dignes de confiance sont aussi jugés comme étant plus joyeux alors que les visages étant jugés comme non dignes de confiance sont jugés comme étant plus colériques. La deuxième étude a permis de montrer que les jugements des traits de personnalité des visages sont en partie déterminés par des ressemblances entre les visages et des caractéristiques de certaines expressions faciales.

Ces résultats, combinés aux résultats montrant l'implication de l'amygdale dans les jugements de confiance et dans la reconnaissance de certaines expressions faciales, suggèrent que des processus communs sont en jeu dans ces deux types de jugements sociaux et qu'il pourrait être pertinent de comparer les deux types de jugements chez une même population. De plus, le fait que l'activation de l'amygdale semble influencer des régions occipitales suggère que les stratégies perceptives sous-jacentes à la reconnaissance des expressions faciales et aux jugements sociaux pourraient varier en fonction de l'activation de l'amygdale. Il apparaît donc tout à fait pertinent d'étudier ce type de processus chez les jeunes adultes et chez les adultes âgés. De par les régions cérébrales affectées par la maladie ainsi qu'en fonction du lien qui semble unir la reconnaissance de la colère et la capacité à poser un jugement de confiance, ce type de jugement pourrait également être altéré chez les patients présentant une DFT. Tel que présenté plus haut, les études sur le traitement des visages émotionnels chez les âgés sains et pathologiques ne sont pas nombreuses, surtout proportionnellement à l'importance des interactions sociales dans la vie de tous les jours. Il semble vraiment essentiel d'aller investiguer ces processus pour mieux documenter le vieillissement des processus sociaux. Le fait de mieux documenter les stratégies perceptives chez les adultes âgés sains et pathologiques pourrait permettre de proposer des pistes pour mieux diagnostiquer les pathologies du vieillissement et pour documenter les déficits relationnels et comportementaux des personnes âgées.

Le présent travail fait état des premières pistes d'exploration des processus visuels sous-tendant le jugement de confiance chez des personnes âgées saines ainsi que chez des patients présentant une démence fronto-temporale. Nous mettons également de l'avant le lien qui peut exister entre le jugement de confiance et la reconnaissance des émotions faciales. Dans notre premier article, nous explorerons les stratégies perceptives sous-jacentes à la reconnaissance des expressions faciales et

à l'accomplissement du jugement de confiance chez les personnes âgées saines et comparerons ces stratégies à celles de jeunes adultes. Tel que mentionné plus haut, des études récentes suggèrent que ces deux types de processus seraient sous-tendus par les mêmes régions cérébrales et que le jugement de confiance serait en fait une extension des processus de reconnaissance des expressions faciales (Todorov, 2008). Selon cette théorie, si le vieillissement normal influence les processus de reconnaissance des expressions faciales, il est attendu qu'il influence aussi la capacité à poser un jugement de confiance. Nous explorerons ces processus à l'aide de la *reverse correlation*, une méthode qui nous permettra ici de révéler et de comparer les représentations internes de la joie, de la colère et de la confiance chez les jeunes adultes et chez les adultes plus âgés. Cette méthode fut utilisée dans le but de révéler les représentations d'un visage digne de confiance chez de jeunes adultes, mais, à notre connaissance, elle ne fut jamais utilisée chez des adultes plus âgés. De plus, à notre connaissance, aucune étude n'a tenté de comparer les représentations internes de la joie, de la colère et de la confiance chez les jeunes adultes et chez les âgés sains. Compte tenu des différences qui semblent exister entre les jeunes et les âgés sains dans leurs capacités de reconnaissance des expressions faciales et compte tenu que certaines études postulent que ces différences pourraient être d'origine perceptive, nous nous attendons à ce que les représentations internes de nos deux groupes soient différentes.

Dans notre second article, nous présenterons des données uniques constituant une première piste de recherche en ce qui concerne le jugement de confiance chez des patients présentant une démence fronto-temporale. Nous tenterons également d'établir le lien qui unit le jugement de confiance aux processus de reconnaissance des émotions chez ces patients. D'abord, nous tenterons de répliquer les résultats présentés dans la littérature antérieure en ce qui concerne les habiletés de reconnaissance des émotions faciales chez les patients DFT. Ensuite, nous

introduirons le jugement de confiance au sein de notre protocole et comparerons les jugements subjectifs des DFT et des contrôles en ce qui concerne la joie, la colère et la confiance. Finalement, une fois de plus, nous utiliserons la méthode de *reverse correlation* dans le but de révéler et de comparer les représentations internes de la colère, de la confiance et de la joie chez des âgés sains et chez des patients présentant une démence fronto-temporale. Compte tenu des difficultés pour les patients DFT à reconnaître la colère, nous émettons l'hypothèse que les représentations internes de ces deux populations seront différentes, particulièrement en ce qui concerne la colère et la confiance. Nous croyons également que les résultats révéleront, chez nos deux groupes, un lien de nature différente en ce qui concerne les jugements de joie, de colère et de confiance.

CHAPITRE DEUXIÈME : ARTICLE 1

CONTRIBUTIONS À L'ARTICLE

L'idée originale revient aux trois auteurs. La conception des tâches revient à Catherine Éthier-Majcher et Frédéric Gosselin. Les procédures d'évaluation neuropsychologique ont été déterminées conjointement par Sven Joubert et Catherine Éthier-Majcher. La méthode utilisée revient à ce dernier. La conception des programmes d'expérimentation ainsi que les analyses de base ont été effectuées conjointement par Catherine Éthier-Majcher et Frédéric Gosselin. Le recrutement des participants et la cueillette des données a été faite par Catherine Éthier-Majcher, avec l'aide du réseau de participants âgés de Sven Joubert. Les données ont été analysées par Frédéric Gosselin. Catherine Éthier-Majcher a écrit les premières versions de l'article et tous les co-auteurs ont participé à l'écriture des versions subséquentes. Tous les co-auteurs consentent à ce que l'article soit inclus dans la présente thèse, comme l'atteste le formulaire suivant.

Reverse correlating trustworthy faces in young and older adults

Catherine Éthier-Majcher, Sven Joubert & Frédéric Gosselin

Centre de recherche en Neuropsychologie Expérimentale et Cognition
Centre de recherche de l'Institut universitaire de gériatrie de Montréal
Département de psychologie, Université de Montréal

Address correspondence to
Frédéric Gosselin, Ph.D.
Département de psychologie
Université de Montréal
C.P. 6128, Succ. Centre-ville
Montréal, Qc
H3C 3J7
Fax: 514-343-5787
Phone: 514-343-7550

Abstract

Little is known about how older persons determine if someone deserves their trust or not based on their facial appearance, a process referred to as “facial trustworthiness”. In the past few years, Todorov and colleagues have argued that, in young adults, trustworthiness judgments are an extension of emotional judgments, and therefore, that trust judgments are made based on a continuum between anger and happiness (Engell, Todorov & Haxby, 2010; Todorov, 2008). Evidence from the literature on emotion processing suggest that older adults tend to be less efficient than younger adults in the recognition of negative facial expressions (Chaby & Narme, 2009; Ruffman, Henry, Livingstone et al., 2008; Firestone, Turk-Browne & Ryan, 2007; Calder, Keane, Manly et al., 2003). Based on Todorov’s theory and the fact that older adults seem to be less efficient than younger adults in identifying emotional expressions, one could expect that older individuals would have different representations of trustworthy faces and that they would use different cues than younger adults in order to make such judgments. We verified this hypothesis using a variation of Mangini and Biederman's (2004) reverse correlation method in order to test and compare classification images resulting from trustworthiness (in the context of money investment), from happiness, and from anger judgments in two groups of participants: young adults and older healthy adults. Our results show that for elderly participants, both happy and angry representations are correlated with trustworthiness judgments. However, in young adults, trustworthiness judgments are mainly correlated with happiness representations. These results suggest that young and older adults differ in their way of judging trustworthiness.

Introduction

Recognizing someone's intentions based on available facial information is a task performed on a daily basis. When meeting a new person, one of the most important social judgments is trust, which can subsequently determine the course of social interactions and prevent potentially risky encounters. Surprisingly, little is known about the evolution of facial trustworthiness processing during the course of aging. To our knowledge, only one study has directly addressed that question and has found age differences in bold activity related to trust judgments (Castle, Eisenberg & Taylor, 2012). It seems particularly worthwhile to pay attention to trustworthiness judgments in elderly populations as studies have shown that older adults are more vulnerable to fraud than their younger counterparts (Alves & Wilson, 2008; Templeton & Kirkman, 2007) and changes in trustworthiness judgments may be one of the contributing factors to this increased susceptibility. For instance, Tehan & Blanchard-Fields (2008) tested a group of young adults and a group of elderly on their ability to detect deceit using interviews (crime and opinion topics) presented in three conditions: audio only, visual only and audio-visual. Their results show that older adults are, overall, less efficient than younger adults in detecting deceit. Moreover, in the visual and audio-visual crime interviews, they show less benefit of the visual information than younger adults. The authors suggest that their results could be explained by a difference between younger adults and older adults in their ability to recognize facial expressions of emotions, particularly negative facial expressions of emotions such as fear and shame. This hypothesis finds support in the emotion recognition literature regarding normal aging. Indeed, many studies (although not all, see Mienaltowski et al., 2013) have shown that older individuals are less efficient in recognizing emotional expressions (Chaby & Narme, 2009; Firestone, Turk-Browne & Ryan, 2007; Sullivan, Ruffman & Hutton, 2007; Sullivan & Ruffman, 2004a; Sullivan & Ruffman, 2004b; Calder, Keane, Manly et al., 2003). This reduced efficiency seems to affect mainly visual representations

of emotions, more specifically the ability to recognize facial expressions of emotions (Keightley, Winocur, Burianova et al., 2006; Philips, MacLean & Allen, 2002). Recently, a meta-analysis covering 17 studies on facial expression recognition in aging has shown that anger, sadness and fear are less accurately recognized in elderly adults than in younger adults, although disgust seems to be equally or even better recognized in elderly participants when compared to younger adults (Ruffman, Henry, Livingstone & Phillips, 2008).

Despite the poor amount of literature concerning trustworthiness judgments in elderly, quite a few studies have been published in the past few years in regards to this type of judgment in young adults, showing a growing interest in understanding the underlying processes of social judgments in this population. Even though faces are complex stimuli, it seems that social judgments based on faces can be achieved very easily. For instance, Willis and Todorov (2006) have shown that judgments of trust based on faces can be made quickly. In fact, exposing a face for 100ms is sufficient for one to formulate a first impression on that face, and this first impression seems to be long-lasting. Nevertheless, a question persists regarding how we process such complex judgments in such a short time. Todorov and colleagues (2008) have suggested that the use of specific regions of the face contributes to making the decision of trusting someone or not. They reported that the judgment of trustworthiness mainly relies on four different facial features: the inner eyebrows, cheekbones, chins and nose sellion. A reverse correlation study by Dotsch and Todorov (2012) later established a relationship between trustworthy representations and untrustworthy representations in faces. Indeed, they showed that the representation of a trustworthy face corresponds to the opposite representation of an untrustworthy face, suggesting a continuum between trustworthiness and untrustworthiness representations. Moreover, the use of reverse correlation has allowed to identify the facial features used in determining whether a face is

trustworthy or not, and to demonstrate that the eyes, mouth, eyebrows and hair regions are of particular importance in this type of decision.

To better understand trustworthiness judgments, Oosterhof and Todorov (2008) have developed a 2D model of face evaluation based on behavioral studies and computer modeling. This model suggests that in order to decide whether a face looks trustworthy or not, one would first judge that face on two dimensions: valence and dominance. In this model, valence evaluation is defined as an overgeneralization of perception of facial cues signaling whether to approach or avoid a person, whereas dominance evaluation is defined as an overgeneralization of perception of facial cues signaling the physical strength/weakness of the person. Oosterhof and Todorov (2008) have demonstrated that, in judging faces on 14 different traits, the trustworthiness judgment correlated highly with the valence of a face (0.94), and therefore was sufficient to summarize the evaluative information present in all other trait judgments. In other words, they argued that in situations where no other context is provided, judging a face on trustworthiness is a reflection of inferences about the positivity/negativity of a face.

Following these findings, Todorov's group formulated the hypothesis that trustworthiness judgments might be an extension of emotional judgements in a context where we need to decide whether to approach or to avoid a person showing a neutral face, without any emotional cue. They first addressed this question using their model of face evaluation, where they took the faces judged as the most trustworthy/untrustworthy and exaggerated the features of the face found to influence the judgment of trustworthiness. They then asked participants to classify these "extreme" trustworthy/untrustworthy faces into categories corresponding to the six basic emotions. When relating the trustworthiness level of these faces with the category in which the faces were

classified, the only responses above chance were the ones where faces were categorized as angry, neutral and happy. Based on this information, Todorov (2008) has argued that, in young adults, trustworthiness judgments are an extension of emotional judgments, and therefore that the judgment of trustworthiness is based on a continuum between anger and happiness. Todorov's group further strengthened this theory by testing their hypothesis in behavioural studies using three different paradigms. In the first study, Oosterhof and Todorov (2009) used a dynamic stimulus paradigm in which participants saw a dynamic transformation between a neutral face and a happy or angry face and were asked to judge the intensity of the final face's expression. Using the same stimuli, the authors manipulated the degree of trustworthiness of the faces presented. Their results suggested that changes on the trustworthiness continuum corresponded to slight changes resembling emotional expressions. In another study, Said, Sebe and Todorov (2009) used a Bayesian network classifier, trained to detect emotional expressions, to show that neutral faces were classified based on trait inferences and that positive valence resembles happiness expressions, whereas negative valence resembles fear or disgust expressions. Finally, Engell, Todorov and Haxby (2010) used a behavioural adaptation paradigm and found that adapting to angry or happy facial expressions causes trustworthiness evaluations of subsequently rated neutral faces to increase or decrease, respectively. These three studies thus support the existence of a relationship between trustworthiness judgments and emotional judgments, and, more specifically, a link between happiness, anger and trustworthiness judgements. Furthermore, this theory finds support in the emotion recognition literature, which provides evidence that the structures used to identify basic emotions might also be involved in the process of social judgments. For instance, studies of patients presenting lesions to the amygdala have revealed that these patients are not only impaired in the recognition of negative emotions, but also tend to judge faces as more trustworthy than controls (Adolphs, Tranel & Damasio, 1998; Adolphs, Tranel, Damasio et al., 1994).

In sum, evidence from behavioural studies on trustworthiness judgments in young adults and patient studies seem to relate social judgments to emotional judgments. Considering that older adults seem to be less efficient than younger adults in identifying emotional expressions, one could expect that older persons would have different mental representations of trustworthy faces. Older adults might also use different cues than younger adults in order to make trust judgments. We sought to explore this hypothesis in two groups of participants: young and older adults. Contrary to previous studies on facial trustworthiness, such as those of Todorov and colleagues, we asked participants to judge trustworthiness in a specific context (i.e., money investment) in order to eliminate context as a potential source of variability—especially across age groups—from our results. We employed a classification image method, capable of revealing properties of mental representations of trustworthiness, happiness, and anger. In the past 10 years or so, such methods have been used to better understand the internal representations underlying face recognition (e.g., Gosselin & Schyns, 2001; Schyns, Bonnar & Gosselin, 2002; Gosselin & Schyns, 2003; Sekuler et al., 2004; Smith et al., 2005; Mangini & Biederman, 2004; Blais et al., 2012). More recently, as illustrated by this special issue, classification images have even been used to examine mental representations of the social brain: the internal representation of facial emotion recognition across cultures (Dotsch, Wigboldus, Langner et al., 2008; Jack, Caldara & Schyns, 2011; Jack et al., 2012) and the identification of trustworthy and of untrustworthy faces (Dotsch & Todorov, 2012).

Methods

In this study, trustworthiness judgments were investigated by applying a variation of Mangini and Biederman's (2004) reverse correlation technique. This method consists of asking participants to do a discrimination task on faces to which noise is added. In Mangini and Biederman's

experiments, noise patterns were created based on 6 different orientations and 2 different phases and participants were asked to categorize one face regarding gender, expression and identity. Our method was different in three ways. First, instead of presenting only one stimulus and asking participants to categorize this unique stimulus, we presented two stimuli and asked participants to choose between the two stimuli. This way, the participants' choices rely only on the different influence of noise on the same faces (see also Dupuis-Roy & Gosselin, 2007; Dotsch & Todorov, 2012). Second, the patterns of noise consisted of Gaussian white noise. Third and, finally, the underlying faces were different on each trial and were not chosen to be neutral on the combination of trustworthiness, happiness and anger, which would have been difficult, if not impossible, to achieve. Instead, different faces of *women* expressing a neutral emotion were presented on each trial. This bank of faces was chosen because it contains faces of young and older adults. We limited ourselves to women to eliminate the variability in judgments (anger, and, possibly, trust) attributable to interactions with gender.

Participants

Thirty-seven young adults (13 men) between 19 and 29 years old (median = 21 years, inter-quartile range = 4, mean = 22 years, standard deviation = 2.7) and 25 older adults (12 men) between 56 and 74 years old (median = 64 years, inter-quartile range = 8.5, mean = 65 years, standard deviation = 5.6) took part in this experiment. Young participants were recruited on campus whereas elderly participants were recruited via a bank of normal elderly participants from the Centre de recherche de l'Institut universitaire de gériatrie de Montréal (CRIUGM). For the group of older adults, all participants were assessed with a battery of neuropsychological tasks, in order to exclude the presence of major cognitive deficits. Performance on these tests is summarized in Table I. A vast majority of participants from the two groups were Caucasian and

the others had been living in Montreal since a very early age. All participants had normal or corrected to normal vision. This was verified using standard questions to ensure that the older participants did not suffer from common visual conditions (such as cataract, glaucoma, macular degeneration, etc).

Insert Table I near here

Stimuli

On each trial in a block, one of 150 grayscale face pictures (256 x 256 pixels) was picked (without replacement). All these images depicted a front-view and eyes-open Caucasian woman face aged between 20 and 70 years old. The face depicted a neutral expression. The faces were aligned on 12 handpicked, easily-identifiable facial landmarks (four landmarks on each eye and four on the mouth) using linear conformal transformation. Two Gaussian noise fields of 128 x 128 pixels rescaled at 256 x 256 pixels (with the nearest-neighbor algorithm) were added to that face to produce two face stimuli. Thus, for each trial, two images (image width = 6.8 deg of visual angle; face width = about 3.8 deg of visual angle), only differing by the pattern of noise added to the original image, were presented side-by-side on the screen (3.6 deg of visual angle apart) for 3 s (see figure 2 for an example of stimulus). All stimuli were presented on CRT monitors (1024 x 768 pixels), calibrated using a Samsung SyncMaster753df photometer to allow linear manipulation of luminance. The resulting corrected table contained 137 luminance levels, ranging from 0.31 to 107 cd/m². On average, the RMS of the base images was equal to 0.2176 (SD = 0.0181) and that of the noise fields to 0.1999 (SD = 0.0011). The background luminance was equal to 53.65 cd/m².

The refresh rate was 60 Hz. Distance to the screen was maintained at 50 cm (using a chinrest) during the whole experiment.

Procedures

The experimental programs were run on a PC computer in the Matlab (MathworksTM) environment and used functions from the Psychophysics toolbox (Brainard, 1997; Pelli, 1997). Participants completed two blocks of 150 trials for each of the three conditions (trustworthiness, happiness, and anger). The order of presentation of the conditions was counter-balanced across subjects. At the beginning of each block, the question to which the participant had to answer for that specific block appeared on the screen (e.g. “Which face looks angrier?”). For the trustworthiness condition, the notion of trust was put in a context of money investment (i.e. “If you had a big amount of money to invest, who would you trust the most with your money?”). We feared that the default trustworthiness contexts would be much more dissimilar between age groups than within them. As we were not interested in these default trustworthiness contexts *per se*—we were rather interested in comparing implicit representations of faces expressing trustworthiness in comparable contexts—we provided this money investment context, which is usual for both age groups. In contrast, Todorov and colleagues did not contextualize facial trustworthiness in their studies. Participants saw the stimuli for 3 s, after which they had to choose, by pressing right or left keys on the keyboard, which one of the two stimuli presented seemed the most trustworthy/happy/angry (see figure 1). Participants were told that the task was difficult, to do their best to answer correctly, based on their first general impression, without taking too much time.

Insert Figure 1 near here

Results

For each condition and for each individual, we subtracted the sum of the standardized Gaussian noise fields of 128 x 128 pixels of all rejected stimuli from the sum of the standardized Gaussian noise fields of 128 x 128 pixels of all chosen stimuli (e.g., Dupuis-Roy & Gosselin, 2007), thus obtaining a total of three individual classification images (CI) of 128 x 128 pixels. Then, we smoothed the CIs using a Gaussian filter (SD = 3 pixels), and transformed these smooth CIs into Z-score planes by dividing them by the square root of the number of standardized Gaussian noise fields that went into their construction. Not a single pixel of these individual CIs actually attained statistical significance (Pixel test, two-tailed, search region = 4275 pixels, $p > .05$; for details, see Chauvin et al. 2005).

To increase signal-to-noise ratio, we decided to combine all individual CIs per age group and per judgment. However, such group CIs are meaningful only if there is good agreement between the combined individual CIs. Therefore, to evaluate this agreement, we calculated the Pearson correlations between every individual CI's and the corresponding group CI's, restricting the computation to the union of areas that attained statistical significance in all group CI's (all judgments and age groups confounded)—a total of 297 pixels. Mean correlations were 0.33 (quartiles: 0.24, 0.35, and 0.43; 30/31 correlations were positive), 0.22 (quartiles: 0.11, 0.26, and 0.37; 28/31 correlations were positive), and 0.18 (quartiles: 0.13, 0.20, and 0.26; 26/31 correlations were positive), respectively, for the happiness, anger, and trustworthiness CI's in younger adults; and mean correlations were 0.63 (quartiles: 0.54, 0.65, and 0.78; all correlations were positive), 0.53 (quartiles: 0.36, 0.55, and 0.73; all correlations were positive), and 0.46 (quartiles: 0.33, 0.51, and 0.63; 24/25 correlations were positive), respectively, for the happiness, anger, and trustworthiness CI's in younger adults. This suggests indeed a high reliability across

participants. We thus summed the individual CIs within each condition and subject group (see Figure 2), obtaining a total of six group CIs . We transformed these group CIs into Z-scores planes by dividing them by the square root of the number of individuals in the appropriate subject group. In Figure 2, the Z-scored group CIs are superimposed on a grayscale face to help interpretation. The bright red ($Z\text{-score} \geq 4.30$) and bright blue blobs ($Z\text{-score} \leq -4.30$), respectively, indicate regions where bright pixels were significantly correlated positively with the judgement and regions where dark pixels were significantly correlated negatively with the judgment (Pixel test, two-tailed, search region=4275 pixels, $p < 0.05$).

Insert Figure 2 near here

Next, for each type of judgment, we subtracted the CI associated with the group of young adults from the CI associated with the group of older adults, and divided by square root of 2 to transform into Z-scores. Pixel tests revealed no significant difference between the two groups. This is not too surprising because such a contrast is very conservative. Suppose, for example, that some pixels of the mouth attained statistical significance with a Z-score of 5 in a young CI and that it did not attain statistical significance with a Z-score of 0 in the corresponding old CI. The contrast CI would not attain significance (i.e. $(5-0)/\sqrt{2} = \sim 3.54$, which is clearly below the statistical threshold of 4.30). In fact, the young and old adults CIs were highly correlated: the proportion of shared variance (i.e., squared Pearson correlation) between the happiness CIs, within an ellipse of 63 x 95 pixels, or 3.35 x 5.05 deg of visual angle, centered on the faces, centered on the faces, is 0.46 (95% confidence interval = [0.426, 0.488]; all confidence intervals reported in this article were evaluated using a Bootstrap method; for details, see DiCiccio & Efron, 1996), that between the

anger CIs is 0.36 (95% confidence interval = [0.327, 0.388]), and that between the trust CIs is 0.28 (95% confidence interval = [0.258, 0.306]). These R^2 values are all the more impressive that simulations put the maximum proportion of shared variance between the true CIs and the CIs derived in our experiment in the vicinity of 0.80 for old adults, and of 0.88 for younger adults. In turn, this imposes an upper limit on the proportion of shared variance between the measured smooth CIs in the young and older adults of about 0.70. In other words, the proportion of shared variance between the two trustworthiness CIs—0.28—should be compared to this maximum value of 0.7 rather than 1.

These similarities camouflage important differences between the two age groups. We measured the strength of relationship between the trustworthiness, happiness and anger CIs within the two subject groups. For the group of young adults, the trustworthiness CI is more like the happiness CI than the anger CI. Indeed, the shared variance between the trustworthiness and the happiness CIs is 0.35 (95% confidence interval = [0.320, 0.385]), again, within an ellipse of 63 x 95 pixels, whereas the shared variance between the trustworthiness and the anger CIs is 0.21 (95% confidence interval = [0.182, 0.235]). However, these statistics are somewhat misleading because the happiness and the anger CIs shared an important proportion of their variances—0.37 (95% confidence interval = [0.339, 0.401]). The proportion of shared variance between the trustworthiness and the happiness CIs, once the shared variance between the happiness and the anger CIs has been removed from the happiness CI (i.e., happiness CI - (a * anger CI + b), with a and b two scalars obtained by least-square linear regression) is then 0.16 (95% confidence interval = [0.141, 0.178]); and the proportion of shared variance between the trustworthiness and the anger CIs, once the shared variance between the happiness and the anger CIs has been removed from the anger CI, is 0.014 (95% confidence interval = [0.0096, 0.0197]).

For the group of older adults, a slightly different pattern is observed. The shared variance between the trustworthiness and the happiness CIs is very similar to the shared variance between the trustworthiness and the anger CIs. Indeed, the proportion of shared variance between the trustworthiness and the happiness CIs is 0.30 (95% confidence interval = [0.277, 0.336]), whereas that shared variance between the trustworthiness CI and the anger CI is also 0.30 (95% confidence interval = [0.272, 0.328]). But the happiness and the anger CIs shared as much as a proportion of 0.44 of their variances (95% confidence interval = [0.406, 0.473]). The proportion of shared variance between the trustworthiness and the happiness CIs, once the shared variance between the happiness and the anger CIs has been removed from the happiness CI, is 0.06 (95% confidence interval=[0.054, 0.076]); and the proportion of shared variance between the trustworthiness and the anger CIs, once the shared variance between the happiness and the anger CIs has been removed from the anger CI, is also 0.06 (95% confidence interval=[0.048, 0.069]).

Discussion

The main purpose of this study was to investigate and compare implicit representations of faces expressing trustworthiness, happiness and anger in young and older adults using a reverse correlation method. To our knowledge, our study is the first one to use reverse correlation with older individuals in order to better understand processes underlying social judgments in this age group. Our study reveals that the internal representations of trust (28% of shared variance), anger (36% of shared variance), and happiness (46% of shared variance) are very similar for young and older adults. However, a more subtle analysis revealed that the relationship between the judgment of trust and the judgments of happiness and anger was different in young and in older adults. When we look at the results of the older group of participants, we find a large shared variance

between happiness and anger CIs (42%), suggesting a continuum between the two representations, which is compatible with Todorov's theory of the processes underlying trust judgements. Moreover, we find a large and equally shared variance (30%) between trust and anger, and trust and happiness, which, considered together, suggest that trust is judged on this continuum. This notion is reinforced by the findings that explained variances in trust drops by 80%, symmetrically (from 30% to 6%) once the shared variance (i.e., the continuum) between the happiness and anger CIs has been removed. In sum, in older adults, there seems to be an anger-happiness continuum, and this continuum seems to explain a large portion of the trust CI. Nonetheless, the shared variances between trust and the happiness and anger residuals suggest that there is more to the judgment of trust than simply the happiness-anger continuum.

In younger adults, the situation is somewhat different: again there is a large shared variance between happiness and anger CIs (37%), which suggests some sort of continuum between the two representations. However, the somewhat asymmetric shared variance between trust and happiness (35%) and trust and anger (21%), suggests that trust judgments made in the context of money investment are not only explained by this happiness-anger continuum, and that trust is more related to happiness than to anger. This is strengthened by the fact that 16% of shared variance remains (almost half) between trust and happiness once the happiness and anger shared variance (i.e., the continuum) has been removed from the happiness CI, whereas it's only 1% for trust and anger only. In other words, for young adults, there is something specific about the representation of happiness that explains the trust representation in addition to the happiness-anger continuum, and very little, if anything, specific about anger that explains the trust representation.

The discrepancies between our results with young adults and the Todorov group results in many experiments exploring trust judgments in young adults should not be blown out of proportion. These discrepancies might originate from several methodological differences. One of the important factors to consider is that the stimuli we used were faces of women only. The connection between masculinity and anger, for example, could be stronger than the one between femininity and anger, which could explain why our group of young adults relied less on the anger judgment to make their trust judgment. This might explicate why the eyebrows are almost absent in our anger CIs while they have been shown to be preponderant in the anger CIs of Western Caucasian participants (Jack, Caldara & Schyns, 2011). Other differences in methodology could also explain differences in the results. Most importantly, we asked participants to judge trustworthiness in a specific context (i.e., “If you had a big amount of money to invest, who would you trust the most with your money?”) in order to eliminate context as a potential source of variability—especially across age groups—from our results.

Of course, social judgments are complex and multidimensional, and judgments of trust are no exception to this statement. Todorov’s theory inserts trustworthiness judgments in an emotional continuum, between anger and happiness. However, other researchers have positioned this judgment on different continuums. For instance, Fiske, Cuddy and Glick (2007) have argued that social judgments can be classified in two main dimensions: warmth and competence. Judgments of warmth (i.e. perceived intent: friendliness, helpfulness, sincerity, morality, trustworthiness) would occur first in order to determine whether the person has good or bad intentions. Judgments of competence (i.e. perceived ability: intelligence, skill, creativity) would appear shortly after and would help determine whether the person has the ability to act these intentions. These two dimensions would be linked and positively correlated. Even though our goal was to diminish

ambiguity concerning the type of judgment asked, judging trust in a context of financial investment could have led to associating trust in a stronger way to a competence type of judgment than to a warmth type of judgment. However, the dimensions of warmth and competence, as described by Fiske, Cuddy and Glick (2007), are positively correlated, which suggests that trustworthiness judgments could be embedded in both categories.

One problem in studying trustworthiness judgments is that it is very difficult to establish a baseline allowing a “true” value of trustworthiness. For example, when studying emotional judgments, it is possible to take photographs of people feeling real emotions, thereby allowing us to know that a given photograph of someone expressing a feeling of joy really is a true and valid representation of the emotion. In trust judgments, it seems impossible to find photographs of people that we know for sure can be trusted, and then to classify objectively how trustworthy these people are, based on their life experiences. This difficulty thus makes it hard to establish a measure of performance in trustworthiness judgments and to rely on this measure in order to study variability in the way different people judge how trustworthy faces are. Since judgments of trustworthiness are of particular importance in our everyday interactions, it seems necessary to generate new ways to explore this question more efficiently, particularly in more vulnerable populations such as older adults.

Acknowledgments

This work was supported by a Natural Sciences and Engineering Research Council (NSERC) Discovery grant to Frédéric Gosselin.

References

- Adolphs, R., Tranel, D., Damasio, H., Damasio, A. (1994). Impaired recognition of emotion in facial expressions following bilateral damage to the human amygdale. *Nature*, 372, 669-672.
- Adolphs, R., Tranel, D., Damasio, A. (1998). The human amygdala in social judgment. *Nature*, 393, 470-474.
- Adolphs, R. Gosselin, F., Buchanan, T. W., Tranel, D., Schyns, P. G. & Damasio, A. R. (2005). A mechanism for impaired fear recognition after amygdala damage. *Nature*, 433, 68-72.
- Alves, L., Wilson, S. (2008). The effects of loneliness on telemarketing fraud vulnerability among older adults. *Journal of Elder Abuse & Neglect*, 20:1, 63-85.
- Brainard, D. (1997). The Psychophysics Toolbox. *Spatial Vision*, 10, 433-436.
- Calder, A.J., Keane, J., Manly, T., Sprengelmeyer, R., Scott, S., Nimmo-Smith, I., et al. (2003). Facial expression recognition across the adult life span. *Neuropsychologia*, 41, 195-202.
- Castle, L., Eisenberg, N. & Taylor, S. (2012). Age differences in bold activity related to judgments of trust. *Social & Affective Neuroscience Society Annual Meeting* [Abstract].
- Chaby, L., Narme, P. (2009). La reconnaissance des visages et de leurs expressions faciales au cours du vieillissement normal et dans les pathologies neurodégénératives. *Psychologie et Neuropsychiatrie du Vieillissement*, 7, 31-42.

Chauvin, A., Worsley, K., Schyns, P., Arguin, M. & Gosselin, F. (2005) Accurate statistical tests for smooth classification images. *Journal of Vision*, 5, 659-667

DiCiccio, T.J. & Efron, B. (1996) Bootstrap confidence intervals. *Statistical Science*, 11, 189-228.

Dotsch, R., Wigboldus, D., Langner, O., van Knippenberg, A. (2008). Ethnic out-group faces are biased in the prejudiced mind. *Psychological Science*, 19(10), 978-980.

Dotsch, R. & Todorov, A. (2012). The social evaluation of faces: A meta-analysis of functional neuroimaging studies. *Social, Cognitive, & Affective Neuroscience*. Online publication: doi:10.1093/scan/nsr090.

Engell, Todorov & Haxby (2010). Common neural mechanisms for the evaluation of facial trustworthiness and emotional expressions as revealed by behavioral adaptation. *Perception*, 39, 931-941.

Firestone, Turk-Browne & Ryan (2007). Age-related deficits in face recognition are related to underlying changes in scanning behaviour. *Aging, Neuropsychology and Cognition*, 14, 594-607.

Fiske, S.T., A.J.C. Cuddy, and P. Glick. (2007). Universal Dimensions of Social Cognition: Warmth, then Competence. *Trends in Cognitive Sciences* 11, 77–83.

Jack, R.E., Caldara, R. & Schyns, P.G. (2011) Internal representations reveal cultural diversity in expectations of facial expressions of emotion. *Journal of Experimental Psychology: General* Vol.14(1) pp. 19-25.

Jack, Garrod, Yu, Caldara & Schyns (2012). Facial Expressions of Emotion are not Culturally Universal. *PNAS*, 109(19), 7241-7244.

Keightley, M., Winocur, G., Burianova, H., Hongwanishkul, D., Grady, C. (2006). Age effects on social cognition: Faces tell a different story. *Psychology and Aging*, 21(3), 558-572.

Mangini, M., Biederman, I. (2004). Making the ineffable explicit: Estimating the information employed for face classifications. *Cognitive Science*, 28, 209-226.

Mienaltowski, A., Johnson, E. R., Wittman, R., Wilson, A.-T., Sturycz, C., & Farley Norman, J. (2013). The visual discrimination of negative facial expressions by younger and older adults. *Vision research*, 81C, 12–17.

Oosterhof, N., Todorov, A. (2008). The functional basis of face evaluation. *PNAS*, 105(32), 11087-11092.

Oosterhof, N., Todorov, A. (2009). Shared perceptual basis of emotional expressions and trustworthiness impressions from faces. *Emotion*, 9(1), 128-133.

Pelli, D. (1997). The VideoToolbox software for visual psychophysics: Transforming numbers into movies. *Spatial Vision*, 10, 437-442.

Phillips, L., MacLean, R., Allen, R. (2002). Age and the understanding of emotions: Neuropsychological and sociocognitive perspectives. *Journal of Gerontology: Psychological Sciences*, 57B(6), P526-P530.

Ruffman, T., Henry, J., Livingstone, V., Phillips, L. (2008). A meta-analytic review of emotion recognition and aging: Implications for neuropsychological models of aging. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 32, 863-881.

Said, C., Sebe, N., Todorov, A. (2009). Structural resemblance to emotional expressions predicts evaluation of emotionally neutral faces. *Emotion*, 9(2), 260-264.

Sekuler, AB., Gaspar, Gold, Bennett, P. (2004). Inversion leads to quantitative, not qualitative, changes in face processing. *Current Biology* 14: 391-396.

Sullivan, S., Ruffman, T. (2004). Emotion recognition deficits in the elderly. *International Journal of Neuroscience*, 114, 403-432.

Sullivan, S., Ruffman, T. (2004). Social understanding: How does it fare with advancing years? *British Journal of Psychology*, 95, 1-18.

Sullivan, S., Ruffman, T., Hutton, S. (2007). Age differences in emotion recognition skills and the visual scanning of emotion faces. *Journal of Gerontology: Psychological Sciences*, 62B(1), P53-P60.

Tehan & Blanchard-Fields (2008). Challenges older adults face in detecting deceit : the role of emotion recognition. *Psychology and aging*, 23(1), 24-32.

Templeton, V. & Kirkman, D. (2007). Fraud, vulnerability and aging. *Alzheimer's Care Today*, 8, 265-277.

Todorov, A. (2008). Evaluating faces on trustworthiness: An extension of systems for recognition of emotions signaling approach/avoidance behaviors. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1124, 208-224.

Todorov, A., Baron, S., Oosterhof, N. (2008). Evaluating face trustworthiness: a model based approach. *SCAN*, 3, 119-127.

Willis, J., Todorov, A. (2006). First impressions: Making up your mind after a 100ms exposure to a face. *Psychological Science*, 17(7), 592-598.

Table I. Neuropsychological results of elderly participants

Test	N	Mean	s.d.
MoCA	24	26.96	1.92
MMSE	19	29.12	0.78
Digit Span			
<i>Forward</i>	24	6.5	5.4
<i>Backward</i>	24	1.3	1.0
Benton Faces	25	45.96	4.08
Benton Lines	25	24.77	3.27
VOSP	25	19.69	0.47
Trails A (time)	25	36.68	14.96
Trails B (time)	25	69.64	22.41
BNT – short form	25	14.04	1.86
Buschke - 1 st recall	22	9.6	2.41
Buschke – 2 nd recall	22	11.65	2.71
Buschke – 3 rd recall	22	12.55	2.48
Buschke – delayed recall	22	13.55	2.37
RCFT – copy	25	33.88	1.47
RCFT - immediate recall	25	15.13	5.54
RCFT - delayed recall	24	16.71	3.72

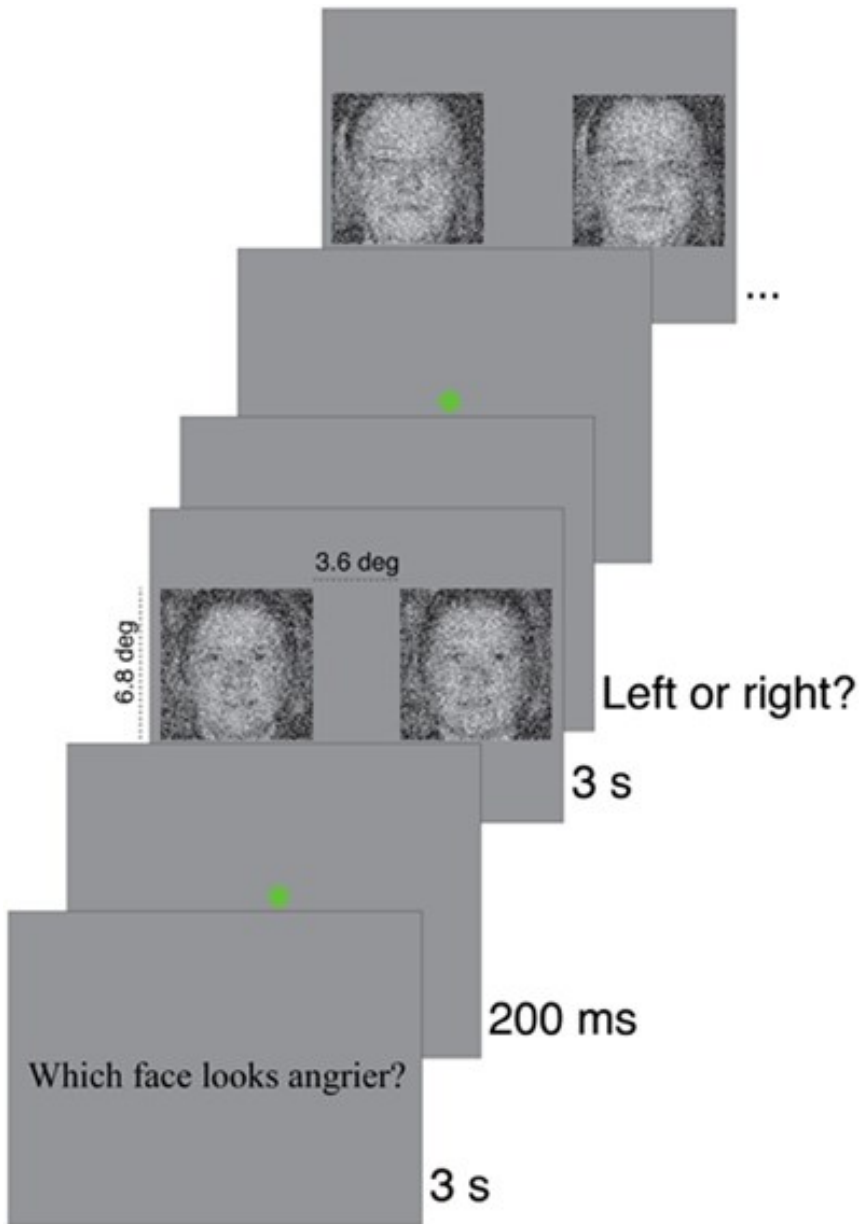


Figure 1. Sequence of events in the experiment. The question appeared on the first frame of a block. Then, a green dot served as a fixation point and appeared on the screen for 200ms. The stimuli then appeared for three seconds after which a choice was required. This sequence of events was repeated for the 150 trials of the block.

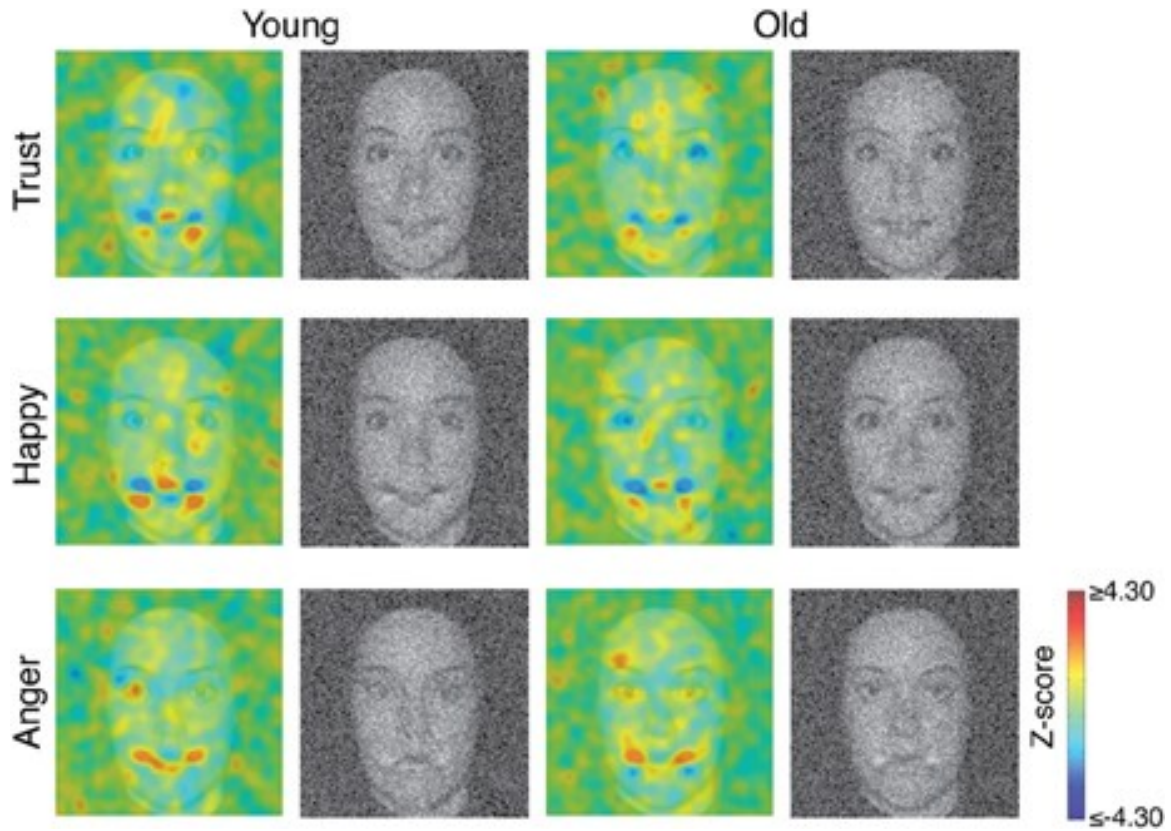


Figure 2. Coloured images represent smooth group-judgment classification images transformed into z-scores superimposed on a grayscale face. Grayscale images represent raw group-judgment classification images added to a grayscale face with the same range of values.

CHAPITRE TROISIÈME : ARTICLE 2

CONTRIBUTIONS À L'ARTICLE

L'idée originale revient aux trois auteurs. La conception des tâches revient à Catherine Éthier-Majcher et Frédéric Gosselin. Les procédures d'évaluation neuropsychologique ont été déterminées conjointement par Sven Joubert et Catherine Éthier-Majcher. La méthode utilisée revient à ce dernier. La conception des programmes d'expérimentation ainsi que les analyses de base ont été effectuées conjointement par Catherine Éthier-Majcher et Frédéric Gosselin. Le recrutement des participants et la cueillette des données a été faite par Catherine Éthier-Majcher, avec l'aide du réseau de participants âgés de Sven Joubert. Les données ont été analysées par Catherine Éthier-Majcher et Frédéric Gosselin. Catherine Éthier-Majcher a écrit les premières versions de l'article et tous les co-auteurs ont participé à l'écriture des versions subséquentes. Tous les co-auteurs consentent à ce que l'article soit inclus dans la présente thèse, comme l'atteste le formulaire suivant.

DÉCLARATION DES COAUTEURS

Relation between emotional judgments and trust judgment in patients with fronto-temporal dementia

Catherine Éthier-Majcher, Sven Joubert & Frédéric Gosselin

Centre de recherche en Neuropsychologie Expérimentale et Cognition
Centre de recherche de l'Institut universitaire de gériatrie de Montréal
Département de psychologie, Université de Montréal

Address correspondence to
Frédéric Gosselin, Ph.D.
Département de psychologie
Université de Montréal
C.P. 6128, Succ. Centre-ville
Montréal, Qc
H3C 3J7
Fax: 514-343-5787
Phone: 514-343-7550

Abstract

Fronto-temporal dementia (FTD) is a disease characterized by a gradual degeneration of frontal and temporal cortices causing early changes in behavior along with changes in specific cognitive domains. Recent studies have shown that FTD patients experience deficits in social cognition. Theory of mind (Snowden, Gibbons, Blackshaw et al., 2003; Kipps & Hodges 2006) and emotion recognition processes are found to be particularly affected. In particular, an important deficit in the recognition of anger is reported in the literature. Even though there is strong evidence of deficits in emotional processing in FTD, the origin of these deficits has not yet been explored and the possible impact of these deficits on other aspects of social cognition has never been studied. The aim of the present study was to explore the relationship between trust judgments and emotional judgments in FTD. We conducted three experiments with FTD patients ($n = 3$) and a control group ($n = 23$). First, we replicated past results in basic facial emotion recognition using a new set of stimuli. Then, we introduced the judgment of trust by asking participants to judge faces regarding their level of anger, happiness and trust. This second task led to the final task, a reverse correlation paradigm aiming to reveal the representations of trust, anger and happiness in our two groups of participants. Results show that FTD patients are less efficient in identifying anger than all of the other emotions. This impaired anger recognition might be explained by an altered internal representation of anger and seems to have an impact on the ability to make trust judgments. Theoretical hypotheses are formulated and clinical implications of these results are discussed.

Introduction

The last decades have provided us with a great amount of research on how our brain processes facial emotions. Studies with brain damaged young adults have been particularly helpful in understanding neural processes underlying the recognition of facial emotions. For example, studies of patient SM have demonstrated the importance of the amygdala in the processing of negative facial emotions and predominantly in the recognition of fear (e.g. Adolphs, Tranel, Damasio & Damasio, 1994; Adolphs, Tranel & Damasio, 1998; Adolphs, Gosselin, Buchanan, Tranel, Schyns & Damasio 2005). Another temporal structure, the insula, has been shown to be involved in the recognition of disgust (Phillips, Young, Senior, Brammer, Andrew et al., 1997; Phillips, Young, Scott, Calder, Andrew et al., 1998; Calder, Keane, Manes, Antoun & Young, 2000; Wright, He, Shapira, Goodman & Liu, 2004). Other studies have shown that frontal regions such as the orbitofrontal cortex are involved in the regulation of emotions and in the recognition of anger (Calder, Keane, Lawrence & Manes, 2004; Hornak, Bramham, Rolls, Morris, O'Doherty et al., 2003; Kringelbach & Rolls, 2004; Rolls, 2004; Heberlein, Padon, Gillihan, Farah & Fellows, 2008). The results of these studies have suggested that specific regions of the brain are involved in the recognition of particular facial emotions, a hypothesis that is now well accepted in the literature.

In normal aging, many studies (although not all, see Mienaltowski et al., 2013) have shown that older individuals are less efficient than younger adults in recognizing emotional expressions (Chaby & Narme, 2009; Firestone, Turk-Browne & Ryan, 2007; Sullivan, Ruffman & Hutton, 2007; Sullivan & Ruffman, 2004a; Sullivan & Ruffman, 2004b; Calder, Keane, Manly et al., 2003). This reduced efficiency seems to affect mainly visual representations of emotions, more specifically the ability to recognize facial expressions of emotions (Keightley, Winocur, Burianova et al., 2006; Phillips, MacLean & Allen, 2002).

Recently, a meta-analysis including 17 studies on facial expression recognition in normal aging has shown that anger, sadness and fear are less accurately recognized in healthy older adults than in younger adults, although disgust seems to be equally or even better recognized in the former than in the latter (Ruffman, Henry, Livingstone & Phillips, 2008). The reason for this lessened efficiency is not well understood and many hypotheses have been suggested in the literature to explain this phenomenon (Chaby & Narme, 2009), the most popular one being a specific decline in the efficiency of the brain regions responsible for emotional processing.

In pathological aging, studies have shown that patients with some specific types of neurodegenerative diseases present greater difficulties in emotional processing than normal elderly individuals. For instance, many studies have shown that patients with Huntington disease are particularly impaired at recognising disgust (Sprengelmeyer et al., 1996; Sprengelmeyer et al., 1997; Wang, Hoosain, Yang, Meng, & Wang, 2003), yet some studies suggest also a lessened efficiency in recognising anger and fear (Snowden, Austin, Sembi et al., 2008). Moreover, in Alzheimer's disease (AD), many studies reveal that patients at an early stage of AD are less efficient in recognising facial expressions, either in matching tasks or in identification tasks (Burnham & Hogervorst, 2004; Bediou, Ryff, Mercier et al., 2009; Weiss, Kobler, Vonbank et al., 2008), even though some studies claim an absence of difficulty in discriminating emotional expressions (Roudier, Marcie, Grancher et al., 1998; Ogrocki, Hills & Strauss, 2000). More specifically, sadness, anger and fear seem to be the most affected emotions, whereas the recognition of disgust seems to be preserved (Henry, Ruffman, McDonalds, O'Leary, Phillips, Brodaty et al. 2008; Hargrave, Maddock & Stone, 2002).

Processing of emotions in fronto-temporal dementia

Fronto-temporal dementia (FTD) is a brain disease characterised by a gradual degeneration of frontal and temporal cortices. In contrast to other neurodegenerative disorders, such as AD, episodic memory loss is usually not one of the first symptoms of FTD. It rather starts with early behavioral changes such as apathy, disinhibition, obsessive and compulsive behaviors, emotional blunting and loss of sympathy and empathy (Rosen, Perry, Murphy, Kramer, Mychack et al., 2002). Three different subtypes of FTD are listed: behavioral (or frontal) variant (bvFTD), temporal variant (tvFTD, also referred to as semantic dementia) and progressive aphasia. In the absence of neurobiological markers, these variants can be differentiated based on behavioral, neuropsychological and neuroanatomical evidence. Recently revised diagnostic criteria for the bvFTD include a progressive deterioration of behavior and/or cognition and the presence of at least three of the following symptoms: early behavioral disinhibition, early apathy or inertia, early loss of sympathy or empathy, early perseverative, stereotyped or compulsive/ritualistic behavior, hyperorality and dietary changes (Rascovsky, Hodges, Knopman et al., 2011). The neuropsychological profile usually reveals relative sparing of episodic memory and visuo-spatial functioning while showing more impaired performances in executive functioning (Neary, Snowden & Mann, 2005).

In the different variants of FTD, social cognition appears to be affected at different degrees (Kumfor et al, 2012). Lessened abilities in social cognition may account at least partly for the behavioral changes observed in this population. The fact that social cognition is altered in this population is not surprising considering the overlap between brain regions impacted in FTD and brain regions known to be responsible for emotion processing in normal individuals (Kumfor, Irish, Hodges et al., 2013). Most of the studies have focused their work on tvFTD

and bvFTD, mainly because more behavioral alterations arise in these variants of FTD, which suggests lessened skills in the social domain. Besides, a review from Kumfor & Piguet (2012) reports that studies of patients presenting with progressive aphasia show close to normal emotion recognition skills, which suggests that social cognition and emotion recognition are not affected in these patients.

Studies have argued that performance on emotion recognition tasks provides clinically relevant information about FTD patients in everyday situation (Kumfor & Piguet, 2012; Sturm, McCarthy, Yun et al., 2010; Kipps, Mioshi & Hodges, 2009; Diehl-Schmid, Pohl, Ruprecht et al., 2007; Keane, Calder, Hodges & Young, 2002; Lavenu, Pasquier, Lebert et al., 1999). This relation between emotion recognition tasks and behavioural problems accounts for the relevance of studies on emotion processing in FTD. Lavenu et al. (1999) were the first to address emotion processing in this population. Using Ekman's emotional images (Ekman & Friesen, 1986), they compared a group of FTD patients to a group of AD and to a control group in their ability to recognise the 6 basic emotions (anger, disgust, fear, happiness, sadness and surprise), to which they added the expression "contempt". Their results revealed a better recognition of emotions in AD patients than in FTD patients, particularly for the emotions of anger, sadness and disgust. Moreover, response analysis showed a consistency in wrong answers for AD patients (e.g. a constant confusion between fear and surprise) which was not present in FTD patients. The authors hypothesised that the access to semantic memory for emotions could be impaired in FTD patients. A follow-up to this study was published in 2005 by Lavenu and Pasquier. They re-tested some of their participants 3 years later. Their results showed a decline of emotional identification abilities in AD, whereas FTD participants' results varied: some had better abilities than three years

earlier whereas others showed a decline. However, the overall performance of FTD patients was still lower than the overall performance of AD patients in emotion recognition tasks.

Some studies of emotional processing in FTD have argued that the recognition of the six basic emotions is impaired in FTD patients. In 2002, Rosen et al. measured the comprehension of emotions in the temporal variant of FTD. The aim of their study was to examine emotional processing using a task of facial expression recognition in which they showed patients faces of women representing the 6 basic emotions. Their results showed that tvFTD patients were impaired in their emotional comprehension of the 6 emotions, with a more severe impairment for negative emotions such as anger, sadness and fear than for happiness. Diehl-Schmid et al. (2007) have demonstrated that Ekman's test of emotion identification could be a good screening test for FTD, since patients identify all six emotions significantly less accurately than matched controls.

Most recent studies implying emotional processing in bvFTD and tvFTD tend to report greater deficits in the recognition of negative emotions than in the recognition of positive emotions, mainly on identification tasks (Lough, Kipps, Treise et al., 2006; Kumfor, Miller, Lah et al., 2011; Rosen et al., 2002), but also on matching tasks (Fernandez-Duque & Black, 2005). Most of the time, positive expressions seem to be processed the same way in FTD patients than in matched controls. Although both variants are often confounded in emotional processing studies, one study suggests a difference between bvFTD and tvFTD in their performances to emotional tasks. Indeed, the study of Rosen, Pace-Savitsky, Perry et al. (2004) resulted in a lower performance for the recognition of all emotions in bvFTD whereas tvFTD were less efficient mostly in the recognition of sadness, anger and fear. A deficit in anger recognition seems to be the most consensual result across studies and throughout the

variants of the disorder. The intensity of emotional expressions also seems to play a role in the ability of FTD patients to identify the emotional expression of a face (Kessels, Gerritsen, Montagne et al., 2007; Kumfor et al., 2011). For instance, a higher intensity in emotional expressions on faces could be beneficial to identify facial expressions, especially negative facial expressions.

Besides emotional processing, only some aspects of social cognition have been addressed in FTD patients. It appears that the deficits pointed in emotion recognition could influence, at least partly, other aspects of social cognition. Because of the behavioural problems present in the pathology, a certain amount of attention has been directed towards theory of mind (TOM) abilities. TOM consists in the capacity to attribute independent mental states to others and to predict other people's behaviour on the basis of their mental states (Baron-Cohen, 1985). It appears that FTD patients are severely impaired in tasks requiring TOM, more specifically in tasks requiring an affective interpretation of others' state of mind (Snowden, Gibbons, Blackshaw et al., 2003; Kipps & Hodges 2006). Difficulties in identifying emotions could partly account for TOM deficits, but authors argue that it does not completely explain TOM abnormalities. It has been demonstrated that deficits in emotion recognition could also influence the ability to interpret sarcasm in others (Kipps, Nestor, Acosta-Cabronero et al., 2009). Moreover, in FTD patients, the ability to recognize emotions based on faces seems to be correlated with social behaviour (Kipps, Mioshi & Hodges, 2009).

The present study aims to explore, in relation with emotional processing, an aspect of social cognition which, to our knowledge, has never been explored in FTD population: trustworthiness judgments. Knowing that trustworthiness judgments are of special importance in social situations, if FTD patients show different strategies in making those

judgments, one could expect that this would have an important impact on their daily behaviour. Todorov's group formulated the hypothesis that, in healthy young adults, trustworthiness judgments might be an extension of emotional judgments, in a context where we need to decide whether to approach or to avoid a person showing a neutral face, without any emotional cue (Engell, Todorov & Haxby, 2010; Todorov, 2008). In a recent study, we have shown that healthy elderly rely both on anger and happiness representations to make trustworthiness judgments (Éthier-Majcher, Joubert, Gosselin, 2013). Since recognition of anger appears to be particularly inefficient in FTD patients, there is a good chance that trustworthiness judgments may be biased in this population. Our study is divided in three different experiments. The first one aims to replicate, with our group of participants, the findings regarding emotion recognition in FTD. We also aimed to generalise the findings using a different set of stimuli than the one proposed by Ekman. Our second experiment consists in a transition between the first and the third experiments, where we aim to validate, in our FTD group, the difference between happiness and anger judgments using a different methodology. Also, this experiment allows us to collect a subjective measure of trust in our FTD population and to compare this measure with controls. Finally, the third experiment is designed to compare trust judgments with anger and happiness judgments in an objective way, using a psychophysics method. This method gives us access to the internal representations of anger, happiness and trustworthiness in our participants.

Material and Methods

We designed three different experiments in order to explore the link between emotional judgments and trustworthiness judgments in a series of three FTD patients. First of all, even though we were mainly interested in the link between trust judgments and the ability to recognize anger and happiness, we attempted to replicate, with our group of FTD

participants, past results regarding emotion recognition abilities in general. This first task would ensure that our FTD participants, used in all tasks of this study, have the expected recognition profile. Moreover, we decided to use a different set of faces than the usual Ekman's set to verify that the impairment in anger recognition typically reported is strong enough to be generalised to a different set of stimuli. Our set of faces mainly differs from Ekman's in the philosophy behind its conception. Ekman's images were created based on the Facial Action Coding System (FACS) developed by Ekman and Friesen in 1978. When creating the photographs of facial expressions, they directed actors to generate the expressions based on the FACS, a normative system identifying the facial muscles that are generally engaged in a specific facial expression. Indeed, for a specific expression, they asked the actors to move facial muscles that Ekman and Friesen had identified as being involved in the recognition of this specific expression. The STOIC database was created with no such a priori. The actors expressing the emotions were told to make a one-second progression of the expression starting with a neutral face and ending with the maximum intensity in the expression. This procedure generated videos of facial expressions. The videos of the final database were chosen using a blinded inter-judge rating, where judges visualising the videos did not know what expression was intended while watching them. The static photographs were the apex of these videos. To our sense, this procedure allows a better ecological validity to the expressions.

Experiment 1

Participants

For the three tasks, we tested a total of 29 participants. We had to eliminate 4 of them who did not attain the criteria for the study by either showing visual problems or psychiatric disorders (such as a high level of anxiety or depression for which medication was taken). For

the first task, 23 of the 25 healthy elderly (10 men) aged between 56 and 74 years old (mean = 65, standard deviation = 5.6) and 3 men presenting bvFTD (mean = 65, standard deviation = 5.5) took part in the experiment. Elderly participants in the control group were recruited via a bank of normal elderly participants from the Centre de recherche de l'Institut universitaire de gériatrie de Montréal (CRIUGM). FTD patients were recruited from the Montreal Jewish hospital and from the Centre hospitalier universitaire de Montréal (CHUM) and were tested at home. The project was approved by the local Ethics committee. All participants had normal or corrected to normal vision. This was verified using standard questions to ensure that the participants did not suffer from common visual conditions (such as cataract, glaucoma, macular degeneration, etc). Healthy elderly were assessed with neuropsychological tests in order to exclude the presence of significant cognitive deficits (see table II for results). Results of patients on standard neuropsychological measures were taken from their medical records. We ensured that neuropsychological testing had been completed no more than one year before testing for the present study.

Insert Table II near here

Case 1. The first patient is a right-handed man of German origin who arrived in Canada at the age of 24. He worked as a real estate agent, but at the time of the testing, he was retired. One of his favorite hobbies is painting. He was diagnosed with bvFTD in 1997, at the age of 54. His neuropsychological profile shows predominant impairments in working memory and psychomotor speed. Perceptual aspects are within normal range.

Case 2. The second patient is a Canadian right-handed man who worked as a civil engineer and as a financial analyst. At the moment of testing, he is retired. He was diagnosed with

bvFTD in 2005, at the age of 63. He was also diagnosed with amyotrophic lateral sclerosis (ALS) in 2010, which is often comorbid with FTD. A brain MRI carried out in 2011 showed frontal and temporal atrophy. His neuropsychological profile reveals impaired auditory memory, poor working memory, poor delayed visual retention, and abnormal language skills. Perceptual aspects are within normal range.

Case 3. The third patient is a right-handed man of 59 years old. He is Canadian and worked as a police officer before he became diagnosed with FTD, at the age of 55. At the time of testing, he is retired and frequents a dementia day care center occasionally. His neuropsychological profile shows impairments in the domains of working memory and psychomotor speed. Perceptual aspects are within normal range.

Apparatus

The experimental programs were run on a PC computer (for controls) or on a Mac laptop (for FTD patients) in the Matlab (Mathworks™) environment and used functions from the Psychophysics toolbox (Brainard, 1997; Pelli, 1997). On both computers, parameters of presentation were controlled so that tasks were exactly the same, independently of the computer used. The relationship between RGB values and luminance was made linear. The background luminance was equal to 53.65 cd/m². The refresh rate was 60 Hz. Viewing distance was approximately 50 cm during the whole experiment.

Stimuli

Stimuli were the static faces from the STOIC database (Roy, Roy, Éthier-Majcher et al., 2007). In this database, actors were asked to facially express the six basic emotions (happiness, disgust, fear, anger, sadness, and surprise) as well as pain and neutrality. Four

exemplars (two with low and two with high intensity) with the highest inter-rater agreement were chosen for each emotion and participant (34 actors * 8 emotions * 4 exemplars = 1,088 movies) and included in the validation. Thirty-five others (19 females) also from Montreal participated in the validation (mean age and education 23 & 16 years). Participants were told they would see several movies (or photos) of actors expressing facially one of eight possible emotions (i.e., fear, happiness, anger, disgust, pain, sadness, surprise, and neutrality). We measured the recognisability of the stimuli by computing the entropy (E) of their scroll bar ratings: $E = -\sum_i p_i \log_2 p_i$ where p_i is a proportion derived from the scroll bar ratings of emotion i . For example, a stimulus with an entropy of 0 bit was always given a non-zero rating on a single emotion scroll bar—it's as recognizable as it can be; and a stimulus with an entropy of 2.80 bits was given equal ratings, on average, on all emotion scroll bars—it's as ambiguous as it can be. The final subset of stimuli comprises the 80 movies (and 80 corresponding photos) associated with the smallest entropy values or those that were the most consistently recognized, showcase five male and five female actors, each expressing facially all basic emotions, pain, and neutrality (Roy et al., 2007). For the present experiment, we used a subset of 70 photos of the STOIC database. These photos present 5 Caucasian men and 5 Caucasian women (256 X 256 pixels) portraying the six basic facial expressions (anger, disgust, fear, happiness, sadness and surprise) plus neutral. All pictures depicted a front-view, eyes-open face and were grayscale (see Figure 3 for examples of stimuli). As detailed in Roy et al. (2007), in the creation of the database, an oval mask was added to the pictures in order to present only the internal facial attributes.

Insert Figure 3 near here

Procedures

Controls and FTD patients completed one block of this task. On each trial, one stimulus was presented on the screen for 500ms. The 70 faces were presented in a pseudo-random order. For each trial, participants were asked to determine which of the seven emotions was expressed in the presented face by pressing on the appropriate key of the keyboard. Response keys were identified with a cardboard guide. This guide was left on the keyboard for the whole block. For FTD patients, in addition to the cardboard guide, all the choices were repeated orally after each trial in order to avoid working memory problems and to eliminate the possibility of perseveration over one particular choice throughout the trials. Note, finally, that response keys were pressed by the examiner when necessary (e.g. one of our patients had amyotrophic lateral sclerosis). Even though the stimulus was presented on the screen for only 500ms, participants could take all the time they wanted to respond, but they were asked to try to give a response based on their first impression. By giving their response, participants triggered the presentation of the next trial. Each of the 70 pictures was presented only once.

Results

For each emotion, we compared the confusability matrices of the two groups (see table III). First we looked at the hit rate—the diagonal. To do so, a Bootstrap analysis (for details, see DiCiccio and Efron, 1996) was computed. Indeed, since our patients group contains only three participants, we compared this group to the control group by sampling randomly with replacement 1,000,000 subgroups of three control participants. For each emotion, we then averaged the results of every subgroup in order to obtain a distribution of this statistic. We used these distributions to estimate the p-values of the difference between the FTD's

responses and the controls. This analysis revealed that, when looking only at the hit rates, anger and surprise were identified significantly less accurately in FTD patients ($p < .0001$ and $p < .0001$, respectively) than in controls, with a percentage of recognition of anger as low as 10% in the patients group. This remains significant after a Bonferroni correction for the multiple comparisons. However, there was no difference between groups on all other emotions. Results are presented in Figure 4.

Insert Table III near here

Insert Figure 4 near here

To better understand these significant differences, we looked at the misses and false alarms associated with anger and surprise. To our knowledge, this signal detection theory approach for the analysis of errors has never been used before in the literature on expression identification in FTD. For anger and surprise, we used the same technique as described for the hit rates to compare the distribution of misses and false alarms between FTD and controls. Results reveal significant differences between the two groups of participants in the distribution of misses and false alarms associated with the presentation of faces depicting anger. Indeed, when an expression of anger is presented, FTD patients tend to confuse this expression more often than controls with happiness ($p < 0.001$), with a neutral expression ($p < 0.001$) or with surprise ($p < 0.001$). These differences remain significant after a Bonferroni correction for the multiple comparisons. Moreover, patients make more false alarms than controls regarding anger recognition. Indeed, when an expression of sadness ($p < 0.001$) or an

expression of disgust ($p < 0.001$) is presented, they tend to identify those expressions as anger more often than controls. Again, these differences remain significant after a Bonferroni correction for the multiple comparisons. For the recognition of surprise, however, no such differences were observed in the distribution of misses and false alarms.

Experiment 2

The first experiment revealed, as expected, a strong impairment in anger recognition in our FTD patients, which is coherent with previous literature. This first result served as a basis for the exploration of the relationship between emotional judgments and trust judgment. In the second and third tasks, we were interested in comparing more closely judgments of trust, anger and happiness. In the second task, we looked specifically at subjective judgments. Bearing in mind Todorov's theory, our hypothesis was that because of their difficulty in identifying anger expressions, FTD patients would judge faces as being happier, more trustworthy and less angry than controls. Experiment 2 served as a bridge between experiments 1 and 3: from a theoretical point of view, it allowed us to introduce a closer exploration of the relationship between emotional judgments and trust judgments, which would be pursued in Experiment 3. From a methodological point of view, we introduced, in Experiment 2, a new set of faces that would also be used in Experiment 3, allowing a stronger coherence, both in theoretical ideas and methodological parameters, between these two steps.

Participants

Participants taking part in this experiment were the same as those in experiment 1.

Apparatus

The experimental programs were run on a PC computer (for controls) or on a Mac laptop (for FTD patients) in the Matlab (MathworksTM) environment and used functions from the Psychophysics toolbox (Brainard, 1997; Pelli, 1997). On both computers, parameters of presentation were controlled so that tasks were exactly the same, independently of the computer used. The relationship between RGB values and luminance was made linear. The background luminance was equal to 53.65 cd/m². The refresh rate was 60 Hz. Viewing distance was approximately 50 cm during the whole experiment.

Stimuli

Stimuli were 150 black and white images of Caucasian women (256 X 256 pixels). All these images depicted a front-view and eyes-open Caucasian woman face aged between 20 and 70 years old. Out of the 150 pictures, there were 30 pictures per age group and five age groups (20-30, 31-40, 41-50, 51-60 and 61-70 years old inclusively). Each face depicted a neutral expression. Faces were aligned on 12 handpicked, easily-identifiable facial landmarks (four landmarks on each eye and four on the mouth) using linear conformal transformation, so that the features of each face had the same spatial localisation without transforming relative interattribute distance.

Procedures

Each control and FTD participant completed three blocks of this task. The 150 pictures were presented only once per block. Each block involved judging the happiness, anger, or trustworthiness of these faces. The order of judgment was counter-balanced across subjects. For each trial, one randomly-picked image was presented on the screen and participants were asked to judge, on a continuum of 0 to 100 (0 meaning “not at all” and 100 meaning “totally”), how happy/angry/trustworthy this image appeared to them. They had to give their

response using a scroll bar. For some participants who were less skillful with a computer mouse, an oral response was given to the examiner, who then entered the participant's response. The image stayed on the screen until the participant clicked on the number corresponding to his response. Participants could take all the time they wanted to respond, but they were asked to try to give a response based on their first impression.

Insert Figure 5 near here

Results

For each participant, we gathered all the judgments made in the three conditions confounded. This allowed us to then transform the scroll bar values into z-scores. We used this procedure, based on an intra-subject scale, in order to diminish inter-subject variability in range and central tendency. For example, participant 1 could have judged all faces on a scale where the maximum score attributed is 70 and the minimum score attributed is 25. Participant 2 could have judged faces on the full scale presented, where the minimum score attributed would be 0 and the maximum score would be 100. It would not be accurate to compare these two participants' judgments on their raw values because a score of 70 in participant 1 does not have the same meaning as a score of 70 in participant 2. After z-scoring for each participant, we compiled the data for the FTD patients and the controls separately by averaging the z-scores obtained in each condition. We then compared the distributions of mean z-scores between our two groups and across conditions using a Bootstrap analysis. As in Experiment 1, we sampled randomly with replacement 1,000,000 subgroups of three control participants to compare them with FTD patients. For each emotion, we then averaged the results of every

subgroup in order to obtain a distribution of this statistic. We used these distributions to estimate the p-values of the difference between the FTD's judgments and the controls. Results (see Figure 6) show significant differences between groups for the three types of judgments (i.e. anger, happiness and trust). Indeed, FTD patients tend to judge faces as depicting significantly less anger ($p < 0.025$). In counterpart, they also judge the faces as being happier ($p < 0.025$) and more trustworthy ($p < 0.025$) than the controls. These differences in subjective judgments remain significant after a Bonferroni correction for the multiple comparisons.

Insert Figure 6 near here

Experiment 3

Experiment 1 revealed a strong impairment in the recognition of anger in FTD patients. Experiment 2 provided further evidence of a relationship between impairment in anger recognition and trust judgment. The third experiment was designed to explore the nature of this link in our two groups of participants by revealing and comparing their internal representations of facial expressions of anger, happiness and trust. Using this method, we sought to verify the hypothesis that anger identification would be harder in FTD patients because their internal representation of anger differs from the controls', thus impacting their judgment of trust.

For this experiment, we used a variation of Mangini and Biederman's (2004) reverse correlation technique to reveal the internal representation underlying the judgments made in

Experiment 2. This method consists of asking participants to do a discrimination task on faces to which noise is added. In Mangini and Biederman's experiments, noise patterns were created based on 6 different orientations and 2 different phases and participants were asked to categorize one face regarding gender, expression and identity. Our method was different in three ways. First, instead of presenting only one stimulus and asking participants to categorize this unique stimulus, we presented two stimuli and asked participants to choose between the two stimuli. This way, the participants' choices rely only on the different influence of noise on the same faces (see also Dupuis-Roy & Gosselin, 2007; Dotsch & Todorov, 2012). Second, the patterns of noise consisted of Gaussian white noise. Third and, finally, the underlying faces (the same as in Experiment 2) were different on each trial and were not chosen to be neutral on the combination of trustworthiness, happiness and anger, which would have been difficult, if not impossible, to achieve. Instead, different faces of women expressing a neutral emotion were presented on each trial. This bank of faces was chosen because it contains faces of young and older adults. We limited ourselves to women to eliminate the variability in judgments (anger, and, possibly, trust) attributable to interactions with gender. This method has been used for the same purpose but with normal individuals in a recent study (Éthier-Majcher et al., 2013). This method allows us to access the internal representations of angry faces, trustworthy faces and happy faces. Indeed, we present two identical faces, to which two different patterns of noises are added, so that only the noise can explain the variation in the participants' responses. Then, we perform regressions on the noise fields to pinpoint the exact information explaining the judgments. Because the noise fields are unstructured, ultimately, the regression coefficients reflect the content of internal representations.

Participants

The participants were the same as in precedent experiments, but two more healthy elderly took part in this study. Thus, 25 healthy elderly adults (12 men) between 56 and 74 years old (mean = 65 years, standard deviation = 5.6).

Apparatus

The experimental programs were run on a PC computer in the Matlab (Mathworks™) environment and used functions from the Psychophysics toolbox (Brainard, 1997; Pelli, 1997). The relationship between RGB values and luminance was made linear. On average, the RMS of the base images was equal to 0.2176 (SD = 0.0181) and that of the noise fields to 0.1999 (SD = 0.0011). The background luminance was equal to 53.65 cd/m². The refresh rate was 60 Hz. Viewing distance was approximately 50 cm during the whole experiment.

Stimuli

On each trial of a block, one of 150 grayscale face pictures (256 x 256 pixels) was picked (without replacement) from the same bank of faces as the one in experiment 2. Two Gaussian noise fields of 128 x 128 pixels rescaled at 256 x 256 pixels (with the nearest-neighbor algorithm) were added to that face to produce two face stimuli. Thus, for each trial, two images (image width = 6.8 deg of visual angle; face width = about 3.8 deg of visual angle), only differing by the pattern of noise added to the original image, were presented side-by-side on the screen (3.6 deg of visual angle apart) for 3s (see figure 7 for an example of stimulus).

Procedures

Controls and FTD patients completed two blocks of 150 trials for each of the three conditions (trustworthiness, happiness, and anger). The order of presentation of the conditions was

counter-balanced across subjects. At the beginning of each block, the question to which the participant had to answer for that specific block appeared on the screen (e.g. “Which face looks angrier?”). For the trustworthiness condition, the notion of trust was put in a context of money investment (i.e. “If you had a big amount of money to invest, who would you trust the most with your money?”). Participants saw the stimuli for 3 s, after which they had to choose, by pressing right or left keys on the keyboard, which one of the two stimuli presented seemed the most trustworthy/happy/angry (see figure 7). For some participants, answer was given orally so that the experimenter could type it. Participants were told that the task was difficult, to do their best to answer correctly, based on their first general impression, without taking too much time.

Insert Figure 7 near here

Results

Only two out of three patients completed the whole task. The other patient showed opposing behavior and did not agree to finish the task. Thus, analyses for the patients’ group are based on two individuals. For each condition and for each individual, we subtracted the sum of the Gaussian noise fields of 128 x 128 pixels of all rejected stimuli from the sum of the Gaussian noise fields of 128 x 128 pixels of all chosen stimuli, and transformed these classification images (CIs) into Z-score planes by dividing them by the square root of the number of standardized Gaussian noise fields that went into their construction (e.g., Dupuis-Roy & Gosselin, 2007). Then, we summed the individual FTD patient CIs per condition and transformed into Z-scores by dividing by the square root of two, the number of patients.

First, we looked for focal regions significantly correlated with the judgments. We thus smoothed the group FTD patient CIs using a Gaussian filter ($SD = 3$ pixels), and transformed these smooth CIs into Z-score planes. No region from these CIs attained statistical significance (Pixel test, two-tailed, search region = 4275 pixels, $p > .05$; for details, see Chauvin et al. 2005). This is hardly surprising giving the weak signal-to-noise ratio in CIs.

Second, we compared the unsmoothed FTD patients' CIs with random pairs of comparisons CIs (i.e. from the control group) using a Bootstrap analysis. More specifically, we produced 10,000 pairs of CIs per judgment by combining two randomly chosen individual CIs for this particular judgment. We began by looking at the Pearson correlations between these pairs of subjects and the average of the comparisons. The FTD patients' CIs were significantly different than random comparison pairs for all three conditions, where trust ($r = 0.0121$, $p < 0.001$), anger ($r = 0.0634$, $p < 0.001$) and happiness ($r = 0.0297$, $p < 0.001$) were all less correlated to average. This suggests that FTD patients' representations of anger, happiness and trust are different from comparisons.

We then turned to examining the correlations between happy and anger, happy and trust and anger and trust, within groups. Using a Bootstrap analysis, we then compared these correlations between our two groups to see if there was a difference in the relation between representations from different conditions. Results reveal no significant difference between FTD and controls for happiness-anger correlation ($p = 0.26$) and anger-trust correlation ($p = 0.50$). However, FTD patients' happiness CI and trust CI appeared to be significantly more correlated than that of comparisons ($r = 0.0299$, $p = 0.039$). This suggests that FTD patients rely more on their happiness representation than controls when judging trustworthiness.

General discussion

The present study aimed to explore processes underlying emotional judgments and trust judgments in FTD. We also sought to uncover the links between trust judgments and emotional judgments in this population. Our first experiment was designed to replicate anterior results concerning emotional judgments in FTD with another bank of faces than the usual Ekman's photographs, thus ensuring a certain generalisation of the emotional identification tasks. Keeping in mind that the only consensual result in the emotion recognition literature of FTD patients is an impaired recognition of anger, the results of our first task are congruent with precedent studies on emotional identification in FTD. As opposed to many studies on the subject, we do not find a generalised deficit in emotion identification, nor do we find reduced performances specifically with negative emotions.

In addition to a deficit in anger recognition, our results show that surprise is harder to identify in FTD patients than in controls. This finding is not consensual in precedent studies. Nevertheless, some studies depicting results from a small group of patients have found similar results (Kessels et al. 2007, for instance). Because of our methodological choices, our study only includes 3 patients, which could explain slightly different results. Also, as suggested in past studies, the heterogeneity of the dementia onsets could influence our results, as some studies report a variation in emotion recognition throughout the pathology (Lavenu & Pasquier, 2005). For instance, it has been shown that in FTD patients, the recognition of surprise declines over the years. Finally, the fact that we used a different bank of faces, depicting faces that might show a different intensity of facial expression than Ekman's, could also explain differences between our results and those of precedent studies (see Kessels et al., 2007 and Kumfor et al. 2011, for instance, for the impact of intensity of

facial expression on these judgments). The fact that anger recognition deficit is still present despite the above factors suggests that this deficit is very robust in FTD patients.

In our second experiment, we asked participants to judge neutral faces of women on three different continuums: anger, happiness and trustworthiness. Our results reveal a marked difference between the judgments made by FTD patients and the ones made by controls. Indeed, patients subjectively judge faces as being much less angry and much more trustworthy than controls. Even though this difference is less striking, a significant difference also exists in happiness judgments, where FTD patients tend to judge faces as happier than controls. These results suggest impaired trustworthiness judgments in FTD patients. Knowing that healthy elderly rely both on anger and happiness judgments in order to make trustworthiness judgments, a plausible explanation for this result is that FTD patients are less efficient in judging trust because they cannot rely on anger judgments to do the task.

Our third task allowed us to test this hypothesis in an objective way, by giving us access to the internal representations of anger, happiness and trustworthiness for both experimental groups. To our knowledge, our study is the first one to use reverse correlation with FTD patients in order to better understand processes underlying emotional judgments in this group. Thus, even though we present results for only two patients, the method used to explore emotional processes in a clinical population is unique and deserves attention. This rigorous and objective methodology allowed us to reveal that FTD's representations of happiness, anger and trustworthiness are significantly different than that of the controls'. Moreover, results revealed that, compared to controls, FTD patients rely more on their happiness representation than on their anger representation to make trust judgments.

For the first time, we explored trustworthiness judgments in FTD patients. Our findings suggest that FTD patients subjectively judge faces as being more trustworthy than controls. In addition, using reverse correlation, we found that in FTD, the relationship between trust judgments, happiness judgments and anger judgments is different than in the controls. Indeed, FTD patients seem to rely more on their happiness representation than controls in order to make trust judgments. In a previous study, we showed that healthy older adults rely both on their representations of happiness and anger in order to make judgments of trust (Éthier-Majcher et al., 2013), which suggests that FTD patients' strategy to judge trustworthiness really is different from the one used in controls. The fact that FTD patients tend to rely more on their happiness representation could be explained by their deficit in recognizing anger. Indeed, one possibility is that this deficit might originate in a difficulty using an accurate representation of anger. The fact that FTD patients' representation of anger seems to be the most correlated with average does not mean that it is not altered in some way or different from the controls'. Trust and happiness representations might also be altered, but it is possible that since happiness is the most easily identifiable expression, FTD patients have a more direct access to this representation, without the possibility of confounding it with other positive expressions.

From a neuroanatomical point of view, studies show that the recognition of anger is related to structures such as frontal cortex or amygdala in normal and pathological aging (Calder et al., 2004, Hornak et al., 2003). The present study adds support to this statement. Moreover, the results suggest that not only these structures subtend the recognition of anger, but since FTD patients seem to have different representations of trust, anger and happiness than controls, these structures also seem to play a role in the encoding of the representations of emotions. Considering the areas of interest, the problem may take place at the level of perceptual

misconstruction, perhaps through neural pathways linking temporal structures to occipital areas. In 2010, a study by St.Jacques, Dolcos & Cabeza has revealed differences in functional connectivity between the amygdala and posterior areas when comparing young adults to neurotypical elderly, thus suggesting a direct link between perceptual areas and emotion recognition areas. The design of our study does not allow us to tell those two hypotheses apart, but it would be very interesting to see further studies address this question.

The findings also support the need for further research on social cognition aspects in FTD. Indeed, there seems to be specificities about emotional processing in FTD patients that are worth considering in the development of the pathology. For instance, this population could benefit from further research on the subject as it may lead to the development of more specific and accurate tools regarding early diagnostic of FTD, which is of particular importance in this type of pathology (Rascovsky et al., 2011). The fact that these patients are impaired in the recognition of anger may also account at least partly for the behavioral problems found in this disease. It would be interesting to see if FTD patients experience anger the same way as neurotypical elderly do.

Acknowledgments

This work was supported by a Natural Sciences and Engineering Research Council (NSERC) Discovery grant to Frédéric Gosselin.

References

Adolphs, R., Gosselin, F., Buchanan, T. W., Tranel, D., Schyns, P. G. & Damasio, A. R., (2005). A mechanism for impaired fear recognition after amygdala damage. *Nature*, 433, 68-72.

Adolphs, R., Tranel, D., Damasio, A. (1998). The human amygdala in social judgment. *Nature*, 93, 470-474.

Adolphs, R., Tranel, D., Damasio, H., Damasio, A. (1994). Impaired recognition of emotion in facial expressions following bilateral damage to the human amygdala. *Nature*, 372, 669-672.

Baron-Cohen, S., Leslie, A.M., Frith, U. (1985). Does the autistic child have a theory of mind? *Cognition*, 21, 37-46.

Bediou, B., Ryff, I., Mercier, B., Milliery, M., Hénaff, M.-A., D'amato, T. et al. (2009). Impaired social cognition in mild Alzheimer Disease. *Journal of Geriatric Psychiatry and Neurology*, 22(2), 130-140.

Brainard, D. (1997). The Psychophysics Toolbox. *Spatial Vision*, 10, 433-436.

Burnham, H., Hogervorst, E. (2004). Recognition of facial expressions of emotion by patients with dementia of the Alzheimer type. *Dementia and Geriatric Cognitive Disorders*, 18, 75-79.

Calder, A. J., Keane, J., Lawrence, A. D., & Manes, F. (2004). Impaired recognition of anger following damage to the ventral striatum. *Brain*, *127*, 1958–1969

Calder AJ, Keane J, Manes F, Antoun N, Young AW (2000) Impaired recognition and experience of disgust following brain injury. *Nature Neuroscience*, *3*: 1077–1079.

Chaby, L., Narme, P. (2009). La reconnaissance des visages et de leurs expressions faciales au cours du vieillissement normal et dans les pathologies neurodégénératives. *Psychologie et Neuropsychiatrie du Vieillissement*, *7*, 31-42.

DiCiccio, T. J., and Efron, B. (1996). Bootstrap confidence intervals. *Statist. Sci.* *11*, 189–228.

Diehl-Schmid, J., Pohl, C., Ruprecht, C., Wagenpfeil, S., Foerstl, H., Kurz, A. (2007) The Ekman 60 Faces Test as a diagnostic instrument in frontotemporal dementia. *Archives of Clinical Neuropsychology*, *22*, 459-464.

Dotsch, R. & Todorov, A. (2012). The social evaluation of faces: A meta-analysis of functional neuroimaging studies. *Social, Cognitive, & Affective Neuroscience*. Online publication: doi:10.1093/scan/nsr090.

Ekman, P., Friesen, WV. (1978). Facial Action Coding System: A technique for the measurement of facial movement. Palo Alto: Consulting Psychologists Press.

Ekman, P., Friesen, WV. (1986). A new pancultural facial expression of emotion. *Motivation Emotion*, 10, 159-168.

Engell, Todorov & Haxby (2010). Common neural mechanisms for the evaluation of facial trustworthiness and emotional expressions as revealed by behavioral adaptation. *Perception*, 39, 931-941.

Éthier-Majcher, C., Joubert, S. & Gosselin, F. (2013). Reverse correlating trustworthy faces in young and older adults. *Frontiers in Psychology*, 4, 592. doi: 10.3389/fpsyg.2013.00592.

Fernandez-Duque, D., Black, S.E. (2005). Impaired recognition of negative facial emotions in patients with frontotemporal dementia. *Neuropsychologia*, 43, 1673-1687.

Hargrave R, Maddock RJ, Stone V. Impaired recognition of facial expressions of emotion in Alzheimer's disease. *J Neuropsychiatry Clin Neurosci* 2002 ; 14 : 64-71.

Heberlein AS, Padon AA, Gillihan SJ, Farah MJ, Fellows LK (2008). Ventromedial frontal lobe plays a critical role in facial emotion recognition. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 20: 721–733.

Henry JD, Ruffman T, McDonald S, O'Leary MA, Phillips LH, Brodaty H, et al. (2008) Recognition of disgust is selectively preserved in Alzheimer's disease. *Neuropsychologia*, 46, 1363-70.

Hornak J, Bramham J, Rolls ET, Morris RG, O'Doherty J, et al. (2003) Changes in emotion after circumscribed surgical lesions of the orbitofrontal and cingulate cortices. *Brain*, 126: 1691–1712.

Keane, J., Calder, A.J., Hodges, J.R., Young, A.W. (2002). Face and emotion processing in frontal variant frontotemporal dementia. *Neuropsychologia*, 40, 655-665.

Keightley, M., Winocur, G., Burianova, H., Hongwanishkul, D., Grady, C. (2006). Age effects on social cognition: Faces tell a different story. *Psychology and Aging*, 21(3), 558-572.

Kessels, R.P.C., Gerritsen, L., Montagne, B., Ackl, N., Diehl, J., Danek, A. (2007). Recognition of facial expressions of different emotional intensities in patients with frontotemporal lobar degeneration. *Behavioural Neurology*, 18, 31-36.

Kipps, CM, Mioshi, E, Hodges, JR. (2009). Emotion, social functioning and activities of daily living in frontotemporal dementia. *Neurocase*, 15(3):182-9.

Kipps, CM, Nestor, PJ, Acosta-Cabronero, J., Arnold, R., et al. (2009). Understanding social dysfunction in the behavioural variant of frontotemporal dementia: the role of emotion and sarcasm processing. *Brain*, 132(Pt 3):592-603.

Kipps, CM, Hodges, JR. (2006). Theory of mind in frontotemporal dementia. *Social Neuroscience*, 1(3-4):235-44.

Kringelbach ML, Rolls ET (2004). The functional neuroanatomy of the human orbitofrontal cortex: Evidence from neuroimaging and neuropsychology. *Progress in Neurobiology*, 72: 341–372.

Kumfor, F., Irish, M., Hodges, J.R., Piguet, O. (2013) Discrete neural correlates for the recognition of negative emotions: Insights from frontotemporal dementia. *PLoS ONE*, 8(6), 1-11.

Kumfor, F., Piguet, O. (2012). Disturbance of emotion processing in frontotemporal dementia: A synthesis of cognitive and neuroimaging findings. *Neuropsychological Review*, 22, 280-297.

Kumfor, F., Miller, L., Lah, S., Hsieh, S., Savage, S., Hodges, J.R., Piguet, O. (2011) Are you really angry? The effect of intensity on facial emotion recognition in frontotemporal dementia. *Social Neuroscience*, 6:5-6, 502-514.

Lavenu, I., Pasquier, F. (2005). Perception of emotion on faces in frontotemporal dementia and Alzheimer's disease: A longitudinal Study. *Dementia and Geriatric Cognitive Disorders*, 19, 37-41.

Lavenu, I., Pasquier, F., Lebert, F., Petit, H., Van der Linden, M. (1999). Perception of emotion in frontotemporal dementia and Alzheimer disease. *Alzheimer Disease and Associated Disorders*, 13(2), 96-101.

Lough, S., Kipps, C.M., Treise, C., Watson, P., Blair, J.R., Hodges, J.R. (2006). Social reasoning, emotion and empathy in frontotemporal dementia. *Neuropsychologia*, 44, 940-958.

Neary, D., Snowden, J., Mann, D. (2005) Frontotemporal dementia. *Lancet Neurology*, 4, 771-780.

Ogrocki, P.K., Hills, M.A., Strauss, M.E. (2000). Visual exploration of facial emotion by healthy older adults and patients with Alzheimer disease. *Neuropsychiatry, Neuropsychology and Behavioural Neurology*, 13(4), 271-278.

Pelli, D. (1997). The VideoToolbox software for visual psychophysics: Transforming numbers into movies. *Spatial Vision*, 10, 437-442.

Phillips ML, Young AW, Senior C, Brammer M, Andrew C, et al. (1997). A specific neural substrate for perceiving facial expressions of disgust. *Nature*, 389: 495–498.

Phillips ML, Young AW, Scott SK, Calder AJ, Andrew C, et al. (1998). Neural responses to facial and vocal expressions of fear and disgust. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 365: 1809–1817.

Phillips, L., MacLean, R., Allen, R. (2002). Age and the understanding of emotions: Neuropsychological and sociocognitive perspectives. *Journal of Gerontology: Psychological Sciences*, 57B(6), P526-P530.

Rascovsky K, Hodges JR, Knopman D, et al. (2011). Sensitivity of revised diagnostic criteria for the behavioural variant of frontotemporal dementia. *Brain*, 134, 2456-2477.

Rolls ET (2004). The functions of the orbitofrontal cortex. *Brain and Cognition*, 55: 11–29.

Roudier, M., Marcie, P., Grancher, A.-S., Tzortzs, C., Starkstein, S., Boller, F. (1998). Discrimination of facial identity and of emotions in Alzheimer's Disease. *Journal of the Neurological Sciences*, 154, 151-158.

Rosen, H.J., Pace-Savitsky, K., Perry, R.J., Kramer, J.H., Miller, B.L., Levenson, R.W. (2004). Recognition of emotion in the frontal and temporal variants of frontotemporal dementia. *Dementia and geriatric cognitive disorders*, 17, 277-281.

Rosen, H.J., Perry, R.J., Murphy, J., Kramer, J.H., Mychack, P. et al. (2002). Emotion comprehension in the temporal variant of frontotemporal dementia. *Brain*, 125, 2286-2295.

Roy, S., Roy, C., Fortin, I., Éthier-Majcher, C., Belin, P., Gosselin, F. (2007). *Journal of Vision* [Abstract], 7, 944.

Snowden, J.S., Austin, N.A., Sembi, S., Thompson, J.C., Craufurd, D., Neary, D. (2008). Emotion recognition in Huntington's disease and frontotemporal dementia. *Neuropsychologia*, 46, 2638-2649.

Snowden, J.S., Gibbons, Z.C., Blackshaw, A., Doubleday, E., Thompson, J., Craufur, D. et al. (2003). Social cognition in frontotemporal dementia and Huntington's disease. *Neuropsychologia*, 41, 688-701.

Sprengelmeyer, R., Young, A. W., Sprengelmeyer, A., Calder, A. J., Rowland, D., Perrett, D., et al. (1997). Recognition of facial expressions: Selective impairment of specific emotions in Huntington's disease. *Cognitive Neuropsychology*, 14, 839–879.

Sprengelmeyer, R., Young, A. W., Calder, A. J., Karnat, A., Lange, H., Hömberg, et al. (1996). Loss of disgust. Perception of faces and emotions in Huntington's disease. *Brain*, 119, 1647–1666.

Sturm, V.E., McCarthy, M.E., Yun, I., Madan, A., Yuan, J.W., Holley, S.R. et al. (2010). Mutual gaze in Alzheimer's disease and semantic dementia couples. *SCAN*, 1-9.

Todorov, A. (2008). Evaluating faces on trustworthiness: An extension of systems for recognition of emotions signaling approach/avoidance behaviors. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1124, 208-224.

Wang, K., Hoosain, R., Yang, R. M., Meng, Y., & Wang, C. Q. (2003). Impairment of recognition of disgust in Chinese with Huntington's or Wilson's disease. *Neuropsychologia*, 41(5), 527–537.

Weiss, E., Kobler, C., Vonbank, J., Stadelmann, E., Kemler, G., Hinterhuber, H. et al. (2008). Impairment in emotion recognition abilities in patients with mild cognitive impairment, early

and moderate Alzheimer disease compared with healthy comparison subjects. *American Journal for Geriatric Psychiatry*, 16, 974-980.

Wright P, He G, Shapira NA, Goodman WK, Liu Y (2004). Disgust and the insula: fMRI responses to pictures of mutilation and contamination. *Neuroreport*, 15: 2347–2351.

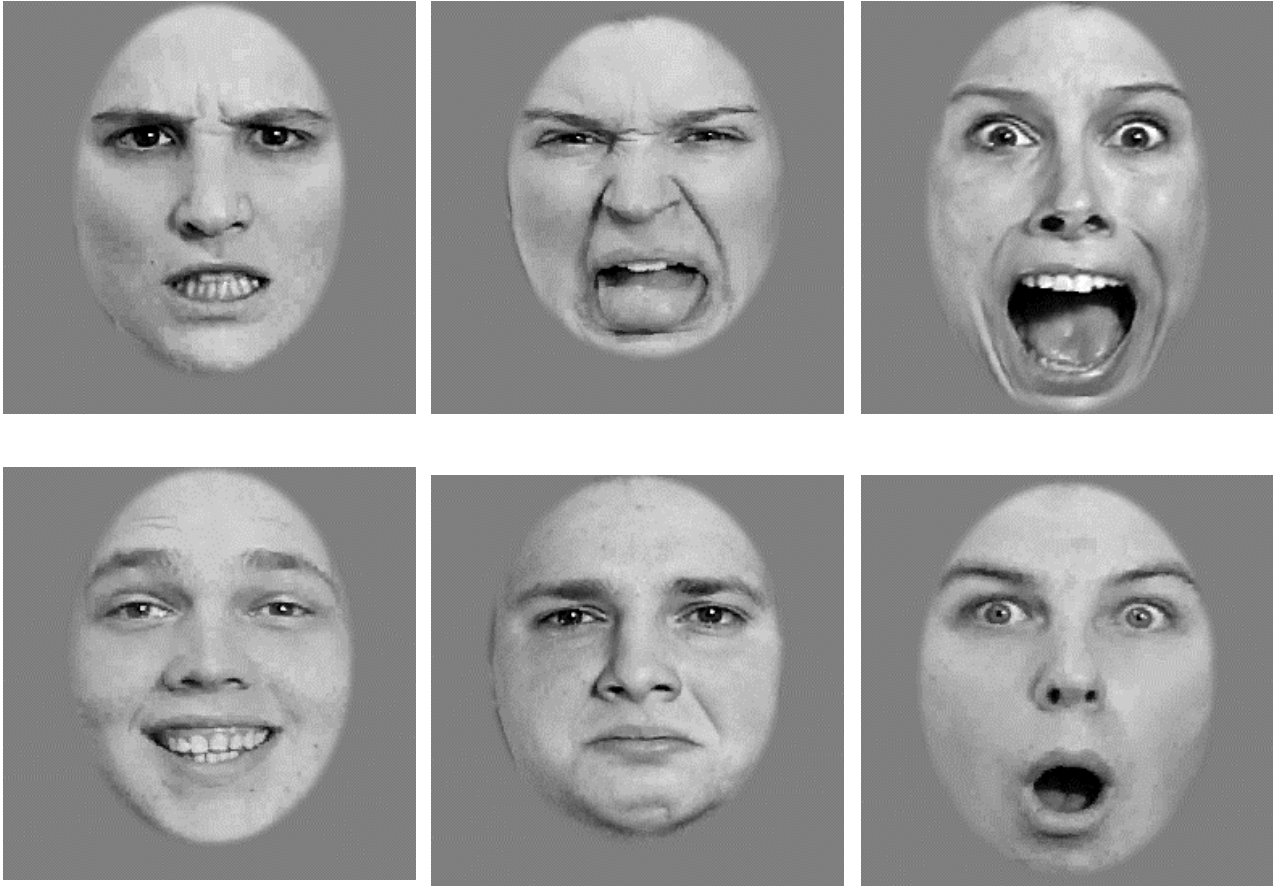


Figure 3. Example of stimuli for anger, disgust, fear, happiness, sadness and surprise, respectively.

Figure 4. Accuracy of response (percentage) for each group and each emotion.

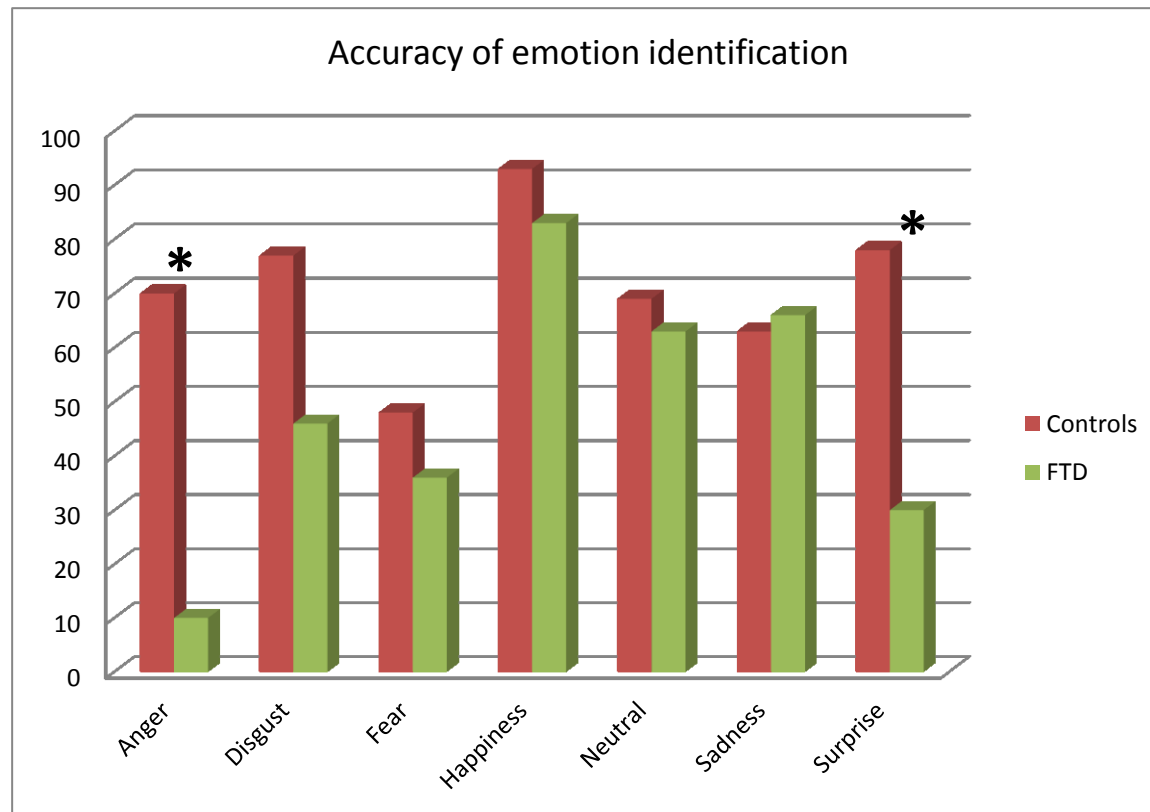


Figure 5. Screen-capture of the judging task.

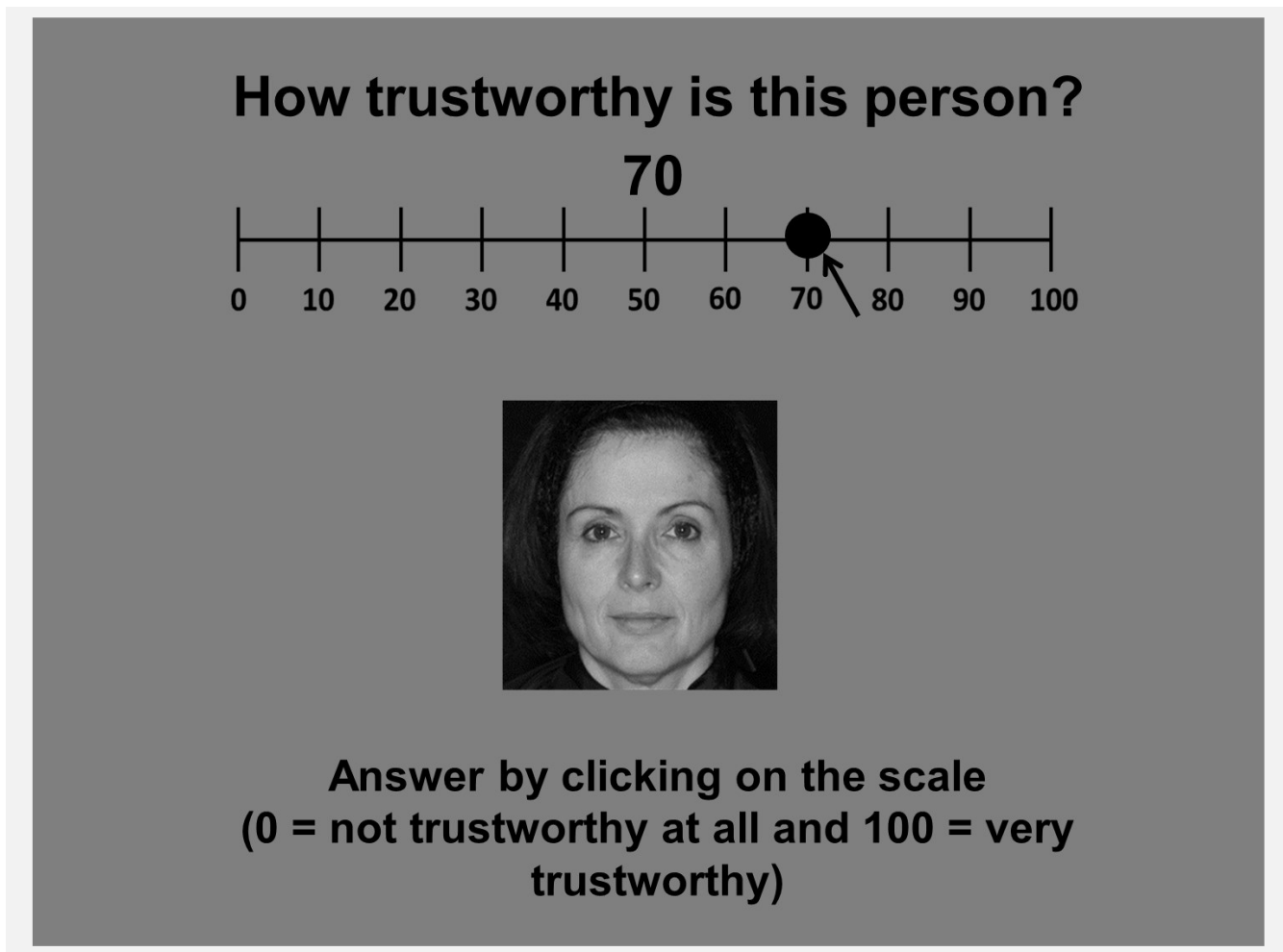


Figure 6. Z-Scores of anger, happiness and trust judgments for FTD patients and controls.

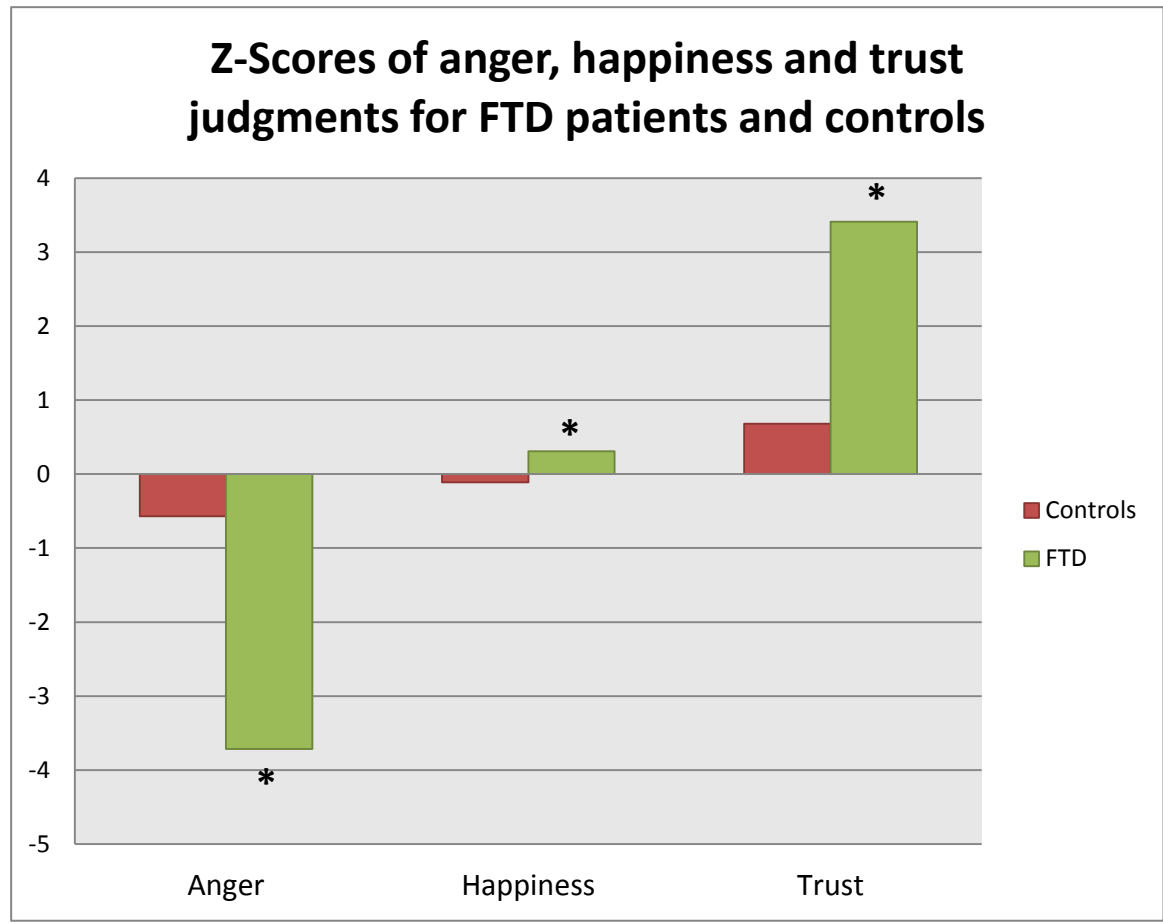


Figure 7. Sequence of events of the experiment

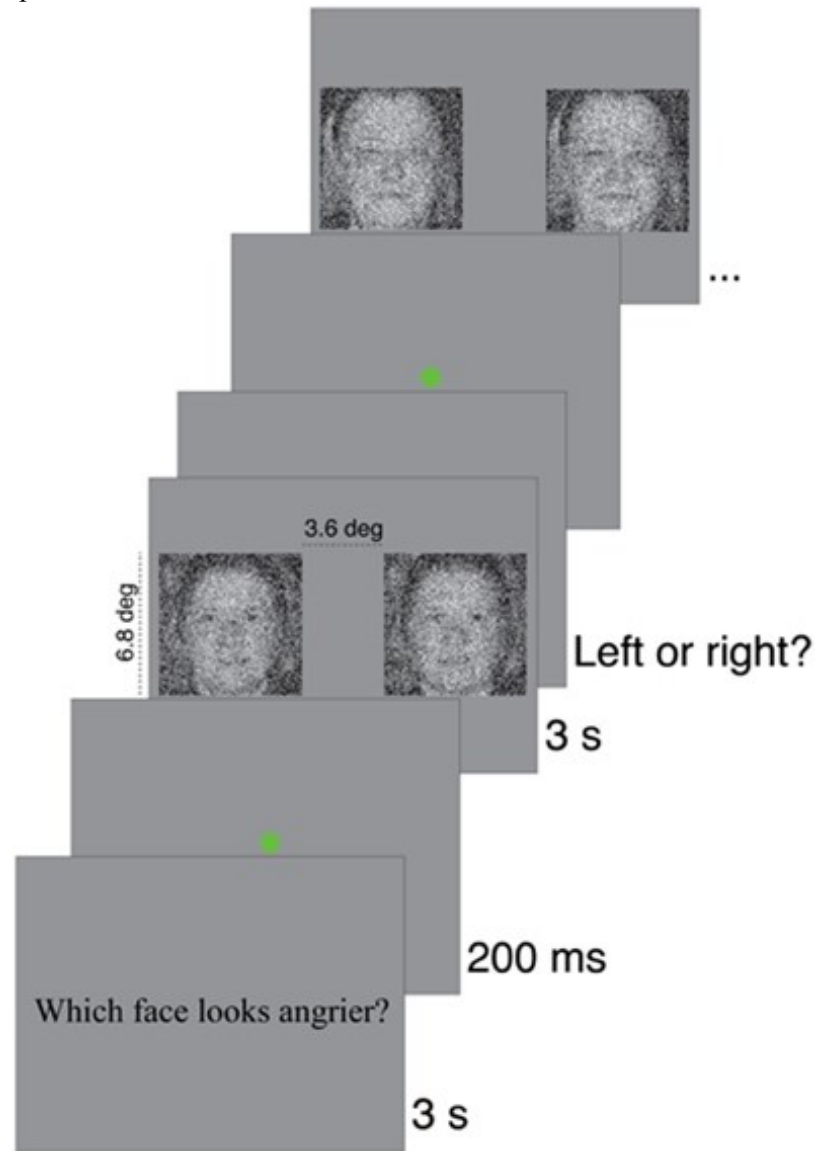


Table II. Neuropsychological results of elderly participants.

Test	N	Mean	s.d.
MoCA	24	26.96	1.92
MMSE	19	29.12	0.78
Digit Span			
<i>Forward</i>	24	6.5	5.4
<i>Backward</i>	24	1.3	1.0
Benton Faces	25	45.96	4.08
Benton Lines	25	24.77	3.27
VOSP	25	19.69	0.47
Trails A (time)	25	36.68	14.96
Trails B (time)	25	69.64	22.41
BNT – short form	25	14.04	1.86
Buschke - 1 st recall	22	9.6	2.41
Buschke – 2 nd recall	22	11.65	2.71
Buschke – 3 rd recall	22	12.55	2.48
Buschke – delayed recall	22	13.55	2.37
RCFT – copy	25	33.88	1.47
RCFT - immediate recall	25	15.13	5.54
RCFT - delayed recall	24	16.71	3.72

Table III. Confusability matrix of responses for each group and each emotion.

<i>Presented emotions</i>		<i>Perceived emotions (% of response)</i>							
	Population	Anger	Disgust	Fear	Happiness	Neutral	Sadness	Surprise	% Confusability
Anger	Controls	70,9	13,9	4,3	0,0	7,0	0,9	3,0	29,1
	FTD	10,0	16,7	13,3	3,3	33,3	3,3	20,0	90,0
Disgust	Controls	4,3	77,4	4,3	0,0	2,2	9,6	2,2	22,6
	FTD	13,3	46,7	6,7	0,0	0,0	23,3	10,0	53,3
Fear	Controls	6,1	7,0	48,3	0,9	2,2	8,3	27,4	51,7
	FTD	13,3	10,0	36,7	0,0	10,0	13,3	16,7	63,3
Happiness	Controls	0,0	0,0	0,4	93,0	3,5	0,9	2,2	7,0
	FTD	0,0	0,0	0,0	83,3	13,3	0,0	3,3	16,7
Neutral	Controls	0,4	4,3	3,5	5,2	69,6	13,0	3,9	30,4
	FTD	3,3	10,0	0,0	6,7	63,3	13,3	3,3	36,7
Sadness	Controls	1,3	8,7	5,7	0,4	20,0	63,9	0,0	36,1
	FTD	13,3	10,0	0,0	0,0	10,0	66,7	0,0	33,3
Surprise	Controls	1,3	0,4	6,1	4,3	8,7	0,9	78,3	21,7
	FTD	10,0	6,7	10,0	13,3	23,3	6,7	30,0	70,0

CHAPITRE QUATRIÈME : DISCUSSION GÉNÉRALE

Discussion des résultats

L'objectif de cette thèse était de mieux cerner les processus de reconnaissance des émotions entrant en jeu lors du vieillissement normal ainsi que lors d'une condition de vieillissement pathologique, soit la démence fronto-temporale. De plus, nous souhaitions découvrir les processus visuels sous-tendant le jugement de confiance et explorer le lien entre la reconnaissance des émotions et le jugement de confiance.

Première étude

Le premier article nous a permis de comparer les processus visuels sous-jacents au traitement de la colère, de la joie et du jugement de confiance chez des personnes âgées saines et chez de jeunes adultes. Ce premier article nous a permis de révéler les éléments du visage qui apparaissent importants pour poser un jugement de confiance. Autant chez les jeunes que chez les âgés, la bouche paraît être un élément du visage important dans la représentation d'un visage digne de confiance. Toutefois, chez les âgés, les yeux ressortent également comme étant discriminants dans le fait de déterminer si un visage apparaît digne de confiance ou non, bien que cette différence ne soit pas significative. Une étude plus récente chez les jeunes adultes a mis de l'avant, à l'aide de la méthode *Bubbles* (Gosselin & Schyns, 2001), l'importance de ces mêmes attributs du visage dans la capacité à poser un jugement de confiance (Robinson, Blais, Duncan, Forget & Fiset, 2014).

De façon plus importante, nous avons établi les liens unissant le jugement de confiance aux représentations d'un visage joyeux et colérique chez les jeunes adultes et chez les âgés sains, en continuité avec la théorie proposée par Todorov. Nous avons également comparé ces liens dans le but de vérifier si le jugement de confiance est effectivement corrélé avec les jugements de joie et de colère, autant chez les jeunes que chez les âgés. Les résultats ont révélé que les personnes âgées

saines se fient à leur représentation de la colère et de la joie pour poser un jugement de confiance, mais que les jeunes se fient davantage à leur représentation de la joie pour poser un jugement de confiance. Les personnes âgées saines semblent donc utiliser d'autres indices que les jeunes adultes pour poser un jugement de confiance puisque leurs représentations de la colère et de la joie permettent d'expliquer leur représentation de la confiance, ce qui est davantage conforme à la théorie de Todorov.

Sur la base de nos résultats, il n'est pas possible de déterminer avec précision la raison pour laquelle les jeunes et les âgés diffèrent dans la stratégie utilisée pour poser un jugement de confiance. Il n'est également pas possible de déterminer l'impact de ces différences de stratégies sur la performance réelle dans une tâche de jugement de confiance. Ceci signifie que notre étude ne nous permet pas de déterminer lequel des deux groupes, jeunes ou âgés, est meilleur pour déterminer si une personne est digne de confiance ou non. On pourrait penser que la plus grande expérience des âgés les a mené à utiliser une stratégie plus proche de celle proposée par Todorov, pour le meilleur ou pour le pire. Cette plus grande expérience pourrait possiblement expliquer le fait qu'ils se basent sur deux représentations à valence opposée pour poser leur jugement de confiance. En effet, on pourrait croire que la vie leur a appris qu'un beau sourire n'est pas suffisant pour déterminer si quelqu'un est digne de confiance ou non et qu'il faut pousser l'analyse plus loin. À l'inverse, il est possible que les âgés utilisent une stratégie différente des jeunes en raison d'une détérioration spécifique de certaines régions de leur cerveau. On pourrait alors croire que les âgés nécessitent plus de ressources cognitives que les jeunes adultes pour effectuer la même tâche. Il reste toutefois difficile de prendre position par rapport à ces hypothèses puisqu'il est impossible d'obtenir une mesure objective permettant de déterminer à quel point un visage est digne de confiance en se basant sur la personnalité réelle de l'individu présenté. Bien que des études aient

démontré que le fait de varier certains paramètres du visage puisse influencer la perception que l'on a du niveau de confiance du visage, il nous est impossible de corrélérer cette perception de la confiance avec une mesure objective du niveau de confiance que l'on devrait accorder à l'individu présenté. Dans le cas des émotions, il est possible d'objectiver qu'une personne est joyeuse, soit par un consensus au niveau des jugements portés sur le visage ou, encore mieux, en demandant à valider avec la personne exprimant l'émotion la nature de son émotion. Ainsi, contrairement aux émotions, il ne sera probablement jamais possible de déterminer avec certitude qu'un visage représente un être digne de confiance.

Au-delà des hypothèses davantage théoriques permettant d'expliquer les différences observées, certains facteurs méthodologiques pourraient permettre de nuancer les différences observées entre les jeunes et les âgés ainsi que les différences entre les résultats que nous avons obtenus et ceux obtenus précédemment dans la littérature. Entre autres, le choix de notre banque de visages, présentant uniquement des femmes, pourrait susciter une plus faible activation de la perception de dominance du visage. Sachant que le jugement de confiance est généralement posé selon les axes de perception de dominance et de valence du visage, si les visages de femmes suscitent un jugement plus faible sur l'échelle de dominance, ils pourraient aussi être moins corrélés avec la colère.

Deuxième étude

Dans le deuxième article, nous avons voulu explorer les processus de reconnaissance des émotions et de jugement de confiance chez les patients présentant une démence fronto-temporale. Cette étude nous a également permis d'étendre notre compréhension du lien entre la reconnaissance des émotions et le jugement de confiance en étudiant ce lien chez une population présentant une

maladie neurodégénérative liée au vieillissement pathologique. Dans la première expérience de l'article, les résultats ont révélé un déficit important en reconnaissance de la colère chez les patients DFT. Bien que peu de patients furent testés, ce déficit apparaît robuste et est tout à fait cohérent avec la littérature antérieure.

Avec la deuxième expérience de l'article, nous avons pu mettre de l'avant l'impact des difficultés de reconnaissance de la colère sur la capacité à poser un jugement de confiance. En effet, comparativement aux âgés sains, les patients DFT avaient tendance à juger les visages présentés comme étant davantage joyeux, davantage dignes de confiance et moins colériques que les âgés sains. Nous avons interprété ces résultats en fonction d'un possible lien entre l'incapacité à reconnaître la colère et le fait de juger les gens comme étant davantage dignes de confiance. En effet, sachant que les âgés sains se fient autant à leur représentation de la colère qu'à leur représentation de la joie pour poser un jugement de confiance, le fait que les patients DFT aient plus de mal à reconnaître la colère pourrait suggérer l'utilisation d'une autre stratégie pour juger du niveau de confiance d'un visage.

La troisième expérience a permis de confirmer que, chez les patients DFT, les représentations internes de la joie, de la confiance et de la colère sont différentes de celle des personnes âgées saines, et ce malgré une bonne performance en reconnaissance de la joie. Ainsi, les difficultés sociales des patients DFT pourraient en partie s'expliquer par une représentation mentale altérée des émotions ce qui entraînerait, dans la vie de tous les jours, une difficulté à reconnaître les émotions chez l'autre. Ceci semble également avoir une influence importante sur la possibilité de juger si l'autre est digne de confiance ou non. Ainsi, la dynamique d'approche/évitement au plan social pourrait être grandement influencée par cette difficulté à juger des émotions, et peut-être

plus particulièrement des émotions négatives comme la colère. En effet, il est possible que, malgré une représentation altérée de la joie, les patients puissent identifier cette émotion compte tenu du faible recouplement entre la joie et les autres émotions de base, à caractère plus négatives.

Cette troisième expérience a également permis de révéler les liens qui unissent le jugement de confiance aux jugements de colère et de joie chez les patients DFT. Ainsi, les résultats ont révélé que, lorsque comparés aux âgés sains, les patients DFT avaient davantage tendance à se fier à leur représentation de la joie pour poser un jugement de confiance. On pourrait imaginer que le fait que la colère soit difficilement identifiée chez ces patients influence la dominance d'une valence positive lorsque ces patients tentent de poser un jugement de confiance. Toutefois, la raison précise pour laquelle les patients DFT ont tendance à se baser davantage sur leur représentation de la joie que les contrôles pour poser un jugement de confiance reste nébuleuse.

Discussion générale

Les deux études présentées mettent l'emphase sur deux aspects de la cognition sociale au cours du vieillissement normal et pathologique, soient la reconnaissance des émotions de base ainsi que les processus sous-tendant le jugement de confiance basé sur des visages. Ces études représentent, à notre connaissance, les premières pistes de recherche sur l'évolution des processus de jugement de confiance à travers le vieillissement normal et pathologique. Elles représentent également les premières pistes de recherche sur le lien qui unit les jugements émotionnels et les jugements sociaux au cours du vieillissement normal et pathologique. Enfin, elles représentent, à notre connaissance, les premières études ayant recours à une méthode psychophysique pour étudier les processus de reconnaissance des expressions faciales au cours du vieillissement normal et pathologique.

Reconnaissance des émotions de base et vieillissement

La littérature scientifique rapporte que, avec le vieillissement, la reconnaissance des émotions de base est plus difficile à effectuer. Bien que ces résultats ne furent pas publiés dans le cadre de nos deux études, nous avons également constaté ces différences entre jeunes et âgés dans une tâche de reconnaissance d'expressions faciales de base. En comparant nos deux groupes à l'aide de tests-t (en effectuant une correction de Bonferroni pour les comparaisons multiples), nos résultats montrent que les personnes âgées saines sont significativement moins bonnes que les jeunes adultes pour identifier correctement les émotions de colère, de dégoût, de peur et de tristesse.

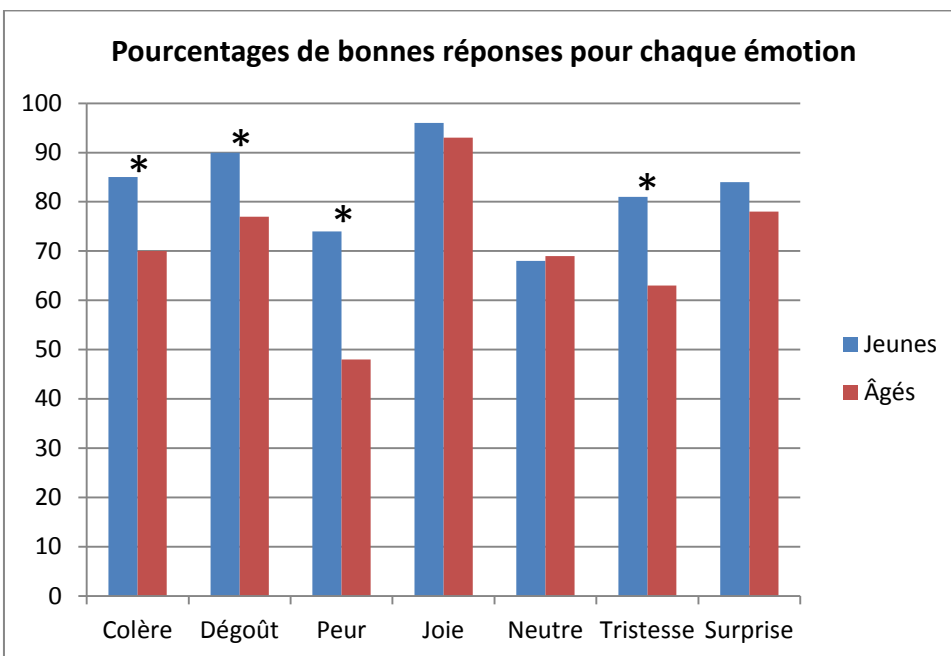


Figure 8. Pourcentages de réponses dans une tâche d'identification d'émotions effectuée chez les jeunes et les âgés sains.

Sauf pour le dégoût qui, dans certaines études, est mieux perçu par les âgés que par les jeunes adultes, ces résultats vont dans le sens de la littérature présentée dans la section *Introduction* du

présent travail. Néanmoins, notre première étude permet de démontrer qu'il n'existe pas de différence significative entre les jeunes adultes et les âgés au niveau de leurs représentations de la joie et, de façon plus importante, de la colère. Donc, il serait plus ardu pour les âgés de discriminer parmi les émotions négatives, mais cette difficulté ne s'expliquerait pas par une représentation interne qualitativement altérée de l'expression de colère.

Notre deuxième étude a permis de démontrer que les patients DFT présentent des déficits significatifs, lorsque comparés aux âgés sains, en ce qui a trait à la reconnaissance de la colère et, à un moindre niveau, de la surprise. De plus, cette étude a permis de démontrer que les patients DFT possèdent des représentations internes de la joie, de la colère et de la confiance qui sont significativement différentes de celles des personnes âgées saines. Donc, il serait significativement plus ardu pour les patients DFT que pour les âgés sains d'identifier la colère et la surprise, mais ce ne serait pas le cas pour les autres émotions de base. Néanmoins, les représentations internes de la colère et de la joie seraient toutes deux différentes de celles des âgés sains. Ces résultats suscitent réflexion en ce qui concerne l'origine des difficultés rencontrées chez les patients DFT en ce qui concerne l'identification de la colère et les raisons pour lesquelles ces difficultés ne sont pas apparentes en ce qui concerne la joie, malgré une représentation interne de cette émotion apparemment altérée. Il aurait d'ailleurs été intéressant de pouvoir effectuer cette étude avec toutes les émotions de base et avec plus de patients pour obtenir une plus grande puissance statistique et révéler, de façon statistiquement plus fiable, les représentations internes en lien avec toutes les émotions. Il est d'ailleurs possible que le fait que seulement deux patients aient complété la tâche puisse expliquer les différences entre les contrôles et les patients au niveau des représentations des trois jugements demandés. Avec plus de patients, des différences plus spécifiques seraient peut-être ressorties.

Étant donné que les personnes âgées saines sont moins efficaces que les jeunes adultes dans la reconnaissance de la colère et que les patients DFT sont significativement plus faibles que les âgés sains en reconnaissance de la colère, on pourrait imaginer un certain continuum dans le déclin de la reconnaissance de la colère. Dans la section *Introduction*, des hypothèses ont été présentées afin de tenter d'expliquer la baisse d'efficacité des personnes âgées saines en reconnaissance d'expressions faciales. Il nous apparaît intéressant de revisiter ces hypothèses en considérant non seulement les résultats obtenus chez les âgés sains, mais également ceux obtenus chez les patients DFT.

La première hypothèse présentée était celle d'un biais positif, proposant que les personnes âgées auraient tendance à juger les visages comme étant davantage positifs que les jeunes adultes, ce qui entraînerait une diminution d'efficacité en reconnaissance des émotions négatives. En ce qui concerne les âgés sains, bien que nous observions effectivement une diminution d'efficacité en reconnaissance des émotions négatives, nos résultats ne concordent pas avec cette hypothèse. En effet, nous avons montré que la représentation interne de la colère chez ce groupe est équivalente à la représentation de la colère chez les jeunes adultes. De plus, lorsqu'on compare les jugements subjectifs de colère, de joie et de confiance chez les âgés sains et chez les jeunes adultes, nous n'observons pas de différence significative dans les jugements de ces deux groupes. Ceci suggère que les personnes âgées saines ne jugent pas les visages plus positivement que les jeunes adultes. Chez les patients DFT, on observe une tendance significative à juger subjectivement les visages comme étant davantage joyeux, davantage dignes de confiance et moins colériques. Toutefois, lorsqu'on observe leur performance au niveau de l'identification des émotions, on remarque que leurs résultats sont tout aussi bons que ceux des âgés sains en ce qui concerne la reconnaissance

des émotions négatives autres que la colère. Si un biais positif était effectivement présent chez les patients DFT, on s'attendrait à ce que ce biais soit présent dans le jugement de toutes les émotions négatives, ce qui n'est pas le cas. Il nous semble donc que l'hypothèse du biais positif ne soit pas suffisante pour expliquer l'évolution des capacités de reconnaissance des émotions au cours du vieillissement normal et pathologique.

La deuxième hypothèse présentée était celle d'un déclin cognitif général. Cette hypothèse suggère que les personnes âgées saines seraient moins performantes que les jeunes adultes en reconnaissance d'émotions dû à un déclin cognitif général lié au vieillissement normal. Ainsi, le fait d'être moins performants globalement sur le plan cognitif diminuerait la performance des aînés dans toutes les tâches et ferait en sorte qu'ils soient moins efficaces que les jeunes adultes pour identifier les émotions qui sont généralement plus difficiles à reconnaître. Une fois de plus, cette hypothèse nous apparaît moins probable compte tenu du fait que les personnes âgées saines présentent des résultats similaires aux jeunes adultes en ce qui concerne la capacité à effectuer des jugements de confiance. Il est toutefois possible qu'un certain déclin cognitif entraîne une réorganisation des ressources et fasse en sorte que les personnes âgées saines utilisent d'autres stratégies pour poser ce type de jugement, ce qui pourrait expliquer la plus forte corrélation chez les âgés que chez les jeunes entre la représentation interne de confiance et la représentation interne de colère. Toutefois, à la lumière de nos résultats, il ne nous apparaît pas possible de se positionner clairement sur la présence d'une baisse du fonctionnement cognitif et sur l'impact d'un tel déclin chez les aînés.

La troisième hypothèse proposée était celle des changements neuropsychologiques spécifiques, qui suggère la présence d'un déclin de structures spécifiques au cours du vieillissement qui

entraînerait des difficultés ciblées en reconnaissance de certaines émotions. Nos résultats semblent s'apparenter davantage à l'hypothèse des changements neuropsychologiques spécifiques. Cette hypothèse est fortement appuyée par les résultats obtenus chez les patients DFT, qui présentent un déficit important et spécifique au niveau de la reconnaissance de la colère et chez qui on sait que les structures frontales et temporales sont particulièrement touchées. Un aspect qui reste cependant à explorer davantage est le fait que, tel que rapporté dans la littérature, les émotions pour lesquelles les âgés présentent des déficits en modalité visuelle ne sont pas les mêmes que les émotions pour lesquelles la performance est déficitaire en modalité auditive. On pourrait s'attendre à ce que l'organisation cérébrale soit parcimonieuse et que les systèmes émotionnels traitant les émotions soient actifs peu importe la modalité dans laquelle l'émotion doit être décodée. Si c'était le cas, il serait difficile d'expliquer les différences observées sur le plan comportemental par une dysfonction des structures cérébrales impliquées dans la reconnaissance des émotions de façon générale. À notre connaissance, à l'heure actuelle, aucune étude ne permet de répondre directement à cette question.

Néanmoins, ce qui nous apparaît intéressant est que, chez ces patients, la représentation interne de la colère et de la joie est différente de celle des âgés sains, ce qui pourrait suggérer que la dégénérescence des régions fronto-temporales joue un rôle dans la représentation perceptive des émotions ou encore dans l'accès aux représentations perceptives des émotions. De quelle façon ces régions agissent-elles? Cette question reste à explorer. Toutefois, on pourrait penser que des liens neuronaux existent entre ces régions fronto-temporales et des régions plus postérieures, tel que proposé par St.Jacques, Dolcos et Cabeza (2010), et que ces liens pourraient être affectés chez les patients DFT. La nature de ces liens reste également à explorer. En effet, la façon dont le système perceptif visuel pourrait être affecté par une éventuelle atteinte au niveau des connections

neuronales fronto-occipitales n'est pas claire. Tel que mentionné dans l'introduction du présent travail, la littérature rapporte plusieurs évidences que les capacités visuelles de bas niveau pourraient dégénérer avec le vieillissement normal, mais davantage d'études seraient nécessaires afin de faire le lien entre les capacités de bas niveau et les capacités perceptuelles de plus haut niveau.

Jugement de confiance et vieillissement

En ce qui concerne l'évolution, au cours du vieillissement, des processus sous-tendant le jugement de confiance, les résultats présentés dans nos deux articles nous apparaissent complémentaires. En effet, ils permettent de mettre clairement de l'avant un lien entre la capacité à reconnaître les émotions et la capacité à poser un jugement de confiance. Ce lien est important et persiste à travers le vieillissement, suggérant que ce lien est également bien ancré sur le plan neuroanatomique. Nos résultats permettent d'ajouter du poids à la théorie proposée par Todorov, théorie prédisant que les jugements de confiance sont la continuité des jugements émotionnels et qu'ils reposent sur les jugements de joie et de colère. En effet, nos deux études ont permis de démontrer la nature du lien qui existe entre la reconnaissance des émotions et le jugement de confiance. De plus, nous avons montré que ce lien était différent chez les jeunes et chez les âgés et, qu'en fait, ce sont les adultes plus âgés qui semblent le plus conformes à la théorie proposée par Todorov. À l'aide d'une population clinique présentant une démence fronto-temporale, nos résultats ont suggéré un impact d'une altération des capacités de reconnaissance de la colère sur la capacité à effectuer un jugement de confiance. Toutefois, d'autres études seraient nécessaires afin d'évaluer le lien qui pourrait exister entre le jugement de confiance et le jugement d'émotions de base autres que la colère. En effet, bien que nous ayons pu ajouter du poids à la théorie proposée par Todorov et selon laquelle le jugement de confiance se ferait sur la base des jugements de joie et de colère, rien

n'empêche que d'autres jugements émotionnels puissent également être corrélés avec le jugement de confiance.

En comparant les résultats des deux articles, on remarque que les jeunes adultes et les patients DFT se fient tous deux davantage sur leur représentation de la joie pour effectuer un jugement de confiance. Il existe toutefois une différence entre les deux groupes puisque, contrairement aux jeunes adultes, les représentations internes de la joie et de la colère chez les patients DFT sont différentes de celles des contrôles âgés sains. Ceci pourrait signifier que les différences dans les jugements subjectifs de confiance et dans les capacités de reconnaissance de la colère observés entre les âgés sains et les patients DFT pourraient prendre leur origine dans la qualité de leurs représentations, qu'il n'a malheureusement pas été possible de mesurer dans le présent travail. Il serait fort intéressant d'évaluer cet aspect dans des études futures.

Apports méthodologiques

L'un des principaux apports du présent travail est le fait que nous ayons étudié, chez une population clinique, des jugements faits sur des visages à l'aide d'une méthodologie de recherche rigoureuse. En effet, très peu d'études ont pu explorer les processus perceptifs de haut niveau avec des méthodes psychophysiques chez une population clinique, mais également chez des populations âgées saines. Plusieurs raisons expliquent cette faible représentation des études psychophysiques chez des populations cliniques. D'abord, de très nombreux essais sont nécessaires pour obtenir des résultats. Il est souvent difficile – et ce fut le cas dans nos études – de convaincre des patients souffrant d'une maladie neurodégénérative de passer plusieurs heures à effectuer des tâches redondantes dans un cadre de recherche. Toutefois, les résultats obtenus à l'aide de ces méthodes sont généralement davantage robustes. Cette méthode permet également d'explorer les processus

de jugement de façon objective, sans a priori théorique, ce qui représente ici une approche considérablement différente par rapport à la littérature pré-existante. Malgré les difficultés pouvant être rencontrées au niveau du recrutement et des durées expérimentales, nous sommes d'avis que ce type de méthodologie devrait être davantage utilisé et nous souhaitons une collaboration plus serrée entre les chercheurs fondamentaux et les cliniciens.

Limites

En contrepartie des nombreux avantages associés à la méthodologie que nous avons utilisée, tel que mentionné plus haut, certains inconvénients ont pu jouer sur la portée des résultats que nous avons obtenus. Tout d'abord, les patients présentant une démence fronto-temporale sont rares, et il s'agit d'une population particulièrement difficile à évaluer dans un contexte de recherche. Ainsi, l'échantillon de patients DFT demeurerait petit. De plus, compte tenu de la durée des tâches à effectuer et compte tenu du caractère plutôt abstrait des tâches proposées, le recrutement de patients fut particulièrement difficile. Nous avons également rencontré d'autres problématiques dans le recrutement des patients dû au déménagement aux États-Unis d'un neurologue collaborateur.

En ce qui concerne la méthodologie, plusieurs aspects pourraient également limiter la portée de nos résultats. D'abord, les visages que nous avons utilisés pour effectuer les tâches impliquant un jugement de confiance étaient tous des visages de femme. Tel que mentionné plus haut, les visages féminins pourraient être moins corrélés avec une impression de colère, ce qui pourrait biaiser nos résultats. De plus, les patients DFT que nous avons testés étaient tous des hommes, ce qui pourrait avoir influencé nos résultats. La méthodologie de *reverse correlation* comme telle, soit ici la présentation des deux mêmes visages qui diffèrent uniquement par le bruit qu'on leur ajoute, a

posé problème à certains de nos participants, et encore davantage à nos patients. Malgré un niveau de bruit qui nous paraissait bien ajusté à la tâche, plusieurs participants avaient l'impression que les visages ne différaient pas et avaient l'impression de faire leur choix au hasard, ce qui a certainement ajouté de la variabilité dans les résultats. Pour les patients, la tâche paraissait particulièrement difficile, au point où un patient, présentant déjà des symptômes oppositionnels, a refusé de terminer la tâche. Enfin, tous ces aspects font en sorte que la tâche expérimentale n'était certainement pas aussi écologique que ce que l'on pourrait souhaiter. En laboratoire, il est nécessaire de contrôler pour plusieurs aspects – couleur des stimuli, genre des visages présentés, âge, distance par rapport à l'écran, variabilité ethnique, etc. – afin de mesurer seulement quelques paramètres à la fois, mais ce contrôle étroit des paramètres entraîne nécessairement une baisse au niveau de la validité écologique de la tâche.

Au-delà des limites liées au recrutement et à la méthodologie spécifique de l'étude, certaines limites plus larges sur le plan théorique et méthodologique méritent d'être mentionnées. D'abord, lorsqu'on étudie les jugements de confiance, un problème est que, contrairement à l'étude des émotions de base, il n'est pas possible d'obtenir une mesure objective de la confiance. En effet, il n'est pas possible de connaître la corrélation entre le jugement de confiance posé sur le visage et la confiance réelle qu'on peut accorder à ce visage. Ceci entraîne des complications sur le plan méthodologique dans la mesure où il n'est pas possible d'effectuer des études basées sur une mesure de base au niveau de la performance. Ce type de mesure permettrait, entre autres, d'installer un niveau de base auquel se fier pour mesurer la variabilité des réponses en ce qui concerne les jugements de confiance. Compte tenu de cet aspect, il apparaît fort intéressant de tenter de faire converger le plus de mesures possibles dans le but de bien caractériser les paramètres liés au jugement de confiance. Par exemple, il aurait été intéressant de pouvoir faire

corrélés les représentations de la joie, de la colère et de la confiance avec l'activité corticale. Le problème lié à des projets tentant de faire converger les mesures neuroanatomiques et comportementales est que cela nécessite une organisation d'envergure ainsi que des moyens sur le plan de la main-d'œuvre et sur le plan financier. De plus, avec les techniques comportementales que nous utilisons, l'investissement de temps demandé aux participants serait fort probablement trop important et limiterait les possibilités de recrutement.

Autres pistes de recherche empruntées

Au cours des cinq dernières années, nous avons emprunté plusieurs pistes de recherche différentes de celles présentées ici dans le but de mieux comprendre les processus de reconnaissance des émotions et de jugement de confiance chez les âgés sains. Tout d'abord, dans la conception originale de nos études, nous avons considéré intégrer l'émotion de peur, puisqu'il s'agit d'une émotion généralement moins bien reconnue chez les personnes âgées saines. Toutefois, compte tenu que cette émotion apparaissait moins en lien avec le jugement de confiance et parce que nous ne voulions pas allonger l'étude inutilement (surtout pour les patients), nous avons décidé de mettre de côté l'étude de cette émotion.

Dans notre première étude, en plus de faire des images de classification en fonction des groupes d'âges, nous avons également eu l'idée de faire des analyses des représentations internes de la joie, de la colère et de la confiance en fonction de trois caractéristiques affectives soient le niveau d'anxiété, le niveau de dépression et le niveau d'isolement des participants. Ces caractéristiques avaient été évaluées chez nos participants à l'aide de questionnaires standardisés. Nous n'avons pas pu mener cette idée à terme puisque nous n'avons pas suffisamment de participants pour obtenir la puissance statistique nécessaire à ce type d'analyse.

Une autre piste de recherche que nous avons prévu emprunter était d'explorer les stratégies perceptives sous-jacentes au traitement des expressions faciales chez les âgés sains. Nous avons débuté une étude utilisant la méthode *Bubbles* (Gosselin & Schyns, 2001) afin de déterminer les régions du visage qui sont davantage utilisées par les âgés sains dans des tâches d'identification émotionnelle. Par manque de temps, il ne fut pas possible de terminer cette étude dans laquelle nous avons d'ailleurs rencontré plusieurs obstacles (e.g. grande variabilité dans le niveau de performance des participants, difficulté à recruter des participants pour plusieurs heures d'expérimentation monotone, etc.).

Les limites énoncées plus haut ont certes influencé la possibilité d'emprunter certaines pistes de recherche ou encore d'effectuer certaines analyses que nous comptions initialement mener. Ces limites ainsi que des raisons liées au cadre de la présente thèse ont fait en sorte que ces pistes de recherche n'ont donc pas pu être menées à termes. Néanmoins, nous croyons qu'il serait intéressant, dans l'avenir, de pouvoir poursuivre ces pistes de recherches.

Pistes d'exploration cliniques et recherches futures

Nos études ont permis d'explorer, pour la première fois, l'évolution des processus de jugement de confiance à travers le vieillissement normal et pathologique. Nous avons également pu mettre en lien ces processus avec les processus de reconnaissance des émotions chez les âgés sains et les patients DFT. La littérature proposait de nombreuses évidences que les patients DFT présentent un déficit au niveau de la reconnaissance de la colère, mais l'origine de ce déficit n'avait pas été explorée en profondeur. Nos études apportent des pistes d'explication de ce déficit, mais nous croyons en l'importance d'aller plus loin dans cette piste de réflexion pour mieux comprendre ce

qui sous-tend ce déficit de reconnaissance. Ceci pourrait nous permettre de mieux comprendre les difficultés comportementales des patients DFT, mais aussi nous permettre de mieux comprendre les processus de reconnaissance des émotions de façon générale. Un aspect sur lequel il serait intéressant de se pencher est la façon dont les personnes âgées saines et les patients DFT vivent les émotions. En effet, la littérature suggère que la reconnaissance des expressions faciales est plus difficile chez les personnes âgées, mais à notre connaissance, aucune étude n'a permis de vérifier si l'expérience émotionnelle des personnes âgées saines est comparable à l'expérience émotionnelle des jeunes adultes. Il en va de même pour les patients DFT, chez qui il serait particulièrement intéressant d'étudier cet aspect compte tenu des difficultés comportementales rencontrées chez cette population.

Il serait également souhaitable d'étudier davantage les processus de reconnaissance des expressions faciales chez d'autres types de populations cliniques en utilisant des méthodologies plus rigoureuses. De la même façon, il serait intéressant de voir si d'autres émotions pourraient influencer les jugements sociaux. Dans le cadre de la présente thèse, nous nous sommes basés sur la théorie de Todorov pour élaborer la méthodologie de notre recherche, ce qui nous a porté à nous concentrer uniquement sur la relation entre la colère, la joie et les jugements de confiance. Toutefois, il n'est pas impossible qu'une relation existe également entre le jugement de confiance et d'autres émotions négatives comme la peur ou la tristesse.

Dans l'éventualité où l'étude des processus émotionnels révélerait des différences significatives chez des populations présentant diverses démences, il pourrait être intéressant d'utiliser les jugements émotionnels comme indice aidant à poser un diagnostic clinique. On sait que le diagnostic différentiel est souvent difficile à établir dans des cas de démence et le fait d'avoir

d'autres indices comportementaux pourrait certainement aider à poser un diagnostic plus précis. Il serait d'ailleurs fort souhaitable d'avoir davantage d'outils standardisés pour évaluer les jugements émotionnels et sociaux chez les populations cliniques, notamment dans le contexte de la DFT.

Enfin, dans une perspective d'explorer l'évolution des processus de reconnaissance des émotions et du jugement de confiance au cours de la vie, il pourrait être intéressant de faire ce même type d'étude auprès d'une population pédiatrique. La littérature montre que les enfants apprennent peu à peu à reconnaître les expressions faciales et qu'ils rejoignent un niveau d'identification comparable à celui des jeunes adultes vers l'âge de 11-12 ans (Durand, Gallay, Seigneuric, Robichon & Baudouin, 2007). Il pourrait être intéressant de mettre en lien les capacités de reconnaissance des émotions et le développement des structures corticales chez les enfants dans le but de vérifier si l'association entre le développement de ces structures et la reconnaissance d'émotions spécifiques concorde avec les associations suggérées chez les adultes. Chez les enfants, certaines études suggèrent déjà des liens entre l'incapacité à juger la peur et la présence d'épilepsie à foyer temporal (Golouboff, Fiori, Delalande, Fohlen, Dellatolas & Jambaqué, 2008; Meletti, Benuzzi, Cantalupo, Rubboli, Tassinari & Nichelli, 2009), ce qui concorde avec les résultats des études faites chez les jeunes adultes.

Conclusion

La présente thèse avait pour but d'explorer les processus de jugement de confiance et de reconnaissance d'expressions faciales au cours du vieillissement normal et pathologique. Nous avons révélé une continuité dans les processus de jugement de confiance à travers le vieillissement normal. De plus, l'étude des jugements de confiance à travers le vieillissement pathologique nous a permis de démontrer une nette importance de la capacité de reconnaissance de la colère dans le

niveau d'aptitude à juger de la confiance d'un visage. Nos résultats ont apporté un poids supplémentaire à la théorie proposant que les jugements de confiance se font dans la continuité des jugements émotionnels, particulièrement des jugements de joie et de colère. De plus, nos résultats ont permis de contribuer significativement à l'avancement de la compréhension de l'évolution des processus de reconnaissance des expressions faciales à travers le vieillissement normal et pathologique, dans ce cas-ci la démence fronto-temporale. Il serait fort souhaitable que de futures recherches continuent à se pencher sur la question dans le but, entre autres, d'appliquer ces découvertes à l'évaluation neuropsychologique clinique pour ainsi mieux différencier les processus de vieillissement pathologique.

RÉFÉRENCES

Adolphs, R., Gosselin, F., Buchanan, T. W., Tranel, D., Schyns, P. G. & Damasio, A. R., (2005). A mechanism for impaired fear recognition after amygdala damage. *Nature*, 433, 68-72.

Adolphs, R., Tranel, D., Damasio, A. (1998). The human amygdala in social judgment. *Nature*, 393, 470-474.

Adolphs, R., Tranel, D., Damasio, H., Damasio, A. (1994). Impaired recognition of emotion in facial expressions following bilateral damage to the human amygdala. *Nature*, 372, 669-672.

Allard, R., Lagacé-Nadon, S., Faubert, J. (2013). Feature tracking and aging. *Frontiers in Psychology*, 4, 1-8.

Bassili, J.N. (1979). Emotion recognition: the role of facial movement and the relative importance of upper and lower areas of the face. *Journal of Personality and Social Psychology*, 37, 2049–2058.

Bediou, B., Ryff, I., Mercier, B., Milliery, M., Hénaff, M.-A., D'amato, T. et al. (2009). Impaired social cognition in mild Alzheimer Disease. *Journal of Geriatric Psychiatry and Neurology*, 22(2), 130-140.

Betts, L., Sekuler, A. & Bennett, P. (2007). The effects of aging on orientation discrimination. *Vision Research*, 47, 1769-1780.

Betts, L., Sekuler, A., Bennett, P. (2009). Spatial characteristics of center-surround antagonism in younger and older adults. *Journal of Vision*, 9(1), 1-15.

Betts, L., Taylor, C., Sekuler, A., Bennett, P. (2005). Aging reduces center-surround antagonism in visual motion processing. *Neuron*, 45, 361-366.

Blair RJ, Morris JS, Frith CD, Perrett DI, Dolan RJ (1999) Dissociable neural responses to facial expressions of sadness and anger. *Brain*, 122: 883–893.

Blais, C., Roy, C., Fiset, D., Arguin, M., Gosselin, F. (2012). The eyes are not the window to basic emotions. *Neuropsychologia*, 50, 2830-2838.

Boutet, I., Faubert, J. (2006). Recognition of faces and complex objects in younger and older adults. *Memory and Cognition*, 34(4), 854-864.

Brainard, D. (1997). The Psychophysics Toolbox. *Spatial Vision*, 10, 433-436.

Breiter, Etcoff, Whalen, Kennedy, Rauch, Buckener et al. (1996). Response and habituation of the human amygdala during visual processing of facial expression. *Neuron*, 17, 875-887.

Burnham, H., Hogervorst, E. (2004). Recognition of facial expressions of emotion by patients with dementia of the Alzheimer type. *Dementia and Geriatric Cognitive Disorders*, 18, 75-79.

Calder, A.J., Keane, J., Manly, T., Sprengelmeyer, R., Scott, S., Nimmo-Smith, I., et al. (2003). Facial expression recognition across the adult life span. *Neuropsychologia*, 41, 195-202.

Chaby, L., George, N., Renault, B., Fiori, N. (2003). Age-related changes in brain responses to personally known faces: an event-related potential (ERP) study in humans. *Neuroscience Letters*, 349, 125-129.

Chaby, L., Narme, P. (2009). La reconnaissance des visages et de leurs expressions faciales au cours du vieillissement normal et dans les pathologies neurodégénératives. *Psychologie et Neuropsychiatrie du Vieillissement*, 7, 31-42.

Chaby, L., Narme, P., George, N. (2011). Older adult's configural processing of faces: role of second-order information. *Psychology and Aging*, 26(1), 71-79.

Cunningham, D.W., Kleiner, M., Bühlhoff, H.H. & Wallraven, C.(2004). The components of conversational facial expressions. *Proceedings of the first symposium on applied perception in graphics and visualization*, <http://dx.doi.org/10.1145/1012551.1012578>.

DiCiccio, T. J., and Efron, B. (1996). Bootstrap confidence intervals. *Statist. Sci.* 11, 189–228.

Diehl-Schmid, J., Pohl, C., Ruprecht, C., Wagenpfeil, S., Foerstl, H., Kurz, A. (2007) The Ekman 60 Faces Test as a diagnostic instrument in frontotemporal dementia. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 22, 459-464.

Dotsch, R. & Todorov, A. (2012). The social evaluation of faces: A meta-analysis of functional neuroimaging studies. *Social, Cognitive, & Affective Neuroscience*. Online publication: doi:10.1093/scan/nsr090.

Durand, K., Gallay, M., Seigneuric, A., Robichon, F. & Baudouin, J-Y. (2007). The development of facial emotion recognition : the role of configural information. *Journal of Experimental Child Psychology*, 97, 14-27.

Ekman, P., Friesen, WV. (1978). Facial Action Coding System: A technique for the measurement of facial movement. Palo Alto: Consulting Psychologists Press.

Ekman, P., Friesen, WV. (1986). A new pancultural facial expression of emotion. *Motivation Emotion*, 10, 159-168.

Engell, A., Haxby, J., Todorov, A. (2007). Implicit trustworthiness decisions: Automatic coding of face properties in the human amygdala. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 19:9, 1508-1519.

Faubert, J. (2002). Visual perception and aging. *Canadian Journal of Experimental Psychology*, 56, 164-176.

Fernandez-Duque, D., Black, S.E. (2005). Impaired recognition of negative facial emotions in patients with frontotemporal dementia. *Neuropsychologia*, 43, 1673-1687.

Firestone, A., Turk-Browne, N.B., Ryan, J.D. (2007) Age-related deficits in face recognition are related to underlying changes in scanning behaviour. *Aging, Neuropsychology and Cognition*, 14, 594-607.

Fischer, H., Nyberg, L., Bäckman, L. (2009). Age-related differences in brain regions supporting successful encoding of emotional faces. *Cortex*, 1-8.

Fischer, H., Sandblom, J., Gavazzeni, J., Fransson, P., Wright, C., Bäckman, L. (2005). Age-differential patterns of brain activation during perception of angry faces. *Neuroscience Letters*, 386, 99-104.

Fiset, D., Wagar, B., Tanaka, J., Gosselin, F., Bub, D. (2007). The face of race: Revealing the visual prototype of Black and White faces in Caucasian subjects. *Journal of Vision* [Abstract], 7(9):10, 10a.

Golouboff, N., Fiori, N., Delalande, O., Fohlen, M., Dellatolas, G. & Jambaqué, I. (2008) Impaired facial expression recognition in children with temporal lobe epilepsy: Impact of early seizure onset on fear recognition. *Neuropsychologia*, 46, 1415-1428.

Gosselin, F., Schyns, P. G. (2001). Bubbles: a technique to reveal the use of information in recognition tasks. *Vision Research*, 41, 2261-2271.

Gosselin, F., Schyns, P. G. (2003). Superstitious perceptions reveal properties of memory representations. *Psychological Science*, 14, 505-509

Gunning-Dixon, F., Gur, R., Perkins, A., Schroeder, L., Turner, T., Turetsky, B. et al. (2003). Age-related differences in brain activation during emotional face processing. *Neurobiology of Aging*, 24, 285-295.

Habak, C., Wilkinson, F., Wilson, H. (2008). Aging disrupts the neural transformations that link facial identity across views. *Vision Research*, 48, 9-15.

Hargrave R, Maddock RJ, Stone V. Impaired recognition of facial expressions of emotion in Alzheimer's disease. *J Neuropsychiatry Clin Neurosci* 2002 ; 14 : 64-71.

Harmer CJ, Thilo KV, Rithwell JC, Goodwin GM (2001) Transcranial magnetic stimulation of medial-frontal cortex impairs the processing of angry facial expressions. *Nature Neuroscience* 4: 17–18.

Heberlein AS, Padon AA, Gillihan SJ, Farah MJ, Fellows LK (2008). Ventromedial frontal lobe plays a critical role in facial emotion recognition. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 20: 721–733.

Henry, J.D., Ruffman, T., McDonald, S., O'Leary, M.A., Phillips, L.H., Brodaty, H., et al. (2008). Recognition of disgust is selectively preserved in Alzheimer's disease. *Neuropsychologia*, 46, 1363-1370.

Hornak J, Bramham J, Rolls ET, Morris RG, O'Doherty J, et al. (2003) Changes in emotion after circumscribed surgical lesions of the orbitofrontal and cingulate cortices. *Brain*, 126: 1691–1712.

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.

Isaacowitz, D., Wadlinger, H., Goren, D., Wilson, H. (2006). Selective preference in visual fixation away from negative images in old age? An eye-tracking study. *Psychology and Aging*, 21, 40-48.

Itier, R., Batty, M. (2009). Neural bases of eye and gaze processing: The core of social cognition. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 33, 843-863.

Keane, J., Calder, A.J., Hodges, J.R., Young, A.W. (2002). Face and emotion processing in frontal variant frontotemporal dementia. *Neuropsychologia*, 40, 655-665.

Keightley, M., Winocur, G., Burianova, H., Hongwanishkul, D., Grady, C. (2006). Age effects on social cognition: Faces tell a different story. *Psychology and Aging*, 21(3), 558- 572.

Kessels, R.P.C., Gerritsen, L., Montagne, B., Ackl, N., Diehl, J., Danek, A. (2007). Recognition of facial expressions of different emotional intensities in patients with frontotemporal lobar degeneration. *Behavioural Neurology*, 18, 31-36.

Kipps, CM, Mioshi, E, Hodges, JR. (2009). Emotion, social functioning and activities of daily living in frontotemporal dementia. *Neurocase*, 15(3):182-9.

Kipps, CM, Nestor, PJ, Acosta-Cabronero, J., Arnold, R., et al. (2009). Understanding social dysfunction in the behavioural variant of frontotemporal dementia: the role of emotion and sarcasm processing. *Brain*, 132(Pt 3):592-603.

Kipps, CM, Hodges, JR. (2006). Theory of mind in frontotemporal dementia. *Social Neuroscience*, 1(3-4):235-44.

Konar, Y., Bennett, P., Sekuler, A. (2013). Effects of aging on face identification and holistic face processing. *Vision Research*, 88, 38-46.

Kringelbach ML, Rolls ET (2004). The functional neuroanatomy of the human orbitofrontal cortex: Evidence from neuroimaging and neuropsychology. *Progress in Neurobiology*, 72: 341–372.

Kumfor, F., Irish, M., Hodges, J.R., Piguet, O. (2013) Discrete neural correlates for the recognition of negative emotions: Insights from frontotemporal dementia. *PLoS ONE*, 8(6), 1-11.

Kumfor, F., Piguet, O. (2012). Disturbance of emotion processing in frontotemporal dementia: A synthesis of cognitive and neuroimaging findings. *Neuropsychological Review*, 22, 280-297.

Kumfor, F., Miller, L., Lah, S., Hsieh, S., Savage, S., Hodges, J.R., Piguet, O. (2011) Are you really angry? The effect of intensity on facial emotion recognition in frontotemporal dementia. *Social Neuroscience*, 6:5-6, 502-514.

Lavenu, I., Pasquier, F. (2005). Perception of emotion on faces in frontotemporal dementia and Alzheimer's disease: A longitudinal Study. *Dementia and Geriatric Cognitive Disorders*, 19, 37-41.

Lavenu, I., Pasquier, F., Lebert, F., Petit, H., Van der Linden, M. (1999). Perception of emotion in frontotemporal dementia and Alzheimer disease. *Alzheimer Disease and Associated Disorders*, 13(2), 96-101.

Legault, I., Troje, N., Faubert, J. (2012). Healthy older observers cannot use biological-motion point-light information efficiently within 4m of themselves. *i-Perception*, 3, 104-111.

Lough, S., Kipps, C.M., Treise, C., Watson, P., Blair, J.R., Hodges, J.R. (2006). Social reasoning, emotion and empathy in frontotemporal dementia. *Neuropsychologia*, 44, 940-958.

Malatesta, C., Izard, C., Culver, C., Nicolich, M. (1987). Emotion communication skills in young, middle-aged, and older women. *Psychology of Aging*, 2, 193-203.

Mangini, M., Biederman, I. (2004). Making the ineffable explicit: Estimating the information employed for face classifications. *Cognitive Science*, 28, 209-226.

Meletti, S., Benuzzi, F., Cantalupo, G., Rubboli, G., Tassinari C.A. & Nichelli P. (2009). Facial emotion recognition in chronic temporal lobe epilepsy. *Epilepsia*, 50(6), 1547-1559.

Mienaltowski, A., Johnson, E.R., Wittman, R., Wilson, A-T., Sturycz, C. & Norman J. (2013). The visual discrimination of negative facial expressions by younger and older adults. *Vision Research*, 81, 12-17.

Murray, J.E., Halberstadt, J., Ruffman, T. (2010). The face of aging: Sensitivity to facial feature relations changes with age. *Psychology and Aging*, 25(4), 846-850.

Narme, P., Cloarec, E., George, N., Chaby, L. (2008). Reconnaissance des visages et vieillissement normal: le rôle du traitement configural. In Ergis, A.M., Fiori, N., Chaby, L., Belin, C., Fabre, L., Gandini, D., eds. *Xe colloque international sur le vieillissement cognitive. Cognition, Santé et Vie Quotidienne, Collection Psychologie Cognitive*. Paris : Publibook.

Neary, D., Snowden, J., Mann, D. (2005) Frontotemporal dementia. *Lancet Neurology*, 4, 771-780.

Ogrocki, P.K., Hills, M.A., Strauss, M.E. (2000). Visual exploration of facial emotion by healthy older adults and patients with Alzheimer disease. *Neuropsychiatry, Neuropsychology and Behavioural Neurology*, 13(4), 271-278.

Oosterhof, N., Todorov, A. (2008). The functional basis of face evaluation. *PNAS*, 105(32), 11087-11092.

Oosterhof, N., Todorov, A. (2009). Shared perceptual basis of emotional expressions and trustworthiness impressions from faces. *Emotion*, 9(1), 128-133.

Pelli, D. (1997). The VideoToolbox software for visual psychophysics: Transforming numbers into movies. *Spatial Vision*, 10, 437-442.

Phillips, L., MacLean, R., Allen, R. (2002). Age and the understanding of emotions: Neuropsychological and sociocognitive perspectives. *Journal of Gerontology: Psychological Sciences*, 57B(6), P526-P530.

Rascovsky K, Hodges JR, Knopman D, et al. (2011). Sensitivity of revised diagnostic criteria for the behavioural variant of frontotemporal dementia. *Brain*, 134, 2456-2477.

Rolls ET (2004). The functions of the orbitofrontal cortex. *Brain and Cognition*, 55: 11–29.

Rosen, H.J., Pace-Savitsky, K., Perry, R.J., Kramer, J.H., Miller, B.L., Levenson, R.W. (2004). Recognition of emotion in the frontal and temporal variants of frontotemporal dementia. *Dementia and geriatric cognitive disorders*, 17, 277-281.

Rosen, H.J., Perry, R.J., Murphy, J., Kramer, J.H., Mychack, P. et al. (2002). Emotion comprehension in the temporal variant of frontotemporal dementia. *Brain*, 125, 2286-2295.

Roudaia, E., Bennett, P., Sekuler, A. (2008). The effect of aging on contour integration. *Vision Research*, 48, 2767-2774.

Roudier, M., Marcie, P., Grancher, A.-S., Tzortz, C., Starkstein, S., Boller, F. (1998). Discrimination of facial identity and of emotions in Alzheimer's Disease. *Journal of the Neurological Sciences*, 154, 151-158.

Rouleau, I., Salmon, D. P., Butters, N., Kennedy, C., McGuire, K. (1992). Quantitative and qualitative analyses of clock drawings in Alzheimer's and Huntington's disease, *Brain Cogn* 18 (1), 70-87.

Rousselet, G., Husk, J., Pernet, C., Gaspar, C., Bennett, P., Sekuler, A. (2009). Age-related delay in information accrual for faces: Evidednce from a parametric, single-trial EEG approach. *BMC Neuroscience*, 10, 114-133.

Roy, S., Roy, C., Fortin, I., Éthier-Majcher, C., Belin, P., Gosselin, F. (2007). *Journal of Vision* [Abstract], 7, 944.

Ruffman, T., Henry, J., Livingstone, V., Phillips, L. (2008). A meta-analytic review of emotion recognition and aging: Implications for neuropsychological models of aging. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 32, 863-881.

Said, C., Sebe, N., Todorov, A. (2009). Structural resemblance to emotional expressions predicts evaluation of emotionally neutral faces. *Emotion*, 9(2), 260-264.

Schyns, P. G., Bonnar, L. & Gosselin, F. (2002). Show me the features! Understanding recognition from the use of visual information. *Psychological Science*, 13, 402-409.

Simon, D., Craig, K.D., Gosselin, F., Belin, P. & Rainville, P. (2008). Recognition and discrimination of prototypical dynamic expressions of pain and emotions. *Pain*, 135, 55-64.

Slessor, G., Miles, L.K. Bull, R., Philipps, L.H. (2010). Age-related changes in detecting happiness: Discriminating between enjoyment and non-enjoyment smiles. *Psychology and Aging*, 25(1), 246-250.

Slessor, G., Philipps, L.H., Bull, R. (2007). Exploring the specificity of age-related differences in theory of mind tasks. *Psychology and Aging*, 22(3), 639-643.

Slessor, G., Philipps, L.H., Bull, R. (2010). Age-related changes in the integration of gaze direction and facial expression of emotions. *Emotion*, 10(4), 555-562.

Slessor, G., Riby, D.M., Finnerty, A.N. (2012). Age-related difference in processing face configuration: the importance of the eye region. *The Journals of Gerontology, Series B: Psychological Sciences and Social Sciences*, 1-4.

Smith, M., Cottrell, G., Gosselin, F., Schyns, P. (2005). Transmitting and decoding facial expressions. *Psychological Science*, 16, 184-189.

Snowden, J.S., Austin, N.A., Sembi, S., Thompson, J.C., Craufurd, D., Neary, D. (2008). Emotion recognition in Huntington's disease and frontotemporal dementia. *Neuropsychologia*, 46, 2638-2649.

Snowden, J.S., Gibbons, Z.C., Blackshaw, A., Doubleday, E., Thompson, J., Craufur, D. et al. (2003). Social cognition in frontotemporal dementia and Huntington's disease. *Neuropsychologia*, 41, 688-701.

Sprengelmeyer, R., Young, A. W., Sprengelmeyer, A., Calder, A. J., Rowland, D., Perrett, D., et al. (1997). Recognition of facial expressions: Selective impairment of specific emotions in Huntington's disease. *Cognitive Neuropsychology*, 14, 839–879.

Sprengelmeyer, R., Young, A. W., Calder, A. J., Karnat, A., Lange, H., Hömberg, et al. (1996). Loss of disgust. Perception of faces and emotions in Huntington's disease. *Brain*, 119, 1647–1666.

Sturm, V.E., McCarthy, M.E., Yun, I., Madan, A., Yuan, J.W., Holley, S.R. et al. (2010). Mutual gaze in Alzheimer's disease and semantic dementia couples. *SCAN*, 1-9.

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. *Neurobiology of Aging*, 31, 315-327.

Stirrat, M., Perrett, D.I. (2010). Male facial width and trustworthiness. *Psychological Science*, 1-6.

Sullivan, S., Ruffman, T. (2004). Emotion recognition deficits in the elderly. *International Journal of Neuroscience*, 114, 403-432.

Sullivan, S., Ruffman, T. (2004). Social understanding: How does it fare with advancing years? *British Journal of Psychology*, 95, 1-18.

Sullivan, S., Ruffman, T., Hutton, S. (2007). Age differences in emotion recognition skills and the visual scanning of emotion faces. *Journal of Gerontology: Psychological Sciences*, 62B(1), P53-P60.

Todorov, A. (2008). Evaluating faces on trustworthiness: An extension of systems for recognition of emotions signaling approach/avoidance behaviors. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1124, 208-224.

Todorov, A., Baron, S., Oosterhof, N. (2008). Evaluating face trustworthiness: a model based approach. *SCAN*, 3, 119-127.

Todorov, A., Duchaine, B. (2008). Reading trustworthiness in faces without recognizing faces. *Cognitive Neuropsychology*, 25(3), 395-410.

Todorov, A., Engell, A. (2008). The role of the amygdale in implicit evaluation of emotionally neutral faces. *SCAN*, 3, 303-312.

Wang, K., Hoosain, R., Yang, R. M., Meng, Y., & Wang, C. Q. (2003). Impairment of recognition of disgust in Chinese with Huntington's or Wilson's disease. *Neuropsychologia*, 41(5), 527–537.

Weiss, E., Kobler, C., Vonbank, J., Stadelmann, E., Kemler, G., Hinterhuber, H. et al. (2008). Impairment in emotion recognition abilities in patients with mild cognitive impairment, early and moderate Alzheimer disease compared with healthy comparison subjects. *American Journal for Geriatric Psychiatry*, 16, 974-980.

Wiese, H., Kachel, U., Schweinberger, S.R. (2013). Holistic face processing of own- and other-age faces in young and older adults: ERP evidence from the composite face task. *NeuroImage*, 74, 306-317.

Willis, J., Todorov, A. (2006). First impressions: Making up your mind after a 100ms exposure to a face. *Psychological Science*, 17(7), 592-598.

Winston, J., Strange, B., O'Doherty, J., Dolan, R. (2002). Automatic and intentional brain responses during evaluation of trustworthiness of faces. *Nature Neuroscience*, 5(3), 277-283.

Wong, B., Cronin-Golomb, A., Nearing, S. (2005). Patterns of visual scanning as predictors of emotion identification in normal aging. *Neuropsychology*, 19(6), 739-749.

Wright P, He G, Shapira NA, Goodman WK, Liu Y (2004). Disgust and the insula: fMRI responses to pictures of mutilation and contamination. *Neuroreport*, 15: 2347–2351.