

Université de Montréal

Hiérarchisation perceptive des visages dans l'autisme

par

Annie Lahaie

Département de psychologie

Faculté des arts et sciences

Thèse présentée à la Faculté des études supérieures
en vue de l'obtention du grade de Philosophiae Doctor (Ph.D)
en psychologie, option recherche / intervention

Juin 2004

© Annie Lahaie, 2004



Direction des bibliothèques

AVIS

L'auteur a autorisé l'Université de Montréal à reproduire et diffuser, en totalité ou en partie, par quelque moyen que ce soit et sur quelque support que ce soit, et exclusivement à des fins non lucratives d'enseignement et de recherche, des copies de ce mémoire ou de cette thèse.

L'auteur et les coauteurs le cas échéant conservent la propriété du droit d'auteur et des droits moraux qui protègent ce document. Ni la thèse ou le mémoire, ni des extraits substantiels de ce document, ne doivent être imprimés ou autrement reproduits sans l'autorisation de l'auteur.

Afin de se conformer à la Loi canadienne sur la protection des renseignements personnels, quelques formulaires secondaires, coordonnées ou signatures intégrées au texte ont pu être enlevés de ce document. Bien que cela ait pu affecter la pagination, il n'y a aucun contenu manquant.

NOTICE

The author of this thesis or dissertation has granted a nonexclusive license allowing Université de Montréal to reproduce and publish the document, in part or in whole, and in any format, solely for noncommercial educational and research purposes.

The author and co-authors if applicable retain copyright ownership and moral rights in this document. Neither the whole thesis or dissertation, nor substantial extracts from it, may be printed or otherwise reproduced without the author's permission.

In compliance with the Canadian Privacy Act some supporting forms, contact information or signatures may have been removed from the document. While this may affect the document page count, it does not represent any loss of content from the document.

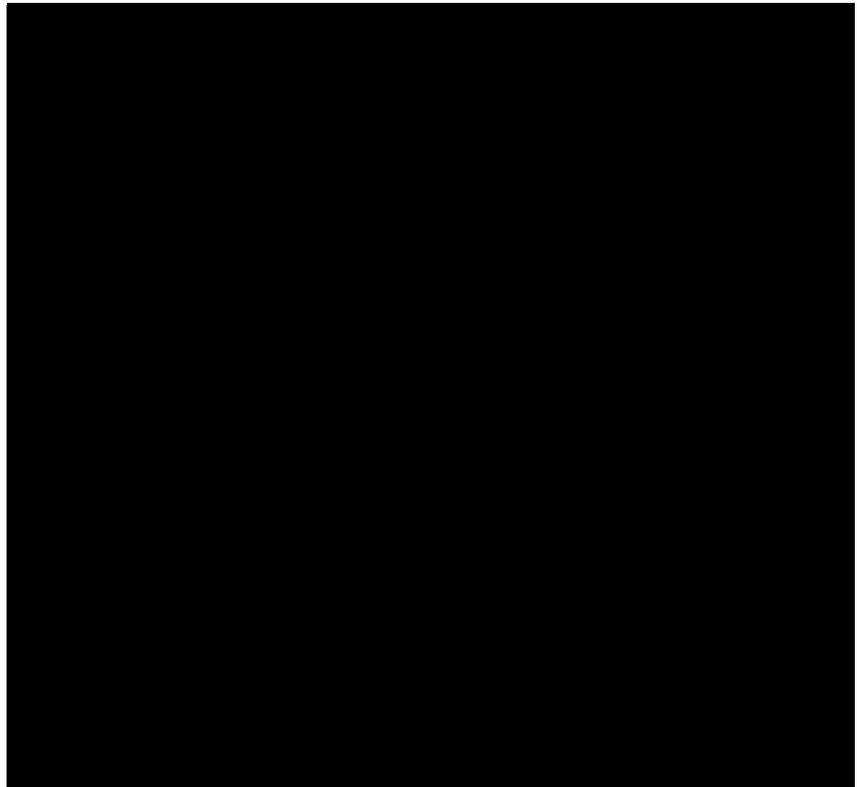
Université de Montréal
Faculté des études supérieures

Cette thèse intitulée
Hiérarchisation perceptive des visages dans l'autisme

présentée par :

Annie Lahaie

A été évaluée par un jury composé des personnes suivantes :



Université de Montréal
Faculté des études supérieures

Cette thèse intitulée
Hiérarchisation perceptive des visages dans l'autisme

présentée par :

Annie Lahaie

A été évaluée par un jury composé des personnes suivantes :

Dre Isabelle Peretz
Président-rapporteur

Dr Martin Arguin
Directeur de recherche

Dr Laurent Mottron
Codirecteur

Dre Maryse Lassonde
Membre du jury

Dre Nathalie George
Examineur externe

Dr Jocelyn Faubert
Représentant du doyen de la FES

Sommaire

Dans le contexte de difficultés sociales chez les personnes autistes, la possibilité de déficits touchant la perception et la reconnaissance des visages a été évoquée. Cependant, la nature exacte du déficit cognitif concernant le traitement des visages demeure inconnue. On avance souvent que les personnes autistes traitent davantage les aspects locaux des visages en raison d'un déficit du traitement des informations configurales. Une hypothèse alternative serait qu'ils traitent les visages de façon plus locale, sans que le traitement configural ne soit déficient. La première expérience examine la présence de l'effet d'inversion d'un visage chez ces individus. En effet, il est généralement admis que l'inversion affecte spécifiquement le traitement des informations configurales contenues dans les visages. Une absence d'effet d'inversion devrait donc être observée dans l'autisme si le traitement de la configuration des visages est perturbé. Une tâche de reconnaissance immédiate sur choix forcé a été administrée aux participants dans deux conditions d'orientation (à l'endroit et inversé). Les résultats démontrent que les personnes autistes présentent un effet d'inversion comparable à celui des participants contrôles, suggérant ainsi un traitement intact des informations configurales contenues dans les visages. La seconde expérience fait usage d'un paradigme d'amorçage permettant d'évaluer l'utilisation relative de l'information configurale et locale lors du traitement des visages. Nos résultats démontrent que l'effet d'amorçage obtenu avec deux types de segmentation faciale chez les autistes est identique à celui observé dans le groupe contrôle. Cependant, lorsqu'une seule partie du visage est présente dans l'amorce, les autistes accèdent significativement plus rapidement que les contrôles à la représentation du visage, ce qui est compatible avec un traitement supérieur des parties en reconnaissance des visages. Ces observations démontrent que le traitement configural des visages est préservé, mais que les parties de visage sont traitées de façon privilégiée chez les personnes autistes comparativement aux participants contrôles.

La présente étude est la première à démontrer directement un biais local dans le traitement perceptif des visages. Par ailleurs, ces résultats sont congruents avec de nombreuses études réalisées dans le domaine non-social qui démontrent un traitement supérieur de l'information locale dans les modalités visuelle et auditive chez les personnes autistes. Ainsi, les anomalies de la perception des visages documentées dans l'autisme ne sont probablement pas liées à des mécanismes spécifiques au domaine social, mais plutôt à un traitement généralement supérieur des aspects locaux du matériel social et non-social.

Mots clés : autisme, perception des visages, local/global, inversion, amorçage perceptif

Abstract

Deficits in face processing have often been reported among individuals with autism, which have been suggested to account for the social difficulties observed in this population. However, the exact nature of the cognitive deficit subtending atypical face processing in autism remains unknown. One hypothesis is that individuals with autism have a deficit in processing configural face information, leading them to rely on local cues alone. An alternative hypothesis is that an enhancement of local processing is present, without any configural face processing deficit. Experiment 1 uses the face inversion effect in order to assess the integrity of configural face processing in individuals with autism. Typically, inversion affects face recognition to a greater degree than object recognition. It is generally agreed that face inversion specifically affects the processing of configural information. If configural processing is disrupted in persons with autism, they should not show the typical face inversion effect. An immediate, forced-choice face recognition task was administered to the participants in two orientation conditions (upright and inverted). The results showed that participants with autism displayed an inversion effect similar to that of control participants, suggesting that the configural processing of faces is intact in this disorder. In experiment 2, we used a priming paradigm that directly assessed both local and configural levels of face processing. The results showed that the priming effects obtained with two types of face segmentation were identical in the autistic and control groups, except that there was a greater priming effect for single face parts in the autistic group. The results of this study demonstrate that the configural processing of faces is intact in autism, but that individuals with this disorder have an enhanced processing of face parts.

This is the first empirical demonstration of a local bias in face processing in autism. These results are consistent with several studies in non-social domains showing an enhanced processing of local information in the visual and auditory domains. Thus, the face processing peculiarities observed in autism are most likely

not linked to a socially-specific mechanism, but instead to a generally enhanced processing of the local aspects of social and non-social information.

Key words: autism, face perception, local/global, inversion, perceptive priming.

Table des matières

SOMMAIRE.....	III
ABSTRACT.....	V
TABLE DES MATIÈRES.....	VII
LISTE DES TABLEAUX.....	VIII
LISTE DES FIGURES.....	IX
LISTE DES FIGURES.....	IX
REMERCIEMENTS.....	XI
REMERCIEMENTS.....	XI
CHAPITRE I: INTRODUCTION GÉNÉRALE.....	1
1. <i>L'autisme.....</i>	<i>3</i>
2. <i>Reconnaissance des visages chez les individus à développement typique.....</i>	<i>7</i>
3. <i>Traitement perceptif des visages dans l'autisme.....</i>	<i>15</i>
4. <i>Modèles du traitement perceptif des stimuli non sociaux dans l'autisme.....</i>	<i>19</i>
5. <i>Traitement hiérarchique des visages dans l'autisme.....</i>	<i>23</i>
6. <i>Objectifs de la thèse.....</i>	<i>24</i>
CHAPITRE II : PARTIE EXPÉRIMENTALE.....	25
EXPÉRIENCE 1: EXAMEN DE L'EFFET D'INVERSION.....	26
1. <i>Contexte.....</i>	<i>26</i>
2. <i>Méthodologie.....</i>	<i>42</i>
3. <i>Résultats.....</i>	<i>50</i>
4. <i>Discussion.....</i>	<i>53</i>
EXPERIENCE 2 : PARADIGME D'AMORÇAGE.....	58
1. <i>Contexte.....</i>	<i>58</i>
2. <i>Méthodologie.....</i>	<i>65</i>
3. <i>Résultats.....</i>	<i>71</i>
4. <i>Discussion.....</i>	<i>80</i>
CHAPITRE III : DISCUSSION GÉNÉRALE.....	84
1. <i>Études comportementales; sphères sociale et non sociale.....</i>	<i>84</i>
2. <i>Bases neuro-fonctionnelles des résultats comportementaux.....</i>	<i>87</i>
3. <i>Le biais local dans l'autisme: étiologies possibles.....</i>	<i>89</i>
4. <i>Complexité neuronale et connectivité cérébrale.....</i>	<i>90</i>
CHAPITRE IV : CONCLUSIONS.....	95
RÉFÉRENCES.....	98
ANNEXE 1.....	121
FACE PERCEPTION IN HIGH-FUNCTIONING AUTISTIC ADULTS: EVIDENCE FOR SUPERIOR PROCESSING OF FACE PARTS, NOT FOR A CONFIGURAL FACE PROCESSING DEFICIT.....	122
<i>Abstract.....</i>	<i>123</i>
<i>Experiment 1: the face inversion effect.....</i>	<i>127</i>
<i>Experiment 2: face priming paradigm.....</i>	<i>136</i>
<i>References.....</i>	<i>152</i>
<i>Author note.....</i>	<i>159</i>
<i>Footnotes.....</i>	<i>160</i>

Liste des tableaux

Tableau 1. Caractéristiques des participants à l'expérience 1.....	44
Tableau 2. Caractéristiques des participants à l'expérience 2.....	66

Liste des figures

- Figure 1. Visage original du premier ministre Jean Charest (à gauche). Visage modifié de Jean Charest (à droite): l'espace entre les yeux et la distance entre le nez et la bouche ont été agrandis. 11
- Figure 2. Visage inversé de Jean Charest modifié. Les modifications de distance sont moins apparentes lorsque le visage est inversé..... 11
- Figure 3. Visage original de Einstein (à gauche). Visage de Einstein (traits authentiques), où les relations configurales ont été modifiées (à droite): la distance est plus grande entre les yeux, ainsi qu'entre le nez et la bouche.28
- Figure 4. Deux oeuvres célèbres du peintre Giuseppe Arcimboldo. *Vertumne, dieu des saisons et des récoltes* (à gauche) et *La corbeille à fruits* (à droite). La "visagéité" perceptible à l'endroit, s'abolit lorsqu'on inverse l'orientation.....29
- Figure 5. L'illusion de Thatcher (Thompson, 1980): l'inversion de certains traits du visage (ici la bouche et les yeux) produit une impression d'étrangeté lorsque l'orientation du visage est habituelle. L'inversion de ce visage fait disparaître l'expression grotesque.....30
- Figure 6. Autre illustration de l'effet d'inversion : le changement de distance entre les traits du visage est moins saillant lorsque le visage est inversé.30
- Figure 7. Moyenne des temps de réponse corrects pour le groupe contrôle (à gauche) et pour le groupe de personnes autistes (à droite) dans la tâche d'appariement sur choix-forcé, avec les visages et les Greebles, en condition à l'endroit et inversée.51
- Figure 8. Moyenne des taux d'erreur pour le groupe contrôle (à gauche) et pour le groupe de personnes autistes (à droite) dans la tâche d'appariement sur choix-forcé, avec les visages et les Greebles, en condition à l'endroit et inversée.53
- Figure 9. Illustration d'un visage segmenté en ses parties naturelles (à gauche) et ses parties arbitraires (à droite).....60
- Figure 10. Illustration d'une amorce constituée de deux parties naturelles (à gauche) et d'une amorce constituée de deux segments arbitraires (à droite).....62
- Figure 11. Tableau des huit visages cibles utilisés dans l'expérience 2.67
- Figure 12. Illustration du visage générique servant d'amorce neutre dans l'expérience 2.68

Figure 13. Graphiques de l'effet d'amorçage en fonction du type de segmentation; parties naturelles (à gauche) et segments arbitraires (à droite). Aut = autistes, Ctrl = contrôles.....74

Remerciements

- À Laurent, qui a dirigé cette thèse et qui tout au long du parcours, m'a fourni les encouragements nécessaires lorsque la motivation n'était plus au rendez-vous. Merci pour ta grande disponibilité, pour ton dynamisme et pour cette passion étonnante que tu sais si bien transmettre... Merci d'avoir été présent durant toutes ces années.
- À Martin, qui a également accepté de me diriger dans ce projet et de guider mes décisions. Merci pour la précision de votre plume et pour vos judicieux conseils tout au long du processus. Merci également de votre confiance et de votre support, malgré les silences parfois prolongés.
- À Claude, maître des chiffres, qui m'a accompagné maintes fois dans les recommencements. Merci pour ton implication toute personnelle, pour ta rigueur et ta grande flexibilité tout à la fois.
- À mes compagnes de parcours, Patricia, Boutheina, Isabelle, Marie-Josée et cie qui apportent une couleur si particulière à l'ambiance et à la vie de labo.
- À Édith, Dany, Isabelle, Alessandra, Élyse, Martine, Stéphanie, Michel et tous les autres qui se reconnaîtront, indispensables amis et confidents sur qui j'ai toujours pu compter. Longue vie à ces liens précieux.
- À mes parents et à mon compagnon de vie, qui ont su m'épauler, croire en moi et tolérer mes distances tout au long du parcours. À mon frère André pour les mêmes raisons, mais aussi pour s'être patiemment (!) soumis à mes expérimentations en tant que participant contrôlé.
- À tous les participants ainsi qu'à leur famille, pour leur précieuse contribution et leur grande disponibilité. Sans eux, tout ce travail n'aurait pu être possible.
- Enfin, merci au Fond pour la Recherche en Santé du Québec, qui durant cinq ans, m'ont octroyé le financement rendant plus confortable la poursuite de ce but.

Je dédie cette thèse à mes parents, qui n'ont jamais douté, ne serait-ce qu'un instant, de la finalité de ce projet.

*"Le visage représente pour nous un alphabet
dans lequel les symboles changent à chaque fois..."*

(Michelle Dawson, 2004)

Chapitre I: Introduction générale

L'autisme est un désordre neurodéveloppemental dont la prévalence est estimée à 10:10 000 (Fombonne, 2003). Ce désordre touche davantage les garçons que les filles, avec un ratio de 3,7/1 pour les personnes avec déficience et autour de 8/1 pour les personnes sans déficience intellectuelle associée (Fombonne, 1998). Dans 25 à 40% des cas, l'autisme est associé à une déficience intellectuelle définie par un quotient intellectuel inférieur à 70 aux échelles d'évaluation standards (Chakrabarti & Fombonne, 2001). L'absence de déficience intellectuelle qualifie l'autisme de "haut niveau", alors que sa présence le qualifie de "bas niveau".

Les conséquences de l'autisme sont nombreuses, affectant diverses sphères de la vie des individus atteints et ce, tout au long de leur existence. Ce désordre fait l'objet de nombreuses investigations dans divers domaines scientifiques et expérimentaux. Parmi ceux-ci, la neuropsychologie cognitive contribue à une meilleure compréhension des signes et symptômes, puisqu'elle a pour objet l'interface entre le fonctionnement cérébral et le comportement. D'une part, à partir de connaissances et de modèles théoriques sur le fonctionnement typique du cerveau, on formule des hypothèses sur les dysfonctionnements cérébraux pouvant engendrer des difficultés au niveau de certaines fonctions cognitives concernées par l'autisme. D'autre part, la caractérisation des fonctions cognitives atteintes, à la lumière des concepts élaborés chez le sujet normal, permet d'unifier et parfois d'expliquer les signes présentés par les personnes autistes, sous plusieurs angles et conditions.

Ce travail de thèse, qui s'inscrit dans le domaine de la neuropsychologie cognitive, vise à examiner de façon plus approfondie les processus de reconnaissance des visages chez les personnes autistes. Son objectif principal consiste à vérifier l'utilisation de stratégies inhabituelles de traitement perceptif pouvant affecter la reconnaissance des visages chez les personnes autistes.

Le visage humain représente une source d'information de première importance concernant les intentions, les attitudes et les états émotifs d'autrui. Ainsi, en s'intéressant particulièrement à la manière dont les personnes autistes appréhendent le visage humain, cette thèse tente d'apporter des éléments de compréhension quant aux déficits de la sphère sociale et interactionnelle, toujours considérés comme primordiaux dans ce désordre.

Dans ce premier chapitre d'introduction générale, l'attention du lecteur sera d'abord portée sur la problématique générale de l'autisme. Ainsi, nous passerons en revue les critères diagnostiques du désordre autistique selon le DSM-IV et nous nous attarderons brièvement à la question de son étiologie. À la suite de ce court exposé, il sera question des hypothèses perceptives dans l'autisme, d'abord dans la sphère non sociale et par la suite dans la sphère sociale. Les processus de traitement des visages ainsi que leurs corrélats neuroanatomiques et neurophysiologiques seront également présentés, chez l'individu à développement typique et chez les personnes autistes. Le deuxième chapitre constitue la partie expérimentale de cette thèse. La première expérience utilise un paradigme d'inversion de visages non familiers afin de vérifier s'il existe, chez les personnes autistes, un déficit dans le traitement des informations configurales contenues dans les visages. La seconde expérience explore l'utilisation respective des informations configurales et des indices locaux lors de la reconnaissance de visages rendus familiers par un apprentissage préalable. Dans cette section expérimentale, les expériences seront présentées dans la forme habituelle (contexte théorique, hypothèses, méthode, résultats, discussion et conclusion). Une discussion générale (chapitre 3) fera suite à la présentation des expériences. Elle aura pour but de résumer les conclusions principales de la thèse et de faire le lien entre les résultats obtenus. Elle permettra de situer l'apport de la présente thèse dans un cadre plus général, soit celui de la compréhension de la symptomatologie clinique de l'autisme.

1. L'autisme

1.1. Critères diagnostiques

Dans le DSM-IV (APA, 1994), l'autisme figure parmi les troubles envahissants du développement. Il représente un désordre développemental dont la présentation clinique est caractérisée par des atteintes dans trois aires spécifiques: les interactions sociales, la communication et la variété des intérêts et des comportements. Sur le plan des interactions sociales, on remarque notamment une difficulté à créer et à gérer des contacts affectifs, une moindre capacité à réguler les interactions sociales à l'aide de comportements non verbaux (e.g. contact visuel, gestes, mimiques) et un manque de réciprocité dans les contacts sociaux. On note également une difficulté à interpréter les intentions et les états émotionnels d'autrui, ainsi qu'une tendance réduite à partager ses intérêts et plaisirs. Au plan communicationnel, les sphères verbale et non verbale sont toutes deux altérées. La communication verbale est caractérisée par une absence totale ou encore un retard de l'apparition du langage parlé, sans qu'il n'y ait compensation par d'autres modalités (ex. : mimiques, regards, gestes). Chez ceux qui développent des habiletés langagières, il demeure difficile d'initier et de soutenir une conversation avec autrui. De plus, certaines particularités langagières demeurent observables dans leur discours. Ainsi, on remarque la présence d'écholalie immédiate et/ou différée¹ (à de bas niveau de développement) et l'usage d'un langage de forme stéréotypée et répétitive (à des niveaux intermédiaires de développement). Le langage est également souvent marqué par des thèmes ou des idées récurrent(e)s, surtout chez ceux qui atteignent le plus haut niveau de développement et, de façon générale, dans le syndrome d'Asperger². Le langage peut parfois même devenir idiosyncrasique, limitant ainsi le décodage du message. La prosodie et le rythme du discours sont

¹L'écholalie consiste en la répétition systématique et rigide de mots, d'expressions ou de phrases prononcés par d'autres personnes. Par exemple, à la question "tu veux un verre d'eau?", la personne répondrait "verre d'eau". L'écholalie peut être immédiate ou différée (phrase répétée plus tard, dans un autre contexte que celui où elle a été entendue).

inhabituels chez plusieurs sujets. La compréhension du langage pose également problème, la plupart saisissant difficilement les double-sens, l'ironie et les plaisanteries. La compréhension des instructions et consignes peut également être affectée. Au plan non verbal, on note l'absence de jeux symboliques ou de faire-semblant, aux périodes où ces comportements sont normalement attendus. En ce qui concerne les intérêts, ceux-ci apparaissent considérablement circonscrits. Enfin, le comportement dans son ensemble est ritualisé, et la résistance au changement est manifeste chez la plupart des personnes autistes. Ainsi, une préoccupation excessive et soutenue pour des objets ou même des parties d'objets (à de bas niveau de développement) ou encore pour des thèmes (à de haut niveau de développement) est fréquente. De plus, des stéréotypies ou des maniérismes moteurs sont souvent observés, lesquels entravent d'ailleurs souvent le fonctionnement quotidien. Par ailleurs, soulignons que pour qu'un diagnostic d'autisme soit posé, il est nécessaire qu'un retard ou des anomalies aient été observés avant l'âge de trois ans, dans au moins une des sphères suivantes : 1) interactions sociales, 2) langage à des fins de communication sociale, 3) jeux symboliques/imaginatifs.

Les répercussions du désordre autistique dans la vie quotidienne sont extrêmement variables selon les individus qui en sont atteints, ce qui s'explique par divers facteurs, dont l'âge, le niveau développemental, le fonctionnement langagier et intellectuel, ainsi que la comorbidité avec d'autres pathologies permanentes ou transitoires (trouble de l'attention avec hyperactivité, trouble de la conduite, dépression, etc.; Lord, 1991).

² Selon des conceptions contemporaines, l'autisme et le syndrome d'Asperger seraient des entités situées sur un continuum. Il y existe donc un large chevauchement des signes cliniques et neuropsychologiques présentés par les deux entités, même si leur unicité, au plan étiologique, demeure encore à établir (Rinehart, Bradshaw, Brereton, Tonge, 2002).

1.2. Étiologie de l'autisme

À ce jour, l'étiologie exacte du désordre n'est pas connue. Ce sont des critères comportementaux qui permettent le diagnostic, puisque aucun marqueur biologique de la maladie n'a encore été identifié. Pour la même raison, il est actuellement impossible de déduire ce qu'il y a de commun entre les divers symptômes observés. Dans la recherche des causes de l'autisme, les travaux réalisés pendant les deux premières décennies suivant la description initiale du syndrome par Kanner (1943) n'ont accordé que très peu de place aux aspects neurobiologiques, au profit des facteurs psychogéniques et environnementaux (voir Rutter, 1999). Par la suite, la recherche s'est progressivement orientée vers des hypothèses cognitives et biologiques afin de comprendre les caractéristiques du désordre. Maintenant, à partir des résultats obtenus dans divers secteurs de recherche, notamment en génétique (Cook, 1998, 2000; Lauritsen & Ewald, 2001, pour des revues récentes), en neurochimie (Trottier, Srivastava, & Walker, 1999; Acosta & Pearl, 2003 pour des revues) et en imagerie cérébrale (Cody, Pelphey, & Piven, 2002; Akshoomoff, Pierce, & Courchesne, 2002 pour des revues), l'hypothèse d'un dysfonctionnement du système nerveux central est largement reconnue dans cette population clinique (Acosta & Pearl, 2003). Ces études ont permis de mieux documenter la physiopathologie de l'autisme, même s'il demeure encore une vaste zone d'incertitude sur les causes exactes du désordre.

1.3. Le déficit social dans l'autisme

"Anyone meeting an autistic child for the first time is immediately struck by his abnormal social behavior" (Langdell, 1978).

Dès leur plus jeune âge, les enfants atteints d'autisme présentent des particularités au niveau de la sphère sociale. Ils ne répondent pas à l'appel de leur

nom, réagissent peu aux sourires et expressions faciales de leurs parents et ne partagent pas leurs découvertes et plaisirs avec l'entourage. Ces indices se modifient au cours du développement, mais les personnes autistes gardent invariablement une difficulté à entrer en relation avec autrui, une tendance à éviter le regard ou à regarder l'interlocuteur de façon trop fixe ou persistante. Ils préfèrent souvent la solitude à la compagnie des autres et demeurent souvent naïfs lorsqu'il s'agit de saisir et de respecter les conventions implicites régissant les interactions sociales.

Parmi les signes cliniques de l'autisme, ces difficultés au plan du fonctionnement social représentent probablement l'aspect le plus étudié et en même temps le moins bien compris du désordre (Lord, 1993). Il existe plusieurs modèles théoriques quant à la nature et l'origine des déficits sociaux dans l'autisme, chacun offrant son interprétation particulière des difficultés. Ainsi, certaines approches conçoivent les anomalies sociales et interactionnelles comme le déficit primaire dans l'autisme (Baron-Cohen, 1995; Happé & Frith, 1995). D'autres chercheurs postulent que les difficultés sociales proviendraient de déficits soit dans le traitement de bas niveau de représentations sociales aussi bien que non sociales (Frith, 1989; Mottron & Belleville, 1993), soit dans le traitement de haut niveau en général, qu'il soit social ou non social (Ozonoff, 1995, Minshew, Goldstein, Muenz & Payton, 1992). La présente thèse, portant sur la reconnaissance des visages chez les autistes, s'inscrit dans ce dernier courant de recherches. Elle vérifie si les personnes autistes perçoivent et traitent différemment les visages humains (processus perceptif) comparativement aux non-autistes, pour ensuite mettre les résultats en lien avec le déficit social retrouvé dans cette population clinique (impact fonctionnel au plan social).

Avant d'aborder la question d'un possible déficit de la reconnaissance des visages chez les personnes autistes, nous décrirons les principales caractéristiques de cette capacité perceptive et mnésique chez l'individu à développement typique.

2. Reconnaissance des visages chez les individus à développement typique

Le visage humain constitue une source majeure d'information qui contribue à l'adaptation et à l'ajustement de l'individu. Ainsi, l'âge et le genre d'une personne, des éléments qui influencent souvent notre comportement et nos attitudes face à autrui, peuvent être inférés à partir d'un bref coup d'œil sur le visage. Le visage est un médium de choix pour l'expression des sentiments et des états mentaux, s'ajoutant et se substituant même parfois à la parole. Un danger peut être évité par l'observation d'un piéton dont le regard se dirige subitement vers une voiture venant dans sa direction. Dans un film muet, les relations et les interactions entre les personnages peuvent être aisément comprises, simplement par l'observation des signes non verbaux subtils transmis par le visage des acteurs, tels que le sourire, le froncement des sourcils, la direction du regard et autres mouvements discrets de la musculature du visage.

Dès leur plus jeune âge, les individus dont le développement est typique montrent une préférence marquée pour le visage humain comparativement à un visage aux traits mélangés (Goren, Sarty & Wu, 1975; Morton & Johnson, 1991). De même, dès l'âge de six mois, les bébés répondent au contenu affectif d'expressions faciales humaines (Walker-Andrew, 1988). Plus il voit de visages, plus l'enfant devient habile à les distinguer et à les reconnaître. Au cours de sa vie, l'individu arrive à identifier des centaines de visages et même davantage, en dépit de leur apparente similarité. Cette capacité résiste même au passage du temps, puisqu'il est parfois possible de reconnaître, des années plus tard, le visage d'une personne qu'on a pourtant vu qu'une seule fois.

La perception et la reconnaissance des visages continuent d'inspirer de nombreuses études, la plupart destinées à la compréhension des mécanismes sous-tendant cette impressionnante habileté. L'un des courants de recherche les plus importants dans le domaine concerne les mécanismes de traitement hiérarchique des visages: le traitement analytique et le traitement configural.

2.1. Aspects analytiques et configuraux du traitement des visages

Les visages représentent une classe relativement homogène de stimuli visuels. Ils sont composés de traits qui sont les mêmes pour tous et ils partagent la même organisation de base. Ainsi, universellement, la position des différents traits par rapport aux autres est toujours la même (yeux toujours au-dessus du nez, bouche invariablement sous ce dernier). Cette grande similarité fait en sorte que l'individualité des différents visages doit être établie par un traitement perceptif très fin, outrepassant l'organisation de base partagée par tous les visages. Ce traitement performant nous permet de reconnaître et de discriminer rapidement et sans effort un nombre extrêmement important de visages (Bahrick, Bahrick & Wittlinger, 1975).

De façon courante, on distingue deux types d'information dans le visage. Les traits du visage (yeux, nez, etc.) représentent des informations qualifiées de "locales" alors que les relations spatiales entre les différents traits (e.g. distance entre le nez et la bouche, distance entre les yeux et le nez, etc.) sont qualifiées d'informations "configurales". Contrairement aux objets de la vie courante, il existe certaines divergences quant à la façon dont les visages sont traités par le système perceptif humain. En effet, il est généralement admis que les objets sont davantage traités de manière analytique, c'est-à-dire par une décomposition en leurs différentes parties (Marr, 1982; Biederman, 1987). Quant aux visages, Diamond et Carey (1986) proposent une théorie à deux niveaux afin de comprendre les mécanismes de reconnaissance des visages. À propos de la configuration visuelle, ils distinguent les relations spatiales de premier ordre et les relations de second ordre. Ainsi, dans un visage, les relations de premier ordre seraient constituées par la position respective des différents traits faciaux par rapport aux autres (yeux au-dessus du nez, nez au-dessus de la bouche, etc.). Ces relations de premier ordre seraient partagées par tous les visages et pourraient par exemple donner lieu à une décision faciale (e.g. visage vs. non-visage). Les relations de second ordre concerneraient les rapports de distance entre les traits qui sont propres à chaque visage. Ce dernier type d'information serait

encodé par référence à un visage prototypique, qui serait la moyenne de tous les visages connus. Reconnaître un visage parmi d'autres demanderait donc, en plus d'en avoir codé les traits particuliers, qu'on ait encodé les relations de deuxième ordre contenues dans ce visage.

La plupart des auteurs s'entendent sur une dominance du traitement configural dans la perception des visages. Cependant, le niveau de prépondérance du traitement configural sur le traitement analytique ne fait pas encore l'unanimité (Maurer et al., 2002). Ainsi, certains soutiennent que les visages sont perçus et traités de manière uniquement holistique (ou configurale), c'est-à-dire comme une entité globale, dans laquelle les parties individuelles ne sont pas représentées en elles-mêmes (Tanaka & Farah, 1993). D'autres considèrent que le traitement configural prédomine dans l'analyse des visages, mais que l'information issue des parties individuelles n'est pas perdue lors de l'appréhension des propriétés configurales ou de la "gestalt" (Tanaka & Sengco, 1997; Leder & Bruce, 2000; Arguin & Saumier, 2003). Cette vue, moins extrême et de plus en plus répandue, accorde donc un rôle prédominant au traitement configural, sans exclure complètement l'apport du traitement analytique des visages.

Plusieurs résultats appuient l'hypothèse d'une dominance du traitement configural. Par exemple, une étude de Young, Hellawell & Hay (1987) démontre que la partie supérieure du visage de célébrités est bien reconnue lorsqu'elle est présentée isolément, ce qui n'est pas le cas lorsqu'elle est combinée avec la partie inférieure d'un autre visage. Cependant, l'effet n'est obtenu que lorsque la partie inférieure ajoutée est parfaitement alignée sur la partie supérieure, donc lorsque les parties juxtaposées forment une configuration faciale. Ainsi, l'effet disparaît si les deux moitiés du visage ne sont pas tout à fait alignées, ce qui milite en faveur d'un traitement prépondérant de la configuration faciale. Les résultats de Tanaka et Farah (1993) démontrent également qu'une partie de visage est mieux reconnue lorsqu'elle est présentée dans le contexte (ou configuration) dans laquelle elle a été apprise précédemment, plutôt qu'isolément ou dans un nouveau contexte facial. Même dans ce dernier cas cependant, la reconnaissance des parties individuelles se trouve néanmoins au-dessus

du niveau du hasard, ce qui indique que les informations locales ne sont pas perdues et ont été explicitement encodées, bien que le traitement configural demeure prépondérant (Macho & Leder, 1998).

La notion voulant que les relations configurales contenues dans les visages font l'objet d'un traitement perceptif privilégié a également reçu un appui indirect provenant d'études portant sur l'effet d'inversion de visages (c.f. infra). La reconnaissance d'un visage dans son orientation habituelle s'avère meilleure et plus rapide que si ce même visage est inversé, un résultat ayant été plusieurs fois mis à l'épreuve au plan expérimental (Yin, 1969; Carey & Diamond, 1977; Ellis, 1975; Scapinello & Yarmey, 1970; Yarmey, 1971; Valentine & Bruce, 1986; Diamond & Carey, 1986; pour une revue, c.f. Valentine, 1988). Cet effet d'inversion observé avec les visages est toujours supérieur à celui que l'on observe en inversant des objets. Il est largement admis que l'inversion d'un visage rend sa reconnaissance difficile car elle perturbe le traitement des relations configurales (ou des relations de second ordre selon la terminologie de Diamond et Carey) contenues dans le visage. Il semble en effet y avoir une altération de la perception des relations spatiales entre les traits du visage lorsque celui-ci est inversé (Bartlett & Searcy, 1993). Une illustration de ce phénomène est obtenue en changeant la disposition spatiale des traits d'un visage (e.g. modification de la distance entre les yeux), une expérience réalisée par Searcy et Bartlett (1996). À l'endroit, le visage nouvellement constitué apparaît grotesque alors qu'inversé, le caractère grotesque disparaît, témoignant de la perte de sensibilité à l'information configurale (voir Figures 1 et 2 pour une illustration du phénomène). Par opposition, les changements faits au niveau des traits faciaux (c.f. ajout d'ombrage sur les dents) confèrent une allure bizarre au visage, et cette fois, tant à l'endroit qu'à l'envers. Ceci est congruent avec la notion d'une perturbation spécifique du traitement des informations configurales par l'inversion du visage alors que le traitement des informations locales ne serait pas perturbé par cette manipulation.



Figure 1. Visage original du premier ministre Jean Charest (à gauche). Visage modifié de Jean Charest (à droite): l'espace entre les yeux et la distance entre le nez et la bouche ont été agrandis.



Figure 2. Visage inversé de Jean Charest modifié. Les modifications de distance sont moins apparentes lorsque le visage est inversé.

2.3. Corrélats neuroanatomiques du traitement des visages

Sur le plan neuroanatomique, les régions cérébrales impliquées dans la perception et la reconnaissance des visages ont d'abord été documentées grâce à des études effectuées auprès de personnes prosopagnosiques. Ces individus sont incapables de reconnaître les visages auparavant familiers, incluant les visages de célébrités, les visages de leurs proches et même leur propre visage dans un miroir (Hécaen & Angelergues 1962; McNeil & Warrington, 1993). Les études effectuées auprès d'animaux et de personnes neurologiquement intactes ont également contribué à notre connaissance des régions cérébrales impliquées sélectivement dans cette capacité.

La prosopagnosie est associée à des lésions du cortex occipito-temporal ventral. Les lésions sont habituellement bilatérales (Damasio, Damasio & Van Hoesen, 1982; Benton, 1980), bien que certaines études suggèrent qu'une lésion confinée à l'hémisphère droit soit suffisante pour induire l'apparition du trouble (Michel, Perenin, & Sieroff, 1986; De Renzi, 1986; Landis, Cummings, Christen, Bogen & Imof, 1986). Cette implication prépondérante de l'hémisphère droit émerge également des études sur le fonctionnement normal des systèmes impliqués dans la perception et dans la reconnaissance des visages (Haxby, et al., 1999; Kanwisher, McDermott, & Chun, 1997). En outre, les études d'imagerie cérébrale fonctionnelle effectuées auprès de sujets neurologiquement sains démontrent que la perception des visages active une région précise du gyrus occipital inférieur, le gyrus fusiforme postérieur. Cette étroite région corticale extrastrisée est souvent appelée "l'aire fusiforme des visages" (AFV; Kanwisher, McDermott, & Chun, 1997; McCarty, Puce, Gore & Allison, 1997; Haxby et al., 1994; Kanwisher, Stanley & Harris, 1999). Cette partie du gyrus fusiforme répond sélectivement aux visages (qu'ils soient familiers ou non), et non aux visages aux traits mélangés ou à d'autres classes d'objets (ex.: maisons, chaises, outils; Kanwisher et al., 1997; Ishai, Ungerleider, Schouten & Haxby, 1999; Chao, Haxby & Martin, 1999). En plus de l'aire fusiforme des visages,

une partie du gyrus occipital inférieur latéral et du sillon temporal supérieur postérieur ont également été identifiées comme étant impliquées dans la perception des visages (Puce, Allison, Bentin, Gore, & McCarthy, 1998; Haxby et al., 1999, Hoffman & Haxby, 2000; Haxby, Hoffman, & Ida Gobbini, 2000 pour une revue).

Les études d'inversion de visages ont également apporté des précisions concernant les corrélats anatomiques du traitement perceptif des visages. Tel que mentionné plus haut, les régions fusiforme et temporale supérieure sont mises à contribution lorsqu'un visage à l'endroit doit être identifié. L'inversion d'un visage diminue légèrement l'activation dans ces régions, mais augmente significativement l'activation de la région occipitale inférieure (qui est préférentiellement activée par les objets autres que des visages; Haxby et al., 1999). En contrepartie, l'inversion d'objets autres que des visages (e.g. maisons) diminue significativement l'activation dans les régions inféro-temporale et temporale médiane (habituellement recrutées pour la reconnaissance des objets à l'endroit), mais ne produit pas d'activation dans les régions fusiformes et temporales supérieures (activées par des visages à l'endroit; Haxby et al., 1999). Ceci suggère que les visages inversés n'activent pas de façon optimale le système neuronal responsable de la perception des visages, mais qu'ils sollicitent *a minima* sa contribution, ne serait-ce que pour reconnaître la catégorie et la configuration de base du visage (un visage inversé demeurant identifiable en tant que visage). De plus, étant donné la difficulté à identifier précisément l'individu lorsque le visage est inversé, d'autres régions cérébrales (habituellement sollicitées pour la reconnaissance des objets) semblent être recrutées pour optimiser le travail perceptif (Haxby et al., 2000). Pour cette raison, on reconnaît généralement que les visages inversés sont traités davantage comme des objets que comme des visages.

Notons par ailleurs que l'AFV semble être davantage impliquée dans le traitement des aspects *invariants* des visages, et moins dans le traitement de ses aspects *changeants*. En effet, toutes les études ayant obtenu une activation sélective de l'AFV ont utilisé des tâches d'observation passive ou encore des tâches dans lesquelles l'attention des participants était orientée vers des aspects invariants du

visage (ex: identifier le genre d'un visage; jugements pareil/différent sur deux visages). Or, lorsqu'on oriente l'attention des individus vers des aspects du visage pouvant varier avec le mouvement, tel que la direction du regard ou l'expression faciale du visage, l'activation de l'AFV est moindre, tandis qu'une région du sillon temporal supérieur est davantage sollicitée (Hoffman & Haxby, 2000; Puce et al., 2003).

Sur le plan neurophysiologique, l'enregistrement des potentiels évoqués cérébraux dans les régions activées lors de la perception des visages a amené la découverte de composantes électrophysiologiques associées spécifiquement à la présentation de visages. L'une d'entre elles est une déflexion négative apparaissant entre 140 et 170 ms (N170) suite à la présentation du stimulus et dont l'amplitude maximale est retrouvée en région occipito-temporale. Elle est plus ample dans l'hémisphère droit, bien qu'elle soit également présente dans l'hémisphère gauche (Sagiv & Bentin, 2001). La composante N170 est évoquée par la présentation de visages humains (photographiés, peints et même schématiques). Elle s'avère toutefois de moindre amplitude lors de la présentation de visages d'animaux ou d'autres objets tels que des voitures, fleurs, papillons, chaises, maisons ou souliers (Bentin, Allison, Puce, Perez & McCarthy, 1996; Sagiv & Bentin, 2001). Étant donné que la N170 est plus ample pour les visages que pour les autres catégories d'objets, certains auteurs ont suggéré une spécificité fonctionnelle de cette composante, reflétant ainsi l'activation de l'AFV (Bentin et al., 1996). Cependant, d'autres études ont suggéré que cette modulation de la N170 ne serait pas spécifique aux visages (Rossion et al., 2000), mais qu'elle pourrait plutôt refléter la mise en action d'un traitement hautement performant déployé en présence de stimuli visuellement homogènes et pour lesquels une expertise particulière a été développée.

En somme, les études comportementales chez des individus neurologiquement intacts, les investigations effectuées chez les personnes cérébrolésées ainsi que les études en neuroimagerie et en neurophysiologie, ont permis de mieux caractériser le traitement des visages chez l'individu à

développement typique. Cette meilleure compréhension du fonctionnement normal autorise l'étude de cette capacité dans des populations cliniques variées, pour lesquelles on soupçonne la présence d'anomalies à ce niveau. L'autisme est l'un des désordres dans lesquels l'étude du traitement perceptif des visages s'avère pertinente.

3. Traitement perceptif des visages dans l'autisme

Les difficultés d'interaction sociale observées chez les personnes autistes et la présence d'indices tels que l'évitement du regard et le manque de réactivité face aux expressions faciales d'autrui, ont conduit à la recherche d'anomalies dans la perception et la reconnaissance des visages dans cette population.

Au-delà des observations cliniques, des études comportementales ont démontré que les enfants autistes présentent des performances inférieures à celles des participants à développement typique dans des tâches de reconnaissance de visages familiers et non familiers (Davis, Bishop, Manstead & Tantam, 1994; Boucher & Lewis, 1992; Gepner, de Gelder & de Schonen, 1996; Hauck, et al., 1995). Les personnes autistes semblent également utiliser des stratégies inhabituelles lors de l'analyse des visages. Par exemple, elles utilisent davantage des indices périphériques (ex.: présence ou non d'un chapeau) lors de tâches de classement d'identité de visages alors que les participants contrôles le font à partir des expressions faciales émotionnelles qu'expriment ces visages (Weeks & Hobson, 1987). Certains résultats suggèrent également que les personnes autistes portent davantage attention à la région de la bouche lorsqu'ils traitent des visages alors que les participants contrôles montrent une préférence attentionnelle vers la région des yeux (Joseph & Tanaka, 2003; Klin, Jones, Schultz, Volkmar & Cohen, 2002). De plus, certaines études ont démontré que les personnes autistes sont plus efficaces (en terme de réponses correctes) que des participants témoins dans la reconnaissance de visages inversés alors qu'ils sont moins performants que ces derniers lorsque les visages sont dans leur

orientation habituelle (Langdell, 1978; Hobson, Ouston & Lee, 1988; Tantam, Monaghan, Nicholson & Stirlong, 1989).

Sur le plan neuroanatomique et neurophysiologique, certaines données indiquent une anomalie touchant directement et indirectement les régions impliquées dans le traitement des visages. L'étude de Schultz (2000) démontre que l'activité cérébrale des personnes autistes durant une tâche de discrimination de visages se concentre davantage dans les régions ventrales extrastriées (gyri parahippocampique et fusiforme moyen) plutôt que dans les aires sélectivement activées par les participants contrôles lors de la perception de visages (gyrus fusiforme latéral). Or, chez l'individu à développement normal, les régions ventrales extrastriées sont sollicitées lors d'épreuves de discrimination d'objets et non lors du traitement des visages. Ainsi, les personnes autistes présentent une moindre activation de l'aire fusiforme des visages, comparativement à des participants à développement typique (Critchley et al., 2000) laquelle est remplacée par une activation des régions typiquement responsables du traitement des objets.

Une étude récente par Hadjikhani et al. (sous presse) démontre toutefois que si l'on contraint les participants à porter attention à la région centrale du visage, une activation normale du gyrus fusiforme est obtenue chez les participants autistes. Les auteurs suggèrent donc que les difficultés rencontrées par ces personnes lors de la perception des visages ne peuvent se résumer à une simple dysfonction du gyrus fusiforme. Des anomalies touchant les réseaux neuronaux plus vastes, impliqués dans la perception et la cognition sociale sont donc suggérées.

Dans le même ordre d'idées, d'autres études démontrent que l'activation de l'amygdale, une structure impliquée dans certaines dimensions du traitement des visages (ex.: détection de la peur sur un visage) est réduite chez les personnes autistes comparativement à des individus neurologiquement intacts (Critchley et al., 2000; Pierce, Muller, Ambrose, Allen & Courchesne, 2001; Schultz et al., 2000). De plus, en élargissant les zones d'observation lors des enregistrements en imagerie cérébrale

fonctionnelle, d'autres particularités chez les participants autistes ont été découvertes. À la vue des visages, on retrouve non seulement une activation des régions cérébrales impliquées habituellement dans le traitement des objets, mais également d'autres régions inattendues, tels que le cortex frontal, le cortex visuel primaire et le cervelet. De plus, ces activations atypiques diffèrent entre les participants. En effet, en plus d'activer des régions cérébrales différentes des individus à développement typique, les personnes autistes ne semblent pas toutes utiliser le même réseau neuronal lorsqu'elles traitent des visages (Pierce et al., 2001).

D'autres particularités ont été mises en évidence par les études électrophysiologiques. Une recherche effectuée auprès de participants autistes révèle que la composante N170 diffère de celle retrouvée chez des individus à développement typique. Ainsi, chez les personnes autistes, la N170 est de plus grande amplitude pour les meubles que pour les visages et se distribue également dans les deux hémisphères plutôt que préférentiellement à droite (McPartland & Panagiotides, 2001). Dans une étude récente, Dawson et al. (2002) ont également montré qu'il y a un effet de la familiarité des visages sur certaines composantes tardives chez l'individu normal, ce qui ne se produit pas chez les personnes autistes. Ainsi, les autistes montrent une activité électrophysiologique comparable pour les visages familiers et non familiers, alors que chez les individus à développement typique, l'activité est modulée par la familiarité des visages. En revanche, face à leur jouet favori, les personnes autistes démontrent une activation différente de celle observée face à un autre jouet, ce qui est également observé chez les enfants à développement typique. Ceci suggère que le traitement des visages ne se fait pas de façon typique chez les enfants autistes, même si le traitement des objets apparaît normal.

Certains résultats d'enregistrements cellulaires et électroencéphalographiques vont également dans ce sens. Des études réalisées chez des individus à développement typique ont démontré l'association entre des décharges neuronales synchronisées dans la bande de fréquence gamma (30-60 Hz) et le processus d'intégration perceptive pour divers objets géométriques ou des visages (Singer &

Gray, 1995). En effet, à la vue d'un objet, des populations de neurones synchronisent leur activité de façon à en intégrer les différentes composantes. Ainsi, il a été démontré que des oscillations au niveau de la bande gamma sont observées environ 250 ms suite à la présentation d'une figure donnant lieu à la perception de contours subjectifs (c.f. figure de Kanizsa; Tallon-Beaudry, Bertrand, Delpuech & Pernier, 1996). L'énergie d'émission de la bande gamma a été examinée lors de la présentation de visages à l'endroit et de visages inversés, afin de tester l'explication de l'effet d'inversion par suppression sélective des processus de traitement configuraux (Grice et al., 2001). Chez les individus neurologiquement sains, l'amplitude des oscillations dans la bande gamma est modulée par l'orientation du visage, c'est-à-dire qu'elle est plus grande lorsque le visage est à l'endroit plutôt qu'inversé. Chez les personnes autistes, des oscillations de la bande gamma sont mises en évidence lors de la présentation des visages (à l'endroit et inversés). Cependant, l'amplitude des oscillations n'est pas modulée par l'orientation du visage, comparativement aux individus neurologiquement sains (Grice et al., 2001). Ceci suggère, selon les auteurs, que l'intégration perceptive s'effectue normalement lors de l'observation de visages à l'endroit, puisque les personnes autistes démontrent des oscillations neuronales synchronisées dans la bande gamma. Cependant, ces individus ne réagissent pas typiquement à l'orientation des visages, du moins sur le plan électrophysiologique. On suggère donc que des stratégies différentes de traitement des visages seraient mises à contribution chez les personnes autistes ou encore que des différences existent quant à leur expertise avec les visages.

En somme, plusieurs résultats montrent la présence d'anomalies et de stratégies inhabituelles chez les individus autistes lorsqu'ils sont confrontés à des tâches de perception, de catégorisation ou de reconnaissance des visages. Ces résultats seraient, pour plusieurs auteurs, liés à un déficit du traitement des informations configurales contenues dans les visages, faisant en sorte qu'ils traitent davantage les aspects locaux (les traits) des visages (Boucher & Lewis, 1992, Davies et al., 1994; Miyashita, 1988; Tantam et al., 1989). Toutefois, les processus locaux et configuraux sous-tendant la perception et le traitement des visages n'ont pas été

étudiés directement dans l'autisme. En effet, l'hypothèse d'un déficit du traitement des informations configurales résulte d'une généralisation intuitive au domaine social, d'une hypothèse initialement formulée pour un matériel non-social. L'interprétation des particularités du traitement des visages comme résultant d'un déficit configural dans l'autisme demeure actuellement spéculative, bien qu'elle soit largement véhiculée dans la littérature.

Afin de mieux comprendre comment l'hypothèse d'un déficit du traitement configural des visages a été avancée dans l'autisme, nous présenterons brièvement les interprétations des résultats obtenus à partir de stimuli non sociaux. Nous décrirons dans un premier temps, la théorie de la faiblesse de la cohérence centrale (FCC; Frith, 1989; Frith, 2003; Happé, 1999) pour présenter ensuite l'hypothèse d'un surfonctionnement perceptif dans l'autisme (Mottron & Burack, 2001).

4. Modèles du traitement perceptif des stimuli non sociaux dans l'autisme.

4.1. Théorie de la faiblesse de la cohérence centrale

Plusieurs signes précoces et tardifs observés dans l'autisme suggèrent des anomalies ou des particularités touchant le traitement des stimuli non sociaux. À titre d'exemple, il est largement reconnu que les personnes autistes démontrent des habiletés particulières dans certaines sous-échelles des tests d'intelligence. Ainsi, ils obtiennent des résultats souvent supérieurs à leur niveau d'intelligence général aux épreuves de reproduction de modèles avec blocs (Shah & Frith, 1993). De même, ils se montrent supérieurs dans des tâches de détection de figures cachées à l'intérieur de configurations visuelles complexes (Jolliffe & Baron-cohen, 1997) et bénéficient moins d'une organisation canonique lorsqu'ils doivent comptabiliser des ensembles

de points (Jarrold & Russel, 1997). De plus, ils ont moins tendance à se servir d'un contexte linguistique pour prononcer correctement des homographes lors de tâches où ils doivent lire des phrases à haute voix (Frith & Snowling, 1983; Happé, 1997) comparativement à leurs pairs.

La présence de tels indices a donné naissance au modèle de "faiblesse de la cohérence centrale" chez les personnes autistes (Weak Central Coherence; Frith, 1989). La cohérence centrale serait un style de traitement de l'information qui se définit par la tendance spontanée, chez l'individu à développement typique, à intégrer l'information au contexte auquel elle appartient. Cette tendance ne serait pas spécifique à une classe particulière de contenu, mais serait plutôt généralisée à la plupart des opérations cognitives comportant plusieurs niveaux de traitement, que ce soit une gestalt au niveau perceptif, un contexte pour l'encodage, ou un réseau sémantique pour la mémorisation. Un déficit perturbant cette tendance spontanée occasionnerait donc une anomalie générale de l'intégration des éléments d'un niveau subordonné dans un niveau supérieur. Chez les personnes autistes, un tel déficit expliquerait la tendance à privilégier un traitement perceptif orienté vers les aspects locaux (détails, textures, parties) des stimuli. Les performances très élevées obtenues dans diverses tâches visuospatiales telles que les dessins avec blocs, ne seraient alors qu'une conséquence parmi d'autres d'un principe s'appliquant également à l'ensemble de la cognition (langage, mémoire, perception musicale, etc.).

4.2. Modèle du surfonctionnement perceptif

La théorie de la faible cohérence centrale a donné lieu à de nombreuses expériences visant à opérationnaliser, chez les autistes, la notion d'intégration entre divers niveaux. Pour ce faire, divers paradigmes ont été utilisés, notamment des stimuli hiérarchiques inspirés de ceux conçus par Navon (1977). Dans ce type de tâche, les stimuli globaux sont de grandes lettres composées de petites lettres,

lesquelles constituent le niveau local du stimulus. Les participants doivent identifier, selon la demande, la cible globale (grande lettre) ou la cible locale (petite lettre). Typiquement, les participants perçoivent plus rapidement le niveau global que le niveau local (avantage global). Ils sont également incapables de traiter le niveau local, sans être influencés par le niveau global (interférence globale). Ainsi, lorsqu'ils doivent identifier les petites lettres composant la grande, ils sont ralentis dans la condition "incongruente", soit lorsque la grande lettre est différente des petites lettres qui la composent (Navon, 1977). Ces deux phénomènes constituent ce qui a été appelé la "précédence globale".

L'utilisation de tels stimuli hiérarchiques auprès de personnes autistes n'a pu mettre en évidence un déficit du traitement global (Mottron, Burack, Stauder & Robaey, 1999; Rinehart, Bradshaw, Moss, Brereton & Tonge, 2000), car les personnes autistes ont présenté la précédence globale attendue en présence des stimuli hiérarchiques, et ce, au même titre que leurs contrôles appariés. L'absence d'un tel déficit contredisait la théorie de la faible cohérence centrale, qui prédit un déficit à ce niveau. Malgré cela, dans plusieurs expériences comportant des niveaux hiérarchiques, il a tout de même été possible de démontrer un biais local du traitement perceptif. Ainsi, toujours avec des stimuli hiérarchiques de type Navon, Rinehart et al. (2000) ont fait ressortir un biais local chez les personnes autistes, en présence toutefois d'une précédence globale intacte. Plus spécifiquement, les participants autistes identifiaient plus lentement une configuration globale lorsque les stimuli locaux étaient incongruents (ex.: "1" fait de petits "2") comparativement à leurs contrôles appariés. L'information locale affectait donc le traitement des stimuli globaux chez les participants autistes, ce qui n'était pas le cas chez les contrôles. Ce biais local lors du traitement de stimuli hiérarchiques a également été démontré chez les personnes autistes en condition d'attention divisée (Plaisted, Sweettenham & Rees, 1999), où le sujet devait porter attention conjointement aux deux niveaux hiérarchiques parce qu'il ignorait a priori à quel niveau se trouvait la cible. De même, on a retrouvé un biais local lors de tâches de construction graphique, les autistes débutant leur production par des éléments locaux alors que les participants contrôles

commençaient par les aspects globaux du dessin (i.e. contour et axes principaux). Les personnes autistes se sont également avérées plus rapides que les participants contrôles dans la copie de figures impossibles, dont l'impossibilité ne se détectait qu'à un niveau global de traitement perceptif (Mottron, Belleville & Ménéard, 1999). Enfin, dans les tâches de reproduction de modèles avec des blocs, on remarque que si le modèle à reproduire est pré-segmenté, la performance des participants contrôles devient similaire à celle des participants autistes. Ceci indique que les personnes autistes, en comparaison aux individus à développement typique, montrent une tendance spontanée à segmenter la configuration originale, ce qui optimise considérablement leur performance dans ce genre de tâche visuoconstructive (Shah & Frith, 1993). Ceci s'avère compatible avec la présence d'un traitement local préférentiel.

D'autres études ont investigué la perception visuelle à un niveau plus élémentaire, c'est-à-dire par des tâches de détection d'éléments simples tels que des lettres incluses parmi d'autres lettres qui ne s'en distinguent que par un attribut élémentaire (e.g. couleur) ou par la combinaison de deux attributs (lettre de l'alphabet et couleur; Plaisted, O'Riordan & Baron-Cohen, 1998a). De même, des tâches de discrimination de paires de stimuli non familiers ne différant que par des propriétés physiques difficilement détectables (Plaisted, O'Riordan & Baron-Cohen, 1998b) ont été administrées à des individus autistes. Dans ces tâches, les personnes autistes se sont avérées plus performantes que les individus à développement typique. En somme, tous ces résultats, provenant tant des paradigmes cognitifs que psychophysiques, démontrent une tendance chez les personnes autistes à focaliser sur les aspects locaux des stimuli, ce qui pourrait expliquer l'impact réduit des aspects globaux de l'information.

Le modèle de surfonctionnement perceptif est donc un modèle voisin de la théorie de la faible cohérence centrale. Il soutient toutefois l'absence de déficit du traitement global, en présence d'un biais local s'expliquant possiblement par une

contribution plus importante du traitement de bas niveau pour différentes modalités (Mottron & Burack, 2001).

5. Traitement hiérarchique des visages dans l'autisme

Tel que décrit dans la section précédente, c'est à partir des résultats obtenus dans le domaine non social que les interprétations concernant le traitement des visages chez les autistes ont été formulées. En effet, les études portant sur la perception et la reconnaissance des visages chez les autistes n'ont pas investigué directement l'intégrité du traitement perceptif aux niveaux hiérarchiques local et global, afin de vérifier si les interprétations valables pour le domaine non social l'étaient également pour le domaine social. En fait, une seule étude jusqu'à maintenant (Joseph & Tanaka, 2003) a examiné directement l'intégrité du traitement holistique/configural des visages dans l'autisme. Ces auteurs ont comparé la capacité d'enfants autistes à reconnaître une partie de visage (yeux, bouche, nez) présentée dans le contexte facial où elle avait été préalablement apprise, à leur capacité à reconnaître cette même partie présentée isolément. Comme les individus à développement typique, les enfants autistes se sont montrés plus performants à reconnaître une partie présentée dans son contexte d'apprentissage plutôt que présentée isolément. Cet avantage dû au contexte était observé lorsque les visages étaient présentés à l'endroit, mais pas lorsqu'ils étaient présentés à l'envers. Un effet d'inversion était donc présent chez les personnes autistes comme chez les participants contrôles. L'avantage dû au contexte, tout comme la présence d'un effet d'inversion, sont des indications à l'effet qu'un traitement configural est à l'œuvre. Joseph et Tanaka (2003) ont donc conclu qu'il est erroné d'affirmer que les personnes autistes ne peuvent traiter les informations configurales contenues dans les visages, contredisant ainsi les interprétations avancées précédemment. Il s'agit du premier résultat allant dans le sens d'une préservation du traitement configural des visages chez les autistes, qu'il demeure cependant nécessaire de répliquer en faisant usage

d'autres paradigmes. De plus, la question d'un possible biais local pouvant rendre compte des anomalies retrouvées dans plusieurs études demeure toujours ouverte.

6. Objectifs de la thèse

La présente thèse a pour objectif d'investiguer les traitements analytique et configural des visages chez les personnes autistes à l'aide de deux paradigmes expérimentaux distincts, soient l'effet d'inversion de visage et l'effet d'amorçage de parties de visages.

Chapitre II : partie expérimentale

Expérience 1

Examen de l'effet d'inversion des visages.

Expérience 2

Investigation des processus de traitement des visages par un paradigme d'amorçage.

Expérience 1: examen de l'effet d'inversion

1. Contexte

1.1. Effet d'inversion chez les individus à développement typique

La perception des visages humains est considérablement affectée par leur orientation. Le visage de quelqu'un, selon qu'on le regarde à l'endroit ou à l'envers, n'a pas la même apparence dans les deux orientations. L'expression faciale est également moins saillante lorsque le visage qui l'arbore est inversé, une observation d'ailleurs familière aux artistes depuis plusieurs siècles (Parks, Coss & Coss, 1985).

L'effet d'inversion de visages (EIV) se définit comme la réduction d'efficacité à reconnaître un visage lorsqu'il est inversé, réduction qui est plus marquée que pour toute autre catégorie d'objets "mono-orientés" i.e. étant presque toujours vus dans la même orientation (Rossion & Gauthier, 2002). Depuis les trois dernières décennies, les études comportementales ont mis en évidence cette chute de performance dans la reconnaissance des visages lorsque ceux-ci sont inversés en utilisant diverses procédures et méthodologies (voir Valentine, 1988 pour une revue).

Il existe un effet d'inversion pour d'autres catégories de stimuli tels que des scènes complexes (Dallett, Wilcox & D'Andrea, 1968) des paysages (Diamond & Carey, 1986), des chiens, des immeubles (Scapinello & Yarmey, 1970), des maisons, des avions, des ponts et des costumes (Yin, 1969; 1970). Ainsi, comme les visages, ces éléments sont mieux reconnus lorsqu'ils sont présentés dans leur orientation habituelle plutôt qu'inversés. Toutefois, l'effet d'inversion de ces objets est toujours moindre que celui obtenu avec les visages (Yin, 1969; 1970).

1.2. Quelle est la nature du phénomène d'inversion?

Que sous-tend exactement l'effet d'inversion et pourquoi serait-il plus important pour les visages? Avant de répondre à ces questions, il convient de se rappeler quelques notions concernant les visages en tant que stimuli visuels.

Comparativement à la plupart des catégories d'objets connus, les visages représentent un ensemble dont les exemplaires sont physiquement similaires, formant ainsi une catégorie très homogène. Nous sommes exposés à un nombre considérable de visages au cours de notre vie. Malgré cela, nous arrivons à nous souvenir de visages vus des années auparavant, ou tout au moins, à éprouver un certain sentiment de familiarité, même lorsque le nom et l'identité de la personne ne nous sont pas accessibles. Compte tenu de leur importante ressemblance intra-catégorielle, il est peu probable que la reconnaissance des visages repose uniquement sur un traitement de la forme des parties (bouche, yeux, etc.). Un traitement plus performant doit être mis en place, afin d'outrepasser l'importante similarité intra-catégorielle des visages. Il est maintenant reconnu que ce traitement repose en majeure partie sur une analyse de l'espacement et des relations spatiales entre ces parties (que l'on qualifie d'informations configurales ou de relations de deuxième ordre selon les terminologies). Le traitement des informations configurales contenues à l'intérieur d'un visage permettrait une meilleure discrimination entre les différents visages et conséquemment, une capacité accrue à les individualiser (Diamond & Carey, 1986). Ceci expliquerait d'ailleurs pourquoi nous sommes si sensibles aux différences subtiles dans la distance relative entre les traits faciaux. En effet, un changement de distance peut modifier significativement l'apparence globale d'un visage (voir Figure 3), même si les traits individuels n'ont subi aucune modification.



Figure 3. Visage original de Einstein (à gauche). Visage de Einstein (traits authentiques), où les relations configurales ont été modifiées (à droite): la distance est plus grande entre les yeux, ainsi qu'entre le nez et la bouche.

Le phénomène d'inversion de visages a fait l'objet de nombreuses études utilisant des stimuli, des méthodologies et des paradigmes variés dans le but d'en comprendre les causes. Ainsi, il est maintenant largement admis que l'inversion d'un visage nuit à l'extraction et au traitement des informations configurales contenues dans ce dernier. Par exemple, Moscovitch, Winocur et Behrmann (1997) ont examiné l'effet d'inversion en utilisant les peintures de Giuseppe Arcimboldo, un peintre italien de la renaissance. Les œuvres les plus célèbres de ce peintre représentent des "visages" composés de végétaux, de minéraux, d'animaux ou d'objets. Dans ces peintures, les éléments sont juxtaposés de façon à ce que l'ensemble de l'image représente un visage humain (voir Figure 4), sans cependant qu'aucune partie de visage (ex : bouche) ne soit représentée. Lorsqu'on inverse ces "visages", la "visagété" observable à l'endroit n'est presque plus perceptible (Moscovitch et al., 1997). C'est donc l'organisation des différents éléments en une configuration particulière qui permettrait la perception d'un visage lorsqu'il est à l'endroit. La difficulté à reconnaître une configuration de visage lorsque l'image est inversée semble donc signifier que cette configuration n'est plus traitée en condition inversée.



Figure 4. Deux œuvres célèbres du peintre Giuseppe Arcimboldo. *Vertumne, dieu des saisons et des récoltes* (à gauche) et *La corbeille à fruits* (à droite). La "visagété" perceptible à l'endroit, s'abolit lorsqu'on inverse l'orientation.

D'autres méthodologies ont permis de documenter la nature de l'effet d'inversion. Par exemple, des études démontrent qu'en modifiant le visage à un niveau local (par exemple en noircissant les dents ou les sourcils), l'apparence grotesque est la même, que le visage soit à l'endroit ou inversé. En revanche, si l'on modifie les relations spatiales contenues dans ce visage (par exemple la distance entre les deux yeux), l'apparence bizarre du visage est perçue lorsqu'il est présenté à l'endroit, mais l'est beaucoup moins lorsque le visage est présenté à l'envers (Searcy & Bartlett, 1996; Leder & Bruce, 1998).

De même, une expérience réalisée par Thompson (1980) démontre que l'inversion de certains traits dans un visage à l'endroit produit une expression grotesque. Lorsque ce même visage est inversé, l'expression n'apparaît plus aussi grotesque. Comme cette expérience avait pratiqué l'inversion de la bouche et les yeux de l'ex-première ministre britannique Margaret Thatcher; cette opération a été appelée par la suite "thatcherisation" (voir Figure 5). Bartlett et Searcy (1993) expliquent ce phénomène par le fait qu'inverser les traits d'un visage change les relations configurales entre les parties du visages, mais ne change pas les informations locales, puisque les traits sont les mêmes. L'inversion du visage

"thatcherisé" rend les changements moins évidents puisque le visage ainsi inversé rend le traitement de la configuration inactif et l'analyse ne repose plus que sur l'analyse des traits, lesquels sont restés identiques.

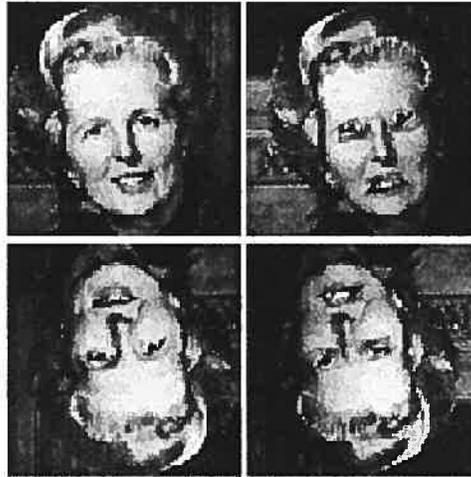


Figure 5. L'illusion de Thatcher (Thompson, 1980): l'inversion de certains traits du visage (ici la bouche et les yeux) produit une impression d'étrangeté lorsque l'orientation du visage est habituelle. L'inversion de ce visage fait disparaître l'expression grotesque.



Figure 6. Autre illustration de l'effet d'inversion : le changement de distance entre les traits du visage est moins saillant lorsque le visage est inversé.

Une étude de Mondloch, Le Grand et Maurer (2002) appuie également cette interprétation de l'effet d'inversion. Dans cette expérience, un visage est transformé de façon à créer trois ensembles de visages destinés à solliciter des traitements perceptifs distincts (traitement local, traitement configural et traitement du contour). Dans la condition "traitement local", les visages diffèrent seulement par la forme de leurs yeux et de leur bouche. Dans la condition "traitement configural", les visages diffèrent seulement par la distance de leurs yeux et de leur bouche par rapport aux autres parties. Dans la condition "traitement du contour", les visages diffèrent uniquement par la forme de leur contour facial. Dans une tâche de discrimination sur choix forcé, les participants adultes présentent un effet d'inversion significativement plus important dans la condition "traitement configural". Cette condition semble donc solliciter davantage le traitement configural, puisque son traitement est spécialement affecté par l'inversion des visages.

L'inversion affecterait donc le traitement configural des visages. Bien que ceci soit généralement admis, le terme "informations configurales" demande toutefois à être précisé davantage. En effet, bien qu'il soit largement véhiculé dans la littérature portant sur la perception des visages, sa signification n'est pas exactement la même pour tous les auteurs. En effet, on s'entend généralement sur l'importance toute particulière que revêtent les informations configurales dans le traitement des visages. Toutefois, le caractère "décomposable" de la configuration ne fait pas l'unanimité.

Certains auteurs sont d'avis que les visages sont traités comme un tout ou une gestalt dont les parties et les relations entre ces parties ne sont pas représentées de façon indépendante, i.e. ne sont pas encodées individuellement (Tanaka & Farah, 1993; Farah, Tanaka & Drain, 1995; Farah, Wilson, Drain & Tanaka, 1995). Il s'agit donc d'une conception dite "holistique" du traitement des visages. Pour ces auteurs, l'effet d'inversion serait donc causé par une perturbation du traitement de la configuration faciale *entière*.

Par opposition, d'autres auteurs considèrent le visage comme un tout moins "unitaire" et plus décomposable. Il s'agit des tenants de l'approche "relationnelle". Selon cette approche, le visage serait traité par le biais d'une analyse des traits ainsi que des relations entre ceux-ci. Les diverses relations spatiales entre les parties (ex. relation entre les yeux, relation entre le nez et la bouche) seraient donc représentées en elles-mêmes. Ainsi, pour les tenants de l'approche "relationnelle", l'effet d'inversion pourrait être observé même sur présentation d'un visage incomplet et non pas uniquement en présence de la gestalt complète.

Les travaux de Leder et Bruce (2000; expérience 4) appuient l'approche "relationnelle". Dans l'une de leurs études, les participants ont d'abord appris à nommer huit visages qui se distinguaient uniquement en termes de distance entre leurs traits. Ensuite, ils ont eu à identifier à qui appartenaient des parties, présentées soit en l'absence d'un contexte facial (seulement un bout de nez et la bouche, incluant la distance entre les deux) ou incluses dans un contexte facial (une partie du nez et la bouche, comprenant la distance entre les deux, incluses dans un contour de visage). Ces tâches ont été menées en condition inversée ou non. Les auteurs testaient ainsi l'hypothèse que si le visage était appréhendé uniquement de manière holistique, l'absence d'un contexte facial abolirait probablement l'effet d'inversion. Les résultats démontrent un effet d'inversion significatif pour les parties présentées sans contexte facial. Ceci suggère que la présence du visage entier n'est pas nécessaire pour qu'un effet d'inversion survienne, ce qui contredit l'hypothèse d'un traitement strictement "holistique" des visages.

Les résultats obtenus par les tenants de l'approche relationnelle démontrent donc que les effet configuraux (notamment l'effet d'inversion) peuvent survenir même en présence d'un visage incomplet, donc plus "localement", à condition qu'au moins une relation entre les parties (ex. distance inter-oculaire) soit présente (Leder, Candrian, Huber & Bruce, 2001).

En somme, l'analyse typique d'un visage semble impliquer un traitement des traits du visage, mais également, et de façon prépondérante, des différentes relations configurales existant entre les traits. De plus, ce traitement ne reposerait pas seulement sur une analyse de la configuration globale émergeant du visage complet. L'approche relationnelle obtient en effet de plus en plus d'appuis au plan expérimental comparativement à l'approche holistique. L'effet d'inversion serait donc attribuable à une perturbation du traitement des informations configurales contenues dans les visages et pourrait même survenir en présence d'un visage incomplet, pour autant qu'un minimum de relations configurales soit présent.

Connaissant mieux ce qui sous-tend le phénomène d'inversion des visages, ce dernier devient un moyen intéressant pour étudier la nature des troubles de la reconnaissance des visages observés dans certaines pathologies. Nous présenterons d'abord la prosopagnosie, en abordant ensuite brièvement la question de la spécialisation cérébrale pour les visages. Nous nous attarderons ensuite davantage à l'autisme, la population faisant l'objet de cette thèse.

1.3. Prosopagnosie et effet d'inversion

La prosopagnosie est un trouble rare survenant suite à une lésion cérébrale (Bodamer, 1947). Les patients présentant une telle affection ont perdu la faculté de reconnaître les personnes familières seulement à partir de leur visage. Ils n'y arrivent qu'à partir d'indices périphériques et/ou locaux tels que le son de leur voix, leurs vêtements ou un bijou saillant. C'est d'ailleurs une stratégie fréquemment utilisée par ces patients dans le but de contourner leur difficulté et ses impacts au quotidien (Bliem, 1996; Mineau & Mottron, 1998; Schiavetto et al., 1996;). Habituellement, ces patients peuvent reconnaître les objets courants et les mots (DeRenzi, 1986) et ils demeurent capables de catégoriser les visages (visage vs. non-visage). Le déficit semble donc être davantage au niveau de la discrimination intra-catégorielle plutôt qu'inter-catégorielle (Damasio et al., 1982). Plusieurs auteurs suggèrent donc que l'habileté perdue dans la prosopagnosie concerne spécifiquement le traitement des

informations configurales (ou de second-ordre, selon la terminologie de Diamond & Carey, 1986) qui permettent une discrimination intra-catégorielle.

Contrairement aux individus neurologiquement intacts, certains patients prosopagnosiques démontrent une performance supérieure en présence de visages inversés comparativement aux visages à l'endroit (Farah et al., 1995; de Gelder, Bachoud-Levi & Degos, 1998; de Gelder & Row, 2000) plutôt qu'une simple absence de l'effet d'inversion. Cette meilleure performance en condition inversée va à l'encontre de l'hypothèse d'une simple déficience du traitement configural qui implique que le système de traitement analytique serait utilisé seul et de manière compensatoire pour différencier les visages. En effet, si tel avait été le cas, on aurait dû observer une performance identique pour les visages inversés et pour les visages à l'endroit, car le même système d'analyse aurait été appliqué, sans égard à l'orientation. Afin d'expliquer la meilleure performance de certains prosopagnosiques avec les visages inversés, il est donc suggéré que le système de traitement configural demeurerait actif, en dépit que son fonctionnement soit anormal. Par conséquent, il viendrait en quelque sorte nuire à l'analyse des traits individuels lorsque le visage est à l'endroit (de Gelder & Rouw, 2000). Lorsque le visage est inversé, le fonctionnement anormal du système de traitement configural ne pourrait interférer avec le traitement analytique puisque qu'en condition inversée, les processus de traitement de la configuration ne sont pas recrutés.

La présence d'un effet d'inversion anormal chez les patients prosopagnosiques suggère que ce phénomène est sensible aux dysfonctionnements cérébraux affectant le traitement des visages. Les interprétations avancées concernant leur performance occasionnellement supérieure en présence de visages inversés rappellent encore une fois que le phénomène d'inversion est étroitement lié au traitement configural.

1.4. Spécialisation cérébrale pour le traitement des visages

On ne pourrait parler de prosopagnosie sans aborder, ne serait-ce que brièvement, la question de la spécialisation cérébrale pour les visages. L'existence de patients cérébrólésés ayant sélectivement perdu l'habileté à reconnaître les visages a longtemps milité en faveur d'un système cérébral spécialisé exclusivement dans le traitement des visages (Yin, 1969, Farah et al., 1995). De même, l'effet d'inversion plus prononcé avec les visages qu'avec d'autres objets chez l'individu neurologiquement intact appuie, pour plusieurs, l'idée d'une spécialisation cérébrale pour la reconnaissance des visages (Yin, 1969, Farah et al., 1995).

La question d'une atteinte exclusive de la perception des visages dans la prosopagnosie est toutefois souvent remise en question. En effet, certains patients prosopagnosiques présentent une atteinte également pour des objets faisant partie d'une catégorie visuellement homogène, tels que des voitures ou des immeubles. Ceci suggère la possibilité que les personnes prosopagnosiques aient perdu la capacité non pas à reconnaître les visages proprement dits, mais d'une manière générale à discriminer entre les exemplaires faisant partie d'une catégorie visuellement homogène (Damasio et al., 1982). Ainsi, un système de traitement perceptif non spécifique aux visages pourrait être sollicité lors de l'analyse visuelle de *toute* classe de stimuli dont les exemplaires sont similaires, qui partagent la même configuration de base et qui requièrent un certain degré d'expertise pour donner lieu à une discrimination fine (Diamond & Carey, 1986; Gauthier & Tarr, 1997; Rossion & Gauthier, 2002).

Certaines études sur l'effet d'inversion appuient d'ailleurs l'hypothèse de non-spécificité. En effet, sous certaines conditions, un effet d'inversion de même amplitude que celui rapporté pour les visages peut être observé pour d'autres catégories de stimuli. Diamond & Carey (1986) ont ainsi démontré un effet d'inversion pour les chiens, dont la taille est comparable à celui observé pour les

visages, lorsque les participants sont des experts en la matière (juges d'expositions canines) et qu'ils peuvent discriminer efficacement les différentes espèces de chiens.

De plus, sur le plan neuroanatomique, les régions cérébrales sollicitées par les visages peuvent être recrutées lors de tâches de discrimination d'oiseaux et de voitures, mais ce, uniquement chez des individus présentant une expertise dans ces domaines (Gauthier, Skudlarski, Gore & Anderson, 2000). Le développement d'une expertise dans un champ particulier irait donc de pair avec un traitement de plus en plus poussé des relations configurales existant entre les parties constituantes des exemplaires du domaine d'expertise. Ceci mènerait progressivement à une meilleure discrimination des exemplaires visuellement très similaires. L'effet d'inversion observé chez les experts de certains domaines autres que les visages pourrait donc s'expliquer par la présence d'une plus grande sensibilité aux informations configurales chez ces gens, considérant que l'inversion perturbe précisément le traitement de ce type d'information. Des effets d'inversion de la même amplitude que ceux observés avec les visages pourraient donc être observés avec d'autres classes d'objets visuellement similaires pour lesquelles on possède l'expertise suffisante. Les visages possèdent ces caractéristiques et constituent probablement le domaine d'expertise le plus universel qui soit.

Quoiqu'il en soit, la question de la spécialisation cérébrale pour le traitement des visages demeure toujours un sujet vivement débattu. Il existe toujours des données contradictoires, tantôt appuyant et tantôt allant à l'encontre de la spécificité cérébrale des visages. Par exemple, la littérature fait état de certains patients prosopagnosiques qui demeurent capables de reconnaître des stimuli aussi similaires entre eux que les visages, tels que des faciès d'animaux (McNeil & Warrington, 1993) ou des pièces de monnaie particulières (De Renzi, 1986), ce qui remet en doute la non-spécificité du trouble aux visages.

En somme, que la spécialisation cérébrale pour le traitement des visages soit exclusive à cette catégorie ou qu'elle s'étende à toute classe de stimuli hautement

similaires et nécessitant une expertise, la capacité à analyser les relations configurales semble nécessaire dans les deux cas. L'effet d'inversion conserve donc son intérêt pour l'étude des problèmes de reconnaissance des visages observés dans d'autres pathologies.

1.5. L'effet d'inversion dans l'autisme et traitement des informations configurales

Dans l'autisme, les anomalies retrouvées en reconnaissance des visages ne sont pas aussi sévères que celles observées dans la prosopagnosie. Néanmoins, on suggère parfois que les difficultés sociales des autistes pourraient être attribuables à un manque d'expertise avec les visages (Schultz et al., 2000). En effet, les personnes autistes présentent dès les premières années de la vie, une tendance à éviter le regard d'autrui. Ils préfèrent aussi généralement être en présence d'objets plutôt qu'en contexte relationnel. Ceci pourrait empêcher que ces individus développent une expertise suffisante dans le traitement des visages. Aussi, tel que discuté précédemment, une moindre expertise avec les visages pourrait aller de pair avec un déficit du traitement des relations configurales.

L'hypothèse d'un déficit du traitement configural des visages dans l'autisme demeure encore spéculative. En effet, comme nous avons vu dans l'introduction générale, les hypothèses formulées pour rendre compte des anomalies retrouvées chez les autistes dans certaines tâches de reconnaissance de visages ont été inspirées des résultats obtenus dans le domaine non social et des interprétations conséquentes. Voici un bref rappel des deux théories principales cherchant à expliquer les résultats obtenus dans le domaine de la perception non sociale.

La théorie de la faiblesse de la cohérence centrale suggère une difficulté à faire l'intégration des éléments locaux en un tout significatif. Ce "style cognitif" selon l'expression de F. Happé (1999) pourrait se généraliser à tous les domaines de la cognition, incluant la perception visuelle. Appliquée au domaine du traitement facial,

la théorie de la faiblesse de la cohérence centrale suppose donc un trouble d'intégration des différentes parties du visage, *résultant* en un traitement prépondérant des traits individuels. Le traitement de la configuration faciale serait donc le déficit primaire expliquant les anomalies du traitement des visages chez ces individus. Or, en vérifiant directement la présence d'un déficit au plan de l'intégration perceptive, cette fonction s'est avérée intacte chez les personnes autistes, du moins en ce qui a trait au domaine non social. On ignore encore ce qu'il en est pour la reconnaissance des visages.

Une théorie alternative, soit l'hypothèse d'un surfonctionnement perceptif dans l'autisme, suppose l'intégrité du traitement global chez les personnes autistes, en présence toutefois d'un biais local généralisé qui serait responsable de particularités (forces ou faiblesses) dans des tâches perceptives. Plusieurs résultats obtenus dans la sphère non sociale appuient ces interprétations. Appliquée au domaine du traitement des visages, l'hypothèse d'un surfonctionnement perceptif suppose donc que le traitement de la configuration faciale serait fonctionnel. Ce modèle prédit toutefois un traitement prépondérant des parties individuelles du visage, qui influencerait la façon dont les visages sont analysés. Cette hypothèse n'a pas encore été évaluée directement.

Compte tenu du lien entre l'effet d'inversion et le traitement des informations configurales contenues dans les visages, quelques études se sont intéressé à l'effet d'inversion des visages dans l'autisme. En effet, une absence ou un moindre effet d'inversion des visages pourrait appuyer l'hypothèse d'une difficulté, chez cette population, à traiter les informations configurales. L'étude pionnière de Langdell (1978), visait à examiner si les personnes autistes utilisaient des secteurs atypiques du visage lors de l'analyse perceptive afin de tester l'hypothèse à l'effet que des anomalies dans le traitement perceptif des visages sous-tendaient les comportements sociaux anormaux des autistes. Les participants devaient reconnaître le visage de leurs pairs à partir de photographies montrant sélectivement divers secteurs du visage. Une condition où le visage était inversé était incluse pour vérifier si les autistes

traitent le visage comme un pattern sans signification plutôt que comme un stimulus social. Les résultats ont montré que les participants autistes plus âgés (14,1 ans vs. 9,8 ans en moyenne) ne présentaient pas de secteur préférentiel alors que les participants normaux appariés réussissaient mieux à identifier le visage à partir des yeux seulement (vs. le secteur de la bouche uniquement). En outre, les participants autistes étaient significativement plus efficaces que les individus à développement typique à reconnaître le visage de leurs pairs en condition inversée. Ces résultats ont été interprétés comme une tendance chez les personnes autistes à traiter le visage comme un stimulus non social (i.e. comme un objet), ne préférant pas davantage les régions considérées plus "sociales" telles que les yeux. Cette interprétation expliquait également pourquoi les personnes autistes présentaient une performance supérieure aux participants contrôles avec les visages inversés. Ce résultat a eu un impact marqué sur la littérature. En effet, il est fréquemment cité comme appui à l'hypothèse d'un problème de traitement des informations configurales dans l'autisme.

De même, Hobson, Ouston et Lee (1988) ont examiné l'effet d'inversion dans une tâche où les sujets devaient 1) classer des photographies selon l'identité du visage représenté, malgré des variations dans l'émotion qu'il exprimait et 2) classer des photographies selon l'émotion représentée, malgré des changements dans l'identité de la personne. Ces tâches ont été effectuées d'abord avec les visages présentés à l'endroit, et quelques semaines plus tard, en condition inversée. En condition inversée et ce pour toutes les tâches, les participants autistes ont commis moins d'erreurs que les participants témoins. Cette supériorité des personnes autistes en condition inversée a été interprétée par les auteurs comme l'indication d'une tendance à traiter les visages comme des patterns abstraits. Pour cette raison, les personnes autistes seraient moins influencés par l'émotion ou l'identité d'un visage que les individus à développement typique.

Une troisième expérience par Tantam, Monaghan, Nicholson et Stirling (1989, expérience 2) a également étudié l'effet d'inversion dans l'autisme. Les résultats indiquent que les autistes ne profitent pas du fait que les visages soient

présentés à l'endroit plutôt qu'à l'envers dans une tâche d'association expression faciale-visage (associer le mot "triste" avec un visage montrant cette expression). En fait, ils ont une performance similaire dans les deux orientations, laquelle est de toute manière, inférieure à celle des participants contrôles. Quant à eux, les participants contrôles sont significativement meilleurs si les visages sont présentés à l'endroit plutôt qu'inversés.

Suite à ces études, la notion d'une absence d'effet d'inversion dans l'autisme a été largement véhiculée dans la littérature, en particulier pour appuyer l'hypothèse d'un déficit du traitement configural dans l'autisme. Les études ayant décrit l'anomalie des personnes autistes dans l'effet d'inversion sont même invoquées pour expliquer certaines anomalies dans les résultats d'imagerie cérébrale fonctionnelle en perception des visages obtenus dans cette population (Schultz et al., 2000). Or, il nous apparaît loin d'être clair que les démonstrations à cet égard soient concluantes. En effet, certains problèmes méthodologiques sont relevés a posteriori dans les travaux ayant documenté une anomalie de l'effet d'inversion dans l'autisme, jetant le doute sur la validité et la robustesse de ces résultats. Ces problèmes ne seront pas détaillés dans la présente section, mais ils seront abordés dans la section discutant les résultats de l'expérience 1. Par ailleurs, les résultats d'une étude récente sont à l'appui d'une remise en question de l'hypothèse d'une anomalie de l'effet d'inversion dans l'autisme. En effet, l'étude de Joseph & Tanaka (2003) a vérifié de manière directe l'intégrité du traitement holistique (ou de la configuration faciale) en examinant la capacité d'enfants autistes à reconnaître une partie de visage présentée soit dans le contexte facial où elle fut apprise précédemment, soit isolément. Comme les participants à développement typique, les participants autistes ont présenté de meilleures performances lorsque la partie était présentée dans son contexte d'apprentissage plutôt qu'en isolation. De plus, pour les deux groupes, cet avantage de la présentation en contexte disparaît dans la condition inversée. Cette reconnaissance supérieure des parties présentées dans un contexte facial a été attribuée à un encodage holistique/configural des visages à l'endroit, un type d'encodage affecté par l'inversion. Les auteurs ont donc conclu, sur la base de ces

résultats, que les anomalies des autistes en reconnaissance de visages ne peuvent être pleinement expliquées par une atteinte du traitement configural ou holistique des visages.

Compte tenu du lien entre l'effet d'inversion et le traitement des informations configurales contenues dans les visages, il nous paraît pertinent de revoir la question de la présence ou non d'un tel effet chez les personnes autistes. Ceci permettra en effet, de mieux comprendre l'origine des anomalies du traitement des visages dans cette population. Il importe également d'appliquer les contrôles nécessaires afin que le résultat, positif ou négatif, soit sans équivoque. L'effet d'inversion de visages sera examiné ici chez un groupe de participants autistes, qui sera comparé à un groupe d'individus à développement typique. Le paradigme sera une tâche de reconnaissance immédiate sur choix forcé ("*two-choice match-to-sample test*") réalisée en conditions à l'endroit et inversée. L'effet d'inversion sera également mesuré pour une autre catégorie de stimuli, dans le but d'inclure une tâche contrôle s'adressant à la question de la spécificité du phénomène aux visages. D'après certains auteurs (Gauthier & Tarr, 1997), les Greebles constituent un stimulus contrôle hautement équivalent aux visages quant aux contraintes imposées au système perceptif. Les Greebles constituent une catégorie d'objets nouveaux dont les exemplaires sont très homogènes entre eux. De plus, comme les visages, ils partagent la même configuration de base du fait que leurs parties respectives sont toujours dans la même position relative (voir Figure 8). L'expertise des individus à traiter les deux types de stimuli représente la différence majeure entre ces derniers. Alors que nous sommes exposés à une quantité de visages de plus en plus importante à travers le développement, les Greebles constituent une catégorie d'objets non-familière. Dans la présente étude, l'utilisation d'une condition contrôle la plus équivalente possible aux visages permettra donc de vérifier la spécificité d'un déficit, s'il en est, à la catégorie des visages. Ainsi, une absence d'effet d'inversion est attendue pour les deux groupes avec les Greebles. À notre connaissance, une telle recherche d'équivalence quant aux stimuli contrôles n'a jamais été effectuée dans les études précédentes portant sur l'effet d'inversion dans l'autisme.

2. Méthodologie

2.1. Participants

Groupe expérimental : Seize participants autistes (15 hommes, 1 femme) ont pris part à cette expérience. Ces participants ont été sélectionnés parmi les patients évalués à la Clinique Spécialisée de l'Autisme de l'Hôpital Rivière-des-Prairies. Le diagnostic d'autisme a été établi à l'aide de l'Autism Diagnostic Interview-revised (ADI-R; Lord, Rutter & Lecouteur, 1994), par un clinicien-chercheur entraîné (L.M). L'ADI-R est une entrevue structurée réalisée auprès de la famille de la personne autiste. Cet instrument représente actuellement l'outil rétrospectif le plus valide pour le diagnostic de l'autisme et permet d'établir un diagnostic précis selon les critères de l'International Classification of Diseases (ICD-10) (World Health Organisation, 1994). Le diagnostic des patients a également été confirmé avec l'échelle d'observation clinique "Autism Diagnosis Observation Schedule-Generic" (ADOS-G; Lord, Rutter & DiLavore, 1989). Les patients présentant une lésion neurologique évidente, une comorbidité avec un autre trouble du développement et/ou une maladie psychiatrique n'ont pas été inclus dans l'échantillon. Au moment de l'évaluation, tous les participants étaient étudiants et/ou occupaient un emploi régulier. Ils vivaient seuls, en couple, ou encore avec leurs parents.

Le fonctionnement intellectuel des participants a été mesuré à l'aide des échelles d'intelligence de Weschler (WISC-R, WISC-III, WAIS-R, WAIS-III). Les quotients intellectuels verbal et non verbal de tous les participants autistes sont dans la moyenne de leur groupe d'âge, ou encore supérieurs à celle-ci (voir Tableau 1 pour les caractéristiques des participants).

Groupe contrôle : le groupe expérimental a été comparé à 16 participants à développement typique. Ces individus ont été sélectionnés à partir de la banque de sujets contrôles dont dispose le laboratoire de recherche de la Clinique Spécialisée de

l'Autisme. Les participants contrôles ont été appariés individuellement aux participants autistes selon l'âge chronologique, le sexe, la dominance manuelle et le QI global. Leur fonctionnement intellectuel a été évalué à l'aide des échelles de Weschler. Les quotients intellectuels verbal et non verbal de tous les participants contrôles sont dans la moyenne de leur groupe d'âge, ou encore supérieurs à celle-ci (voir Tableau 1). Des tests-t ont confirmé que le groupe de participants autistes et le groupe de comparaison ne différaient pas significativement en âge ou en fonctionnement intellectuel verbal, non-verbal et global (tous les $p > 0,5$). Les participants contrôles ne présentaient aucun antécédent neurologique ou psychiatrique. Ils ne devaient avoir aucun antécédent familial de troubles psychiatrique, de troubles envahissants du développement ou de désordres neuro-développementaux. Aucun participant du groupe contrôle n'était sous médication.

Pour l'ensemble des participants, la consommation de substances pouvant influencer le fonctionnement cognitif a été contrôlée de façon informelle, en demandant aux participants de s'abstenir de toute consommation d'alcool ou de drogues dans les trois jours précédant l'évaluation. Les individus présentant un trouble visuel ne pouvant être corrigé par le port de lunettes ou de lentilles cornéennes ont été exclus de l'étude. La dominance manuelle des participants a été déterminée à l'aide de l'inventaire de latéralité d'Edinburgh (Oldfield, 1971). Dans l'ensemble, 28 participants (14 autistes et 14 contrôles) étaient droitiers et quatre (deux autistes et deux contrôles) étaient gauchers.

Tableau 1. Caractéristiques des participants à l'expérience 1.

Groupe	Sexe		Âge		QI verbal		QI non verbal		QI global	
		M	E	M	E	M	E	M	E	
Autistes	15H	20,69	15-32	108,13	95-132	104,33	89-130	108,69	93-130	
	1 F	(4,67)		(11,34)		(11,02)		(10,29)		
Contrôles	15H	20,25	17-28	110,25	95-125	107,13	99-132	109,63	92-131	
	1 F	(3,55)		(8,19)		(12,22)		(10,37)		

Note. L'âge est indiqué en années. H = homme; F = femme; M = moyenne; E = étendue; QI = quotient intellectuel. Les données indiquées entre parenthèses représentent l'écart type.

L'expérience a été préalablement approuvée par le comité d'éthique de l'Hôpital Rivière-des-Prairies. Tous les participants ont donné leur consentement libre et éclairé avant de procéder à l'expérimentation. Ils ont rempli un formulaire de consentement les informant de la nature et de la durée des épreuves proposées, ainsi que de la confidentialité des résultats. Toutefois, ils n'ont pas été informés des buts et visées de l'expérimentation. Pour ceux qui se sont montré intéressés, nous avons convenu avec eux que plus de détails leur seraient donnés une fois toutes les expérimentations terminées, ce qui a été fait. Ils ont également été informés de leur droit d'interrompre leur participation en tout temps. Tous les participants ont reçu une compensation financière de 15 dollars pour leur participation.

2.2. Matériel

2.2.1. Visages

Les visages utilisés dans la présente expérience ont été créés spécialement à cette fin en utilisant le logiciel QI Biometrix's FACES LE™ version 3.0 (<http://www.iqbiometrix.com>). FACES LE™ est une base de données comprenant plus de 3 800 traits de visages pouvant être combinés les uns aux autres. Les traits sélectionnés sont automatiquement ajustés les uns aux autres, permettant ainsi de produire une image de haute qualité dont la finition s'approche d'une photographie. Il est possible de créer des images des deux sexes appartenant à toutes les races.

Pour la présente expérience, 26 visages féminins et 26 visages masculins ont été créés, pour un total de 52 visages. Nous avons choisi d'utiliser des visages appartenant aux deux sexes afin de disposer d'un échantillon représentatif au plan écologique. Quatre visages additionnels (deux visages féminins et deux masculins) ont également été créés pour les essais d'entraînement. Tous les traits internes des visages (yeux, nez, bouche, contour) étaient distincts, au sens où les visages ne partageaient aucune de leurs parties constituantes. Chacun des visages avait entre un et quatre sillons faciaux (légère ligne sous la bouche, sous les yeux, sur le menton ou autour de la bouche) afin de rendre l'effet plus naturel. Les traits de visages étant trop asymétriques ou ayant des imperfections saillantes ont été évités, afin que les visages ne puissent être identifiés uniquement à partir d'indices locaux. À l'intérieur des deux sexes, les cheveux ont été tenus constants, afin de s'assurer que l'identification repose sur les traits internes du visage. Tous les visages affichaient une expression neutre et l'âge apparent était approximativement entre 18 et 35 ans. Le caractère réaliste des visages a été vérifié par quatre juges indépendants. Les stimuli ont ensuite été édités à l'aide du logiciel Adobe Photoshop 3.0.5, afin que les visages soient présentés sur un fond noir uniforme et afin de supprimer la surface excédant le contour facial (voir Figure 7 pour un exemple des stimuli utilisés). La dimension de tous les stimuli était approximativement de 6 cm de largeur x 8 cm de hauteur.



Figure 7. Exemple d'un visage féminin (à gauche) et d'un visage masculin (à droite) utilisés dans l'expérience 1.

Pour l'ensemble des visages féminins et masculins, 26 paires de visages (cible-distracteur) ont été formées de façon arbitraire. Chaque visage était présenté une fois en tant que cible et une fois en tant que distracteur. Afin d'éviter des effets de latéralisation observés en perception des visages (avantage du champ visuel gauche dans diverses tâches de perception des visages; Ricciardelli, Ro, & Driver, 2002), la cible et le distracteur étaient alignés sur un axe vertical centré sur le point de fixation. La position (haut vs. bas) de la cible et du distracteur a été contrebalancée à travers les essais. Les mêmes paires de visages ont servi dans les conditions d'orientation à l'endroit et inversée. Au total, il y avait donc quatre blocs de 26 essais (visages féminins à l'endroit; visages féminins inversés, visages masculins à l'endroit; visages masculins inversés).

2.2.2. Greebles

Les Greebles (voir Figure 8) sont de nouveaux objets créés à l'aide du logiciel Alias Sketch! © (Alias Research Inc., Toronto). Ce sont des objets 3D, complexes et non familiers. Ils ont tous la même teinte, la même texture et sont éclairés par une même source lumineuse. Les Greebles ont quatre composantes en relief organisées en

une configuration spatiale similaire. L'ensemble complet comprend 60 Greebles, classifiés en deux catégories ou "genre" (30 Greebles "Ploc" et 30 Greebles "Glip") appartenant à cinq "familles" différentes. Les différences de genre sont définies par l'orientation des parties externes relativement aux parties internes, pointant vers l'intérieur ou l'extérieur. Les différences familiales sont définies par la forme des cinq parties centrales. Pour la présente expérience, 52 Greebles (26 "Ploc" et 26 "Glip") ont été sélectionnés. L'appartenance familiale a été contrebalancée en sélectionnant au hasard cinq Greebles dans chacune des familles, avec un Greeble additionnel sélectionné aléatoirement dans l'une des cinq familles. Quatre Greebles supplémentaires (deux "Ploc" et deux "Glip") ont été sélectionnés au hasard parmi les Greebles restants, pour les essais d'entraînement. Tous les Greebles ont été édités avec le logiciel Adobe Photoshop 3.0.5, pour remplacer leur couleur pourpre originale par une échelle de gris et également pour ajouter un fond noir. La dimension de tous les Greebles était approximativement de 6 cm de largeur x 8 cm de hauteur.

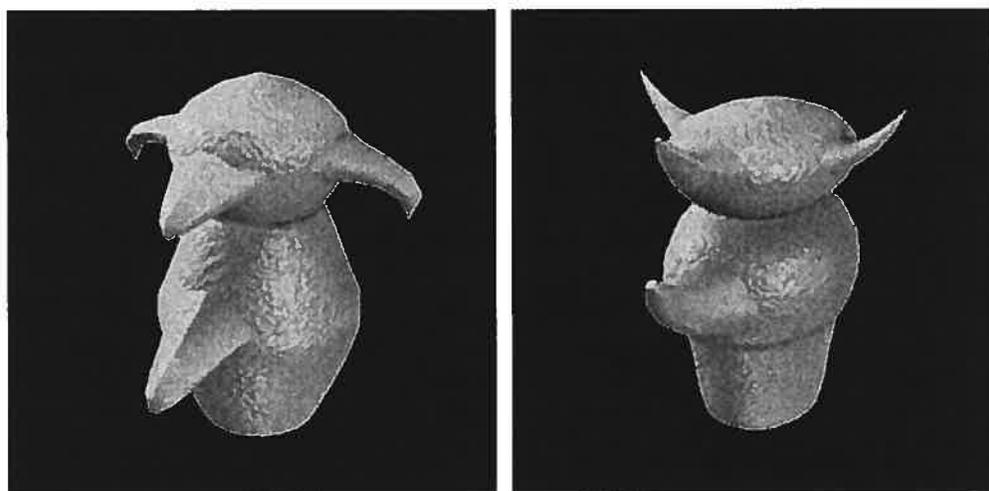


Figure 8. Exemple d'un Greeble "Ploc" (à gauche) et d'un Greeble "Glip" (à droite) utilisés dans l'expérience 1.

À l'intérieur de chaque genre, 26 paires (cible-distracteur) ont été formées de façon aléatoire, en faisant abstraction de leur appartenance familiale. L'organisation de la séquence d'essais, la position des stimuli et l'organisation des blocs étaient

identiques à celles appliquées pour les stimuli visages. Au total, les stimuli présentés comprenaient quatre blocs de 26 essais (Greebles "Ploc" à l'endroit; Greebles "Ploc" inversés, Greebles "Glip" à l'endroit; Greebles "Glip" inversés).

2.3. Appareillage

La présentation des images a été effectuée avec le logiciel Psychlab © v.1.0-097 (Bub & Gum, 1998), sur un ordinateur Apple Macintosh Mac Os 8.6 (processeur: Power Mac G4). La résolution spatiale de l'écran (studiodisplay-17) était de 1024 x 768 pixels. Chaque participant a été testé individuellement dans un environnement silencieux et visuellement appauvri, un rideau noir entourant le dispositif expérimental. Un large panneau noir était aussi installé autour de l'écran, afin de minimiser les sources de distraction. Les participants étaient installés à une distance de 50 cm de l'écran de l'ordinateur, sur un banc ajusté en hauteur de façon à ce que les yeux soient directement alignés avec le centre de l'écran. Les conditions d'éclairage et de température étaient les mêmes pour tous les participants.

2.4. Procédure

L'expérience consistait en huit blocs, comprenant chacun 26 essais. Pour chaque type de stimulus (visages ou Greebles), la présentation inversée suivait immédiatement la présentation à l'endroit. Cet ordre de présentation permettait que la familiarisation avec la tâche survienne durant la partie la plus facile (présentation à l'endroit), limitant ainsi les interactions possibles entre la familiarisation à la tâche et l'effet d'inversion. Le type de stimulus (visage, Greebles) a été systématiquement alterné dans la séquence de présentation des blocs. Le genre des visages et des Greebles a également été alterné dans la séquence de présentation. Deux paires de participants (autiste-contrôle) ont été assignées de façon aléatoire à chacun des huit ordres de présentation des blocs prédéterminés. À titre d'exemple, pour une paire de

participants, l'ordre des blocs allait comme suit: visage féminin à l'endroit, visage féminin inversé, visage masculin à l'endroit, visage masculin inversé, Greeble "Glip" à l'endroit, Greeble "Glip" inversé, Greeble "Ploc" à l'endroit, Greeble "Ploc" inversé).

Un entraînement comprenant quatre essais précédait chaque bloc de 26 essais afin de familiariser les participants avec la condition subséquente. À l'intérieur d'un bloc d'essais, les visages (ou Greebles) étaient toujours présentés dans une séquence aléatoire pour chacun des participants. Pour chacun des essais, les participants voyaient un point de fixation (astérisque) pendant 500 ms présenté au centre de l'écran, lequel était immédiatement suivi par le visage (Greeble) cible. La cible disparaissait 988,75 ms plus tard et était suivie d'un masque (un visage aux traits mélangés partageant les mêmes cheveux que la cible, mais composé de traits différents, ou un Greeble aux traits mélangés) présenté pour une durée de 24 ms. Les deux visages (ou les deux Greebles) à discriminer étaient présentés immédiatement après et demeuraient visibles jusqu'à la réponse du participant. Les essais étaient séparés par un délai de 12 ms après la réponse du participant. Mentionnons par ailleurs que le choix d'un temps d'exposition de la cible d'environ une seconde a été motivé par les résultats de Barton, Keenan & Bass (2001) suggérant que l'effet d'inversion est maximal dans les conditions d'exposition brève.

Il était spécifié aux participants qu'ils devaient répondre le plus rapidement possible, en évitant autant que possible les erreurs. Les participants devaient donner leur réponse en appuyant sur l'une de deux touches (l'une au-dessus de l'autre) prédéterminées sur le clavier (participants gauchers: touches "2" ou "A" à la gauche du clavier; participants droitiers touches "-" ou "+" à l'extrême droite du clavier). Le nombre de bonnes réponses haut-bas était équivalent.

3. Résultats

3.1. Exclusion de certains participants

Trois participants autistes ont été éliminés de l'échantillon initial, en raison de facteurs externes entravant leur performance. L'un d'eux se plaignait de fatigue et était inattentif aux stimuli présentés à l'écran. Les deux autres présentaient des tics moteurs qui les empêchaient de regarder attentivement l'écran lors de l'apparition des stimuli. Ces individus avaient été identifiés comme possiblement problématiques avant l'étape d'analyse des résultats. Les participants exclus ont été remplacés afin de conserver un nombre suffisant de participants. Aucun participant contrôle n'a été exclu.

3.2. Analyse des temps de réponse

Avant de procéder à l'analyse des temps de réponse, les essais dont le temps de réponse était inférieur ou supérieur à trois écarts types de la moyenne de chaque sujet par condition (autistes : 3,2% des essais; contrôles : 3,5%) ont été exclus des analyses statistiques. Cette moyenne a été calculée après avoir exclu les quatre temps de réaction les plus extrêmes de chaque sujet par condition (les deux plus lents et les deux plus rapides), lesquels ont ensuite été réintroduits dans l'échantillon de données pour l'étape du filtrage.³ Les résultats ne montraient pas de compromis ("*trade-off*") entre le temps de réponse et le nombre d'erreurs commises, tel que vérifié par la corrélation entre les TRs et les erreurs (autistes: 0,00, *n.s.*; contrôles: 0,00, *n.s.*).

³ Cette procédure de filtrage permet que les données extrêmes, c'est-à-dire potentiellement contaminées par des variables externes à l'étude (e.g. inattention), ne soient pas incluses dans les essais analysés. En effet, il a été montré, dans le domaine de la régression statistique, qu'une donnée contaminée exerçant une influence sur les résultats peut passer inaperçue lorsqu'elle est incluse dans la procédure d'identification des essais extrêmes. L'exclusion *temporaire* de données (5% à chaque extrémité) pour l'estimation de la moyenne et de la variance (à partir desquels les essais extrêmes sont ensuite identifiés) permet donc d'éviter une surestimation de ces paramètres et ainsi, d'inclure des essais qui sont contaminés par des variables externes à l'étude (Rousseeuw et Leroy, 1987).

Une ANOVA pour échantillons appariés a été réalisée avec le facteur Groupe (autistes vs. contrôles) comme variable inter-sujets et les facteurs Stimuli (visages vs. Greebles) et Orientation (à l'endroit vs. inversé) en tant que facteurs intra-sujets. Les participants autistes ont montré une tendance à répondre plus lentement que les participants contrôles dans l'ensemble des conditions, bien que l'effet du facteur Groupe ne soit pas significatif ($F(1, 15) = 3,19; p = ,09$). L'analyse a révélé une interaction Stimuli x Orientation significative ($F(1, 15) = 5,03; p < ,05$). Cette interaction a été décomposée en ses effets simples en vue de déterminer l'effet de l'orientation séparément pour chaque type de stimuli. Ces analyses ont montré un effet d'inversion significatif pour les visages, avec les visages à l'endroit toujours reconnus plus rapidement que les visages inversés ($F(1, 15) = 36,10; p < ,005$). Pour ce type de stimuli, l'interaction Groupe x Orientation n'était pas significative ($F(1, 15) = < 1$) indiquant que l'effet d'inversion est de taille comparable chez les participants autistes et les sujets contrôles. En revanche, l'effet d'inversion n'était pas significatif pour les Greebles ($F(1, 15) < 1$). À nouveau, l'interaction Groupe x Orientation n'était pas significative ($F(1, 15) = 3,18; p = n.s$), démontrant un profil de résultats avec les Greebles identique pour les deux groupes.

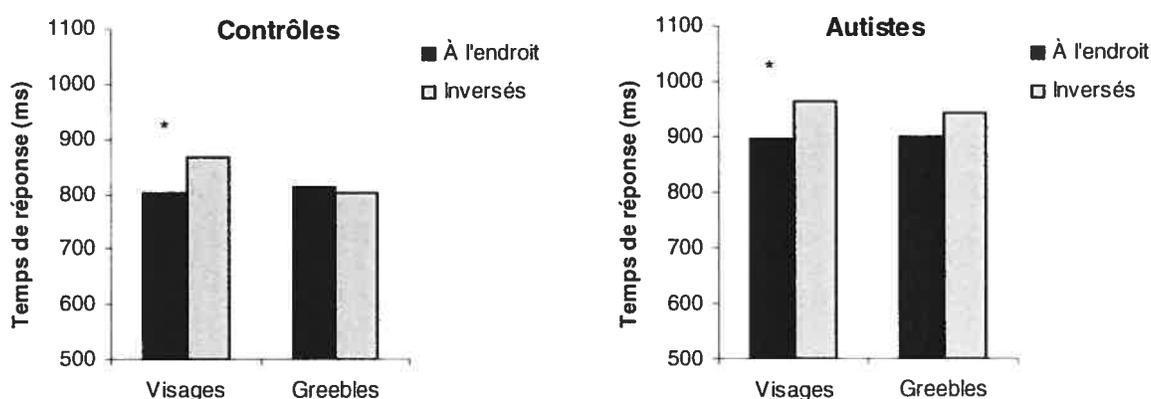


Figure 7. Moyenne des temps de réponse corrects pour le groupe contrôle (à gauche) et pour le groupe de personnes autistes (à droite) dans la tâche d'appariement sur choix-forcé, avec les visages et les Greebles, en condition à l'endroit et inversée.

En résumé donc, un profil de résultats identique a été observé pour les deux groupes de participants, soit un effet d'inversion significatif avec les visages (contrôles: 67 ms; autistes: 69 ms), mais aucun effet d'inversion significatif avec les Greebles. Les présents résultats n'indiquent donc aucun déficit dans le traitement des informations configurales contenues dans les visages chez les participants autistes.

3.3. Analyse des taux d'erreurs

Les participants des deux groupes ont obtenu des taux de réponses correctes supérieurs à 92 % pour l'ensemble des conditions.

L'analyse des taux d'erreur révèle une interaction significative Groupe (autistes vs. contrôles) x Condition (à l'endroit vs. inversé) x Type de stimuli (visages vs. Greebles) ($F(1, 15) = 6,45$; $p = 0,023$). L'effet d'inversion n'est donc pas le même pour chaque groupe, selon le type de stimuli impliqué. Une analyse des effets simples de l'interaction Groupe x Condition x Type de stimuli a été effectuée afin de déterminer les effets du groupe et de l'orientation séparément pour chaque type de stimuli. Pour les visages, ces analyses ont démontré une interaction Groupe x Condition significative ($F(1, 15) = 4,94$; $p = 0,042$). L'analyse des effets simples a démontré que les participants autistes ont obtenu un taux d'erreur plus élevé en présence de visages à l'envers que pour les visages à l'endroit ($t(15) = -2,19$; $p < 0,05$). Chez les participants contrôles, l'orientation n'influait pas significativement le taux d'erreur ($t(15) = 1,35$; *n.s.*). Pour les Greebles, l'interaction entre le Groupe et la Condition n'était pas significative ($F(1, 15) = 0,78$; $p = 0,39$). Seul l'effet principal du groupe s'est avéré significatif ($F(1, 15) = 9,24$; $p = 0,008$), plus d'erreurs étant commises par le groupe contrôle.

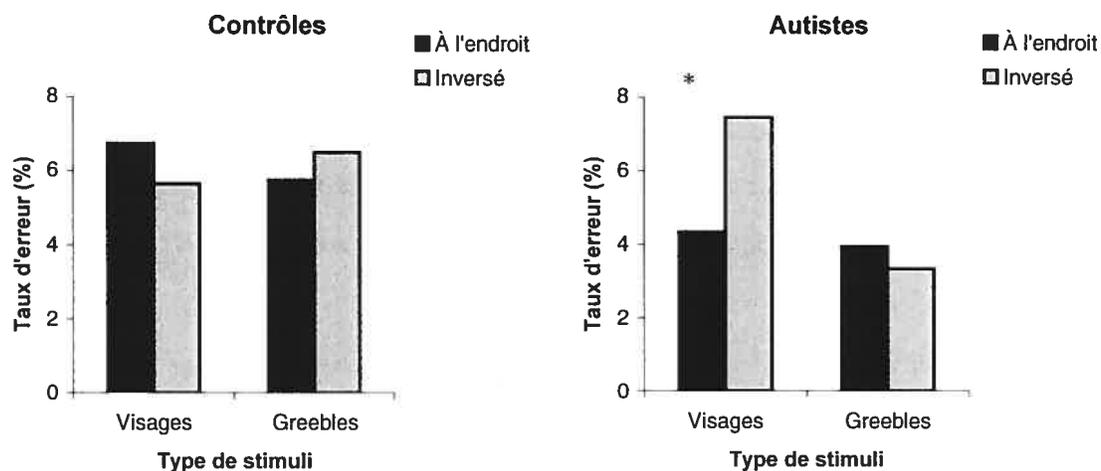


Figure 8. Moyenne des taux d'erreur pour le groupe contrôle (à gauche) et pour le groupe de personnes autistes (à droite) dans la tâche d'appariement sur choix-forcé, avec les visages et les Greebles, en condition à l'endroit et inversée.

4. Discussion

L'expérience 1 visait à tester l'hypothèse que les personnes autistes traitent différemment les visages comparativement aux individus à développement typique. Spécifiquement, un test de l'effet d'inversion de visages a été choisi afin de déterminer s'ils présentent une difficulté particulière dans le traitement des relations configurales contenues dans les visages, tel que proposé par plusieurs auteurs (Boucher & Lewis, 1992; Davies et al., 1994; Miyashita, 1988; Tantam et al., 1989). Le cas échéant, les personnes autistes auraient dû obtenir des performances similaires pour les visages à l'endroit et pour les visages inversés, un effet d'inversion réduit relativement aux participants contrôles, ou encore une performance supérieure en condition inversée vs. à l'endroit. Les résultats contredisent ces prédictions et démontrent un effet d'inversion de visages chez les personnes autistes qui est en tous points comparable à celui observé chez les participants contrôles, hormis au niveau

des taux d'erreur où les participants autistes présentent un effet d'inversion qui est absent chez les contrôles.

Ces données paraissent contradictoires à ce qui a été documenté auparavant dans la littérature. En effet, les études précédentes ayant examiné l'effet d'inversion trouvent une meilleure performance avec les visages inversés chez les participants autistes que chez leurs contrôles appariés. (Hobson, 1988; Langdell, 1978). Une autre étude démontre que les autistes ne présentent pas d'effet d'inversion de visages, contrairement aux individus à développement typique (Tantam et al., 1989). Cependant, dans toutes ces études, le taux d'erreur est l'unique variable dépendante et aucun contrôle du temps d'exposition n'est effectué (temps illimités ou non considérés). Ainsi, il demeure possible que les participants autistes et contrôles aient appliqué des compromis différents entre le TR et l'exactitude des réponses, invalidant ainsi une comparaison directe des groupes qui soit restreinte aux taux d'erreur. De plus, l'avantage des participants autistes sur les contrôles en condition inversée est souvent relativement faible (écart de deux à trois réponses sur 15), ce qui remet en question la validité clinique du résultat, même s'il est statistiquement significatif. En outre, les résultats de Langdell (1978) et de Hobson (1988) ne démontrent en rien une absence ou une réduction de l'effet d'inversion, puisque cet effet n'est pas testé directement dans l'analyse de leurs résultats. Un autre problème, cette fois en rapport avec l'étude de Tantam et al. (1989), est qu'un "effet plancher" semble être responsable de l'absence d'effet d'inversion documenté dans le groupe de personnes autistes. En effet, les taux d'erreur moyens observés chez les participants autistes étaient de 58% dans la condition à l'endroit et de 62% dans la condition inversée alors que le niveau du hasard était de 50%. De même, la tâche utilisée dans l'étude de Tantam et al., (1989) ne permet pas de tirer une conclusion claire sur la nature des atteintes fonctionnelles responsables des résultats anormaux. En effet, la tâche utilisée dans cette étude impliquait d'associer le nom d'une expression émotionnelle à un visage à l'endroit ou inversé. La performance des personnes autistes s'est avérée identique dans les deux conditions, alors que les participants contrôles étaient avantagés avec les visages à l'endroit relativement aux visages inversés. Les auteurs

ont conclu à un traitement perceptif des visages différent dans les deux groupes sur la base des résultats concernant l'effet d'inversion. Toutefois, ces travaux ne permettent pas de tirer des conclusions claires en ce qui concerne le traitement perceptif proprement dit puisque la tâche impliquait aussi une variable émotionnelle susceptible d'expliquer la mauvaise performance des autistes. Enfin, mentionnons l'absence, dans la plupart des études antérieures, de tout stimulus contrôlé ou encore l'utilisation de stimuli contrôlés non-équivalents aux visages en terme de complexité et de similitude intra-catégorielle. Ceci a pour conséquence que la spécificité des résultats aux visages ne peut ni être établie, ni liée sans équivoque aux problèmes sociaux retrouvés dans l'autisme, contrairement à ce que suggèrent certains auteurs. Tous ces éléments limitent, à notre avis, la robustesse des résultats qui sont néanmoins largement cités à l'appui d'un déficit du traitement configural des visages dans l'autisme.

La conception de la présente étude permet d'éviter plusieurs des problèmes d'interprétation soulevés précédemment. Les analyses sont d'abord basées à la fois sur les temps de réponse et les taux d'erreur, les données démontrent l'absence de compromis vitesse-exactitude et de plus, nous avons contrôlé pour la durée d'exposition du stimulus. Ceci évite que les participants autistes puissent, par exemple, obtenir des taux d'erreurs inférieurs à ceux des participants contrôles en raison d'un temps de réponse plus long dans certaines conditions. De plus, la présente tâche est d'une complexité réduite, évitant ainsi des "effets planchers" susceptibles de limiter l'interprétation des résultats.

Nous avons également privilégié l'utilisation de visages présentant une expression émotionnelle neutre afin d'éviter que le traitement des émotions n'interfère avec le traitement perceptif des visages. En effet, tel que mentionné dans l'introduction générale, on peut interpréter les difficultés sociales des personnes autistes en supposant diverses étiologies. Ainsi, certains avancent l'hypothèse d'un déficit émotionnel comme étant à la base de ces difficultés. D'autres supposent la présence d'anomalies dans le traitement de bas niveau (telles que des anomalies

perceptives) se répercutant entre autres sur le traitement des visages et le fonctionnement social de ces individus. La distinction de ces deux aspects, lorsque l'on tente de préciser la nature des processus cognitifs atteints dans cette population, s'avère donc essentielle pour la clarté des conclusions tirées de l'analyse des effets d'inversion.

Nos résultats sont congruents avec ceux de Joseph et Tanaka (2003), lesquels démontrent un traitement configural intact chez les participants autistes. Ces auteurs ont utilisé le paradigme d'appariement "tout-partie" développé initialement par Tanaka et Farah (1993). Ces derniers ont étudié la reconnaissance de parties de visages présentées soit isolément ou encore dans le même contexte où elles avaient été apprises précédemment. Habituellement, chez les individus à développement typique, une partie est mieux reconnue lorsqu'elle est présentée dans son contexte d'apprentissage plutôt que dans un nouveau contexte ou encore présentée isolément (Tanaka, Kay, Grinnell, Stansfield & Szechter, 1998). Cet avantage produit par le contexte original est retrouvé lorsque les visages sont présentés à l'endroit, mais est absent s'ils sont présentés à l'envers. L'avantage pour les parties présentées dans leur contexte original est donc associé avec un traitement configural des visages, puisque cet effet est éliminé par l'inversion.

En utilisant ce paradigme auprès de jeunes autistes, Joseph et Tanaka (2003) ont démontré que ceux-ci, comme les participants contrôles, démontrent un avantage pour les parties présentées dans leur contexte d'origine lorsqu'elles sont présentées à l'endroit, mais pas lorsqu'elles sont présentées à l'envers. Ils montrent donc l'effet d'inversion attendu et leurs résultats avec les visages à l'endroit suggèrent l'occurrence d'un traitement configural. Sur la base des résultats de Joseph et Tanaka (2003), il semble que les anomalies retrouvées dans le traitement des visages chez les autistes ne puissent s'expliquer uniquement par un déficit du traitement configural, tel que mesuré par le paradigme d'inversion d'appariement "tout-partie".

Dans une analyse détaillée de leurs résultats, Joseph et Tanaka (2003) démontrent que chez les participants contrôles, l'avantage produit par le contexte d'origine (avec les stimuli à l'endroit) est significatif et de taille similaire pour la reconnaissance de la bouche et des yeux. Toutefois, chez les autistes, l'avantage du contexte facial n'est observé que pour la reconnaissance de la bouche, alors qu'il est absent pour les yeux. À cet égard, les auteurs suggèrent la possibilité d'un biais attentionnel chez les autistes vers la région de la bouche. Celui-ci pourrait être lié soit à une difficulté "affective" à observer la région des yeux (Davidson & Irwin, 1999; Trepagnier, 1996) ou encore à une immaturité langagière entraînant une tendance à observer davantage la région de la bouche, afin de rendre les sons du langage moins ambigus. Cette tendance serait généralisée même à l'observation de visages statiques.

Notre démonstration d'un effet d'inversion typique chez les personnes autistes ne permet pas de conclure quant aux régions faciales responsables du phénomène. Ainsi, il demeure possible que cet effet d'inversion repose sur une analyse prépondérante de certains secteurs du visage (comme la bouche). Toutefois, l'état des connaissances actuelles sur l'effet d'inversion autorise à croire que les personnes autistes font néanmoins usage des informations configurales, puisqu'ils manifestent un effet d'inversion de taille comparable à celui observé chez les participants contrôles. En effet, l'effet d'inversion ne semble pas nécessiter la présence de tout le visage pour se manifester (Leder et al., 2001), du moment que des informations configurales sont présentes dans le percept facial à analyser. Dès lors, les participants autistes ont pu présenter un effet d'inversion comparable à celui des contrôles, sans qu'il ne repose nécessairement sur les mêmes informations faciales.

Par ailleurs, la présente étude incluait une condition contrôle afin de vérifier la spécificité des phénomènes observés à la catégorie des visages. Dans les deux groupes, l'inversion des Greebles a entraîné une chute de performance moins prononcée que celle des visages. Ce résultat est cohérent avec les études précédentes ayant examiné l'effet d'inversion de ce type de stimulus chez des individus ne disposant d'aucune expertise dans la discrimination des Greebles (Rossion et al., 2000). Cette catégorie de stimuli semble donc être analysée davantage comme des

objets que comme des visages, du moins lorsque les participants n'ont reçu aucun entraînement particulier avec ce type de stimulus.

Mentionnons également qu'une tendance à produire des temps de réponse plus longs a été observée chez les participants autistes comparativement à leurs contrôles appariés. La présence d'une condition contrôle (Greebles) a permis de montrer que cette tendance n'était pas spécifique aux visages.

Il doit être souligné que la présence d'un effet d'inversion de visage normal chez les autistes ne garantit pas qu'ils appliquent des stratégies perceptives identiques aux individus neurologiquement intacts. Il est par exemple possible qu'ils analysent le visage en mettant une emphase plus importante sur les traits locaux du visage, sans que le traitement des informations configurales ne soit pour autant altéré. Il importe donc de préciser davantage les stratégies perceptives de traitement des visages des personnes autistes par l'utilisation de paradigmes permettant de distinguer, dans une même tâche, les niveaux de traitement local et global. L'expérience 2 fait usage d'un paradigme qui permet une telle distinction et qui, de surcroît, a déjà été validé chez le sujet neurologiquement intact.

Expérience 2 : paradigme d'amorçage

1. Contexte

Un déficit du traitement des informations configurales n'est pas la seule possibilité pouvant rendre compte des difficultés observées chez les personnes autistes dans le traitement des visages. En effet, la présence d'un biais local, sans qu'il ne soit nécessairement dû ou associé à un trouble du traitement configural, pourrait nuire au traitement perceptif des visages. Un biais local a souvent été suggéré comme étant à l'origine d'un problème à traiter les informations configurales

contenues dans les visages (Boucher & Lewis, 1992; Davies et al., 1994; Miyashita, 1988; Tantom et al., 1989). En effet, plusieurs résultats sont compatibles avec une possible tendance à traiter les visages de façon locale dans l'autisme. Par exemple, lors d'une tâche où les participants doivent classer des photographies de visages, les personnes autistes classent spontanément les visages selon le type de chapeau qu'il portent alors que les participants contrôles le font en fonction des différentes expressions faciales que les visages affichent (Week & Hobson, 1987). La saillance des expressions faciales, semble donc être moins importante pour les personnes autistes comparativement aux individus à développement typique. En revanche, les indices locaux ou les détails semblent capter davantage leur attention. Par ailleurs, Klin et al., (2002) montrent que ces individus ont tendance à diriger leur regard sur des secteurs différents de ceux identifiés chez un groupe contrôle dans une tâche où ils observent des scènes d'interactions sociales entre des acteurs. Ainsi, les personnes autistes regardent davantage la région de la bouche, le corps des acteurs et les objets environnants alors que les participants contrôles observent de façon préférentielle la région des yeux. Malgré ces résultats suggérant un biais local chez les personnes autistes, la présence d'un tel biais lors du traitement des visages n'a, à notre connaissance, jamais été évaluée directement et demeure spéculative.

Arguin et Saumier (2003) ont développé un paradigme d'amorçage permettant de distinguer les niveaux local et global du traitement perceptif des visages. Ces aspects sont directement évalués en examinant l'influence relative de différents types de parties présentées en tant qu'amorce sur la vitesse de réponse dans une tâche d'identification de visages. Le rationnel de cette expérience d'amorçage est que la vitesse de reconnaissance d'un visage dépend de l'activation ou de l'accès préalable à la représentation mémorisée de ce visage. L'amorce, par définition, contient de l'information qui devrait faciliter l'accès à une représentation mémorisée. La présentation, même brève, de parties appartenant à un visage cible immédiatement avant que ce visage ne soit présenté, devrait donc accélérer l'accès à son identité. Si une amorce permet d'accélérer la vitesse d'identification d'un visage mémorisé, c'est

que l'information qu'elle contient a été représentée explicitement et qu'elle est encore disponible en mémoire.

Selon Arguin et Saumier (2003), plus l'amorce contient d'informations sur le visage cible subséquent, plus l'accès à son identité en sera facilité. En revanche, une condition neutre (i.e. un visage générique) ne devrait pas influencer la vitesse d'identification, car elle ne procure aucune information pertinente à propos du visage cible subséquent. L'effet facilitateur des amorces a donc été évalué par ces auteurs, en mesurant la vitesse relative avec laquelle les participants identifiaient les visages cibles selon que l'amorce contenait un, deux, trois ou quatre segments de visages.

Deux type d'amorces ont été testées. D'abord, des segments *naturels* ont été créés en segmentant les visages en leurs parties intuitives, soit les yeux, le nez, la bouche et le contour facial (voir Figure 11). Des segments *arbitraires* ont également été construits, en segmentant les visages à la manière de morceaux de casse-tête, coupant à travers les parties naturelles (voir Figure 11).

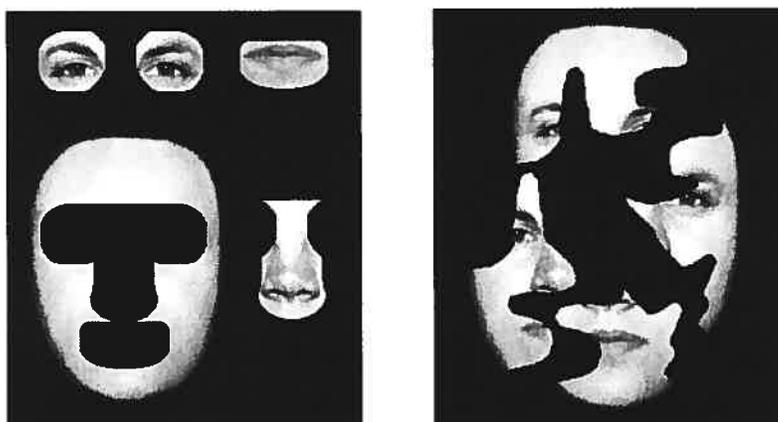


Figure 9. Illustration d'un visage segmenté en ses parties naturelles (à gauche) et ses parties arbitraires (à droite).

Une seule partie naturelle (e.g. la bouche) ne contient aucune information configurale puisque aucun rapport de distance à une autre partie du visage ne peut

être inféré. Une seule partie arbitraire quant à elle, contient des informations partielles sur deux parties naturelles ou plus. De plus, elle contient également des informations configurales, quant aux relations spatiales entre les différentes parties (bien qu'incomplètes) contenues dans l'amorce.

Étant donné qu'une partie naturelle présentée isolément (i.e. le nez) ne contient aucune information configurale, l'ajout d'une seconde partie (e.g. la bouche) procure à la fois une information locale (la bouche elle-même) et une information configurale (la distance et la position relative de la bouche par rapport au nez (voir Figure 12; image de gauche). L'ajout de parties naturelles introduit donc une information *qualitativement* différente de celle présente dans une partie isolée.

Les résultats de l'expérience d'amorçage ont d'abord montré que l'augmentation du nombre de parties *naturelles* (de une à quatre) dans l'amorce suivait une fonction accélérante (non linéaire), indiquant une interaction (ou une synergie) entre les différentes parties du visage, plutôt qu'une simple addition de l'effet de chaque partie ajoutée. Selon Arguin et Saumier, cette synergie était le reflet de la mise en jeu du traitement des informations configurales progressivement plus présentes à mesure que des parties naturelles étaient ajoutées. Afin de valider cette interprétation, une expérience complémentaire utilisant le même paradigme d'amorçage en condition *inversée* a également été réalisée par les mêmes auteurs (Arguin & Saumier, 2003; expérience 4). Dans cette expérience, les amorces étaient présentées dans l'orientation inversée alors que les visages cibles étaient présentés à l'endroit. Rappelons que l'inversion des visages rend plus difficile le traitement des informations configurales qu'ils contiennent. Les auteurs ont démontré que l'augmentation du nombre de parties naturelles dans l'amorce produit une fonction linéaire, lorsque ces dernières sont inversées. Ce résultat est congruent d'une part avec un traitement plus ardu des relations configurales en inversion. D'autre part, il est également congruent avec l'hypothèse que la fonction accélérante produite par l'addition progressive de parties naturelles dans l'amorce reflète la mise en jeu du traitement des informations configurales procurées par l'ajout de parties naturelles.

En ce qui concerne les segments *arbitraires*, un seul de ces segments contient à la fois des informations partielles sur les parties du visage, et à la fois des informations sur les relations spatiales qui les unissent. Conséquemment, l'ajout d'une seconde partie arbitraire à une autre ne procure aucune information *qualitativement* différente de celle présente dans les segments arbitraires pris individuellement (voir Figure 12; image de droite). L'augmentation progressive du nombre de segments arbitraires dans l'amorce occasionne donc un gain uniquement *quantitatif* sur la vitesse d'identification du visage cible. De plus, ce gain quantitatif s'avère être *constant*, à mesure que le nombre de parties dans l'amorce augmente de un à quatre. Dans les expériences d'Arguin et Saumier (2003) l'augmentation du nombre de ce type de parties dans l'amorce produit une fonction linéaire, reflétant la simple addition de l'effet des différents segments ajoutés, plutôt que la synergie observée avec les parties naturelles. Par ailleurs, une fonction tout aussi linéaire était également observée lorsque l'expérience était réalisée en condition inversée.

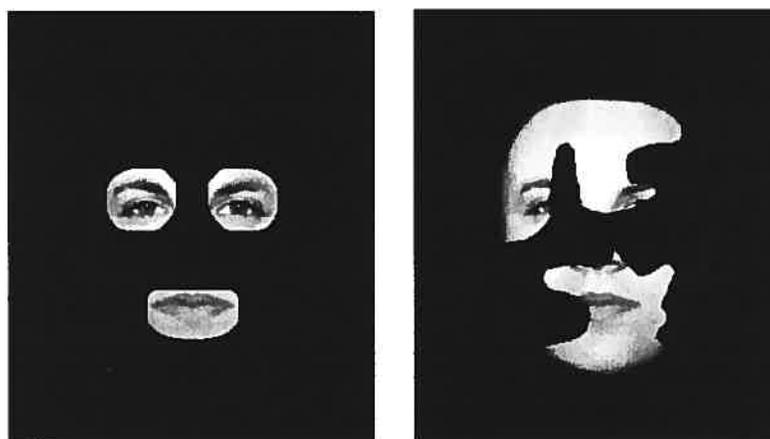


Figure 10. Illustration d'une amorce constituée de deux parties naturelles (à gauche) et d'une amorce constituée de deux segments arbitraires (à droite).

Arguin et Saumier ont également utilisé ce paradigme dans le but d'examiner les processus locaux et globaux du traitement des visages chez une jeune femme

prosopagnosique (A.R.) présentant une difficulté documentée à traiter les informations configurales pour la reconnaissance des visages. A.R., âgée de 19 ans, est incapable de reconnaître le visage de personnes vues une semaine plus tôt. Elle présente également une agnosie associative pour des objets autres que des visages, tels que des animaux, des fruits et des légumes, en dépit de l'intégrité de ses fonctions perceptives de base (acuité visuelle, appariement perceptif, localisation spatiale), de ses habiletés langagières et de son fonctionnement intellectuel verbal (Schiavetto et al., 1996). L'expérience d'amorçage effectuée auprès de cette jeune femme a démontré que les fonctions d'amorçage obtenues autant avec les parties naturelles qu'arbitraires étaient *linéaires*. Ceci confirmait chez cette patiente prosopagnosique, un déficit du traitement des relations configurales contenues dans les visages, empêchant une intégration adéquate des composantes faciales en une gestalt (Arguin & Saumier, soumis). Ceci s'avère d'ailleurs congruent avec certaines observations cliniques concernant A.R., à savoir qu'elle arrive à reconnaître les visages en identifiant certains indices locaux saillants, tel que la longueur du nez.

Les résultats obtenus chez le sujet normal et dans la prosopagnosie démontrent donc la pertinence d'utiliser ce paradigme d'amorçage pour étudier les processus locaux et globaux du traitement perceptif des visages dans des pathologies où l'on soupçonne des atteintes à ces niveaux. C'est donc dans cette optique que nous avons évalué la capacité des personnes autistes à faire usage des informations configurales contenues dans les visages, à partir de la méthode d'amorçage d'Arguin et Saumier (soumis).

L'effet, sur le temps de réponse, d'augmenter le nombre de segments naturels et arbitraires dans les amorces a donc été examiné chez un groupe de personnes autistes comparées à un groupe de participants neurologiquement sains. Dans l'éventualité où un déficit du traitement des informations configurales est présent chez les participants autistes, leur temps de réaction ne devrait pas suivre la même fonction accélérante que les participants contrôles, à mesure que le nombre de parties *naturelles* augmente. La fonction produite devrait être linéaire ou encore

significativement moins accélérante que celle des contrôles. L'émergence, chez les participants autistes, d'une telle fonction pour les parties naturelles appuierait ainsi l'hypothèse d'un déficit de l'intégration des informations configurales du visage. L'augmentation du nombre de segments arbitraires dans les amorces devrait quant à elle amener une diminution linéaire des temps de réaction et ce, pour les deux groupes de participants.

Le paradigme d'amorçage utilisé permet également d'investiguer le niveau local du traitement des visages. La représentation explicite des informations locales (i.e. yeux, nez, bouche, contour facial) en mémoire peut être évaluée en comparant l'effet d'amorçage produit par les deux types d'amorces (naturelles et arbitraires) présentées *isolément*. Chez des participants sans atteinte neurologique (Arguin & Saumier, 2003), une partie naturelle présentée isolément n'affecte pas significativement la vitesse d'identification du visage cible. En effet, présentée seule, elle ne semble pas procurer suffisamment d'informations pour activer les mécanismes perceptifs intervenant dans la reconnaissance des visages. En d'autres mots, si elle ne parvient pas, en tant qu'amorce, à accélérer l'identification du visage auquel elle appartient, c'est possiblement parce qu'elle n'a pas été encodée et représentée explicitement. En revanche, un segment arbitraire présenté isolément accélère significativement la vitesse d'identification du visage présenté subséquemment. Bien qu'il ne contienne qu'une information partielle sur une ou plusieurs parties de visage, il semble donc contenir suffisamment d'information configurale pour activer les mécanismes "spécifiques" au traitement des visages. À l'appui d'une telle interprétation, Arguin et Saumier (2003; expérience 5) ont démontré une réduction significative de l'effet d'amorçage produit par un seul segment arbitraire s'il est inversé plutôt qu'à l'endroit. L'inversion altérant spécifiquement le traitement des informations configurales, il apparaît donc clair qu'un segment arbitraire, même présenté isolément, contient ce type d'informations puisque son inversion réduit son potentiel d'amorçage.

La plupart des résultats portant sur le traitement local et global des informations *non sociales* dans l'autisme démontrent un biais perceptif orienté vers les aspects locaux des stimuli. La généralisation de cette possibilité au traitement perceptif des visages impliquerait donc un traitement prépondérant des aspects locaux du visage, en particulier des parties naturelles dont il est composé. Ainsi, les parties naturelles présentées isolément en tant qu'amorce devraient produire un effet d'amorçage significatif chez les autistes, alors que cela ne devrait pas être le cas chez les sujets contrôles d'après les résultats d'Arguin et Saumier (2003). En ce qui concerne les segments arbitraires présentées isolément, il s'avère difficile de formuler une prédiction. En effet, un déficit du traitement des informations configurales pourrait produire chez les autistes, une absence d'effet d'amorçage. Toutefois, la présence d'un biais local pourrait, en contrepartie, préserver cet effet d'amorçage si les personnes autistes effectuent un traitement plus performant des informations faciales locales (même partielles) contenues dans ces segments arbitraires.

2. Méthodologie

2.1. Participants

Les critères de sélection et de diagnostic pour la présente étude sont les mêmes que ceux rapportés à l'expérience 1. Treize hommes autistes ont participé à cette expérience. Onze d'entre eux étaient droitiers et deux étaient gauchers. Les quotients intellectuels verbal et non verbal de tous les participants autistes sont dans la moyenne de leur groupe d'âge, ou encore supérieurs à celle-ci. Les procédures d'appariement aux participants contrôles sont les mêmes que celles rapportées plus haut pour l'expérience 1. Mentionnons également que 10/13 des participants à la présente expérience ont également pris part à l'expérience 1.

Tableau 2. Caractéristiques des participants à l'expérience 2.

Groupe	Sexe	Âge		QI verbal		QI non verbal		QI global	
		<u>M</u>	<u>E</u>	<u>M</u>	<u>E</u>	<u>M</u>	<u>E</u>	<u>M</u>	<u>E</u>
Autistes	13H	21,54 (4,91)	15-32	111,25 (11,12)	98-132	108,17 (10,57)	89-130	112,69 (9,24)	101-130
Contrôles	13H	21 (4,53)	15-29	110,46 (7,49)	99-125	111,08 (9,58)	98-125	111,54 (6,77)	99-127

Note. L'âge est indiqué en années. H = homme; F = femme; M = moyenne; E = étendue; QI = quotient intellectuel. Les données indiquées entre parenthèses représentent l'écart type.

2.2. Matériel

Huit photographies de visages ont été sélectionnées à partir de la base de données de visages de l'université de Stirling, disponible sur internet (<http://pics.psych.stir.ac.uk/>). Les visages choisis sont suffisamment différents les uns des autres, sans toutefois être identifiables seulement sur la base d'une caractéristique saillante. Les visages sont comparables en ce qui a trait à l'âge apparent (autour de la trentaine). Ils sont tous photographiés de face, le regard dirigé vers l'observateur. Ils ont également une bonne symétrie quant à la forme et position de leurs traits. Ils montrent tous une expression faciale neutre. Deux visages paraissant sourire légèrement ont été retouchés à l'aide du logiciel Adobe Photoshop 3.0.5., afin de rendre l'expression neutre. À l'aide du même logiciel, les cheveux, les oreilles, le cou et les imperfections faciales ont été enlevés. De plus, la position de leurs traits faciaux internes a été normalisée afin de permettre une plus grande homogénéité des visages. La hauteur des visages a été contrôlée en normalisant la distance entre le menton et le centre de la pupille. Les visages ont tous 9,8 cm de haut. Les huit visages cibles sont présentés à la figure 13).

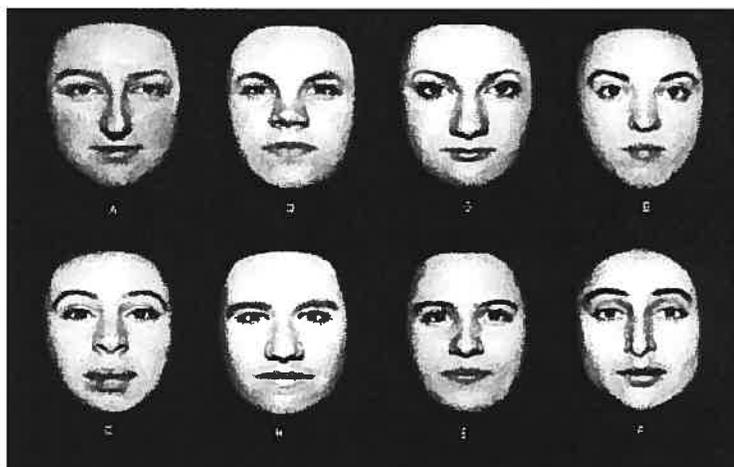


Figure 11. Tableau des huit visages cibles utilisés dans l'expérience 2.

Chaque visage a ensuite été morcelé en quatre composantes distinctes, à partir de lignes de segmentation prédéfinies et identiques pour tous les visages. Deux types de segmentation ont été effectuées. La première segmente le visage en ses parties que nous appellerons *naturelles*: les yeux, le nez, la bouche et le contour du visage (voir Figure 10). La seconde segmente le visage en des parties que nous qualifions d'*arbitraires*: chaque partie est en forme d'un morceau de casse-tête coupant à travers les traits du visage. Un unique morceau constituant une partie arbitraire ne montre jamais un trait facial entier (e.g. le nez complet).

Les parties naturelles et les segments arbitraires servent d'amorce dans la phase de test de l'expérience. Ces amorces sont constituées soit d'une, deux ou trois parties/segments de visage, ou encore du visage complet (i.e. quatre parties). Une amorce neutre a aussi été créée pour la phase de test de l'expérience. Cette amorce neutre est un visage générique dont les parties (yeux, bouche, nez, contour) sont de hauteur et de largeur équivalentes à la moyenne des parties composant les huit visages cibles (voir Figure 12).

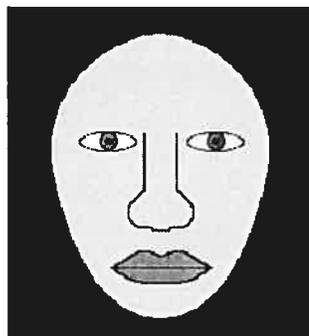


Figure 12. Illustration du visage générique servant d'amorce neutre dans l'expérience 2.

2.3. Appareillage

La présentation des images a été effectuée avec le logiciel Psychlab © v.1.0-097 (Bub & Gum, 1998), sur un ordinateur Apple Macintosh Mac Os 8.6 (processeur: Power Mac G4). La résolution du moniteur couleur (studiodisplay-17) était de 1024 x 768 pixels. Chaque participant a été testé individuellement dans un environnement silencieux et visuellement appauvri, un rideau noir entourant le dispositif expérimental. Un large panneau noir était aussi installé autour de l'écran, afin de minimiser les sources de distraction. Les participants étaient assis à une distance de 50 cm de l'écran, sur un banc ajusté en hauteur de façon à ce que leurs yeux soient directement alignés avec le centre de l'écran. Une clé vocale (microphone omnidirectionnel) était fixée au vêtement de chaque participant et reliée au clavier de l'ordinateur afin d'enregistrer le temps de réponse. Les conditions d'éclairage et de température étaient les mêmes pour tous les participants.

2.4. Procédure

La séance d'évaluation complète impliquait deux ou trois phases, dépendamment de la capacité du participant à mémoriser les huit visages cibles.

Durant la première phase de l'expérience, une période de cinq minutes était allouée aux participants afin qu'ils se familiarisent avec les huit visages cibles présentés simultanément sur l'écran. L'image présentée à cette fin est la même que celle présentée à la figure 11. Sous chaque visage, une des huit premières lettres de l'alphabet était inscrite. Il était demandé aux participants de mémoriser chacune des huit associations visage-lettre, durant une période de cinq minutes. Ils étaient informés que suite à cette période de familiarisation, leur capacité à apprendre les associations serait évaluée en leur présentant chaque visage individuellement, qu'ils devraient nommer par la lettre correspondante.

La deuxième phase, dite de consolidation, débutait immédiatement après la phase de familiarisation. À cette étape, il était dit aux participants que leur capacité à identifier les visages devait devenir quasi-automatique. Pour cela, ils verraient apparaître un visage à la fois, qu'ils devraient identifier le plus rapidement possible par la lettre correspondante. Deux critères devaient toutefois être respectés: ils devaient arriver à nommer correctement et rapidement (durée non spécifiée dans les instructions initiales) les visages. Ainsi, un bloc d'essais leur serait présenté plusieurs fois, jusqu'à ce qu'ils arrivent à le compléter sans erreur et suffisamment rapidement. Il ne leur était toutefois pas spécifié qu'il y aurait ensuite une troisième phase pour éviter une possible déception chez les participants qui ne réussiraient pas à satisfaire les critères d'exactitude et de vitesse. À chaque essai, les participants voyaient d'abord un astérisque présenté au centre de l'écran durant 500 ms, suivi immédiatement par un visage cible apparaissant toujours au centre de l'écran. Ce visage disparaissait immédiatement après que le participant ait donné sa réponse verbale, laquelle activait la clé vocale enregistrant le temps de réponse. Une fois la réponse donnée, l'expérimentateur installé derrière le sujet, inscrivait la réponse au clavier de l'ordinateur. Par la suite, 500 ms après que le participant ait donné sa réponse verbale, une rétroaction était donnée par l'ordinateur, laquelle indiquait verbalement (voix pré-enregistrée) et visuellement (lettre à l'écran) la lettre correspondant au visage cible présenté à cet essai. L'essai suivant commençait 1000 ms après cette rétroaction. Chaque participant devait compléter au moins un bloc de 24 essais dans lequel

chacun des visages apparaissait à trois reprises dans un ordre aléatoire. Ce bloc d'entraînement était répété jusqu'à ce que le participant ait réussi à compléter les 24 essais sans erreur et que chacune des réponses soit donnée en-deçà de 1500 ms. Les participants n'ayant pas réussi à satisfaire ces deux critères au terme de 20 blocs de 24 essais, un critère déterminé a priori, n'ont pas été retenus pour la troisième phase.

La troisième phase, dite d'amorçage, suivait immédiatement la phase de consolidation. À cette étape, les participants devaient identifier les visages cibles présentés individuellement à l'écran, lesquels étaient cette fois précédés d'une amorce (segment de visage) présentée très brièvement. L'amorce précédant un visage était toujours un segment de ce même visage. À chacun des essais, les participants voyaient d'abord un astérisque durant 500 ms, immédiatement suivi d'une amorce présentée durant 400 ms. Un masque était ensuite présenté durant 13 ms, formé du contour du visage générique rempli d'un damier (carrés de 4 x 4 pixels). Le visage cible apparaissait immédiatement après et disparaissait seulement lorsque le participant donnait sa réponse verbale qui activait la clé vocale reliée à l'ordinateur. L'expérimentateur sélectionnait ensuite la réponse du participant au clavier de l'ordinateur à la suite de quoi l'essai suivant était lancé.

Tous les stimuli étaient présentés au centre de l'écran. Les participants devaient compléter quatre blocs de 120 essais pour un total de 480 essais par sujet. Deux blocs ont été administrés pour chaque type de segmentation faciale utilisée (segmentation naturelle vs. segmentation arbitraire). L'ordre de présentation des blocs était déterminé au hasard pour chaque paire de participants (autiste-contrôle appariés). À l'intérieur d'un bloc, les combinaisons entre les différents types d'amorces (un, deux, trois, quatre segments et l'amorce neutre; i.e. le visage générique) et les visages cibles étaient répartis aléatoirement, avec les deux contraintes suivantes: les visages cibles devaient apparaître en fréquence équivalente et pour chaque visage, un nombre équivalent de type d'amorces devait être présenté dans un même bloc.

Lors des essais où une seule partie naturelle composait l'amorce, les yeux, le nez, la bouche et le contour étaient présentés en nombre équivalent à travers le bloc d'essais. Les amorces composées de plus d'un segment facial (i.e. deux ou plus) ont été construites en utilisant toutes les combinaisons possibles entre les yeux, le nez, la bouche et le contour. Ces différentes combinaisons ont été faites pour chacun des huit visages cibles, et elles ont été présentées un nombre égal de fois à l'intérieur d'un bloc d'essai.

L'expérience durait entre une heure et demie et deux heures et demie pour chaque participant, selon la rapidité avec laquelle chacun mémorisait les associations lettre-visage durant la phase de consolidation. À la fin de l'expérience, les participants devaient indiquer s'ils avaient eu recours à une quelconque stratégie pour mémoriser les associations lettre-visage et si tel était le cas, ils devaient préciser en quoi elle consistait.

3. Résultats

3.1. Exclusion de certains participants

Parmi l'ensemble des participants, trois participants autistes et deux participants contrôles ont été éliminés parce qu'ils n'ont pu satisfaire les critères d'exactitude et de vitesse imposés lors de la phase d'apprentissage des associations visage-lettre. Parmi les participants restants, trois qui appartenaient au groupe de participants autistes ont été exclus en raison de tics moteurs et de difficultés attentionnelles affectant significativement leur performance. Ces individus étaient les mêmes participants qui avaient été exclus lors de l'expérience 1.

3.2. Préparation des données

Avant de procéder à l'analyse des résultats, les essais non valides ont été exclus. D'abord, les essais lors desquels les réponses des participants n'ont pas activé la clé vocale (trop faible intensité vocale) ont été exclus des analyses statistiques (autistes : 0,9 %; contrôles : 0,7%). Les essais dont le temps de réponse était inférieur ou supérieur à trois écarts types de la moyenne de chaque sujet par condition (autistes : 3,8%; contrôles : 3,9%) ont également été exclus (procédure de filtrage identique à celle utilisée pour l'expérience 1). Le taux d'erreur moyen pour l'ensemble des participants était de 1% pour les participants autistes et de 2% pour les participants contrôles. Autant pour les autistes que pour les contrôles, les résultats ne montraient pas de compromis ("*trade-off* ") entre le temps de réponse et le nombre d'erreurs commises, tel que vérifié par les corrélations entre les TRs et les erreurs (autistes: 0.10, *n.s.*; contrôles: 0.00, *n.s.*).

3.3. Analyses des effets d'amorçage

Les analyses des effets d'amorçage ont été réalisées sur la base des temps de réponses correctes seulement. Les essais où les participants ont répondu incorrectement ont été exclus (autistes: 1% ; contrôles: 2%).

Tel que mentionné plus haut, l'effet d'amorçage représente le gain sur la vitesse d'identification occasionné par la présentation préalable d'un ou de plusieurs segments de visage avant l'apparition d'un visage cible, relativement à la performance avec une amorce neutre. Dans le but de caractériser la progression de l'effet d'amorçage en fonction du nombre de parties présentées dans l'amorce, une ANOVA à mesures répétées basée sur les contrastes polynomiaux (Kirks, 1968) a été utilisée. Cette analyse consiste à décomposer le facteur "nombre de segments" en pourcentage de variance expliquée, selon quatre composantes distinctes. Dans une expérience, le nombre maximal de composantes pouvant décrire une fonction est défini par le

nombre de niveaux du facteur d'intérêt à décomposer, duquel on soustrait un. Dans la présente expérience, la fonction à décrire est celle du facteur "nombre de segments" qui comprend cinq niveaux (1, 2, 3, 4 segments, amorce neutre). Donc, quatre composantes au maximum (i.e. 5 niveaux moins 1) devaient être vérifiées dans l'expérience 2, lesquelles sont, respectivement et dans un ordre croissant de complexité: linéaire, quadratique, cubique et quartique. Cette procédure permettait de vérifier si l'effet d'amorçage global produit par l'augmentation du nombre de segments dans l'amorce pouvait être représenté par une fonction linéaire ou encore par une fonction de plus haut degré (quadratique, quartique, cubique). Une fonction linéaire (ou additive) est caractérisée par l'absence de point d'inflexion dans la courbe (e.g. une ligne droite). Une fonction quadratique (ou accélérante) est caractérisée par la présence d'un seul point d'inflexion dans la courbe. Les fonctions cubique et quartique sont caractérisées respectivement par la présence de deux et de trois points d'inflexion dans la courbe.

Les analyses des effets d'amorçage seront présentées en trois parties distinctes. D'abord, la forme du patron d'amorçage global sera analysée afin de vérifier si les personnes autistes font la même utilisation que les participants contrôles des informations configurales contenues dans les visages. Ensuite, l'effet d'amorçage produit par une amorce contenant une information minimale (i.e. un seul segment du visage) sera analysé afin de vérifier si les participants autistes en font un traitement privilégié, lequel serait compatible avec un biais local lors du traitement des visages. Enfin, des analyses seront effectuées afin de vérifier si le potentiel d'amorçage des différentes régions du visage est similaires pour les deux groupes.

3.3.1. Traitement configural des visages

Une ANOVA pour échantillons appariés a été réalisée avec les facteurs Groupe (autistes vs. contrôles) comme variable inter-sujets et les facteurs Type de segmentation (naturelle vs. arbitraire) et Nombre de segments dans l'amorce (1, 2, 3,

4 segments, amorce neutre) en tant que facteurs intra-sujets. Les deux groupes ont montré un déclin progressif du temps de réponse à mesure que le nombre de segments (naturels et arbitraires) présentés dans l'amorce était augmenté. Pour les deux groupes, l'effet principal du nombre de segments présentés en amorce était significatif (contrôles: $F(4, 48) = 272, 32; p < ,005$; autistes: $F(4, 48) = 188, 47; p < , 001$).

Ni l'interaction entre les facteurs Groupe et Nombre de segments dans l'amorce ($F(4, 48) < 1$), ni celle entre les facteurs Groupe x Nombre de segments dans l'amorce x Type de segmentation ($F(4, 48) < 1$) n'étaient significatives. Ces observations indiquent que l'effet du nombre de segments dans l'amorce était similaire pour les deux groupes (voir Figure 15).

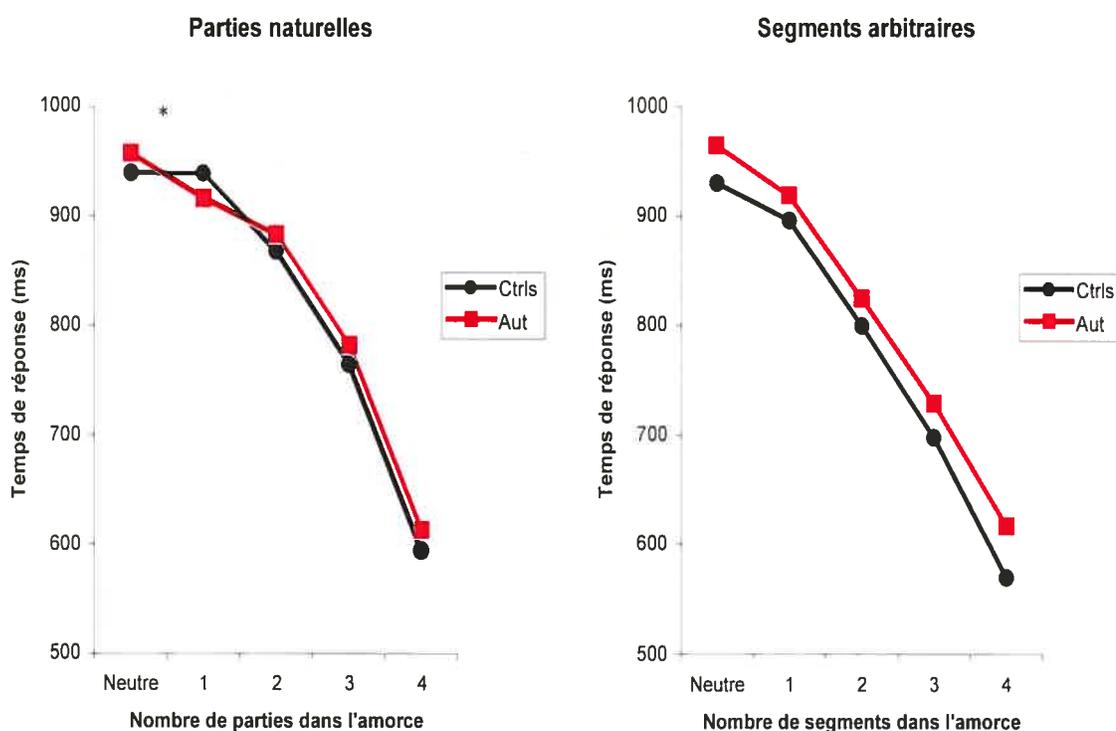


Figure 13. Graphiques de l'effet d'amorçage en fonction du type de segmentation; parties naturelles (à gauche) et segments arbitraires (à droite). Aut = autistes, Ctrl = contrôles.

Une ANOVA à mesures répétées basée sur les contrastes polynomiaux (Kirk, 1968) a été effectuée dans le but de caractériser la forme de l'effet du facteur "nombre de segments". Cette analyse permettait de vérifier si l'effet produit par l'augmentation du nombre de segments dans l'amorce pouvait être représenté par une fonction linéaire ou encore par une fonction plus complexe (quadratique, cubique, quartique).

Lorsque les amorces étaient des parties *naturelles*, 88,3% (contrôles) et 89,3% (autistes) de la variance totale en TR était expliquée par la composante linéaire seulement. De plus, 11,6% (contrôles) et 9,8% (autistes) de la variance était expliquée par la composante quadratique, 0,0% (contrôles) et 0,8% (autistes) était expliquée par la composante cubique et 0,1% (pour les deux groupes) était expliquée par la composante quartique. Le test permettant de vérifier la non linéarité de la fonction (*test for departure from linearity*) était significatif (contrôles: $F(3, 48) = 23,71$; $p < 0,005$; autistes: $F(3, 48) = 25,25$; $p < .001$). D'après les données indiquées à la figure 13, cette non-linéarité implique qu'il existe, pour les deux groupes, un effet d'accélération significatif des TRs en fonction du nombre de parties incluses dans l'amorce. La contribution des composantes cubique et quartique étaient négligeables, démontrant l'absence d'irrégularités dans la courbe de l'effet d'amorçage, en fonction du nombre de parties naturelles.

Lorsque les amorces étaient des segments *arbitraires*, 96,8% (contrôles) et 98,2% (autistes) de la variance totale était expliquée par la composante linéaire, 3% (contrôles) et 0,1% (autistes) par la composante quadratique et 0,1% (pour les deux groupes) était expliquée par les composantes cubique et quartique. Le test vérifiant la non-linéarité de la fonction était significatif pour le groupe contrôle ($F(3, 48) = 8,95$; $p < ,005$) mais non pour le groupe de personnes autistes ($F(4, 18) = 2,17$; *n.s.*). Donc, d'après les données illustrées par la figure 13, cette non-linéarité indique qu'il existe, pour les contrôles seulement, une accélération significative des TR fonction du nombre de segments arbitraires dans l'amorce. Toutefois, l'amplitude de cette accélération était considérablement plus faible que celle observée avec les parties naturelles. De plus, il est évident, par un examen de la figure 13, que la non-linéarité

détectée dans la fonction d'amorçage des sujets contrôles résulte exclusivement d'une réduction des TR plus faible entre l'amorce neutre et l'amorce avec une seule partie que pour les autres paires consécutives de condition d'amorçage. Enfin, la variabilité des temps de réponse était très faible chez les participants contrôles avec les segments arbitraires, ce qui a pu expliquer que le test statistique détecte une accélération en dépit que la contribution de la composante quadratique soit très faible. La contribution des composantes cubique et quartique était à nouveau négligeable, démontrant l'absence d'irrégularités dans la courbe d'amorçage.

Une ANOVA à mesures répétées a été ensuite effectuée afin de vérifier si la différence entre les fonctions produites par les amorces naturelles et les amorces arbitraires était statistiquement significative. Cette analyse, réalisée séparément pour chacun des groupes, comprenait les facteurs Type de segmentation (naturelle, arbitraire) et Nombre de segments dans l'amorce (1, 2, 3, 4 segments, amorce neutre). Pour les deux groupes, l'interaction Type de segmentation x Nombre de segments dans l'amorce était significative (contrôles: $F(3, 48) = 4,56; p < 0,01$; autistes: $F(3, 48) = 5,40; p < 0,005$). Cette interaction était attribuable à un effet d'accélération plus prononcé en présence d'amorces constituées de parties naturelles (composante quadratique: 11,6% pour les contrôles; 9,8% pour les autistes) comparativement à des amorces constituées de segments arbitraires (composante quadratique: 3% pour les contrôles; 1,6% pour les autistes). Ce résultat réplique les observations d'Arguin et Saumier (2003) et confirme que pour les deux groupes, l'augmentation progressive du nombre de segments arbitraires dans les amorces donne lieu à une fonction d'amorçage plus linéaire qu'en présence de parties naturelles. La similitude des fonctions d'amorçage observées chez les participants contrôles et chez les participants autistes est incongruente avec l'hypothèse que le traitement configural des visages est affecté dans l'autisme.

3.3.2. Biais local dans le traitement des visages

Les analyses concernant l'effet d'amorçage d'un unique segment facial présenté isolément (e.g. nez seulement, bouche seulement, un seul segment arbitraire, etc.) ont été obtenues en calculant la différence de TR entre la condition neutre (visage générique) et la condition où un seul segment facial constituait l'amorce. L'inspection des courbes d'amorçage (voir Figure 13) suggère un effet d'amorçage plus important chez les participants autistes, en présence d'une partie naturelle (groupe contrôle: 0 ms; groupe autisme: 42 ms) et d'un segment arbitraire (respectivement: 34 ms et 46 ms) présentés isolément. Les participants autistes semblent donc bénéficier davantage que les participants contrôles d'une information minimale, ce qui est congruent avec l'hypothèse d'un biais local dans le traitement des visages. Ces différences apparentes ne sont pas confirmées par le test d'interaction Groupe (autistes, contrôles) par Type de segmentation (naturelle, arbitraire) ($F(1, 12) = 1,21; n.s.$) appliqué sur l'effet d'amorçage produit par une seule partie. Cependant, puisque cette différence inter-groupe avait été prédite a priori⁴ pour les amorces composées d'un seul segment, les effets d'amorçage produits chez chacun des groupes par l'exposition à des segments isolés arbitraires vs naturels ont été comparés directement. Les tests de Student pour échantillons appariés ont montré une différence significative entre les groupes dans la taille de l'effet d'amorçage produit par une seule partie pour les parties naturelles ($t(12) = 2,17; p < ,05$), mais non pour les segments arbitraires présentés isolément ($t(12) = 0,54; n.s.$). En somme, les participants autistes ont bénéficié davantage comparativement au groupe contrôle, d'une quantité restreinte d'information procurée par des parties naturelles du visage, un résultat consistant avec un biais local lors du traitement des visages.

⁴ Rappelons que plusieurs auteurs ont suggéré que les personnes autistes pourraient présenter un biais local dans l'analyse perceptive faciale. d'après leur performance dans des tâches impliquant un traitement des visage (Weeks & Hobson, 1987; Boucher & Lewis, 1992; Davies et al., 1994; Tantam et al., 1989). D'ailleurs, une telle supériorité du traitement local a également été démontré chez les personnes autistes, dans le domaine de la perception visuelle *non sociale* (Motttron et al., 1993; Rinehart et al., 2000; Plaisted et al., 1999).

3.4. Analyses supplémentaires

Des analyses additionnelles ont été effectuées afin d'évaluer d'autres aspects pertinents du traitement des visages chez les personnes autistes. D'abord, le groupe de personnes autistes et le groupe contrôle ont été comparés quant à la vitesse avec laquelle ils ont fait l'apprentissage des huit associations visage-lettre. De plus, l'exactitude de la performance des deux groupes durant la phase d'amorçage a été comparée via une analyse des taux d'erreur. Finalement, l'effet d'amorçage induit par chacune des différentes parties naturelles (yeux, nez, bouche, contour) a été vérifié. À cet égard, rappelons que certaines études suggèrent des particularités dans l'autisme, concernant l'attention préférentielle portée à certaines régions du visage (Langdell, 1978; Klin et al., 2002; Joseph & Tanaka, 2003).

3.4.1. Vitesse d'apprentissage

Dans la phase de consolidation de l'expérience, les participants pouvaient utiliser un maximum de 20 blocs de 24 essais pour mémoriser et automatiser les huit associations visage-lettre. Des tests-t pour échantillons appariés ont été effectués pour comparer la vitesse d'apprentissage des participants autistes et des participants contrôles (nombre total de blocs utilisés pour atteindre les critères d'exactitude et de vitesse). La différence n'était pas significative ($t(12) = -0,18; n.s.$), témoignant d'une vitesse d'apprentissage similaire pour les deux groupes.

3.4.2. Taux d'erreur

Le taux d'erreur moyen de chaque participant autiste et du participant contrôle apparié a été comparé statistiquement (groupe autisme: 1,2%; groupe contrôle: 1,9%) afin de vérifier une possible différence entre les groupes concernant leur taux d'erreur globaux dans la phase d'amorçage de l'expérience. Des test-t pour échantillons

appariés ont démontré que la différence n'était pas significative, indiquant un taux d'erreur similaire pour les deux groupes. Une ANOVA à mesures répétées pour échantillons appariés impliquant les facteurs Types d'amorce (i.e. naturelle, arbitraire), Groupe (i.e. autiste, contrôle) et Nombre de parties dans l'amorce (i.e. neutre, 1, 2, 3, 4) a été effectuée sur les taux d'erreur. Aucune des interactions et aucun des effets principaux n'étaient significatifs (tous les $p > 0,05$).

3.4.3. Effet d'amorçage de chacune des parties naturelles du visage

Une ANOVA à mesures répétées avec les facteurs Type de partie naturelle (yeux, nez, bouche, contour, amorce neutre) et Groupe (autistes, contrôle) a d'abord été effectuée afin de vérifier, en fonction du groupe, si l'effet d'amorçage d'une seule partie présentée isolément dépendait du type de partie. Cette interaction n'était pas significative ($F(4, 48) = 1,17; n.s.$), indiquant que dans les deux groupes, toutes les parties semblaient avoir le même impact sur la performance d'identification.

Cependant, étant donné la présence d'hypothèses à priori concernant la préférence des autistes vers certaines régions faciales (e.g. la bouche; Klin et al., 2002), des analyses *post-hoc* ont été réalisées pour chacun des groupes séparément. En ce qui concerne les participants autistes, un effet significatif du facteur Type de partie naturelle a été retrouvé ($F(4, 18) = 4,23; p < ,005$). Des comparaisons a posteriori à partir de la méthode de Newman-Keuls ont révélé des TR significativement plus courts pour les yeux en comparaison à la bouche, au contour ou à la condition neutre ($p < ,05$; yeux: 877 ms, nez: 916 ms, bouche: 943 ms, contour: 925 ms, condition neutre: 956 ms). Dans un but de comparaison, une ANOVA à mesures répétées a été effectuée sur les données des participants contrôles, même s'ils n'ont pas démontré un effet d'amorçage significatif en présence d'une seule partie naturelle présentée isolément. Cette analyse n'a révélé aucune différence significative entre les différentes parties naturelles ($F(4, 48) = 1,17; n.s.$; yeux: 913 ms; nez 958 ms; bouche: 942 ms, contour 940 ms; condition neutre: 939 ms).

4. Discussion

La contribution relative du traitement local et du traitement de la configuration lors de la reconnaissance visages a été examinée en vérifiant l'effet d'amorçage produit par deux types de segmentation faciale durant une tâche d'identification de visages. Les résultats indiquent que tous les participants, autistes ou non, ont démontré une fonction d'amorçage *accélérate* en présence d'un nombre croissant de parties naturelles contenues dans les amorces, ainsi qu'un effet d'amorçage moins accélérant ou linéaire en présence d'un nombre croissant de segments arbitraires. Cette similitude dans la performance des participants autistes et des participants contrôles lors du traitement perceptif des parties naturelles indique que les deux groupes font usage des informations configurales lorsqu'ils traitent les visages. Cependant, l'expérience a révélé une différence notable entre les deux groupes. Ainsi, une partie naturelle présentée isolément a produit un effet d'amorçage substantiel chez les participants autistes, alors qu'un tel effet était absent chez les participants contrôles.

Les résultats de l'expérience d'amorçage, lesquels s'ajoutent à l'intégrité de l'effet d'inversion démontrée par la première expérience, représentent un argument supplémentaire à l'appui d'une préservation du traitement des informations configurales des visages dans l'autisme. Plusieurs avantages sont liés à l'utilisation d'un tel paradigme pour l'étude de la question d'un possible déficit des informations configurales dans l'autisme. D'abord, alors que l'effet d'inversion du visage demeure attribué a priori à une perturbation du traitement de la configuration faciale, le paradigme d'amorçage utilisé permet d'évaluer *directement* le traitement et l'utilisation des informations configurales en manipulant deux types de segmentation faciale et en vérifiant l'effet produit par l'augmentation graduelle du nombre de parties dans les amorces. De plus, ce paradigme a été mis à l'épreuve auprès d'individus neurologiquement sains (Arguin & Saumier, soumis) ainsi qu'auprès d'une personne souffrant d'un trouble de la reconnaissance des visages (prosopagnosique) et présentant une perturbation du traitement configural (Saumier, Arguin & Lassonde,

2001). Par ailleurs, la forme globale de la fonction d'amorçage (e.g. accélérante) dépend de plusieurs conditions consécutives (1, 2, 3 ou 4 parties dans l'amorce), comparativement aux paradigmes où le résultat principal repose essentiellement sur la présence ou non d'une différence de performance entre les deux conditions. En d'autres mots, chaque partie ajoutée dans l'amorce produit un effet dont la cohérence avec les conditions consécutives peut être examinée. Chaque condition représente donc un test en soi, relativement à l'interprétation de la fonction d'amorçage dans son entier. De plus, une tâche *d'amorçage* implique une présentation très brève du stimulus responsable des effets observés. Ainsi, la durée d'apparition des parties de visages qui est de 400ms dans cette expérience (plutôt que de 3.5 s dans l'expérience de Joseph et Tanaka, 2003), minimise le risque que certains comportements attentionnels (e.g. évitement des yeux) documentés dans l'autisme (Klin et al., 2002; van der Geest, Kemner, Verbaten & Engeland, 2002) n'interfèrent avec la mesure des processus perceptifs à l'étude.

Une autre contribution importante de cette étude concerne l'effet d'une seule partie naturelle sur la reconnaissance subséquente d'un visage mémorisé. Les individus à développement typique, dans notre étude et dans celle d'Arguin et Saumier (2003), ne bénéficient pas d'une amorce constituée d'une seule partie naturelle (e.g. bouche ou yeux présentés isolément). Il apparaît en effet qu'une seule partie naturelle ne constitue pas une information suffisante pour accélérer l'accès à une représentation faciale. Une autre possibilité est que les individus à développement typique ont besoin d'un certain type d'information, en l'occurrence de l'information sur les relations configurales, afin d'accéder aux visages mémorisés. Nous avons postulé que si les personnes autistes présentaient un biais local du traitement perceptif des visages, elles pourraient accéder au souvenir du visage correspondant à partir d'une moindre quantité d'information que les participants contrôles. Les résultats appuient cette hypothèse puisque les participants autistes ont démontré un effet substantiel d'une partie naturelle présentée isolément alors que cet effet était nul chez les participants contrôles. De plus, bien qu'il s'agisse d'un résultat obtenu par une analyse des moyennes de groupe, il demeure vrai sur une base

individuelle. En effet, l'examen des données individuelles démontre que tous les participants autistes présentent des TR plus courts avec une seule partie naturelle isolée qu'avec une amorce neutre. À l'opposé, aucun participant du groupe contrôle ne présente cette différence; tous les participants présentent une différence entre les conditions qui est dans la direction opposée. En ce qui concerne les segments arbitraires, l'effet d'amorçage d'une seule partie était significatif dans les deux groupes. Cependant, même si la différence entre les groupes n'a pas atteint le seuil de signification, il y avait néanmoins une tendance chez les participants autistes pour un effet d'amorçage plus marqué que chez les contrôles. Ceci indique donc que les personnes autistes ont besoin de moins d'information en tant qu'amorce, pour accéder à un visage mémorisé. Lorsqu'une amorce accélère significativement l'accès à une représentation correspondante, c'est que l'information contenue dans cette amorce a été traitée et encodée explicitement. Ainsi, les personnes autistes semblent encoder l'information faciale sur une base que l'on pourrait qualifier de plus "locale" relativement aux participants contrôles, tel que démontré par un effet d'amorçage supérieur des parties naturelles isolées, et par une tendance du même type en ce qui concerne les parties arbitraires. Ce résultat représente la première démonstration d'un biais local chez les personnes autistes dans le traitement perceptif des visages.

L'examen du potentiel d'amorçage de chacune des différentes parties naturelles a révélé que les personnes autistes ont bénéficié davantage de la région des yeux comparativement aux autres parties du visages. Comment réconcilier ce résultat avec les études antérieures démontrant un attrait particulier chez les personnes autistes pour la région de la bouche (Joseph & Tanaka, 2003; Klin et al., 2002)? Les études ayant démontré un attrait préférentiel vers la région de la bouche et un moindre intérêt vers la région des yeux chez des participants autistes ont utilisé des durées d'exposition plutôt longues (e.g. 3,5 s pour Joseph & Tanaka, 2003; non contrôlés mais de l'ordre de quelques secondes pour Klin et al., 2002). À l'opposé, les amorces utilisées dans la présente expérience n'ont été présentées que sur une durée très brève (400 ms). Ceci suggère une évolution temporelle dans la région du visage qui semble recevoir un traitement privilégié dans l'autisme, évolution temporelle qui

semble d'ailleurs distincte de celle rencontrée chez le sujet normal. À cet égard, il est à souligner que parce que la région des yeux traduisant plus que toute autre partie les subtilités du langage non verbal (Mertens et al., 1993), un problème de nature émotionnelle pourrait faire en sorte que les personnes autistes soient portées à éviter cette région qu'ils interprètent difficilement. De façon congruente aux présentes observations relatives à une possible évolution temporelle de la région du visage privilégiée par les personnes autistes, une étude de van der Geest et al. (2002) indique que la toute première fixation oculaire portée sur des visages par des enfants autistes et non-autistes se dirige directement vers les yeux plutôt que vers la bouche ou vers les régions extérieures au visage entier.

Par ailleurs, il est à souligner que l'avantage relatif de certaines parties en tant qu'amorce n'est pas fonction de la surface occupée sur l'écran. En effet, les yeux occupent moins d'espace que le contour, lequel a produit un effet d'amorçage moins important que les yeux, même si cette différence n'atteignait pas le seuil de signification. Les yeux occupent également une surface approximativement équivalente à celle de la bouche. Pourtant, les yeux ont produit un effet d'amorçage significativement plus important que la bouche.

Chapitre III : Discussion générale

Le but de la présente étude était d'évaluer la nature des anomalies perceptives pouvant sous-tendre les particularités et difficultés retrouvées chez les personnes autistes lors du traitement des visages. Deux paradigmes distincts ont été utilisés dans le but de vérifier s'il y avait un déficit chez les personnes autistes dans le traitement des informations configurales contenues dans les visages et/ou un traitement supérieur des parties de visage. La première expérience a démontré un effet d'inversion des visages similaire chez les participants autistes et les participants contrôles, indiquant que le traitement de la configuration est intact dans l'autisme. Les résultats de la deuxième expérience ont appuyé ceux de la première en démontrant que les personnes autistes peuvent traiter les informations configurales des visages. De plus, l'expérience d'amorçage a mis en évidence un biais local en reconnaissance de visages chez les autistes, qui prend la forme d'un traitement supérieur des parties. Les résultats de la présente étude seront d'abord discutés en lien avec les données issues des études comportementales. Par la suite, nous nous attarderons à l'interprétation des résultats obtenus sur le plan comportemental, en explorant les données disponibles en neuroimagerie fonctionnelle. Enfin, nous examinerons la possibilité d'anomalies développementales dans l'autisme quant à l'élimination neuronale et la connectivité cérébrale, étant susceptibles d'expliquer les particularités observées sur le plan comportemental et neuro-fonctionnel.

1. Études comportementales; sphères sociale et non sociale

La démonstration d'un biais local dans l'autisme comporte une valeur explicative à l'égard de plusieurs observations suggérant des particularités perceptives et attentionnelles chez ces individus dans le traitement des visages. Par exemple, les personnes autistes observent et mettent davantage l'emphase sur des secteurs atypiques lors de tâches et situations dans lesquels des visages leur sont présentés.

Ainsi, leur traitement repose davantage sur des régions non-faciales (type de chapeau, objets environnants) ou encore sur la région de la bouche, le contour facial ou autres parties du corps (Joseph & Tanaka, 2003; Langdell, 1978; Klin et al., 2002; Pelphrey et al., 2002; Weeks & Hobson, 1987), alors que les personnes à développement typique dirigent 70% de leurs fixations oculaires vers la région des yeux (Walker-Smith, Gale & Finley, 1977). D'abord, une emphase plus grande sur les parties individuelles du visage (plutôt que sur la configuration d'ensemble) pourrait modifier la hiérarchie habituelle des parties qui procurent le plus d'informations sur les états mentaux/intentions d'autrui (e.g. les yeux) et de celles qui en procurent moins. En effet, la présence d'un traitement local plus performant pourrait accroître la quantité d'information extraite des parties autres que les yeux et ainsi, faire en sorte que cette région habituellement prépondérante, perde sa primauté au profit d'une distribution plus aléatoire de l'attention. Toutefois, rappelons que la région des yeux a fourni le plus grand potentiel d'amorçage chez les participants autistes lorsque les différentes parties du visage ont été comparées. Ceci indique que les yeux demeurent, même chez eux, la région la plus importante, du moins durant les premières phases du traitement perceptif et lors de courtes durées d'exposition. Suite à cela, il demeure possible qu'il y ait ensuite une distribution atypique de l'attention en raison du traitement supérieur des parties.

Une perception orientée davantage vers les parties locales du visage pourrait aussi expliquer pourquoi les personnes autistes sont davantage affectées par des changements de point de vue ou d'expression faciale lorsqu'ils doivent reconnaître un visage (Teunisse & de Gelder, 1994). De même, cela pourrait expliquer pourquoi leur performance en reconnaissance des émotions décroît plus rapidement comparativement à leurs contrôles appariés lorsque des parties du visage sont graduellement supprimées (Hobson et al., 1988). En effet, une focalisation marquée sur les parties du visage, au détriment du traitement de la configuration (même si ce dernier est intact), pourrait perturber le traitement perceptif en empêchant les personnes autistes de parvenir à la formation et au maintien d'une représentation faciale unifiée. De même, une telle particularité perceptive pourrait les rendre

beaucoup plus dépendants des indices locaux, rendant ainsi leur traitement des visages plus susceptible d'être altéré lorsque ces indices locaux sont graduellement retirés. En résumé donc, une emphase perceptive sur les aspects locaux pourrait avoir un effet nuisible dans certaines circonstances, notamment en ce qui a trait au traitement et à la reconnaissance des visages. Cette hypothèse est par ailleurs indirectement appuyée par des résultats récents démontrant qu'une préférence locale identifiée chez des participants autistes peut nuire à leur performance dans une tâche impliquant la détection de cibles globales (Mann & Walker, 2003). Dans cette étude, les participants autistes étaient plus lents et commettaient davantage d'erreurs que leur groupe contrôle apparié lorsqu'il devaient détecter une cible de grande taille, quand celle-ci était précédée d'une cible de plus petite taille. Toutefois, leur performance était identique à celle des participants contrôles lorsqu'il s'agissait de détecter une cible de petite taille précédée d'une cible d'une grande taille. Ceci démontre donc qu'un biais local peut avoir un effet négatif sur le traitement global, même si les capacités perceptives à cet égard sont par ailleurs intactes.

Les résultats de la présente étude font donc état d'une perception supérieure des parties en présence d'un traitement intact de la configuration. Ils s'avèrent congruents avec nombre d'études ayant investigué la perception de matériel non-social dans les modalités visuelle et auditive chez des personnes autistes. Dans des tâches cognitives impliquant deux niveaux de stimuli comme le paradigme local-global de Navon (Plaisted et al., 1999, expérience 2; Rinehart et al., 2000), les personnes autistes détectent mieux et plus rapidement l'aspect local des stimuli comparativement aux participants contrôles. Cette supériorité a été retrouvée dans les tâches de recherche visuelle (O'Riordan & Plaisted, 2001), dans des tâches de perception auditive (Mottron, Peretz & Ménard, 2000), ainsi que dans des tâches d'extraction de figures locales cachées dans une configuration géométrique plus vaste (Shah & Frith, 1983; Jolliffe & Baron-Cohen, 1997; Mottron, Burack, Iarocci, Belleville & Enns, 2003). Dans les tâches impliquant des mécanismes perceptifs de bas-niveau (i.e. précoces), les participants autistes ont montré de meilleures performances que les participants à développement typique dans la discrimination de

stimuli visuels (Plaisted et al., 1999) et auditifs (Bonnell et al., 2003). Toutefois, malgré la présence d'une supériorité du traitement local, les études ont démontré de façon consistante que la perception de l'aspect global des stimuli de type Navon (Ozonoff, Strayer, McMahon & Filloux, 1994; Mottron et al., 1999, expérience 1; Plaisted et al., 1999, expérience 1), des stimuli hiérarchiques auditifs (Mottron et al., 2000) ainsi que la dimension holistique des stimuli visuels hiérarchiques (Mottron et al., 1999, expérience 2) ne sont pas déficients chez les participants autistes.

2. Bases neuro-fonctionnelles des résultats comportementaux

Les appuis neuro-anatomiques ou fonctionnels pour un traitement local supérieur dans l'autisme sont rares. Certes, dans le domaine du traitement facial, on retrouve souvent une sous-activation de l'aire fusiforme des visages dans l'autisme comparativement aux participants contrôles (Hubl et al., 2003; Pierce et al., 2001; Schultz et al., 2000). Cependant, peu d'études portant sur le traitement des visages chez les personnes autistes ont examiné l'activation au-delà de cette région, notamment dans les aires cérébrales dédiées au traitement visuel de bas niveau. Jusqu'à maintenant, deux études d'imagerie par résonance magnétique fonctionnelle sont pertinentes à la question d'un biais local dans l'autisme et toutes deux appuient cette thèse. D'abord, une étude de Hubl et al. (2003) démontre une activation plus importante du complexe occipital latéral (une région du gyrus occipital médian) chez les participants autistes relativement au groupe contrôle lors d'une tâche de détection de visage et lors d'une tâche de recherche visuelle impliquant des stimuli géométriques non-sociaux. D'après les auteurs, la suractivation de cette région normalement recrutée lors du traitement des objets indique que les personnes autistes utilisent des stratégies perceptives plus élémentaires que les individus à développement normal lors de la perception de stimuli sociaux autant que non-sociaux. Cette étude démontre également une activation plus importante de la région du gyrus précentral chez les participants autistes dans la tâche de détection faciale relativement au groupe contrôle. Chez les individus à développement normal, cette

région est fortement activée lorsqu'un traitement analytique est effectué, comme c'est le cas lors de tâches de recherche visuelle, mais non lorsqu'un traitement plus global ou configural est nécessaire, comme lors du traitement des visages. Ces résultats suggèrent que les personnes autistes font davantage appel à des stratégies s'apparentant à la recherche visuelle lorsqu'ils traitent des visages, alors que les sujets à développement normal privilégient une approche plus globale. Enfin, Schultz et al. (2000) trouvent une activation supérieure du cortex inféro-temporal chez les participants autistes, lors d'une tâche de traitement facial, une région activée par les participants contrôles lors du traitement des objets. Ce résultat a été interprété comme reflétant l'utilisation, chez les personnes autistes, de stratégies analytiques (plutôt qu'holistiques) lors du traitement des visages.

En ce qui concerne le matériel non-social, des corrélats neuro-anatomiques de la supériorité du traitement local de l'information visuelle ont été identifiés. Les résultats d'une étude d'imagerie par résonance magnétique fonctionnelle obtenus dans le contexte d'une tâche de détection de figures cachées dans un ensemble géométrique ont révélé une meilleure performance des participants autistes et des participants atteints du syndrome d'Asperger comparativement à des individus à développement typique (Ring et al., 1999). Ils ont également démontré une activation accrue des régions occipito-temporales ventrales et moins d'activation dans les régions préfrontales et pariétales comparativement aux participants contrôles. Ces différences d'activation ont été interprétées comme l'indication que les personnes autistes et les individus atteints du syndrome d'Asperger ont davantage fait appel au cortex visuel primaire et associatif ainsi qu'à une stratégie orientée localement. Au contraire, les individus à développement typique présenteraient une plus grande implication de la mémoire de travail et des processus de recherche visuelle.

3. Le biais local dans l'autisme: étiologies possibles

La cause du biais local identifié dans l'autisme qui s'applique indifféremment à diverses modalités perceptives demeure encore inconnue. Schultz et al. (2000) ont proposé que le traitement atypique des visages dans l'autisme (au plan comportemental et au plan neuro-anatomique) résulte d'une moindre expertise dans le traitement des visages chez les autistes que chez les normaux consécutive à un manque d'attention porté aux visages durant une période critique du développement. Les auteurs émettent l'hypothèse qu'une anomalie de l'amygdale, une structure impliquée notamment dans l'apprentissage associatif et dans le signalement de la saillance émotionnelle des événements et des stimuli, pourrait empêcher que les visages n'acquièrent une signification particulière au cours d'une période critique du développement, empêchant ainsi l'émergence d'une expertise pour le traitement des visages. L'amygdale, une région sous-activée lorsque les personnes autistes traitent l'aspect socio-émotionnel des visages (Critchley et al., 2000; Pierce et al., 2001), entretient de nombreuses connections neuronales avec les structures temporales ventrales et le gyrus fusiforme. Une anomalie de l'amygdale pourrait donc affecter la maturation des structures spécialement dédiées au traitement des visages et ainsi expliquer la difficulté présentée par les personnes autistes dans la discrimination et la reconnaissance des visages.

Il est d'ailleurs à souligner que le gyrus fusiforme et le gyrus temporal médian sont des régions fortement modulées par des processus "descendants" de nature attentionnelle. Il serait donc possible que les anomalies retrouvées dans l'activation de ces régions lors de tâches impliquant des visages ne reflètent pas un déficit primaire du traitement des visages, mais plutôt un problème au niveau des mécanismes attentionnels recrutés à la vue des visages (Critchley et al., 2000). Cette hypothèse est congruente avec des données récentes en imagerie neuro-fonctionnelle. En effet, Hadjikhani et al. (sous presse) trouvent une activation normale de l'aire fusiforme des visages lorsqu'on contraint les participants autistes à porter attention à la région centrale du visage lors des tâches d'observation. Ces résultats sont aussi compatibles

avec les données de Davidson et Dalton (2003) montrant que plus les personnes autistes s'attardent à la région des yeux, plus l'activation est grande dans l'aire fusiforme des visages. Il se pourrait donc que les anomalies retrouvées au niveau du gyrus fusiforme/aire fusiforme des visages lors des tâches de imagerie neuro-fonctionnelle (Hubl et al., 2003; Pierce et al., 2001; Schultz et al., 2000) puissent davantage s'expliquer par un comportement d'évitement attentionnel à la vue des visages, que par des anomalies dans les régions spécialisées dans le traitement des visages.

4. Complexité neuronale et connectivité cérébrale

Le sur-fonctionnement de la perception de bas-niveau pourrait être la conséquence d'un fonctionnement anormal de certains réseaux neuronaux, tel que stipulé par le modèle de facilitation fonctionnelle paradoxale ("*paradoxical functional facilitation*"; Kapur, 1996). Par exemple, une moindre complexité du réseau neuronal mis en œuvre dans une opération perceptive donnée dans l'autisme (Bertone, Mottron & Jelenic & Faubert, 2003) pourrait occasionner un sur-fonctionnement de la perception de bas-niveau. Selon cette hypothèse et ce, contrairement aux idées avancées par Schultz et al. (2000) ainsi que par Hubl et al. (2003), cette organisation fonctionnelle ne serait pas nécessairement la résultante d'un déficit dans le traitement émotionnel mais serait plutôt liée à une anomalie touchant directement le développement des connexions neuronales dans l'autisme.

Une proposition connexe postule une anomalie dans les connexions ascendantes et descendantes du système visuel. Cette proposition est basée sur une théorie appelée "la hiérarchie inverse" qui stipule que chez l'individu neurologiquement intact, lorsqu'un stimulus visuel est présenté, un traitement ascendant est d'abord activé à partir des aires corticales V1 et V2. Les neurones de bas-niveau encodent alors les propriétés locales (e.g. lignes ou bordures d'une certaine orientation et localisation) des stimuli, sans qu'une perception consciente ou

explicite n'ait lieu à ce stade. Ces neurones de bas-niveau font ensuite parvenir leurs efférences à des neurones de plus haut-niveau dans les régions V3, V4, aire MT et de là, vers les régions inférotemporales et préfrontales. À partir de cette étape une perception consciente et quasi-automatique d'une image aurait lieu, laquelle demeurerait toutefois globale et non détaillée (e.g. perception de la catégorie "poisson" et non pas de l'exemplaire "requin"; perception de la taille, du point de vue). Lorsque le traitement atteindrait les niveaux perceptifs de plus haut-niveau, un traitement descendant se mettrait alors en place et la perception visuelle deviendrait de plus en plus explicite (Hochstein & Ahissar, 2002). La présence de connexions descendantes et horizontales est maintenant établie (Douglas, Koch, Mahowald, Martin & Suarez, 1995). Ainsi, la perception rapide et catégorielle ("*vision at a glance*") serait ensuite suivie d'un traitement plus détaillé ("*vision with scrutiny*") grâce aux connexions descendantes qui retourneraient, dans une hiérarchie inverse, vers les unités de traitement de bas-niveau, afin de guider le traitement subséquent et de confirmer/préciser le percept initial (Hochstein & Ahissar, 2002).

Selon ce modèle, le traitement supérieur des aspects locaux et des caractéristiques élémentaires documenté dans l'autisme pourrait s'expliquer par un développement et une organisation anormale des projections ascendantes et descendantes. Plus précisément, la présence d'une préférence globale chez les personnes autistes semble indiquer que le traitement ascendant s'effectue normalement. Toutefois, l'emphase supérieure vers les détails et la supériorité perceptive des caractéristiques de bas-niveau suggèrent la possibilité que les connexions descendantes permettant le traitement des détails et l'analyse plus fine du percept soient en proportion anormalement élevée dans l'autisme. Ceci serait congruent avec certains résultats d'imagerie cérébrale fonctionnelle démontrant que les personnes autistes, lorsqu'elles traitent des visages, ont une activation plus importante que leurs contrôles appariés dans la région du gyrus précentral (Hubl et al., 2003). Chez l'individu neurologiquement intact, cette région (où se situe l'aire oculomotrice frontale) est recrutée lors de tâches de recherche visuelle, faisant appel à des stratégies locales de traitement (détail par détail). L'activation importante de cette

région lorsque les personnes autistes traitent les visages suggère que ces individus utilisent des stratégies basées sur le traitement des détails, au lieu de faire appel à un traitement global ou configural.

Une autre possibilité serait que le traitement descendant exercerait moins d'influence, chez les personnes autistes, sur les influx du traitement ascendant. Le cadre théorique sous-tendant cette hypothèse est légèrement différent de celui de la hiérarchie inversée décrit précédemment, même s'il met toujours en cause les traitements ascendants et descendants. Celui-ci propose d'abord que les basses fréquences d'une image décodées par les aires visuelles précoces sont projetées rapidement vers le cortex préfrontal où diverses possibilités sont activées quant à l'identité du stimulus. Ces hypothèses initiales concernant la nature du percept sont ensuite projetées à l'aire inféro-temporale où elles activent les représentations correspondantes, qui sont alors intégrées au traitement ascendant. L'influence de ce traitement descendant sur le traitement ascendant facilitera ainsi la reconnaissance du stimulus. Selon ce modèle, le traitement ascendant s'effectuerait normalement dans l'autisme et les basses fréquences spatiales permettraient de formuler quelques hypothèses concernant l'identité du stimulus. Cette idée serait congruente avec la présence d'une précérence globale normale chez les autistes (Rinehart et al., 2000; Mottron et al., 1999). Toutefois, les hypothèses initiales n'auraient pas l'influence attendue sur le traitement ascendant. Ainsi, elles n'accélèreraient ni ne faciliteraient l'identification du stimulus. Une telle anomalie pourrait notamment expliquer que la catégorie générale des stimuli n'influence pas leurs capacités de discrimination perceptive contrairement aux sujets normaux (Soulières, Mottron, Saumier, Cantin & Larochelle, 2003). Il ne rendrait toutefois pas compte de la supériorité du traitement psychophysique et du traitement des aspects locaux des stimuli chez les personnes autistes.

L'hypothèse d'un déséquilibre des traitements ascendant et descendant serait congruente avec certaines anomalies de la connectivité cérébrale proposées dans l'autisme. Chez l'individu à développement normal, la grande majorité des neurones

est présente vers le septième mois de gestation (Rakic, 1995). Un processus de synaptogénèse survient ensuite dans les premières années de la vie, suivi d'une période d'élimination synaptique qui cesse plus ou moins tard, selon les régions cérébrales (e.g. vers 12 ans pour le cortex auditif et encore plus tard pour les régions préfrontales; Huttenlocher & Dabholkar, 1997). Les processus d'apoptose (i.e. mort neuronale programmée) et d'élimination axonale et synaptique permettent ensuite la spécialisation neuronale en détruisant les connexions redondantes. Plusieurs études ont démontré que le volume du cerveau (Hardan, Minshew, Mallikarjhun & Keshavan, 2001; Spars, Friedman, Shaw, Aylward, Echelard et al., 2002) et la circonférence crânienne (Miles, Hadden, Takahashi & Hillman, 2000) des personnes autistes étaient supérieurs à ceux de leurs pairs. En ce qui concerne le volume du cerveau, on retrouve cette supériorité tant pour le volume de matière blanche que pour le volume de matière grise du cerveau (Courchesne, Karns, Davis, Ziccardi, Carper et al., 2001). Cependant, ces différences ne seraient pas présentes dès la naissance; elles apparaîtraient plutôt vers l'âge de deux ou trois ans et disparaîtraient vers l'adolescence (Courchesne et al., 2001). Il a donc été suggéré qu'un phénomène anormal se produisait dans l'autisme autour de la petite enfance. Courchesne et al. (2001) ont formulé quelques hypothèses quant à la nature du processus en cause. Notamment, ils ont proposé que l'élimination neuronale pourrait être inférieure à la normale chez les personnes autistes ou encore qu'un retard serait observé dans le processus d'apoptose. L'une ou l'autre de ces alternatives pourrait ainsi être responsable d'une quantité de neurones anormalement élevée chez les personnes autistes relativement aux contrôles. Une autre possibilité concerne une anomalie ou un retard dans l'élimination des connexions axonales, qui amènerait une quantité excessive de connexions axonales chez les personnes autistes (Courchesne et al., 2001). En somme, quelles qu'elles soient, chacune de ces anomalies pourrait produire un volume cérébral anormalement élevé chez les personnes autistes (Akshoomoff et al., 2002).

La possibilité d'anomalies développementales dans le processus d'élimination neuronale peut être mise en relation avec le réseau de connexions visuelles

ascendantes et descendantes. D'abord, il est démontré que les projections descendantes se développent plus tard que les projections ascendantes (Batardière, et al., 2002). En fait, la période où les projections descendantes se développent coïncide avec la période d'élimination neuronale. Une quantité excessive de neurones ou de connexions axonales causée par une moindre élimination ou un retard dans ce processus pourrait donc expliquer à la fois la taille anormale du cerveau et de la tête des personnes autistes et le fonctionnement sous-optimal du système de projections descendantes.

Chapitre IV : Conclusions

La présente étude démontre un traitement supérieur des parties du visages dans l'autisme. Ces résultats s'ajoutent à ceux appuyant un biais favorisant le traitement des aspects locaux et des caractéristiques de bas-niveau des stimuli visuels et auditifs dans l'autisme. L'ensemble de ces observations suggère que les personnes autistes analysent les visages en appliquant des mécanismes perceptifs orientés davantage sur les aspects locaux et de bas-niveau, lesquels caractériseraient d'ailleurs autant le traitement de l'information sociale que non-sociale.

Cette proposition va à l'encontre de certaines des allégations de la théorie de la faible cohérence centrale (FCC; Frith, 1989), laquelle soutient qu'il existe un déficit du traitement global dans l'autisme. Alors que la théorie de la FCC parle d'un traitement orienté localement *consécutif* à un traitement global déficitaire, les présents résultats militent plutôt en faveur d'une perception locale exacerbée, laquelle pourrait se répercuter sur la qualité des représentations globales.

Les résultats de la présente étude sont compatibles avec l'hypothèse d'une discrimination perceptive accrue formulée par Plaisted (2001) et par O'Riordan and Plaisted (2001). Ils sont également congruents avec le modèle de surfonctionnement perceptif ("*enhanced perceptual functioning model*") proposé par Mottron et Burack (2001). Ces deux théories soutiennent qu'il existe un biais perceptif orienté localement dans l'autisme, mais qui ne s'accompagne pas d'un problème du traitement configural ou global, ni d'un déficit de l'intégration des parties en un tout. Un biais local ou une perception élémentaire supérieure a été retrouvée chez les personnes autistes dans plusieurs modalités de traitement (e.g. auditif, visuel) et avec divers types de matériel, ce qui suggère qu'un mécanisme commun serait en cause.

La présente étude ne s'adresse pas directement à la question des mécanismes neuronaux sous-jacents aux particularités perceptives mises en évidence dans l'autisme. À l'heure actuelle, les hypothèses formulées à cet effet ne sont encore que

des spéculations qui restent à tester empiriquement. Les mécanismes cérébraux responsables des anomalies identifiées dans le traitement des visages et également dans le traitement perceptif des stimuli non-sociaux devront faire l'objet de nouvelles investigations allant au-delà des hypothèses formulées à partir d'études comportementales. De même, l'hypothèse d'une moindre élimination neuronale en lien avec un possible déséquilibre des traitements ascendants et descendants dans l'autisme devra être évaluée de façon plus spécifique.

Les recherches futures devraient également apporter des éléments favorisant notre compréhension quant aux contributions relatives du déficit perceptif et des anomalies du traitement des émotions dans la sémiologie de l'autisme. En effet, il existe nombre d'indications à l'effet que le traitement des émotions dans l'autisme est perturbé, tant au plan de la production qu'au plan de l'interprétation. Or, tel que démontré dans plusieurs études citées plus haut, le traitement des visages, même lorsqu'ils n'affichent aucune émotion, est également déficient. Un traitement exacerbé des aspects locaux ou de bas-niveau des stimuli (y compris les visages) pourrait-il expliquer l'ensemble du déficit social dans l'autisme? Pourrait-il seulement y contribuer partiellement ou est-ce que ces deux particularités agissent de façon indépendante, affectant chacune à sa façon le fonctionnement des personnes atteintes? Sur le plan neuroanatomique, les anomalies identifiées dans le volume de l'amygdale, une structure grandement impliquée dans le traitement émotionnel, la moindre activation du gyrus fusiforme, région privilégiée pour le traitement des visages et la suractivation de certaines régions dédiées au traitement perceptif de bas-niveau, sont-elles indépendantes ou non? Ces questions demeurent ouvertes et des pistes d'intérêt pour des investigations éventuelles.

Quoi qu'il en soit et au-delà de la problématique traitée dans le présent travail de thèse, il reste encore beaucoup de chemin à parcourir afin de comprendre les causes de l'autisme et le lien entre les signes cliniques qui caractérisent le désordre. Les développements et avancées technologiques, tout comme la combinaison de différentes techniques d'imagerie cérébrale permettront possiblement des

investigations plus précises et encore plus informatives. De même, les recherches dans le domaine de la génétique permettront éventuellement de mieux comprendre les causes de l'autisme, d'identifier encore plus précocément les individus atteints et peut-être même d'améliorer l'intervention clinique et d'amenuiser l'impact du trouble que l'on qualifie d'envahissant, tout au long du développement.

Références

- Abell, F., Krams, M., Ashburner, J., Passingham, R., Friston, K., Frackowiak, R., Happé, F., Frith, C., Frith, U. (1999). The neuro-anatomy of autism: a voxel based whole brain analysis of structural scans. *Neuroreport*, *10*, 1647-1651.
- Acosta, M.T. & Pearl, P.L. (2003). The neurobiology of autism: new pieces of the puzzle. *Current Neurology and Neuroscience Reports*, *3*, 2, 149-156.
- Akshoomoff, N., Pierce, K., & Courchesne, E. (2002). The neurobiological basis of autism from a developmental perspective. *Development and psychopathology*, *14*, 613-634.
- American Psychiatric Association (1994). Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders 4th edition. Washington, DC: APA.
- Arguin, M., & Saumier, D. (2003). The analytic and configural mechanisms of visual face recognition revealed by priming. Manuscript soumis au *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*.
- Bahrick, H.P., Bahrick, P.O. & Wittlinger, R.P. (1975). Fifty years of memory for names and faces: a cross-sectional approach. *Journal of Experimental Psychology: General*, *104*, 54-75.
- Baird, G., Charman, T., Baron-Cohen, S., Cox, A., Swettenham, J., Wheelwright, S., Drew, A. (2000). A screening instrument for autism at 18 months of age: a 6-year follow-up study. *Journal of American Academy of Child and Adolescent Psychiatry*, *39*, 6, 694-702.

- Baron-Cohen, S., Leslie, A.M., & Frith, U. (1985). Does the autistic child have a "theory of mind"? *Cognition*, *21*, 37-46.
- Bartlett, J.C., & Searcy, J. (1993). Inversion and configuration of faces. *Cognitive Psychology*, *25*, 281-316.
- Barton, J.S.J., Keenan, J.P., & Bass, T. (2001). Discrimination of spatial relations and features in faces: effects of inversion and viewing duration. *British Journal of Psychology*, *92*, 527-549.
- Batardière, A., Barone, P., Knoblauch, K., Giroud, P., Berland, M., Dumas, A.M., & Kennedy, H. (2002). Early specification of the hierarchical organization of visual cortical areas in the macaque monkey. *Cerebral Cortex*, *12*, 5, 453-65.
- Bartlett, J.C., Searcy, J. (1993). Inversion and configuration of faces. *Cognitive Psychology*, *25*, 3, 281-316.
- Bentin, S., Allison, T., Puce, A., Perez, A., & McCarthy, G. (1996). Electrophysiological studies of face perception in humans. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *8*, 6, 551-565.
- Benton, A.L. (1980). The neuropsychology of facial recognition. *American Psychology*, *35*, 2, 176-186.
- Bertone, A., Mottron, L. & Jelenic, P. & Faubert, J. (2003). Motion perception in autism: A "complex issue". *Journal of Cognitive Neuroscience*, *15*, 2, 218-225.
- Bliem, H.R. (1996). Configural apperceptive prosopagnosia: experimental and clinical evidence. Article court préparé pour le XXVIème Congrès International de Psychologie, 16 au 21 août, Montréal, Québec.

- Bodamer, J. (1947). Die prosopagnosie. *Archiv für Psychiatrie und Nervenkrankheiten*, 179, 6–53.
- Bonnell, A., Mottron, L., Peretz, I., Trudel, M., Gallun, E., & Bonnell, A.M. (2003). Enhanced pitch sensitivity in individuals with autism: a signal detection analysis. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 15, 2, 226-235.
- Boucher, J., & Lewis, V. (1992). Unfamiliar face recognition in relatively able autistic children. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 33, 5, 843-859.
- Braverman, M., Fein, D., Lucci, D., Waterhouse, L. (1989). Affect comprehension in children with pervasive developmental disorders. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 19, 301-316.
- Bub, D., & Gum, T. (1998). Psychlab Software. University of Victoria: Canada.
- Carey, S. & Diamond, R. (1977). From piecemeal to configurational representation of faces. *Science*, 195, 4275, 312-314.
- Castelli, F., Frith, C., Happé, F., & Frith, U. (2000). Autism, Asperger syndrome and brain mechanisms for the attribution of mental states to animated shapes. *Brain*, 125, 1839-1849.
- Chakrabarti, S. & Fombonne, E. (2001). Pervasive developmental disorders in preschool children. *Journal of American Medical Association*, 285, 3093-3099.
- Chao, L.L., Haxby, J.V., & Martin, A. (1999). Attribute-base neural substrates in temporal cortex for perceiving and knowing objects. *Nature Neuroscience*, 2, 913-919.

- Cody, H., Pelphrey, K., & Piven, J. (2002). Structural and functional magnetic resonance imaging of autism. *International Journal of Developmental Neurosciences*, 20, 3-5, 421-438.
- Cook, E.H. (2000). Genetics of autism. *Mental Retardation & Developmental Disabilities Research Reviews*, 4, 2, 113-120.
- Cook, E.H. Jr., Courchesne, R.Y., Cox, N.J., Lord, C., Gonen, D., Guter, S.J., Lincoln, A., Nix, K., Haas, R., Leventhal, B.L., & Courchesne, E. (1998). Linkage-disequilibrium mapping of autistic disorder, with 15q11-13 markers. *American Journal of Human Genetics*, 62, 5, 1077-1083.
- Courchesne, E., Karns, C.M., & Davis, H.R., Ziccardi, B.S., Carper, R.A., Tigue, Z.D., Chisum, H.J., Moses, P., Pierce, K., Lord, C., Lincoln, A.J., Pizzo, S., Schreibman, L., Haas, R.H., Akshoomoff, N.A., & Courchesne, E.Y. (2001). Unusual brain patterns in early life in early life in patients with autistic disorder: an MRI study. *Neurology*, 57, 245-254.
- Critchley, H.D., Daly, E.M., Bullmore, E.T., Williams, S.C., Van Amelsvoort, T., Robertson, D.M., Rowe, A., Phillips, M., McAlonan, G., Howlin, P., & Murphy, D.G. (2000). The functional neuroanatomy of social behaviour: changes in cerebral blood flow when people with autistic disorder process facial expressions. *Brain*, 123, 11, 2203-2212.
- Dallett K, Wilcox SG, D'Andrea L. (1968). Picture memory experiments. *Journal of Experimental Psychology*, 76, 2, 312-320.
- Damasio, A.R., Damasio, H., & Van Hoesen, G.W. (1982). Prosopagnosia: anatomic basis and behavioral mechanisms. *Neurology*, 32, 331-341.

- Davidson, R.J. & Dalton, K. (2003). Dysfunction of the neural circuitry of emotional face processing in individuals with autism, *Psychophysiology*, 40, s3.
- Davidson, R.J. & Irwin, W. (1999). The functional neuroanatomy of emotion and affective style. *Trends in Cognitive Science*, 3, 1, 11-21.
- Davis, S., Bishop, D., Manstead, A.S.R., & Tantam, D. (1994). Face perception in children with autism and Asperger syndrome, *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 35, 6, 1033-1057.
- Dawson, G. (1996). The neuropsychology of autism. *Journal of Autism and Developmental Disorder*, 26, 179-184.
- Dawson, G., Carver, L. Meltzoff, A.N., Panagiotides, H., McPartland, J., & Webb, S.J. (2002). Neural correlates of face and object recognition in young children with autism spectrum disorder, developmental delay, and typical development. *Child Development*, 73, 3, 700-717.
- de Gelder, B., & Rouw, R. (2000). Configural face processes in acquired and developmental prosopagnosia: evidence for two separate face systems? *Neuroreport*, 11, 14, 3145-3150.
- de Gelder, B., Bachoud-Levi, A.C., & Degos, J.D. (1998). Inversion superiority in visual agnosia may be common to a variety of orientation polarised objects besides faces. *Vision Research*, 38, 18, 2855-2861.
- de Haan M, & Nelson CA. (1997). Recognition of the mother's face by six-month-old infants: a neurobehavioral study. *Child Development*, 68, 2, 187-210.
- De Renzi, E. (1986). Prosopagnosia in two patients with CT scan evidence of damage confined to the right hemisphere. *Neuropsychologia*, 24, 385-389.

- Deruelle C, de Schonen S. (1991). Hemispheric asymmetries in visual pattern processing in infancy. *Brain and Cognition*, 16, 2, 151-79.
- Dewey, M. (1991). Living with Asperger syndrome. In U. Frith (Ed.), *Autism and Asperger Syndrome* (pp. 184-206). United Kingdom: Cambridge University Press.
- Diamond, R. & Carey, S. (1986). Why faces are and are not special: an effect of expertise. *Journal of Experimental Psychology*, 115, 2, 107-117.
- Douglas, R.J., Koch, C., Mahowald, M., Martin, K.A.C. & Suarez, H.H. (1995). Recurrent excitation in neocortical circuits. *Science*, 269, 981-985.
- Ellis, H.D. (1975). Recognizing faces. *British Journal of Psychology*, 66, 4, 409-426.
- Ellis, H.D. (1986). Processes underlying face recognition. In R. Bruyer (Ed.), *The neuropsychology of face perception and facial expression*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Farah, M. J. (1998). Dissociable systems for visual recognition: A cognitive neuropsychology approach. In S. F. Kosslyn and D. N. Osherson (Eds.). *An Invitation to Cognitive Science*, 2nd edition, Vol. 2, Visual Cognition (pp. 101-119). MIT Press.
- Farah, M.J., Tanaka, J.W., & Drain, H.M. (1995). What causes the face inversion effect? *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 21, 3, 628-634.
- Farah, M.J., Wilson, K.D., Drain, M., & Tanaka, J.R., (1995). The inverted face inversion effect in prosopagnosia: evidence for mandatory face-specific perceptual mechanisms. *Vision Research*, 35, 14, 2089-2093.

- Fombonne, E. (1998). Epidemiological surveys of autism. In F. Volkmar (Ed.), *Autism and pervasive developmental disorders* (pp. 32-62). United Kingdom: Cambridge University Press.
- Fombonne, E. (2003). Epidemiological surveys of autism and other pervasive developmental disorders: an update. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 33, 4, 365-382.
- Frith, C. (1996). Theory of mind in the brain. Evidence from a PET scan study of Asperger syndrome. *Neuroreport*, 8, 197-201.
- Frith, U. (2003). *Autism: Explaining the enigma (2ème édition)*. Oxford: Basil Blackwell.
- Frith, U., & Snowling, M.(1983). Reading for meaning and reading for sound in autistic and dyslexic children. *Journal of Applied Developmental Psychology*, 1, 329-342.
- Gauthier, I. & Tarr, M.J. (1997). Becoming a "Greeble" expert : exploring mechanisms for face recognition. *Vision Research*, 37, 12, 1673-1682.
- Gauthier, I., Skudlarski, P., Gore, & Anderson, A.W. (2000) Expertise for cars and birds recruits brain areas involved in face recognition. *Nature Neuroscience*, 3, 2, 191-197.
- Gepner, B., de Gelder, B., & de Schonen, S. (1996). Face processing in autism; Evidence for a generalised deficit? *Child Neuropsychology*, 2, 2, 123-139.
- Goren, C.C., & Sarty, M., & Wu, P.Y.K. (1975). Visual following and pattern discrimination of face-like stimuli by new-born infants. *Pediatrics*, 56, 544-549.

- Grice, S.J., Spratling, M.W., Karmiloff-Smith, A., Halit, H., Csibra, G., de Haan, M., & Johnson, M.H. (2001). Disordered visual processing and oscillatory brain activity in autism and Williams syndrome. *Neuroreport*, *12*, 12, 2697-2700.
- Hadjikhani, N., Joseph, M.J., Snyder, J., Chabris, C.F., Clark, J., Steele, S., et al., (sous presse). Activation of the fusiform gyrus when individuals with autism spectrum disorder view faces. *Neuroimage*.
- Happé, F.G.E. (1999). Autism: cognitive deficit or cognitive style? *Trends in Cognitive Sciences*, *3*, 216-222.
- Happé, F. (1997). Central coherence and theory of mind in autism: reading homographs in context. *British Journal of developmental Psychology*, *15*, 1-12.
- Happé, F., Ehlers, S., Fletcher, S., Frith, U., Johansson, M., Gillberg, C., et al. (1996). Studying weak central coherence at low levels: children with autism do not succumb to visual illusions. A research note. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, *37*, 873-877.
- Hardan, A.Y., Minshew, N.J., Mallikarjunn, M., & Keshavan, M.S. (2001). Brain volume in Autism. *Journal of Child Neurology*, *16*, 421-424.
- Hauck, M., Fein, D., Waterhouse, L., & Feinstein, C. (1995). Social initiations by autistic children to adults and other children. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, *25*, 6, 579-595.
- Haxby, J.V., Horwitz, B., Ungerleider, L.G., Maisog, J.M., Pietrini, P., & Grady, C.L. (1994). The functional organization of human extrastriate cortex: a PET-rCBF study of selective attention to faces and locations. *Journal of Neuroscience*, *14*, 11 Pt 1, 6336-6353.

- Haxby, J.V., Hoffman, E., A., & Ida Gobbini, M. (2000). The distributed human neural system for face perception. *Trends in Cognitive Sciences*, 4, 6, 223-233.
- Haxby, J.V., Ungerleider, L.G., Clark, V.P., Schouten, J.L., Hoffman, E.A., & Martin, A. (1999). The effect of face inversion on activity in human neural systems for face and object perception. *Neuron*, 22, 189-199.
- Hécaen, H., & Angelergues, R. (1962). Agnosia for faces (prosopagnosia). *Archives of Neurology*, 7, 29-32.
- Hobson, R.P. (1993). *Autism and the development of of mind*. Hove, England: Erlbaum.
- Hobson, R.P., Ouston, J., & Lee, A. (1988). What's in a face? The case of autism. *British Journal of Psychology*, 79, 441-453.
- Hochstein, S. & Ahissar, M. (2002). View from the top: hierarchies in the visual system. *Neuron*, 36, 791-804.
- Hoffman, E. & Haxby, J. (2000). Distinct representations of eye gaze and identity in the distributed human fusiform gyrus. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 9, 605-610.
- Hochstein, S. & Ahissar, M. (2002). View from the top: hierarchies and reverse hierarchies in the visual system. *Neuron*, 36, 791-804.
- Hubl, D., Bolte, S., Feineis-Matthews, S., Lanfermann, H., Federspiel, A., Strik, W., Poustka, F., & Dierks, T. (2003). Functional imbalance of visual pathways indicates alternative face processing strategies in autism. *Neurology*, 61, 9, 1232-1237.

- Huttenlocher, P.R. & Dabholkar, A.S. (1997). Regional differences in synaptogenesis in human cerebral cortex. *Journal of Comparative Neurology*, 387, 2, 167-178.
- Ishai, A., Ungerleider L.G., Schouten, J.L. & Haxby, J.V. (1999). Distributed representation of objects in the human ventral visual pathway. *Proceedings of the national academy for sciences of the United States of America*, 96, 16, 9379-9384.
- Jarrold, C., Russell, J. (1997). Counting abilities in autism: possible implications for central coherence theory. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 27, 23-37.
- Jolliffe, T., & Baron-Cohen, S. (1997). Are people with autism and Asperger syndrome faster than normal on the Embedded Figures Test? *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 38, 5, 527-534.
- Joseph, R.M., & Tager-Flushberg (1997). An investigation of attention and affect in children with autism and Down syndrome. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 4, 385-396.
- Joseph, R.M., & Tanaka, J. (2003). Holistic and part-based face recognition in children with autism. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 44, 4, 529-542.
- Kanwisher, N., McDermott, J., Chun, M.M. (1997). The fusiform face area: A module in human extrastriate cortex specialised for face perception. *Journal of Neuroscience*, 17, 4302-4311.
- Kanwisher, N., Stanley, D. & Harris, A. (1999). The fusiform face area is selective to face not to animals. *Neuroreport*, 10, 183-187.

- Kanwisher, N., Tong, F., & Nakayama, K. (1998). The effect of face inversion in the human fusiform face area. *Cognition*, 68, 1, B1-B11.
- Kapur, N. (1996). Paradoxical functional facilitation in brain-behaviour research. A critical review. *Brain*, 119, 5, 1775-1790.
- Kirks, R.E. (1968). *Experimental design: procedures for the behavioral sciences*. Brooks/Cole publishing company. Belmont, California.
- Klin, A., Jones, W., Schultz, R., Volkmar, F., & Cohen, D. (2002). Visual fixation patterns during viewing of naturalistic social situations as predictors of social competence in individuals with Autism. *Archives of General Psychiatry*, 59, 9, 809-816.
- Landis, T., Cummings, J.L., Christen, L., Bogen, J.E., & Imof, H.G. (1986). Are unilateral right posterior cerebral lesions sufficient to cause prosopagnosia? Clinical and radiological findings in six additional cases. *Cortex*, 22, 2, 243-252.
- Langdell, T. (1978). Recognition of faces: an approach to the study of autism. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 19, 255-268.
- Lauritsen, M. & Ewald, H. (2001). The genetics of autism. *Acta Psychiatrica Scandinavica*, 103, 6, 411-427
- Leder, H. & Bruce, V. (1998). Local and relational aspects of face distinctiveness. *Quarterly Journal of Experimental Psychology: Applied*, 51, 3, 449-473.

- Leder, H. & Bruce, V. (2000). When inverted faces are recognized: the role of configural information in face recognition. *Quarterly Journal of Experimental Psychology: Applied*, 53, 2, 513-536.
- Lord, C. (1991). Methods and measures of behavior in the diagnosis of autism and related disorders. *Psychiatric Clinics of North America*, 14, 69-80.
- Lord, C., Rutter, M., & Le Couteur, A. (1994). Autism Diagnostic Interview-Revisited: A revised version of a diagnostic interview for caregivers of individuals with possible pervasive developmental disorders. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 24, 5, 659-685.
- Lord, C., Rutter, M., Dilavore, P. (1997). *Autism Diagnostic Observation Schedule Generic (ADOS-G)*. Unpublished material.
- Lord, C., Rutter, M., Lecouteur, A. (1994). Autism Diagnostic Interview-Revised: A revised version of a diagnostic interview for caregivers of individuals with possible pervasive developmental disorders. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 24, 5, 659-686.
- Macho, S. & Leder, H. (1998). Your eyes only? A test of interactive influence in the processing of facial features. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 24, 5, 1486-1500.
- Mann, T.A. & Walker, P. (2003). Autism and a deficit in broadening the spread of visual attention. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 44, 2, 274-284.
- Maurer, D., Grand, R.L., & Mondloch, C.J. (2002). The many faces of configural processing. *Trends in Cognitive Science*, 6, 6, 255-260.

- Mc Partland, J., Panagiotides, H. (avril 2001). *Neural correlates of face perception in autism*. Communication affichée présentée au biennial meeting of the Society for Research in Child Development (SRCD), Minneapolis, Minnesota.
- McCarty, G., Puce, A., Gore, J.C. & Allison, T. (1997). Face-specific processing in the human fusiform gyrus. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 9, 605-610.
- McNeil, J., & Warrington, E. (1993). Prosopagnosia: A specific disorder. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 46A, 1-10.
- Mertens, I., Siegmund, H., & Grusser, O.J. (1993). Gaze motor assymetries in the perception of faces during a memory task. *Neuropsychologia*, 31, 989-998.
- Michel, F., Perenin, M.T., & Sieroff, E. (1986). Prosopagnosia without hemianopsia after unilateral right occipitotemporal lesion. *Revue Neurologique*, 42, 5, 545-549.
- Miles, J.H., Hadden, L.L., Takahashi, T.N., & Hillman, R.E. (2000). Head circumference is an independant clinical finding associated with autism. *American Journal of Medical Genetic*, 95, 339-350.
- Mineau, S. & Mottron, L. (1998). Case report. Therapeutic intervention using a "particular interest" of an autistic child with visual agnosia. *Santé Mentale au Québec*, 23, 1, 67-84.
- Minshew, N.J., Goldstein, G., Muenz, L.R., & Payton, J.B. (1992). Neuropsychological functioning in nonmentally retarded autistic individuals. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 14, 5, 749-761.
- Miyashita, T. (1988). Discrimination of facial components in autistic children. *Shinrigaku Kenkyu*, 59, 4, 206-212.

- Mondloch, C.L., Le Grand, R., & Maurer, D. (2002). Configural face processing develops more slowly than featural face processing. *Perception, 31, 5, 553-566.*
- Morton, J., & Johnson, M.H. (1991). CONSPEC and CONLERN: a two-process theory of infant face recognition. *Psychological review, 98, 164-181.*
- Moscovitch, M., Winocur, G., Behrmann, M.. (1997). What is special about face recognition ? Nineteen experiment on a person with visual object agnosia and dyslexia but normal face recognition. *Journal of Cognitive Neuroscience, 9, 555-604.*
- Mottron, L., Belleville, S. & Ménard, E. (1999). Local bias in autistic subjects as evidenced by graphic tasks : perceptual hierarchization or working memory deficit. *Journal of Child Psychology and Psychiatry, 40, 5, 743-756.*
- Mottron, L., Belleville, S. (1993). A study of perceptual analysis in a high-level autistic subject with exceptional graphic abilities. *Brain and Cognition, 23, 279-309.*
- Mottron, L., Burack, J. (2001). Enhanced perceptual functioning in the development of autism. In J.A. Burack, T. Charman, N. Yirmiya, & P.R. Zelazo (Eds). *The development of autism : Perspectives from theory and research* (p.131-148), Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Mottron, L., Burack, J., Stauder, J. E. & Robaey, P. (1999). Perceptual processing among high-functioning persons with autism. *Journal of Child Psychology and Psychiatry, 40, 2, 203-212.*

- Mottron, L., Burack, J.A., Iarocci, G., Belleville, S., & Enns, J.T. (2003). Locally oriented perception with intact global processing among adolescents with high-functioning autism: evidence from multiple paradigms. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 44, 6, 904-913.
- Mottron, L., Burack, J.A., Iarocci, G., Belleville, S., & Enns, J.T. (2003). Locally oriented perception with intact global processing among adolescents with high-functioning autism: evidence from multiple paradigms. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 44, 6, 904-913.
- Mottron, L., Peretz, I., & Ménard, E. (2000). Local and global processing of music in high-functioning persons with autism: beyond central coherence? *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 41, 8, 1057-1065.
- Navon, D. (1977). Forest before tree: the precedence of global features in visual perception. *Cognitive Psychology*, 9, 353-383.
- Oldfield, R.C. (1971) the assessment and analysis of handedness: The Edinburgh inventory. *Neuropsychologia*, 9, 97-113.
- O'Riordan, M., & Plaisted, K. (2001). Enhanced discrimination in autism. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 54, 4, 961-979.
- O'Riordan, M.A., & Plaisted, K.C., Driver, J., & Baron-Cohen, S. (2001). Superior visual search in autism. *Journal of Experimental Psychology and Human Perception and Performance*, 27, 3, 719-730.
- Ozonoff, S., Strayer, D.L., McMahon, W.M., Filloux, F. (1994). Executive function abilities in autism and Tourette syndrome: an information processing approach. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 35, 6, 1015-1032.

- Ozonoff, S., Strayer, D.L., McMahon, W.M., Filloux, F. (1994). Executive function abilities in autism and Tourette syndrome: an information processing approach. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 35, 6, 1015-1032.
- Parks, T.E., Coss, R.G., & Coss, C.S. (1985). Thatcher and the cheshire cat: context and the processing of facial features. *Perception*, 14, 747-754.
- Pelphrey, K.A., Sasson, N.J., Reznick, J.S., Goldman, B.D., & Piven, J. (2002). Visual scanning of faces in autism. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 32, 4, 249-261.
- Pierce, K., Muller, R.A., Ambrose, J., Allen, G., & Courchesne, E. (2001). Face processing occurs outside the fusiform 'face area' in autism: evidence from functional MRI. *Brain*, 124, 10, 2059-2073.
- Plaisted, K. (2001). Reduced generalization in autism: An alternative to Weak Central Coherence. In J. Burack, T. Charman, N. Yirmiya and P.R. Zelazo (Eds.). *The development of autism: Perspectives from theory and research* (p.149-169). Mahwah NJ: Erlbaum.
- Plaisted, K., O'Riordan, M. & Baron-Cohen, S. (1998a). Enhanced visual search for a conjunctive target in autism: a research note. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 39, 5, 777-783.
- Plaisted, K., O'Riordan, M. & Baron-Cohen, S. (1998b). Enhanced discrimination of novel, highly similar stimuli by adults with autism during a perceptual learning task. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 39, 5, 765-775.
- Plaisted, K., Sweetenham, J. & Rees, L. (1999). Children with autism show local precedence in a divided attention task and global precedence in a selective attention task. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 40, 5, 733-742.

- Puce, A., Allison, T., Bentin, S., Gore, J.C., & McCarthy, G. (1998). Temporal cortex activation in humans viewing eye and mouth movements. *The Journal of Neuroscience*, *18*, 6, 2188-2199.
- Puce, A., Syngeniotis, A., Thompson, J.C., Abbott, D.F., Wheaton, K.J., & Castiello, U. (2003). The human temporal lobe integrates facial form and motion: evidence from fMRI and ERP studies. *Neuroimage*, *19*, 3, 861-869.
- Rakic, P. (Ed.). (1995). *Corticogenesis in human and nonhuman primates*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Ricciardelli, P., Ro, T., & Driver, J. (2002). A left visual field advantage in perception of gaze direction. *Neuropsychologia*, *40*, 7, 769-777.
- Rinehart, N.J., Bradshaw, J.L., Moss, S.A., Brereton, A.V., & Tonge, B.J. (2000). Atypical interference of local detail on global processing in high-functioning autism and Asperger's disorder. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, *41*, 6, 769-778.
- Rinehart, N.J., Bradshaw, J.L., Bereton, A.V. & Tonge, B.J. (2002). A clinical and neurobehavioral review of high-functioning autism and Asperger's disorder. *Australian and New Zealand Journal of Psychiatry*, *36*, 6, 762-770.
- Ring, H.A., Baron-Cohen, S., Wheelwright, S., Williams, S.C., Brammer, M., Andrew, C., & Bullmore, E.T. (1999). Cerebral correlates of preserved cognitive skills in autism: a functional MRI study of embedded figures task performance. *Brain*, *122*, 7, 1305-1015.
- Rodriguez Barrionuevo, A.C., & Rodriguez Vives, M.A. (2002). Clinical Diagnosis of autism. *Revista neurologica*, *34*, supp. 1: S72-9.

- Rossion, B. & Gauthier, I. (2002). How does the brain process upright and inverted faces? *Behavioral and Cognitive Neuroscience Reviews*, 1, 1, 63-75.
- Rossion, B. & Gauthier, I., Tarr, M.J., Despland, P., Bruyer, R., Linotte, S., & Crommelinck, M. (2000). The N170 occipito-temporal component is delayed and enhanced to inverted faces but not to inverted objects: an electrophysiological account of face-specific processes in the human brain. *Neuroreport*, 11, 1, 69-74.
- Rousseeuw, P. J. & Leroy, A. M. (1987). *Robust regression & outlier detection*. John Wiley & sons.
- Rutter, M. (2000). Genetics studies of autism: From the 1970s into the millennium. *Journal of abnormal Child Psychology*, 28, 1, 3-14.
- Rutter, M., & Schopler, E. (1987). Autism and pervasive developmental disorders. *Journal of autism and developmental disorders*, 17, 159-186.
- Rutter, M., Silberg, J., O'Connor, T., & Simonoff, E. (1999). Genetics and Child Psychiatry: I. Advances in quantitative and molecular genetics. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 40, 3-18.
- Sagiv, N., & Bentin, S. (2001). Structural encoding of human and schematic faces: holistic and part-based processes. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 13, 7, 937-951.
- Saumier D, Arguin M, Lassonde M. (2001). Prosopagnosia: a case study involving problems in processing configural information. *Brain and Cognition*, 46, 1-2, 255-259.

- Saumier, D., Arguin, M. (1998). *Traitement conjoint des composantes et des configurations dans la reconnaissance des visages*. Communication affichée présentée au congrès de la Société Québécoise pour la Recherche en Psychologie, Montréal, Québec.
- Scapinello, K. F., & Yarmey, A.D. (1970). The role of familiarity and orientation in immediate and delayed recognition of pictorial stimuli. *Psychonomic Science*, 24, 329-330.
- Schiavetto, A., Decarie, J.C., Flessas, J., Geoffroy, G. & Lassonde, M. (1997). Childhood visual agnosia: a seven-year follow-up. *Neurocase*, 3, 1, 1-17.
- Schultz, R.T., Gauthier, I., Klin, A., Fulbright, R.K., Anderson, A.W., Volkmar, F., Skudlarski, P., Lacadie, C., Cohen, D.J. & Gore, J.C. (2000). Abnormal ventral temporal cortical activity during face discrimination among individuals with autism and Asperger syndrome. *Archives of General Psychiatry*, 57, 4, 331-340.
- Searcy, J.H., & Bartlett, J.C. (1996). Inversion and processing of component and spatial-relational information in faces. *Journal of Experimental Psychology, Human Perception and Performance*, 22, 4, 904-15.
- Sergent, J. (1984). An investigation of component and configural processes underlying face perception. *British Journal of Psychology*, 75, 221-242.
- Shah, A., & Frith, U. (1983). An islet of ability in autistic children: a research note. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 24, 4, 613-620.
- Shultz, R.T., Gauthier, I., Klin, A., Fulbright, R.K., Anderson, A.W., Volkmar, F.R., et al. (2000). Abnormal ventral temporal cortical activity during face discrimination among individuals with autism and Asperger syndrome. *Archives of General Psychiatry*, 57, 331-340.

- Shultz, R.T., Gauthier, I., Klin, A., Fulbright, R.K., Anderson, A.W., Volkmar, F.R., et al. (2000). Abnormal ventral temporal cortical activity during face discrimination among individuals with autism and Asperger syndrome. *Archives of General Psychiatry*, *57*, 331-340.
- Singer, W. & Gray, C.M. (1995). Visual feature integration and the temporal correlation hypothesis. *Annual Review of Neurosciences*, *18*, 555-586.
- Soulières, I., Mottron, L., Saumier, D., Cantin, C., & Larochelle, S. (2003, juin). Catégorisation perceptive de stimuli unidimensionnels dans l'Autisme. Communication affichée présentée au Colloque de l'Association pour la Recherche sur l'Autisme et la Prévention des Inadaptations. Paris (France).
- Sparks, B.F., Friedman, S.D., Shaw, D.W., Aylward, E.H., Echelard, D., Artru, A.A., Maravilla, K.R., Giedd, J.N., Munson, J., Dawson, G., & Dager, S.R. (2002). Brain structural abnormalities in young children with autism spectrum disorder. *Neurology*, *59*, 184-192.
- Tager-Flushberg, & D. Cohen (Eds.), *Understanding other minds: Perspectives from autism* (pp. 292-316). Oxford, England: Oxford University Press.
- Tallon-Baudry, C., Bertrand, O., Delpuech, C., & Pernier, J. Stimulus Specificity of Phase-Locked and Non-Phase-Locked 40 Hz Visual Responses in Human. *The Journal of Neuroscience*, *16*, 4240-4249
- Tanaka, J.W., & Sengco, J.A. (1997). Features and their configuration in face recognition. *Memory and Cognition*, *25*, 5, 583-592.
- Tanaka, J.W., Farah, M.J. (1993). Parts and wholes in face recognition. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *46*, 2, 225-245.

- Tanaka, J.W., Kay, J.B., Grinnell, E., Stansfield, B., & Szechter, L. (1998). Face recognition in young children: When the whole is greater than the sum of its parts. *Visual Cognition*, 5, 479-496.
- Tantam, D., Monaghan, L., Nicholson, H., & Stirling, J. (1989). Autistic children's ability to interpret faces: a research note. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 30, 4, 623-630.
- Teunisse, J.P., & de Gelder, B. (1994). Do autistics have a generalized face processing deficit? *International Journal of Neuroscience*, 77, 1-2, 1-10.
- Thompson, P. (1980). Margaret Thatcher -- A new illusion. *Perception*, 9, 483-484.
- Trepagnier, C. (1996). A possible origin for the social and communicative deficits of autism. *Focus on Autism and Other Developmental Disabilities* 11, 3, 170-182.
- Trottier, G., Srivastava, L., & Walker, C.D. (1999). Etiology of infantile autism: a review of recent advances in genetic and neurobiological research. *Journal of Psychiatry and Neuroscience*, 24, 2, 103-115.
- Valentine, T., & Bruce, V. (1988). Mental rotation of faces. *Memory and Cognition*, 16, 6, 556-566.
- Valentine, T. (1988). Upside-down faces: a review of the effect of inversion upon face recognition. *British Journal of Psychology*, 79, 4, 471-491.
- van der Geest, J.N., Kemner, C., Verbaten, M.N., & Engeland, H. (2002). Gaze behavior of children with pervasive developmental disorder toward human faces: a fixation time study. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 43, 5, 669-778.

- Walker-Andrew (1988). Infant's perception of the affordances of expressive behaviors. In C. Rowee-collier (Ed.). *Advances in infancy research* (pp.173-221). Norwood, NJ: Abex.
- Walker-Smith, G.J., Gale, A.G., & Findlay, J.M. (1977). Eye movement strategies involved in face perception. *Perception*, 6, 3, 313-326.
- Wang, T., Dapretto, M., Hariri, A., Bono, M., Sigman, M., & Bookheimer, S.Y. (1999, avril). *Neural correlates of face processing: An fMRI study of normally developing children and high-functioning children with autism*. Communication affichée au Biennial meeting of the Society for Research in Child Development, Albuquerque, New Mexico.
- Wechsler, D. (1974). *Wechsler Intelligence Scale for Children-Revised*. USA: Psychological Corporation.
- Wechsler, D. (1981). *Wechsler Adult Intelligence Scale-Revised*. USA: Psychological Corporation.
- Wechsler, D.A. (1991). *Wechsler Intelligence Scale for Children-Third Edition(WISC-III)*. USA: The Psychological Corporation.
- Wechsler, D.A. (1997). *Wechsler Adult Intelligence Scale-Third Edition (WAIS-III)*. USA: The Psychological Corporation.
- Weeks, S., & Hobson, R.P. (1987). The salience of facial expression for autistic children. *Journal of Child-Psychology and Psychiatry*, 28, 137-152.
- World Health Organization (1994). *International Statistical Classification of Diseases and related health Problems*, Tenth Revision. Volume 3: Geneva, WHO.

- Yarmey, A.D. (1971). Recognition memory for familiar "public" faces : effects of orientation and delay. *Psychonomic Science*, 24, 6, 286-288
- Yin, R.K. (1970). Face recognition by brain-injured patients: A dissociable ability? *Neuropsychologia*, 8, 395-402.
- Yin, R.K. (1969). Looking at upside down faces. *Journal of Experimental Psychology*, 81, 141-145.
- Young, A.W., Hellawell, D., & Hay, D.C. (1987). Configurational information in face perception. *Perception*, 16, 6, 747-759.

Annexe 1

Article en révision dans : Neuropsychology, déc. 2004

Running head: FACE PERCEPTION IN AUTISM

Face perception in high-functioning autistic adults: evidence for superior processing of face parts, not
for a configural face processing deficit

Lahaie, A.^{1,3}

Mottron, L.^{1,2}

Arguin, M.³

Berthiaume, C.¹

Jemel, B.¹

Saumier, D.^{3,4}

1. Pervasive Developmental Disorders Specialized Clinic, Rivière-des-Prairies Hospital, Montreal, Quebec, Canada.
2. Department of Psychiatry, University of Montreal, Montreal, Quebec, Canada.
3. Department of Psychology, University of Montreal, Montreal, Quebec, Canada
4. Centre de recherche, Institut Universitaire de Gériatrie de Montréal, Montreal, Quebec, Canada.

Abstract

Configural processing in autism was studied in Exp.1 using the face inversion effect. A normal inversion effect was observed in the autistic participants, suggesting intact configural face processing. A priming paradigm using partial or complete faces served in Exp.2 to assess both local and configural face processing. Overall, normal priming effects were found in participants with autism, irrespective of whether the partial face primes were intuitive face parts (i.e. eyes, nose, etc.) or arbitrary segments. An exception, however, was that autistic participants showed magnified priming with single face parts relative to typically developing control participants. The present findings argue for intact configural processing in autism along with an enhanced processing for individual face parts. The face processing peculiarities known to characterize autism are discussed based on these results and those of past congruent observations using non-social stimuli.

Keywords: autism, face, configural processing, local processing, inversion, priming.

The face is one of the most important non-verbal sources for the recognition of emotions and mental states. It has been hypothesized that deficits in perceiving, attending to, integrating or interpreting faces underlie the disabilities that individuals with autism show in social situations (Hobson, Ouston & Lee, 1988; Langdell, 1978). This hypothesis is based on numerous negative symptoms such as the absence of behaviors typically related to face or emotion perception. Accordingly, the absence of gaze contact; the apparent indifference to other people's faces and emotional states; the atypical reaction to, or interpretation of, the non-verbal feedback of others; the interest for inanimate objects and physical characteristics; and the reduction of facial expressions observed in autistic individuals, are considered core diagnostic features of autism (APA 1994; Baird et al., 2000; Lord, Rutter & Le Couteur, 1994).

Various face processing impairments have been reported in the autism spectrum. For example, high-functioning individuals with autism and Asperger syndrome perform worse than their matched controls in the recognition of face identity across changes of facial expressions or orientation (Davis, Bishop, Manstead & Tantam, 1994). Low-functioning individuals with autism also experience difficulties matching faces according to age and gender (Hobson et al., 1988). They are impaired on facial expression matching (Braverman, Fein, Lucci & Waterhouse, 1989) and when detecting an incongruent face or emotion relative to normal controls (Tantam, Monaghan, Nicholson & Stirling, 1989). The poor performance of low-functioning individuals with autism is also observed in the immediate recognition of unfamiliar faces, while the immediate recognition of non-facial stimuli is preserved (buildings: Boucher & Lewis, 1992; shoes: Gepner, de Gelder & de Shonen, 1996). The delayed recognition of previously seen faces also reveals a face memory deficit in low-functioning individuals with autism (Hauck, Fein, Waterhouse & Feinstein, 1995).

Functional Magnetic Resonance Imaging investigations (fMRI) of face processing in autism and Asperger syndrome have provided evidence for an absence of activation of the fusiform face area (FFA) in face discrimination tasks, while typical individuals show maximum activation in this region. In addition, two patterns of atypical cerebral activation emerge in individuals with autism or Asperger syndrome. Indeed, Schultz et al. (2000) observed an activation of the inferior temporal gyri, a region implicated in object recognition in typical individuals, when individuals with autism were looking at faces. Other investigators (Pierce, Muller, Ambrose, Allen & Courchesne, 2001), though replicating the absence of typical FFA activation, emphasized that the loci of maximal activation were not restricted to the inferior temporal regions and extended to atypical and individual-specific neural sites (e.g. frontal cortex, cerebellum, primary visual cortex, etc.) in individuals with autism. Despite the interest of these results, neuro-imaging findings do not reveal the mechanisms of face processing anomalies in autism. In addition, the possibility they result from atypical attention strategies during the task rather than a perceptual deficit has been raised (Hadjikhani 2004).

The search for the cognitive processes underlying these behavioral and neuro-anatomical activation peculiarities has led to the hypothesis that individuals with autism recognize faces through an atypical form of hierarchical processing. Several authors have suggested that these individuals show a deficit in processing faces configurally, having to rely to an abnormal degree on part-based encoding (Boucher & Lewis, 1992; Davies et al., 1994; Miyashita, 1988; Tantam et al., 1989). This hypothesis would be consistent with findings showing an atypical preferential focus on face parts (e.g. mouths), in face recognition tasks (Langdell, 1978) or in face observation paradigms (Klin, Jones, Schultz, Volkmar, & Cohen, 2002). It would also be coherent with activation of the cerebral regions implicated in part-based, object processing during face discrimination tasks in individuals with autism (Schultz et al., 2000).

However, this possibility represents a generalization of the hypotheses initially formulated for non-social pattern perception among individuals with autism. The results obtained with non-social stimuli indicate that individuals with autism show a perceptual bias toward local aspects of information, which is assumed to result from a deficit in the perception of global configurations (see Frith, 2003, for a more extensive description of the Weak Central Coherence model: WCC). However, recent studies replicated the finding of detail-focused perception (Jolliffe & Baron-Cohen, 1997; Plaisted, Sweetenham & Rees, 1999), but with intact global processing (Plaisted, 2001; Mottron, Peretz & Ménard, 2000; Mottron, Burack, Iarocci, Belleville, & Enns, 2003). They also revealed a superior processing of several psychophysical properties in the visual and auditory modalities (Plaisted, 2001). These findings have led to the revision the WCC model and to the proposition of the Enhanced Perceptual Functioning (EPF) model (Mottron & Burack; 2001) as an explanation for the non-social perceptual peculiarities in autism. The EPF model proposes that perceptual operations in general, from feature extraction up to and including pattern recognition, are enhanced in autism.

With respect to socially significant material, to our knowledge, the local and global aspects of face processing in autism have never been assessed directly and in the same group of autistic individuals. The possibility of superior part-based processing without configural impairment, which is predicted by the EPF model, has not yet been assessed. In the first experiment of the present study, the configural processing of whole faces was investigated through the face inversion effect. In the second experiment, the possibility of a greater emphasis on the processing of face parts relative to configural information in face part processing was assessed through a face priming paradigm using natural face parts and arbitrary facial segments as primes.

Experiment 1: the face inversion effect

Fast and efficient recognition of faces has been shown to rely preferentially on the holistic, or configural information contained in faces (Diamond & Carey, 1986). Face inversion disturbs the processing of configural information (Searcy & Bartlett, 1996; Mondloch, Le Grand & Maurer, 2002), thereby explaining the decrease in recognition performance evident with inverted faces (the “face inversion effect”, FIE). An inversion effect can also be observed with objects other than faces (e.g. houses, buildings, shoes, glasses). However, it is consistently less pronounced than with face stimuli (Rossion & Gauthier, 2002; Valentine, 1988).

Early studies assessing the cognitive underpinnings of the social deficits in autism have examined the inversion effect. Some authors have shown that individuals with autism performed at a higher level than their matched controls in the recognition of inverted faces, whereas they performed similarly or at an inferior level than normal controls in the upright condition (Langdell, 1978; Hobson et al., 1988). Another study found that individuals with autism did not show the typical advantage with an upright versus inverted presentation of face stimuli as compared to matched controls (Tantam et al., 1989; Exp. 2).

The results from FIE paradigms have been reported repeatedly as a demonstration for a configural face processing deficit in autism. However, a recent study by Joseph & Tanaka (2003) questions these conclusions. These authors briefly presented a target face, followed by two contiguous faces or face parts (Tanaka & Farah, 1993). In the whole face condition, one of the faces was identical to the target, and the other differed from the target by a single facial part. In the isolated part condition, two face parts were presented after the target face, one belonging to the target face, and the other belonging to another face. These procedures were repeated using inverted faces and face parts.

Individuals with autism did not differ from the control group in the recognition of upright face parts, when they were presented in their facial context instead of in isolation. In addition, the whole-face advantage disappeared for both groups in the inverted condition. The superior recognition of face parts presented within a facial context was attributed to a holistic encoding of upright faces, a type of encoding which is prevented by inversion. Joseph and Tanaka concluded that the face processing anomalies in autism cannot be entirely explained by a failure to process the configural information contained in faces.

In the present study, the face inversion effect was assessed using a two-choice match-to-sample task. A control condition using non-face stimuli, Greebles, was also used in order to address the issue of the specificity of the autistic deficit, if any, to the face category. Greebles are a novel category of objects comprising highly homogeneous exemplars. These stimuli, like faces, share a similar basic configuration, as their internal parts are always organized in the same relative position (see Methods). However, typical individuals do not exhibit a dramatic inversion effect for Greebles (Rossion et al., 2000), unless they undergo training to achieve expertise in recognizing Greebles (Gauthier et al., 1998). Greebles represent the best possible control stimuli for faces with respect to the constraints they impose on the perceptive system (Gauthier & Tarr, 1997). Only the control group was expected to show the typical inversion effect for faces. Both groups were expected to show no inversion effect for Greebles.

Method

Participants

Participants with autism

Sixteen adolescents and adults with autism were randomly recruited from the database of the Rivière-des-Prairies' specialized clinic for the diagnosis and assessment of pervasive developmental disorders. DSM-IV (APA, 1994) retrospective diagnoses of autism were obtained through the Autism

Diagnostic Interview-Revised (ADI-R; Lord et al., 1994) for all autistic participants, except one, who received an in-depth file assessment. Resulting scores were scores higher than cut-off for all participants, but one who was subthreshold in the social area. Current diagnoses were confirmed in all but three participants through direct observation, using the ADOS-G (Lord, Rutter & Dilavore, 1997). ADOS-G scores were above cut-offs for all these participants, except one who was sub-threshold in the social & communication area. The three participants who did not receive an ADOS-G assessment received an in-depth, non-standardized clinical assessment through direct observation. Fourteen participants were right-handed and two were left-handed. Intellectual functioning was assessed using the verbal and non verbal scores of one of the Weschler Intelligence Scales (WAIS-III, 1997, WISC-III, 1991, WAIS-R, 1981, WISC-R, 1974), depending on the time the participant's IQ was measured. One PDD participant received a Raven in place of a Wechsler scale.

The intellectual functioning of participants with autism was in the range of normal or superior intelligence, thereby defining the autistic group as “high-functioning”. All participants with autism were students or employed in regular jobs and were living at home or independently at the time of the study. They all had normal or corrected-to-normal vision.

Comparison participants

Sixteen neurologically intact individuals were recruited from the clinic's database of control participants. To be included in this experiment, participants had to be free of any medication, past or present neurological or psychiatric disorders, learning disabilities and family history of autism, other neuro-developmental disorder, or psychiatric disorders, as assessed by a questionnaire. All participants had normal or corrected-to-normal vision. Individuals with autism were individually matched to control participants according to verbal, non verbal and global IQ, laterality (Oldfield, 1971) and chronological age (see Table 1). Even if the scores from the different versions of the Weschler

intelligence scales are not directly comparable, the pairing was made with a particular attention to ensure that a difference, if so, would be negligible. Moreover, there was approximately the same number of participants receiving each version of intelligence scales in the control and in the clinical group. At the group level, this factor might be negligible. Nine autistic-control pairs have also been matched according to the specific version of IQ test. Three autistic and one control participants received WISC-R version. Nine autistic and ten control participants received WISC-III version. One autistic and one control participants received WAIS-R version. Three autistic and four control participants received WAIS-III version. This study was approved by the local ethical committee. The tasks were explained to subjects at the occasion of signing an informed consent form. Participants were received financial compensation for their participation.

This study was approved by the local ethical committee. The tasks were explained to subjects at the occasion of signing an informed consent form. Participants received financial compensation for their participation.

Insert Table 1 about here

Stimuli

Faces

Fifty-two gray scale face stimuli were created using IQ Biometrix's FACES LE™ software, version 3.0 (<http://www.iqbiometrix.com>). Selected features are automatically blended together to produce a high-quality, photo-like composite image. Faces of both genders (26 female and 26 male Caucasian faces) were used. Four additional face stimuli (two males and two females) were created for the practice trials. Faces did not share any facial feature. Each face had one to four facial lines, comprising of, for example, a mouth line and an eye line; or an eye line, a chin line and a mouth line. Faces that contained skin imperfections and features that were too asymmetrical or too salient were discarded, to avoid a local processing bias. Hair color and style were identical within each gender

group for the same reason. The facial expression was neutral and the apparent age ranged between 18 and 35 years. The realistic quality of the face stimuli was verified by two independent observers, resulting in the replacement of four stimuli. All face stimuli were edited in Adobe Photoshop 3.0.5 in order to add a black background and remove skin surface exceeding the facial outline (see Fig. 1a). Each face measured approximately 6 cm wide x 8 cm high. In each gender set, 26 mismatching face pairs (target + foil) were created. Each face was presented once as a target, and once as a foil. To avoid the cerebral lateralization effects observed in face recognition (Ricciardelli, Ro & Driver, 2002) the target and foil were aligned vertically. The location of the target (“above” or “below”) was counterbalanced across trials. The same stimulus pairs were used for the upright and inverted orientations. The task comprised four blocks (upright female faces, inverted female faces, upright male faces, inverted male faces) of 26 trials each.

Greebles

Greebles are photo-realistically rendered, three-dimensional, unfamiliar complex objects. They were created by Scott Yu, using Alias sketch!© (Alias Research Inc., Toronto). Gender-like differences are rendered by the orientation of the small parts relative to the main central part, either pointing upward (“Glip” gender) or downward (“Ploc” gender). Family-like differences between Greebles are rendered by the particular shape of their constituent parts. 52 Greebles (26 “Ploc” and 26 “Glip”), were selected from the original Greeble sample. “Family” membership was balanced by picking five Greebles per family, with an additional Greeble randomly taken from one of the five families. Four additional Greebles (two “Ploc” and two “Glip”) were selected for the practice trials. All Greeble images were edited in Adobe Photoshop 3.0.5 to add a black background (see Fig. 1b). Each Greeble measured approximately 6 cm wide x 8 cm high. In each gender set, 26 pairs of mismatching Greebles (target + foil) were created regardless of their family membership. Trials, target position, and

block arrangement were identical as for the face stimuli, resulting in four blocks of 26 trials (upright “Ploc” Greebles, inverted “Ploc” Greebles, upright “Glip” Greebles, inverted “Glip” Greebles).

Insert Figure 1 about here

Apparatus and Procedure

The experiment was run using Psychlab © v.1.0-097 (Bub & Gum, 1998) on an Apple Macintosh Mac Os 8.6 (processor: Power Mac G4) equipped with a studiodisplay-17 color monitor with a resolution of 1024 x 768 pixels. All stimuli (faces and Greebles) were presented in grayscale on a black background. Participants were seated facing the computer monitor at a viewing distance of 50 cm and with their eye level at center screen. They were tested individually, with the computer in a black setting encompassing the entire participant’s visual field.

The experiment consisted of eight blocks, each comprising 26 trials. For each stimulus type (face and Greeble) the inverted presentation block was followed immediately by the upright block. This order block of presentation guarantees that familiarization to the task occurred during its easier (upright) part, thereby preventing a possible confound of familiarization with the inversion effect. Face and Greeble genders were alternated in the testing sequence. Pairs of autistic-control participants were randomly assigned to a predetermined testing sequence. For instance, for one pair of participants the sequence was: upright female face, inverted female face, upright “Glip” Greebles, inverted “Glip” Greeble, upright male face, inverted male face, upright “Ploc” Greebles, inverted “Ploc” Greebles. Within these constraints, eight different counterbalanced block orders were determined.

A four-trial practice preceded each 26-trial block in order to familiarize participants with the test condition. During the testing phase, faces within a block were presented in a different random sequence for each participant. In each trial, participants viewed a 500 ms fixation asterisk presented at the center of the screen that was immediately followed by a target face. The target face disappeared after 989ms, followed by a 24 ms mask (a scrambled Greeble or a scrambled face with the

same hair as the target but with novel parts) intended to eliminate any afterimage that may remain of the target. The two faces or Greebles that were to be discriminated were then presented immediately. Participants were instructed to choose which one of the two faces or Greebles presented was identical to the target face or Greeble viewed before. The stimuli disappeared upon the participant's response. Trials were separated by a delay of 12 ms after the response. Participants were told to work quickly but accurately. They gave their responses by pressing one of two predetermined keys on the computer keyboard (left-handed participants: "2" or "A" key; right-handed participants "-" or "+" key).

Results

Data preparation

From the total sample of participants recruited for the experiment, three participants with autism were excluded, due to distractibility ($n = 2$) or motor tics ($n = 1$) that impeded their ability to participate in the task. Data for correct trials for which RTs were more than 3SD from each subject per condition mean (calculated without the two slowest and the two fastest RTs) were excluded from the analyses (autistic group: 3.2% ; control group: 3.5%). Results showed no speed-accuracy trade-off, as verified by the correlations between averaged RTs and errors (autistic: 0.00, n.s.; controls: 0.00, n.s.).

Response time analyses

Statistical analyses were performed on correct response times (see Fig. 2a). An ANOVA for paired samples was conducted, with Group (autistic vs. control) as the between-subjects factor, Stimuli (faces vs. Greebles) and Orientation (upright vs. inverted) as within-subjects factors. Participants with autism tended to display slower response times across all conditions, although the ANOVA revealed a non significant effect of Group ($F(1, 15) = 3.25$; $p = .09$). However, the analysis revealed a significant Stimuli x Orientation interaction ($F(1, 15) = 5.03$; $p = .04$). A breakdown of this interaction revealed that there was a significant inversion effect for faces: upright faces were recognized significantly faster than inverted faces ($F(1, 15) = 36.10$; $p = .001$). In contrast, the inversion effect was not significant for Greebles ($F(1, 15) < 1$). This pattern of results was observed in both the autistic (face inversion effect:

68.85 ms; Greebles inversion effect: 42.65 ms) and control (face inversion effect: 67.05 ms; Greebles inversion effect: -10.3 ms) groups.

Accuracy analyses

Participants obtained average accuracy scores of above 94% for both groups and all conditions. Error rates analyses revealed a significant Group (autistic vs. control) x Stimuli (faces vs. Greebles) x Orientation (upright vs. inverted) ($F(1, 15) = 6.45$; $p = 0.023$) interaction, indicating that the inversion effect differed across groups in ways that varied according to the type of stimuli (see Fig. 2b). A breakdown of this interaction was performed in order to determine the effects of Group and Orientation separately for each type of stimuli. For faces, this analysis demonstrated a significant Group x Orientation interaction ($F(1, 15) = 4.94$; $p = 0.042$). Simple effects analysis revealed that participants with autism performed better with upright than inverted faces ($t(15) = 2.19$; $p < 0.05$). In contrast, face inversion had no effect on accuracy in the control participants ($t(15) = 1.35$; n.s.). For Greebles, the interaction of Group x Orientation was not significant ($F(1, 15) = 0.78$; $p = 0.39$). Only the main effect of Group was significant ($F(1, 15) = 9.24$; $p = 0.008$), which indicates a greater error rate in the control group.

Insert Figure 2 about here

Discussion

The purpose of Experiment 1 was to investigate the nature of the differences that subtend the well-documented atypical face processing in autism by assessing the face inversion effect. According to several of the previous studies investigating this effect, participants with autism were expected to show a diminished or absent FIE. In contrast to these expectations, a similar FIE was observed in both groups. In addition, autistic participants also exhibited a significant cost of face inversion on accuracy that control participants failed to demonstrate. These observations are incongruent with the hypothesis that autistic individuals present a configural face processing deficit, while they are in keeping with Joseph and Tanaka (2003) who found a typical FIE in autistic individuals.

Earlier studies documented an absent or diminished FIE in autism. The inconsistency of the current findings with those previously documented may perhaps be accounted for because previous conclusions were based on error rates, without examining concurrent RTs. Indeed, differences in the spontaneous inspection time of upright or inverted faces between individuals with and without autism have been documented (Klin et al., 2002). Typical participants spend less time looking at upside-down than at upright faces (van der Geest, Kemner, Verbaten & Engeland, 2002), suggesting that a control of inspection time is necessary before making generalizations about FIE in autism. This possibility can account for the results of present experiment, where the duration of stimulus exposure was controlled and where RTs and accuracy were both examined.

In addition, error rate differences between upright and inverted face recognition are actually extremely weak and based on a very small number of trials (Hobson et al., 1988; Langdell, 1978). Another problem, this time regarding the Tantam et al. (1989) study, is that a floor effect may be responsible for the null inversion effect observed in their autistic group. We address this in the present study by diminishing task complexity to reduce this confound. Finally, the confounding role of facial emotion in tasks involving discrimination of face identity precludes conclusions regarding a possible perceptual deficit in autism. In our study, emotionally neutral face stimuli were used, thus preventing interference of facial emotion with perceptual face processing.

The stronger inversion effect obtained with faces compared to Greebles in Experiment 1 replicates the findings of Gauthier, Tarr, Anderson, Skudlarski and Gore (1999) in typical individuals who had received no prior training in Greeble discrimination. This has been interpreted as an indication that FIE is based not only on importance of configural processing for this stimulus class, but also on the level of expertise developed for the recognition of any stimulus class.

Experiment 2: face priming paradigm

Besides the hypothesis of a deficit in processing configural information, a locally oriented perceptual bias has been proposed to account for the face processing anomalies observed in autism. This has been inferred from data showing that individuals with autism focus on unusual (compared to typical controls) regions during face processing tasks: peripheral indices (Weeks & Hobson, 1987), mouth region (Langdell, 1978; Klin et al. (2002). However, no study has yet specifically assessed whether a local bias exists in the face processing of individuals with autism.

Arguin & Saumier (submitted) have developed a paradigm that allows an assessment of the contribution of configural and local processing in face recognition by measuring how natural and arbitrary face segments prime face identification. The test involves the timed naming of complete target faces (see Fig. 3a) that are preceded by priming stimuli composed of face segments (taken from the subsequent face). The rationale for this method is that a prime should produce a reduction of face identification latency, if it shows a dimension or feature that is specifically encoded during face processing. The two factors manipulated were the type of face segmentation performed to construct the primes (natural and arbitrary) and the number of facial segments exposed within the prime (neutral/baseline condition, one, two, three, four parts).

Natural parts were created by segmenting the faces according to eyes, nose, mouth and contour (see Fig. 3b). A single natural part (e.g., only the mouth) does not contain any configural information. According to the results by Arguin and Saumier with typical individuals, a single natural part presented as prime failed to significantly affect face identification speed, suggesting that this stimulus is insufficient to activate its corresponding internal face representation. Adding a second natural part (e.g., mouth) to a previous one (e.g., eyes) adds both local information (the mouth itself) and

configural information (distance between eyes and mouth: see Fig. 3b). This gain in configural information that is produced by the addition of a part in the prime grows with the number of parts. Thus, with two parts shown in the prime, one spatial relation is specified, whereas three parts specify three pair-wise spatial relations and four parts specify six pair-wise spatial relations. Accordingly, increasing the number of natural parts in the prime resulted in an accelerative gain function, indicating a form of synergy among face parts, rather than a mere addition of the effect of each part. According to Arguin & Saumier, this synergy is based on the introduction of information about the spatial/configural relations between face parts when two or more parts are presented within the prime. Supporting this interpretation, the accelerative gain function obtained with natural parts is transformed into a merely additive one in patients with face processing deficits (prosopagnosics) who exhibit impaired configural processing (Saumier et al., 2001) as well as in typical observers when the primes are inverted (Arguin & Saumier, submitted); as discussed above, inversion is known to specifically disrupt configural processing.

Arbitrary parts were created by puzzle-like face segmentations that cut across natural facial parts (see Fig. 3b). A single arbitrary part contains partial information about two or more natural face parts, and configural information pertaining to the spatial relations between these parts. The findings of Arguin and Saumier indicated that a single arbitrary part produced a significant priming effect, presumably because it contains sufficient configural information to trigger the face-specific mechanisms. Adding a second arbitrary part to a previous one provides quantitative, but not qualitative, additional information about the target face since configural information is already present in each individual arbitrary segment (see Fig. 3b). Accordingly, increasing the number of segments in the prime resulted in a linear (or additive) gain function.

Insert Figure 3 about here.

The priming effect is the gain in face identification speed provided by prior exposure to visual information that is involved in the identification of the target face. It is assumed that this facilitating effect should increase as the number of parts shown in the prime increases. Given the previous findings of Arguin and Saumier, control participants are expected to show a gradual decrease in their RTs as the number of parts in the prime is increased. This decrease should follow an accelerating function when the primes are composed of natural face parts. In contrast, the priming function should be linear when the primes are composed of arbitrary facial segments. In addition, as shown previously by Arguin & Saumier (submitted) with typical participants, the priming effect with single natural face parts should not be significant, in contrast to arbitrary face parts. Among individuals with autism, it is expected that increasing the number of natural parts in the prime should result in a linear (or at least, a less accelerative) gain function if they are impaired in processing configural face information. Increasing the number of arbitrary parts should not affect the linearity of the priming function expected in the control group. Moreover, a locally oriented processing in autism should produce a significant priming effect even for unique natural facial parts. Regarding single arbitrary parts, their priming effect may be influenced by both a configural deficit and a local bias. Consequently, predictions about their priming effect are not possible at this level.

Method

Participants

Participants with autism

Eleven participants were identical to those of experiment one. Among the two participants who participated only in experiment 2, one received a standardized and one received a non standardized assessment

Comparison participants

Five participants were identical to those of experiment one. Proportion of participants receiving a specific version of Wechsler scale were very similar to those of experiment 1.

Insert Table 2 about here.

Stimuli

Eight faces from the University of Stirling face database (<http://pics.psych.stir.ac.uk/>) were selected (Arguin & Saumier, 1999). Faces had to be both different in their overall facial features, while being sufficiently similar not to be easily identified on the basis of any local feature. They were also chosen to be as comparable as possible in terms of age, overall size, skin complexion and ambient lighting. The selected faces were also as symmetrical as possible with their orientation and eye gaze directed straight toward the viewer. All faces had to present a neutral emotional expression. Hair, ears, neck and skin imperfections were also digitally removed from each face. The position of the major internal facial features (eyes, nose and mouth) was normalized so that each face was identical to the others in this respect. The vertical length of the faces was matched by normalizing the distance between the chin and the mid-pupil (this distance corresponds to half of the head height of 9.8 cm.)

Each face was divided along identical segmentation lines into four distinct components corresponding to natural facial parts: eyes, nose, mouth, and facial contour (see Fig. 3b). Each face was also divided along another set of identical segmentation lines into four distinct arbitrary components cutting across the natural facial parts (see Fig. 3b). These face parts served as primes in the test phase of the experiment. Primes were made of one, two, or three natural or arbitrary face parts, or they constituted a complete face (i.e. four parts). A generic cartoon-like face was also constructed with its drawn parts (eyes, nose, mouth, and facial contour) having a height and width that was the average of the parts making up the eight faces described above (see Fig. 3b). This generic face served as a neutral prime in the priming phase of the experiment.

Apparatus and Procedure

The apparatus was the same as for experiment 1. The entire test period involved two or three phases, depending on whether the participant successfully learned the face sample. The first phase of

the experiment was designed to allow the subject's familiarization with the faces. The participants were shown the entire set of eight faces on the computer screen (the exact layout being the same as that in Fig. 3a). One of the first eight letters of the alphabet was typed below each face. Each participant was instructed to study and memorize the eight face-letter associations displayed during five minutes. Before the familiarization phase began, the participants were told that their memory of the face-letter associations would be tested immediately after the five minutes study period by having them name the correct letter for each face presented individually.

The consolidation phase of the experiment started immediately after the familiarization phase. For this second phase, participants were told that they had to meet two criteria, that is to be able to correctly and rapidly (duration not specified) name each of a random series of 24 face presentations. The participants were not informed at this point that there would be a third test phase. On each trial of the consolidation phase, participants viewed a 500 ms fixation asterisk presented at the center of the screen, which was immediately followed by the target face. Participants named the letter specifically associated with the face presented in isolation on the computer screen as fast and accurately as possible. The target face disappeared immediately when the participant's verbal response activated the voice key connected to the computer. The experimenter then registered the participant's response through the computer keyboard. A digitally pre-recorded auditory feedback giving the correct name for the target on that particular trial was presented by the computer 500 ms after each response. The next trial began 1000ms after the feedback presentation. Each participant was required to complete at least one training block of 24 randomly ordered faces (each of the targets appearing three times). This training block was repeated until the participant's performance satisfied the following two conditions: (1) the entire block of 24 face presentations was completed without error; (2) the RT to name the target was under 1500 ms for every trial of that block. Each participant was allowed to complete a maximum

of 20 blocks. Participants failing to satisfy the two learning criteria after completion of the 20th block did not pursue the third phase of the experiment.

In the third phase of the experiment (priming phase), participants named the previously learned faces, which were primed by facial parts. These facial components always matched the face that was subsequently presented as the target. On each trial, participants viewed a 500 ms fixation asterisk, followed immediately by a 400 ms prime, then by a 13 ms mask (the outline of the generic face filled in with a checkerboard made of 4 x 4 pixel squares), and the target face presented immediately afterwards. The target disappeared when the participant's verbal response activated the voice-key connected to the computer. The experimenter then recorded the response through the keyboard. Participants were instructed to carefully look at all stimuli that were presented to them and to name, as fast as possible, the target face.

All stimuli were presented at the center of the screen. Participants completed four blocks of 120 trials, for a total of 480 trials per subject. Block order was counterbalanced across subjects. There were two blocks for each type of facial section used (natural vs. arbitrary facial segmentation). The combinations of prime type (one, two, three, or four part primes, and neutral primes; i.e. generic face) and target faces were randomized across blocks. Each target face appeared an equal number of times and with equivalent numbers of each prime type within each block. The eyes, nose, mouth, or contour were shown equally often across trials where a single part of the subsequent target was shown in the prime. Primes made of multiple face parts (i.e. two or more) were constructed by using all the possible combinations of eyes, nose, mouth and contour an equal number of times across the complete set of eight faces. The participants completed the experiment within an hour and a half to two hours and a half, a duration of which mainly depended upon the rapidity that they could learn the face-name associations during the consolidation phase.

Results

Data preparation

Three participants with autism and two controls were excluded because they failed to reach the learning criteria. From the total sample of remaining participants, three belonging to the autistic group (same participants as in exp. 1) were excluded due to distractibility or motor tics. In order to perform analyses on data representative of the processes under study, trials that failed to activate the voice key (autistic group: 0.9 %; control group: 0.7%), correct trials for which RTs were more than 3SD from each subject per condition mean (autistic group: 3.8%; control group: 3.9%) and trials on which an error occurred (autistic group: 1%; control group: 2 %) were discarded. Only correct responses were taken into account for the analyses of priming effects.

Priming effect analyses

A-Configural processing of faces

Both groups displayed a gradual decrease in RTs as the number of parts in the prime increased. For each group, there was a main effect of the number of parts presented in the primes (control group: $F(4,48)=272.32$; $p=.001$; autistic group: $F(4, 48)=188.47$; $p<.001$). The repeated measures Group x Number of parts x Type of primes ANOVA did not show any significant three-way interaction ($F(4,48)=0.48$; $p=.748$). The interaction Group x Number of parts was not significant ($F(4,48)=0.72$; $p=.582$) either, indicating that the effect on RTs of increasing the number of parts in the prime was similar across groups (see Fig. 4).

Insert Figure 4 about here.

The form of the priming effects according to the type and number of parts used were examined through repeated measures ANOVA based on polynomial contrasts (Kirks, 1968¹) When natural facial sections were used, 88.3% (control group) and 89.3% (autistic group) of the total variance in RTs was explained by the linear component, 11.6% (resp. 9.8%) by the quadratic component, 0.0% (resp. 0.8%) by the cubic component, and 0.1% (for both groups) by the quartic component. The test for departure

from linearity was significant (control group: $F(3,48)=23.71$; $p<.001$; autistic group: ($F(3,48)=25.25$; $p<.001$), thereby demonstrating a significant accelerating priming effect, as a function of the number of parts included in the primes for both groups. The contribution of cubic and quartic components was negligible, supporting the absence of irregularities in the curve.

When arbitrary facial segments were used, 96.8% (control group) and 98.2% (autistic group) of the total variance in RTs was explained by the linear component, 3% (resp. 1.6%) by the quadratic component, and 0.1% (for both groups) by cubic and quartic components. The test for departure from linearity was significant for the control group ($F(3,48)=8.95$; $p<.001$) but not for the autistic group ($F(3,48)=2.17$; $p=.104$). The former demonstrates a significant acceleration of the priming effect with an increasing number of arbitrary segments for normal controls. However, the magnitude of his acceleration is notably weaker than that observed with natural face parts. The contribution of cubic and quartic components was still negligible, supporting the absence of irregularities in the curve.

A repeated measure ANOVA conducted for each group separately revealed a significant Type of parts x Number of parts interaction in both groups (control group: $F(3,48)=4.56$; $p<.007$; autistic group: $F(3,48)=5.40$; $p=.003$). This interaction was due to a larger acceleration of the priming effect when the primes were composed of natural facial sections (quadratic component: 11.6%; resp. 9.8%) than when they were made of arbitrary segments (quadratic component: 3%; resp. 1.6%). This result replicates the findings of Arguin & Saumier (submitted) and confirms that, for both groups, adding arbitrary parts produces a more linear priming curve than adding natural parts. The similarity of the priming effect observed in the autistic and the normal control groups is incongruent with the hypothesis that configural face processing is impaired in autism.

B-Local bias in face processing

Inspection of the priming functions (see Fig. 4) indicates a greater priming effect in the autistic group with single natural face parts (control group: 0.35 ms; autistic group: 41.82 ms) and arbitrary facial segments (resp: 34.45 ms and 45.50 ms) which is consistent with the hypothesis of a superior local face processing among participants with autism. Since a difference between groups was predicted for single part primes, the priming effects resulting from exposure to single natural or arbitrary parts were directly compared across groups. Student tests for paired samples showed significantly greater priming with a single natural face part in the autistic than the control participants ($t(12) = 2.17$; $p < .05$) but no significant group difference with single arbitrary segments ($t(12) = 0.54$; n.s.). In sum, participants with autism benefited more than their controls from a limited amount of information provided by single natural face part primes, a result that is consistent with a local bias in face processing.

C-Differential effect of face regions

The priming effect induced by each type of natural facial section (eye, mouth, nose or contour) was compared across groups in relation to the a priori hypothesis of a higher reliance on the mouth region in autistic individuals (Klin et al., 2002). The interaction of Type of facial part x Group was not significant ($F(4,48)=1.17$; $p=.334$). However, post hoc within-group analyses revealed a significant effect of the Type of natural part ($F(4,48)=4.23$; $p=.005$) among autistic individuals. A posteriori comparisons using the Newman-Keuls method indicated a significantly greater magnitude of priming with the eyes than with the mouth, the contour or the neutral condition ($p<.05$; eyes: 877 ms, nose: 916 ms, mouth: 943 ms, contour: 925 ms, neutral condition: 956 ms).

Supplementary analyses

Error rate analyses

A Group (autistic, control) x Type of prime (i.e. natural vs. arbitrary) x Number of parts (i.e. neutral, 1, 2, 3, 4) repeated measures ANOVA were also conducted on error rates. None of the

interactions or main effects were significant (all $p > 0.05$). In addition, the results showed no speed-accuracy trade-off, as verified by the correlations between average RTs and errors rates (autistic: 0,10, n.s.; controls: 0,00, n.s).

Discussion

The contribution of configural and local processing to face recognition was investigated by examining the priming effect produced by natural and arbitrary face segments in a face identification task. Participants with or without autism displayed an identical, accelerating priming function with an increasing number of natural parts in the primes and a weaker acceleration of the priming effect when increasing the number of arbitrary parts in the primes. The similar performances across groups when processing an increasing number of natural and non natural facial parts primes indicates that both groups benefited from configural information when processing faces. However, an important difference between the groups was found in Experiment 2: the priming effect with isolated natural parts was absent in the comparison group, but substantial in autistic individuals. This is consistent with a local bias in face processing in autism.

In addition to the integrity of inversion effect evident in Experiment 1, the results of Experiment 2 represent an additional argument in support of spared configural processing in individuals with autism. Whereas attributing the FIE to the disruption of configural processing remains an a posteriori inference, the priming paradigm allows direct assessment of configural processing through the direct manipulation of two types of parts and the effect of increasing their numbers in the primes displayed. The characterization of the priming function as linear vs. accelerative relies on several relatively independent conditions. Therefore, the paradigm in itself provides stronger evidence than with a single condition (e.g. as in the inversion paradigm). Moreover, each additional part in the prime represents a test for the interpretation of the entire curve. In addition, presenting the face part for

400 ms (rather than 3.5 s for faces in Joseph and Tanaka experiment), minimizes the risk that the atypical attentional strategies toward faces that have been documented in autism (van der Geest et al., 2002; Klin et al., 2002) interfere with the measure of perceptual processing.

Typical individuals did not benefit from primes composed of a single natural facial part, as in the previous study of Arguin & Saumier (submitted). This is likely because a single facial part yields insufficient information to activate its corresponding complete facial representation. Alternatively, it could be argued that this finding indicates that a minimal amount of configural information may be required by typical individuals to access stored visual knowledge of a face. The superior effect of a single natural facial part on recognition speed observed among participants with autism suggests that this amount of information is sufficient for them to activate face representations. This finding represents the first direct demonstration of a local bias in face recognition among these individuals, in the form of superior face part processing.

Participants with autism used the eye region to a greater extent than other facial features. This contrasts with previous findings suggesting a greater degree of attention devoted to the mouth and less attention to eyes, as compared with typical individuals (Joseph & Tanaka, 2003; Klin et al., 2002). That these latter findings were obtained using quite long exposure durations (3.5 sec for Joseph & Tanaka, 2003; not controlled but counted in seconds for Klin et al., 2002) suggests that mouth preference (or eyes avoidance) may rather reflect an attentional strategy. In contrast, the priming effects obtained with natural parts and brief exposure durations reflects the amount of information extracted at the perceptual level. According to this interpretation, the perceptual processing of eyes, in contrast to previous reports, is superior to other face parts among individuals with autism. This is a provocative statement but it reconciles the apparently contradictory findings concerning processing of eyes demonstrated by other authors, through a distinction between enhanced perceptual processing and

attention toward atypical regions. This would also be consistent with the results of van der Geest et al., (2002) showing that the first fixation of both autistic and non-autistic children is directed toward the eyes, relative to the mouth region or outside the whole face area.

General discussion

The finding of a superior processing of face parts by autistic individuals may have an explanatory power for previous results suggesting an atypical face perception and attention to faces in this group. For example, individuals with autism demonstrate an enhanced reliance on, or a greater scanning of, atypical parts, such as non-facial features (e.g. type of hat, surrounding objects), mouth, and face outline in relation to their controls when observing faces (Joseph & Tanaka, 2003; Langdell, 1978; Klin et al., 2002; Pelphrey, Sasson, Reznick, Goldman & Piven, 2002; Weeks & Hobson, 1987). In contrast, typical individuals direct 70% of their ocular fixations toward the eyes (Walker-Smith, Gale & Findlay, 1977). An enhanced perception of local face parts may modify the typical hierarchy between socially relevant and irrelevant ones, by increasing the amount of information extracted from parts other than the eyes. The hierarchy can equally be disrupted by an increase in the amount of information extracted from the eyes by autistics in short time-spans, compared to typicals who have to look for longer; this would lead to attention strategies showing comparative indifference to eyes in autistics. However, an emotion processing deficit, independent from perceptual processes, may also account for a voluntary avoidance of the eye region documented in autism. Therefore, atypical gaze patterns in autism may result from the combined effects of an increased amount of perceptual information extracted from parts other than the eyes, fastest information extraction, and of a difficulty in interpreting intentions and emotions conveyed by the eye region.

The enhanced local processing of faces may also explain why individuals with autism are more disturbed by small variations in the orientation of the stimulus or in its expression during face recognition (Teunisse & de Gelder, 1994) and why their performance in emotion recognition decreases

more rapidly than their corresponding typical control group when face parts are gradually suppressed (Hobson et al., 1988). A superior processing of local face parts, even if configural processing of faces is intact, may distort perceptual processing and prevent individuals with autism from achieving, using or maintaining a unified representation of faces. This would render them more dependant on local cues, and therefore impaired when local cues are reduced or unavailable. A support for the hypothesis of a detrimental effect of local precedence on the detection of global targets by individuals with autism has been recently demonstrated in the processing of elementary non-social information. Indeed, individuals with autism, relative to the control group, were slower and less accurate to respond to a large target when a small target preceded it. In contrast, they were as proficient as their matched controls when they had to detect a small target preceded by a large target (Mann & Walker, 2003).

A limitation of this study is that the generalization of the current findings to individuals with younger chronological age, lower general intelligence and neurological co-morbidity cannot be taken for granted. In addition, more autistic participants have been excluded because of attentional and/or motor variables as compared to the control group. Indeed, the frequency of those symptoms is higher in autistic than in normal population. However, even if this cannot be ruled out, those factors are unlikely related to a different face processing style. Similarly, more autistic participants failed to attain the learning criteria of Exp. 2. While this represents another limitation, this may simply reflect a learning slowness not specific to face material.

The current pattern of findings consisting of enhanced perception of parts in the presence of intact holistic or global processing is strikingly similar to observations pertaining to various types of non-social visual and auditory behavioral patterns in participants with high-functioning autism. In cognitive tasks involving two different levels of stimuli, such as Navon-type global and local stimuli (Plaisted et al., 1999; Rinehart, Bradshaw, Moss, Brereton & Tonge, 2000), individuals with autism

appear to focus and respond more quickly and accurately to the most local aspects of the stimulus array to a larger extent than their matched controls. This has been found in visual search tasks (O’Riordan & Plaisted, 2001), in auditory tasks (Mottron et al., 2000) and in disembodying tasks (Shah & Frith, 1983; Joliffe & Baron-Cohen, 1997; Mottron et al., 2003). In perceptual tasks involving low-level processing mechanisms, high-functioning individuals with autism have shown superior discrimination abilities in the visual (Plaisted et al., 1999) and auditory (Bonnell et al., 2003) modalities relative to their controls. Despite these demonstrations of an enhanced local processing, the perception of the global aspect of visual Navon-type stimuli (Ozonoff, Strayer, McMahon & Filloux, 1994; Mottron, Burack, Stauder & Robaey, 1999 exp. 1; Plaisted et al., 1999), of hierarchical auditory stimuli (Mottron et al., 2000) and of the holistic aspects of compound visual stimuli (Mottron et al., 1999 exp. 2) have consistently been found to be within the average range.

Neuro-anatomical or activation findings pertaining to enhanced perceptual functioning in autism are scarce. Apart from the inconsistent underactivation of the FFA in face processing tasks among individuals with autism, few fMRI studies of face recognition have investigated activation in brain regions devoted to low-level visual processing. A study by Hubl et al. (2003) has demonstrated a greater activation of the lateral occipital complex (in the region of the medial occipital gyrus) among participants with autism than in typical controls in a face detection task as well as in a visual search task with non-social geometrical stimuli. According to Hubl et al., the overactivation of this region (typically recruited in object processing tasks) indicates that individuals with autism, as compared to normally developing subjects, use elementary perceptive strategies when processing social as well as non-social perceptual stimuli. This study also demonstrated that a greater activation of the frontal eye field, located bilaterally in the pre-central gyrus, is found in autistic individuals when performing a facial detection task, as compared to normal control participants. In typically developing individuals, this area is strongly activated when a feature-based processing strategy is employed, such as when

performing visual search tasks, and is no longer recruited when global or configural processing is needed. These findings reflect a bias, in autistic individuals, for local aspects of visual stimuli and for visual search-type strategies when processing faces, instead of the global or holistic approach preferred by normally developing individuals. In addition, Schultz et al. (2000) found superior activation in the infero-temporal cortex in participants with autism in the context of a face processing task, whereas this region is recruited by object processing tasks in typically developing individuals. These observations were interpreted as consistent with the use of feature-based strategies for face analysis in autism.

In relation to non-social information, the neuro-anatomical correlates of the superior processing of local visual information in autism have been identified. Results from a fMRI study examining an embedded figure task showed that participants with autism and Asperger syndrome performed at a superior level compared to their control group (Ring et al., 1999). They showed a greater activation of the ventral occipito-temporal regions and less activation in prefrontal and parietal cortical areas than their matched controls. This has been interpreted as an indication that individuals with autism rely to a larger extent on primary and associative visual cortices, and on a locally oriented/figure-ground strategy, whereas control participants displayed a greater involvement of spatial working memory.

Our findings challenge Frith's (1989) theory of WCC in autism assuming a global processing impairment. However, the current findings are consistent with the enhanced discrimination hypothesis in Plaisted (2001) and O'Riordan and Plaisted (2001), as well as with the EPF model in Mottron and Burack (2001). Both hypotheses assume a cross-modal and cross-material, locally oriented perceptual bias in autism without any particular deficit with respect to global processing or feature integration.

The causes for this generalized enhanced local processing are still unknown. Schultz et al. (2000) hypothesized that atypical face processing in autism (at the behavioral or neuro-anatomical

levels) results from a reduced “training” in face perception, consequent to an insufficient emotional reward associated with social stimuli during development. An alternative hypothesis, consistent with Frith’s WCC framework, is an over-functioning of low-level perception, (Mottron & Burack, 2001) due to a diminished inhibitory influence of higher-order processes. However, these findings may also reflect the “paradoxical functional facilitation” (Kapur, 1996; Bonnel et al., 2003) of an abnormal neural network, such as a limitation of its complexity (Bertone, Mottron, Jelenic & Faubert, 2003) or of the connectivity between regions devoted to high and low level processes (Castelli, Frith, Happé, & Frith, 2002; Frith, 2003; Just, 2004).

In conclusion, the main consequence of the current series of findings is twofold. First, they orient the interpretation of atypical behaviors toward faces during the development of children with autism not to a deficit, but to a possible superiority of fine-grained, low level perception. Second, they suggest that at least a subset of the particularities evident in autism in the processing of social material may be explained by the same types of models as those in use to account for atypical perception of non-social material.

References

- American Psychiatric Association (1994). Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders 4th edition. Washington, DC: APA.
- Arguin, M., & Saumier, D. (2004). The analytic and configural mechanisms of visual face recognition revealed by priming. Manuscript submitted to Journal of Experimental Psychology, Human Perception and Performance.
- Baird, G., Charman, T., Baron-Cohen, S., Cox, A., Swettenham, J., Wheelwright, S. & Drew, A. (2000). A screening instrument for autism at 18 months of age: a 6-year follow-up study. Journal of American Academy of Child and Adolescent Psychiatry, 39, 694-702.
- Bertone, A., Mottron, L., Jelenic, P. & Faubert, J. (2003). Motion perception in autism: A “complex issue”. Journal of Cognitive Neuroscience, 15, 218-225.
- Bonnell, A., Mottron, L., Peretz, I., Trudel, M., Gallun, E., & Bonnell, A.M. (2003). Enhanced pitch sensitivity in individuals with autism: a signal detection analysis. Journal of Cognitive Neuroscience, 15, 226-235.
- Boucher, J., & Lewis, V. (1992). Unfamiliar face recognition in relatively able autistic children. Journal of Child Psychology and Psychiatry, 33, 843-859.
- Braverman, M., Fein, D., Lucci, D., & Waterhouse, L. (1989). Affect comprehension in children with pervasive developmental disorders. Journal of Autism and Developmental Disorders, 19, 301-316.
- Bub, D., & Gum, T. (1998). Psychlab Software. University of Victoria: Canada.
- Castelli, F., Frith, C.D., Happé, F., & Frith, U. (2002). Autism, Asperger syndrome and brain mechanisms for the attribution of mental states to animated shapes. Brain, 125, 1839-1849.
- Davis, S., Bishop, D., Manstead, A.S.R., & Tantam, D. (1994). Face perception in children with autism and Asperger syndrome. Journal of Child Psychology and Psychiatry, 35, 1033-1057.

- Diamond, R. & Carey, S. (1986). Why faces are and are not special: an effect of expertise. Journal of Experimental Psychology, *115*, 107-117.
- Frith, U. (1989). *Autism: Explaining the enigma*. Oxford: Basil Blackwell. Second edition: 2003.
- Gauthier, I. & Tarr, M.J. (1997). Becoming a « Greeble » expert: exploring mechanisms for face recognition. Vision Research, *37*, 1673-1682.
- Gauthier, I., Williams, P., Tarr, M.J., Tanaka, J. (1998). Training 'greeble' experts: a framework for studying expert object recognition processes. Vision Research, *38*, 2401-2428.
- Gauthier, I., Tarr, M.J., Anderson, A.W., Skudlarski, P., & Gore, J.C. (1999). Activation of the middle fusiform “face area” increases with expertise in recognizing novel objects. Nature Neuroscience, *2*, 568-573.
- Gepner, B., de Gelder, B., & de Shonen, S. (1996). Face processing in autism; Evidence for a generalized deficit? Child Neuropsychology, *2*, 123-139.
- Hauck, M., Fein, D., Waterhouse, L., & Feinstein, C. (1995). Social initiations by autistic children to adults and other children. Journal of Autism and Developmental Disorders, *25*, 579-595.
- Hobson, R.P., Ouston, J., & Lee, A. (1988). What's in a face? The case of autism. British Journal of Psychology, *79*, 441-453.
- Hubl, D., Bolte, S., Feineis-Matthews, S., Lanfermann, H., Federspiel, A., Strik, W., Poustka, F., & Dierks, T. (2003). Functional imbalance of visual pathways indicates alternative face processing strategies in autism. Neurology, *61*, 1232-1237.
- Jolliffe, T., & Baron-Cohen, S. (1997). Are people with autism and Asperger syndrome faster than normal on the Embedded Figures Test? Journal of Child Psychology and Psychiatry, *38*, 527-534.
- Joseph, R.M., & Tanaka, J. (2003). Holistic and part-based face recognition in children with autism. Journal of Child Psychology and Psychiatry, *44*, 529-542.

Just, M. (2004, May). Cortical connectivity in high-functioning autism: brain activation and brain synchronization in cognitive tasks. Conference presented at the International Meeting for Autism Research, Sacramento, California.

Kapur, N. (1996). Paradoxical functional facilitation in brain-behaviour research. A critical review. Brain, 119, 1775-1790.

Kirks, R.E. (1968). Experimental design: procedures for the behavioral sciences. Brooks/Cole publishing company. Belmont, California.

Klin, A., Jones, W., Schultz, R., Volkmar, F., & Cohen, D. (2002). Visual fixation patterns during viewing of naturalistic social situations as predictors of social competence in individuals with Autism. Archives of General Psychiatry, 59, 809-816.

Langdell, T. (1978). Recognition of faces: an approach to the study of autism. Journal of Child Psychology and Psychiatry, 19, 255-268.

Lord, C., Rutter, M., & Le Couteur, A. (1994). Autism Diagnostic Interview-Revisited: A revised version of a diagnostic interview for caregivers of individuals with possible pervasive developmental disorders. Journal of Autism and Developmental Disorders, 24, 659-685.

Lord, C., Rutter, M., & Dilavore, P. (1997). Autism Diagnostic Observation Schedule Generic (ADOS-G). Unpublished material.

Mann, T.A. & Walker, P. (2003). Autism and a deficit in broadening the spread of visual attention. Journal of Child Psychology and Psychiatry, 44, 274-284.

Miyashita, T. (1988). Discrimination of facial components in autistic children. Shinrigaku Kenkyu, 59, 206-212.

Mondloch, C.L., Le Grand, R., & Maurer, D. (2002). Configural face processing develops more slowly than featural face processing. Perception, 31, 553-566.

Mottron, L., Burack, J.A., Stauder, J.E., & Robaey, P. (1999). Perceptual processing among high-functioning persons with autism. Journal of Child Psychology and Psychiatry, 40, 203-211.

Mottron, L., Burack, J.A., Iarocci, G., Belleville, S., & Enns, J.T. (2003). Locally oriented perception with intact global processing among adolescents with high-functioning autism: evidence from multiple paradigms. Journal of Child Psychology and Psychiatry, 44, 904-913.

Mottron, L., Peretz, I., & Ménard, E. (2000). Local and global processing of music in high-functioning persons with autism: beyond central coherence? Journal of Child Psychology and Psychiatry, 41, 1057-1065.

Mottron, L., & Burack, J. (2001). Enhanced perceptual functioning in the development of autism. In J.A. Burack, T. Charman, N. Yirmiya, & P.R. Zelazo (Eds). The development of autism: Perspectives from theory and research (p.131-148), Mahwah, NJ: Erlbaum.

Oldfield, R.C., (1971). The assessment and analysis of handedness: The Edinburgh inventory. Neuropsychologia, 9, 97-113.

O'Riordan, M., & Plaisted, K. (2001). Enhanced discrimination in autism. Quarterly Journal of Experimental Psychology, 54, 961-979.

Ozonoff, S., Strayer, D.L., McMahon, W.M., & Filloux, F. (1994). Executive function abilities in autism and Tourette syndrome: an information processing approach. Journal of Child Psychology and Psychiatry, 35, 1015-1032.

Pelphrey, K.A., Sasson, N.J., Reznick, J.S., Goldman, B.D., & Piven, J. (2002). Visual scanning of faces in autism. Journal of Autism and Developmental Disorders, 32, 249-261.

Pierce, K., Muller, R.A., Ambrose, J., Allen, G., & Courchesne, E. (2001). Face processing occurs outside the fusiform 'face area' in autism: evidence from functional MRI. Brain, 124, 2059-2073.

Plaisted, K., Sweetenham, J. & Rees, L. (1999). Children with autism show local precedence in a divided attention task and global precedence in a selective attention task. Journal of Child Psychology and Psychiatry, 40, 733-742.

Plaisted, K. (2001). Reduced generalization in autism: An alternative to Weak Central Coherence. In J. Burack, T. Charman, N. Yirmiya and P.R. Zelazo (Eds.). The development of autism: Perspectives from theory and research (pp.149-169). Mahwah NJ: Erlbaum.

Ricciardelli, P., Ro, T., & Driver, J. (2002). A left visual field advantage in perception of gaze direction. Neuropsychologia, 40, 769-777.

Rinehart, N.J., Bradshaw, J.L., Moss, S.A., Brereton, A.V., & Tonge, B.J. (2000). Atypical interference of local detail on global processing in high-functioning autism and Asperger's disorder. Journal of Child Psychology and Psychiatry, 41, 769-778.

Ring, H.A., Baron-Cohen, S., Wheelwright, S., Williams, S.C., Brammer, M., Andrew, C., & Bullmore, E. T. (1999). Cerebral correlates of preserved cognitive skills in autism: a functional MRI study of embedded figures task performance. Brain, 122, 1305-1015.

Rossion, B. & Gauthier, I. (2002). How does the brain process upright and inverted faces? Behavioral and Cognitive Neuroscience Reviews, 1, 63-75.

Rossion, B., Gauthier, I., Tarr, M.J., Despland, P., Bruyer, R., Linotte, S., & Crommelinck, M. (2000). The N170 occipito-temporal component is delayed and enhanced to inverted faces but not to inverted objects: an electrophysiological account of face-specific processes in the human brain. Neuroreport, 11, 69-74.

Rousseeuw, P.J. & Leroy, A.M. (1987). Robust regression & outlier detection. John Wiley & sons.

Saumier D., Arguin M., Lassonde M. (2001). Prosopagnosia: a case study involving problems in processing configural information. Brain and Cognition, 46, 255-259.

Schultz, R.T., Gauthier, I., Klin, A., Fulbright, R.K., Anderson, A.W., Volkmar, F., Skudlarski, P., Lacadie, C., Cohen, D.J., & Gore, J.C. (2000). Abnormal ventral temporal cortical activity during face discrimination among individuals with autism and Asperger syndrome. Archives of General Psychiatry, 57, 331-340.

Searcy, J.H., & Bartlett, J.C. (1996). Inversion and processing of component and spatial-relational information in faces. Journal of Experimental Psychology, Human Perception and Performance, 22, 904-15.

Shah, A., & Frith, U. (1983). An islet of ability in autistic children: a research note. Journal of Child Psychology and Psychiatry, 24, 613-620.

Tanaka, J.W., & Farah, M.J. (1993). Parts and wholes in face recognition. Quarterly Journal of Experimental Psychology, 46, 225-245.

Tantam, D., Monaghan, L., Nicholson, H., & Stirling, J. (1989). Autistic children's ability to interpret faces: a research note. Journal of Child Psychology and Psychiatry, 30, 623-630.

Teunisse, J.P., & de Gelder, B. (1994). Do autistics have a generalized face processing deficit? International Journal of Neuroscience, 77, 1-10.

Valentine, T. (1988). Upside-down faces: a review of the effect of inversion upon face recognition. British Journal of Psychology, 79, 471-491.

Van der Geest, J.N., Kemner, C., Verbaten, M.N., & Engeland, H. (2002). Gaze behavior of children with pervasive developmental disorder toward human faces: a fixation time study. Journal of Child Psychology and Psychiatry, 43, 669-778.

Walker-Smith, G.J., Gale, A.G. & Findlay, J.M. (1977). Eye movement strategies involved in face perception. Perception, 6, 313-326.

Wechsler, D. (1974). Wechsler Intelligence Scale for Children-Revised. USA: Psychological Corporation.

Wechsler, D. (1981). Wechsler Adult Intelligence Scale-Revised. USA: Psychological Corporation.

Wechsler, D.A. (1991). Wechsler Intelligence Scale for Children-Third Edition(WISC-III). USA: The Psychological Corporation.

Wechsler, D.A. (1997). Wechsler Adult Intelligence Scale-Third Edition (WAIS-III). USA: The Psychological Corporation.

Weeks, S., & Hobson, R.P. (1987). The salience of facial expression for autistic children. Journal of Child-Psychology and Psychiatry, 28, 137-152.

Author note

This work was supported by FCAR-FRSQ studentship (A.L.), by an operating grant of the Canadian Institute of Health Research, "characterizing cognitive deficit in pervasive developmental disorders" (L.M.) and also from a scholarship from the Fonds de la Recherche en Santé du Québec (L.M.). M. A. is supported by a scholarship from the Fonds de la Recherche en Santé du Québec and is also supported by grants from the Natural Sciences and Engineering Research Council of Canada. We thank Scott Yu for creating Greebles and also Bob Abelson for having named the Greebles (Gauthier & Tarr, 1997). Michelle Dawson gave insightful comment on the manuscript, and contributed towards ensuring it was written in a non-offending way for autistic people. We are especially grateful to Alessandra Schiavetto and Michelle Dawson for editing this manuscript. We thank all participants and families who participated in this research.

Address for correspondence: Laurent Mottron, Clinique Spécialisée des Troubles Envahissants du Développement, Hôpital Rivière-des-Prairies, 7070 Boulevard Perras, Montréal, Québec, H1E 1A4, Canada. Email: [REDACTED] Phone: (514) 323-7260 ext. 2189 or 2143; Fax: (514) 328-3530.

Footnotes

¹ Several types of gain functions might characterize the particular pattern of priming effects. We used repeated measures ANOVA based on polynomial contrasts (Kirks, 1968) that consisted in expressing the intra-subjects variance imputable to the factor Number of parts, in percentage of explained variance. The percentage of total variance was therefore calculated for each of four different components (linear, quadratic, cubic, quartic). This procedure aimed to verify whether the priming effect produced by the addition of parts in the prime could best be represented by a linear function or necessitates a higher-degree function (quadratic, cubic or quartic). A linear function is characterized by the absence of any inflexion point in the function (i.e. a straight line). A quadratic (or accelerating) function is characterized by the presence of a unique inflexion point. The quartic and cubic functions are characterized respectively by the presence of two and three inflexion points.

Table 1.

Sociodemographic characteristics of autistic and control participants in Exp. 1

	Autism	Control
	M, (SD), range	M, (SD), range
Age	20.69, (4.67), 15-32	20.25, (3.55), 17-28
Verbal IQ	108.13, (11.34), 95-132	110.25, (8.19), 95-125
Non verbal IQ	104.33, (11.02), 89-130	107.13, (12.22), 99-132
FSIQ	108.69, (10.29), 93-130	109.63, (10.37), 92-131
Gender	15M, 1F	15M, 1F

Note. Age is indicated in years. M= male; F= female; M = mean; IQ = intellectual quotient. Data between parentheses represents standard deviations.

Table 2.

Sociodemographic characteristics of autistic and control participants in Exp. 2

	Autism	Control
	M, (SD), range	M, (SD), range
Age	21.54, (4.91), 15-32	21.00, (4.53), 15-29
Verbal IQ	111.25, (11.12), 98-132	110.46, (7.49), 99-125
Non verbal IQ	108.17, (10.57), 89-130	111.08, (9.58), 98-125
FSIQ	112.69, (9.24), 101-130	111.54, (6.77), 99-127
Gender	13M	13M

Note. Age is indicated in years. M= male; F= female; M = mean; IQ = intellectual quotient. Data between parentheses represents standard deviations.

Figure Captions

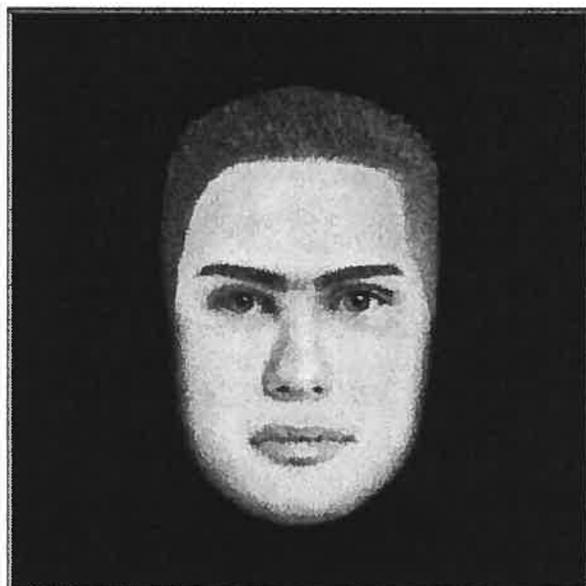
Figure 1. a) Illustration of a male and a female face used in Exp. 1; *b)* Illustration of a “Ploc” and a “Glip” Greeble used in Exp. 1.

Figure 2. a) Correct RTs observed in the autistic and control groups in the two-choice match-to-sample task with faces and Greebles, upright and inverted (Exp.1); *b)* Error rates observed in the autistic and control groups in the two-choice match-to-sample task with faces and Greebles, upright and inverted (Exp.1).

Figure 3. a) The eight faces used in the familiarization phase of Exp.2. Each face is identified by a specific letter. *b)* Illustration of the segmentation applied to construct primes made of natural and arbitrary parts (Exp.2); schematic face used as a neutral/baseline prime (Exp. 2).

Figure 4. a) Correct RTs observed for each group as a function of priming conditions with arbitrary face segments primes (Exp.2). *b)* Correct RTs observed for each group as a function of priming conditions with natural facial parts primes (Exp.2).

a.



b.

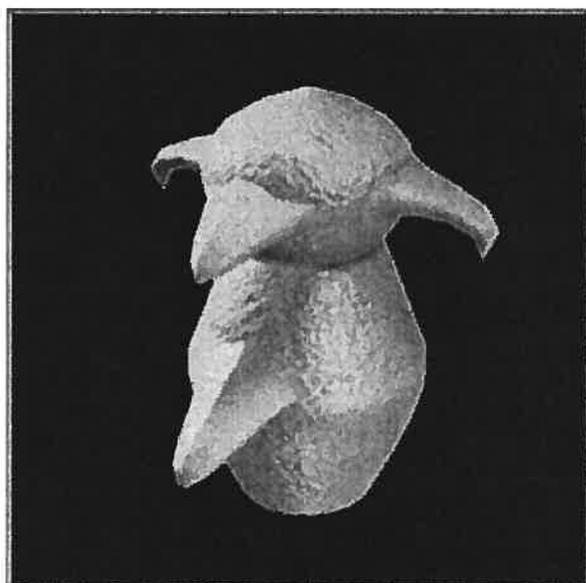


Figure 1. Lahaie et al.

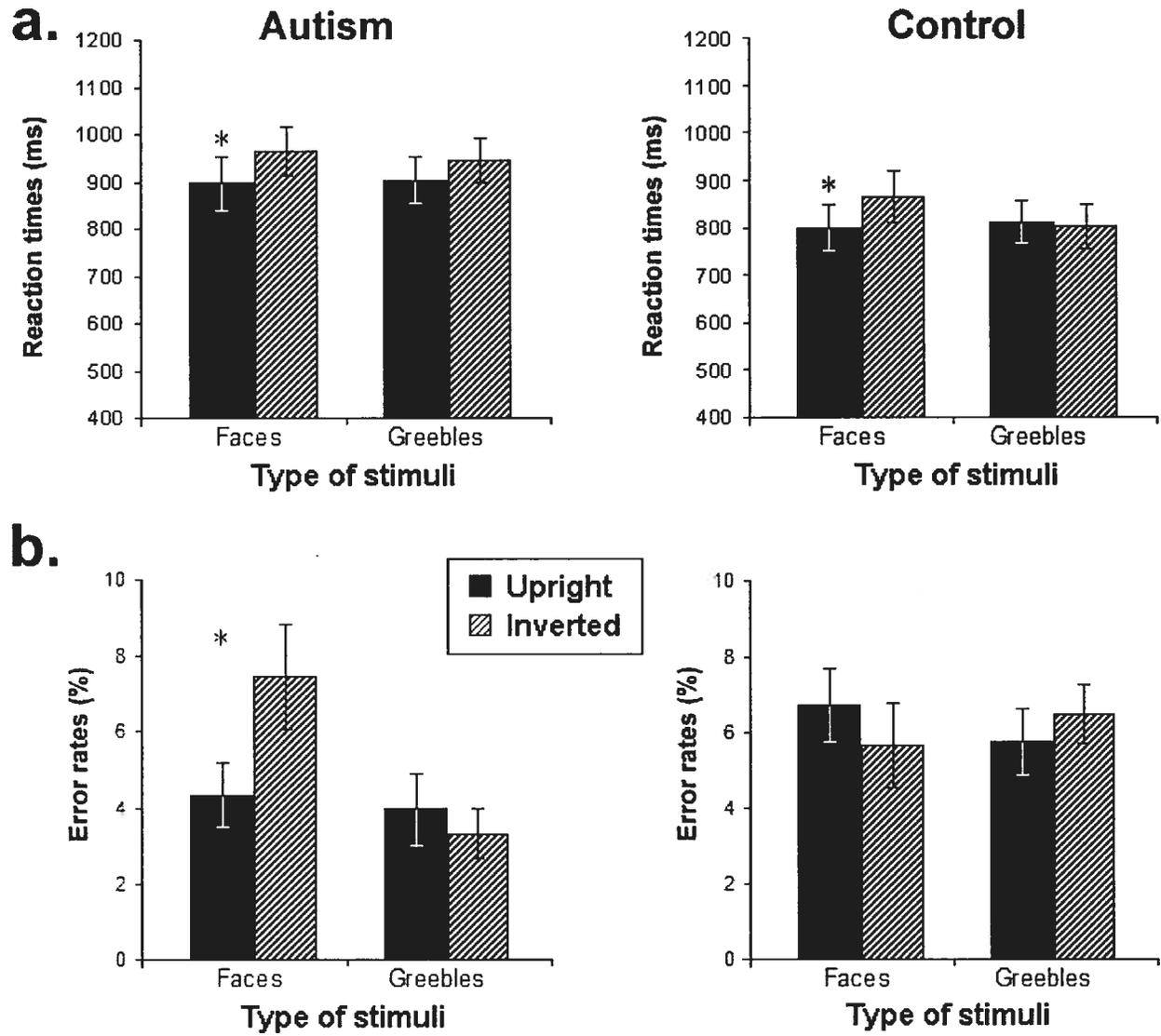
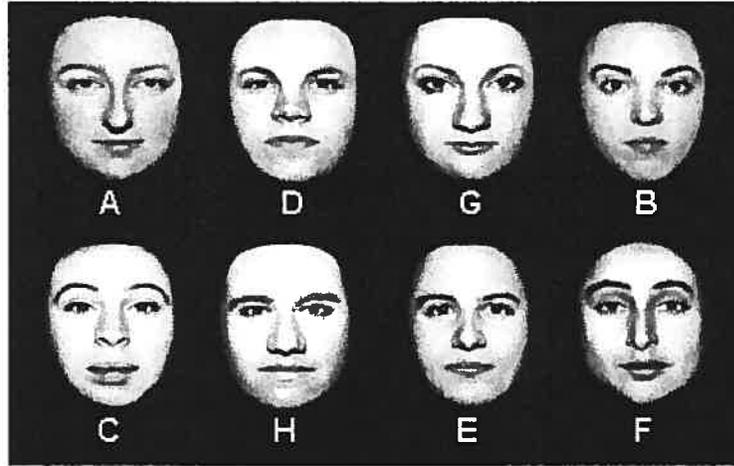


Figure 2. Lahaie et al.

a.



b.

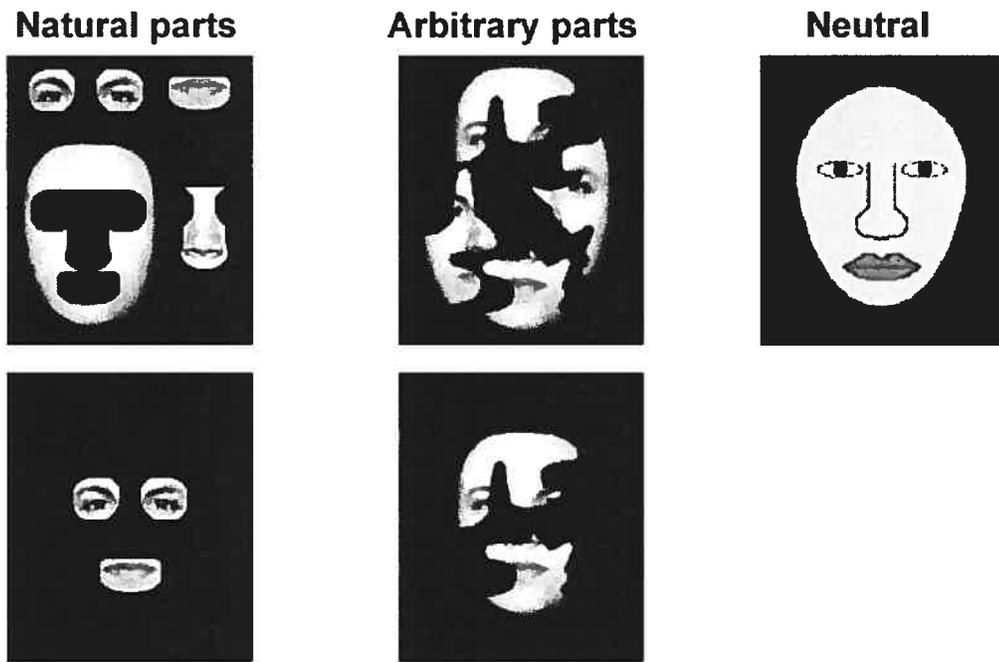


Figure 3. Lahaie et al.

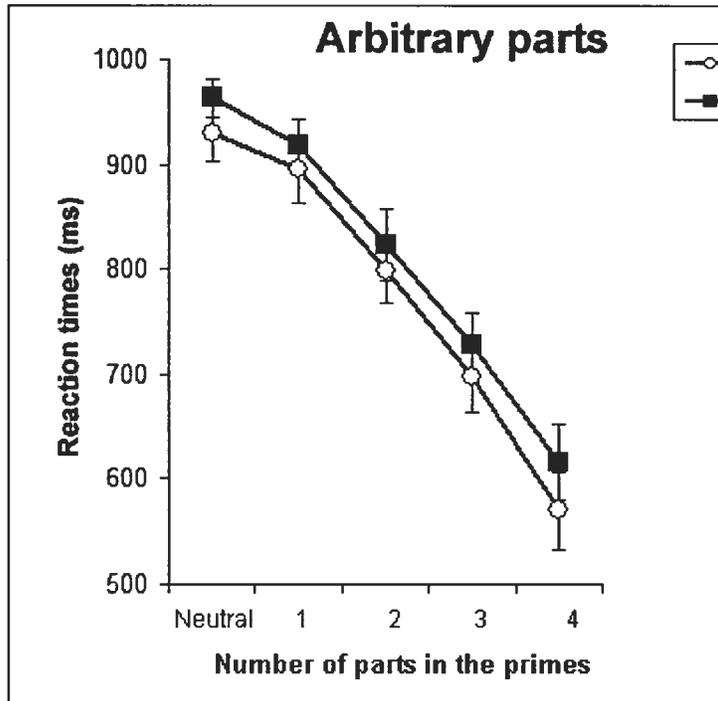
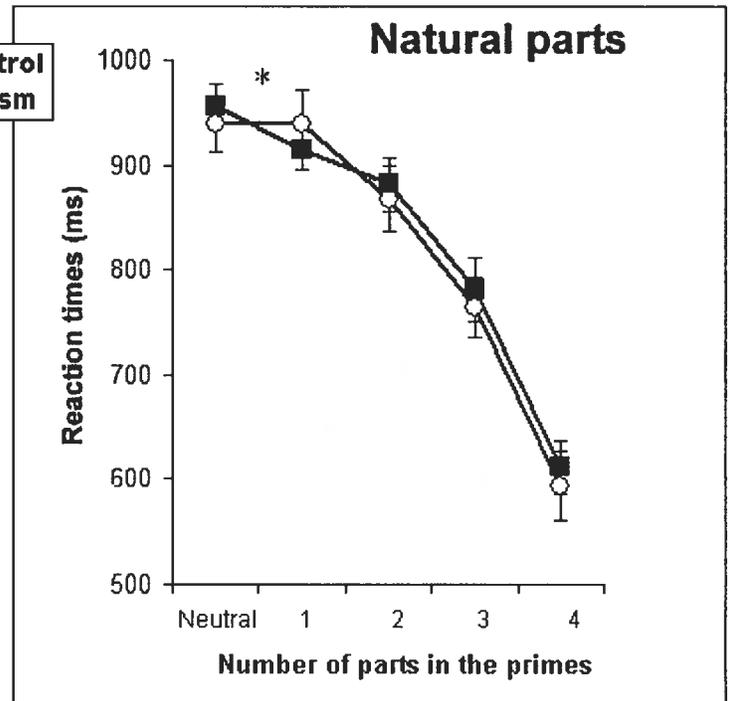
a.**b.**

Figure 4. Lahaie et al.

