



HAL
open science

Lien entre fonction visuelle et traitement des émotions faciales dans les troubles autistiques et neurovisuels

Laureline Parent, Mélanie Vigneron

► **To cite this version:**

Laureline Parent, Mélanie Vigneron. Lien entre fonction visuelle et traitement des émotions faciales dans les troubles autistiques et neurovisuels. Sciences cognitives. 2015. dumas-01212904

HAL Id: dumas-01212904

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01212904v1>

Submitted on 26 Oct 2015

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

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

ACADEMIE DE PARIS
UNIVERSITE PARIS VI PIERRE ET MARIE CURIE
MÉMOIRE POUR LE CERTIFICAT DE CAPACITE D'ORTHOPHONISTE

Lien entre fonction visuelle et traitement des émotions faciales dans les troubles autistiques et neurovisuels.

Sous la direction de Sylvie CHOKRON

Année universitaire 2014-2015

Laureline PARENT
Née le 04/11/1992

Mélanie VIGNERON
Née le 08/03/1985

REMERCIEMENTS

Nous remercions tout d'abord notre maître de mémoire Sylvie Chokron d'avoir accepté d'encadrer ce sujet qui nous tenait particulièrement à cœur ainsi que pour ses conseils avisés.

Nous adressons un grand merci à tous les sujets d'avoir accepté de participer à notre protocole. Merci à eux pour leur confiance et leur patience.

Nous remercions également les orthophonistes et neuropsychologues qui nous ont aidées pour le recrutement des sujets, ainsi que l'association autisme et TED 89 et le CMP Villa Compoint.

Nous tenons à remercier chaleureusement Florent pour sa précieuse aide et son infinie patience, ainsi que les secrétaires Julie et Anandy et toute l'équipe de la fondation ophtalmologique de Rothschild qui ont grandement facilité la réalisation de ce mémoire.

Merci aussi à nos familles et amis, qui nous ont aidées et soutenues tout au long de nos années d'études, notamment lors de cette dernière année décisive. Merci à Marie et Delphine, dont les remarques pertinentes de relecture nous ont fait perdre le sommeil.

Un grand merci mutuel aux auteures de ce mémoire pour avoir réussi à faire de cette année pleine de défis une succession de bons moments.

DECLARATION DE NON PLAGIAT

Je soussignée, Laureline Parent, déclare être pleinement consciente que le plagiat de documents ou d'une partie d'un document publiés sur toutes formes de support, y compris l'Internet, constitue une violation des droits d'auteur ainsi qu'une fraude caractérisée. En conséquence, je m'engage à citer toutes les sources que j'ai utilisées pour écrire ce mémoire.

Je soussignée, Mélanie Vigneron, déclare être pleinement consciente que le plagiat de documents ou d'une partie d'un document publiés sur toutes formes de support, y compris l'Internet, constitue une violation des droits d'auteur ainsi qu'une fraude caractérisée. En conséquence, je m'engage à citer toutes les sources que j'ai utilisées pour écrire ce mémoire.

Table des matières

| | |
|---|----|
| INTRODUCTION | 1 |
| PARTIE THEORIQUE..... | 2 |
| I] La vision (Mélanie Vigneron) | 2 |
| A. De l'œil au cerveau | 2 |
| 1. Anatomie du système nerveux | 2 |
| 2. La reconnaissance visuelle..... | 4 |
| B. Le traitement visuel des émotions et des informations sociales | 6 |
| 1. Les substrats anatomiques du traitement visuel des émotions..... | 6 |
| 2. Evolution avec l'âge..... | 9 |
| C. En cas de troubles neurovisuels : que se passe-t-il ? | 10 |
| 1. Atteintes de la vision..... | 10 |
| 2. Les amputations du champ visuel | 11 |
| 3. Atteintes cognitives de la vision | 12 |
| II] Troubles du Spectre Autistique (Laureline Parent)..... | 14 |
| A. L'autisme : qu'est-ce que c'est ? | 14 |
| 1. Historique et critères diagnostiques | 14 |
| 2. L'autisme « de haut niveau » | 15 |
| 3. Le syndrome d'Asperger (SA)..... | 15 |
| B. Quelles particularités visuelles dans l'autisme ? | 16 |
| 1. Troubles dans la perception de bas niveau..... | 16 |
| 2. Conséquences d'un intérêt pour le détail sur le traitement des informations visuelles .. | 19 |
| 3. Cas particulier du traitement des visages | 20 |
| 4. Cas particulier du traitement visuel des émotions..... | 22 |
| C. Principales hypothèses explicatives des TSA (Partie commune) | 24 |
| 1. Hypothèses génétiques et bases neuro-anatomo-fonctionnelles | 24 |
| 2. Principales hypothèses explicatives de la symptomatologie autistique | 24 |
| D. Liens entre troubles neurovisuels et autisme (Partie commune) | 32 |
| PARTIE PRATIQUE..... | 34 |
| PROBLEMATIQUE ET HYPOTHESES | 34 |
| I] Description de la population..... | 35 |
| A. Population contrôle | 35 |
| B. Population neurovisuelle..... | 36 |
| C. Population TSA..... | 36 |
| II] Conditions générales de passation | 37 |
| A. Environnement et conditions | 37 |
| B. Durée..... | 37 |
| III] Description des épreuves | 38 |
| A. Choix des épreuves | 38 |
| B. Prétests : acuité visuelle et sensibilité au contraste..... | 38 |
| C. Epreuves du bilan neurovisuel..... | 38 |
| 1. Fixation visuelle (EVA) | 38 |
| 2. Champ visuel (EVA)..... | 38 |
| 3. Extinction visuelle (EVA)..... | 39 |
| 4. Poursuite visuelle (EVA) | 39 |
| 5. Epreuve de mémoire visuelle de formes (EVA) | 39 |
| 6. Epreuves de barrage (cf Annexe I, figure 10) | 39 |
| 7. Epreuve des figures enchevêtrées | 40 |
| 8. Appariement visuel de formes (EVA)..... | 40 |

| | | |
|-----|--|----|
| D. | Epreuves annexes au bilan neurovisuel | 41 |
| 1. | Figure de Rey (Rey, 1959) (Annexe L, figure 13)..... | 41 |
| 2. | Quotient autistique | 41 |
| 3. | Minimal Mental State (Folstein, 1975) | 41 |
| E. | Tâche expérimentale informatisée | 42 |
| 1. | Matériel | 42 |
| 2. | Stimuli | 42 |
| 3. | Procédure..... | 42 |
| IV] | Présentation et analyse des résultats | 43 |
| A. | Analyse statistique des épreuves du bilan neurovisuel | 43 |
| 1. | Score global au bilan neurovisuel | 43 |
| 2. | Tâches campimétriques et de poursuite | 44 |
| 3. | Tâches de mémoire visuelle et d'appariement visuel | 44 |
| 4. | Tâches de barrage..... | 44 |
| 5. | Tâches des figures enchevêtrées | 45 |
| B. | Epreuves annexes au bilan neurovisuel | 45 |
| 1. | Analyse statistique des résultats à la figure Rey | 45 |
| 2. | Analyse statistique du quotient autistique..... | 47 |
| 3. | Analyse statistique du Minimal Mental State | 48 |
| C. | Précision des réponses à la tâche de catégorisation | 49 |
| D. | Temps de réaction à la tâche de catégorisation..... | 50 |
| E. | Analyse des corrélations | 52 |
| 1. | Corrélations entre les scores globaux au bilan neurovisuel et les résultats à la tâche informatisée..... | 52 |
| 2. | Corrélation entre le QA et les résultats à la tâche informatisée | 53 |
| 3. | Corrélation entre le QA et les score globaux au bilan neurovisuel..... | 53 |
| V] | Discussion..... | 54 |
| | Limites et critiques de l'étude..... | 59 |
| | CONCLUSION..... | 60 |
| | Bibliographie | |
| | Annexes | |

LISTE DES ABREVIATIONS

- AC : Adultes contrôles
- ANV : Adultes Neurovisuels
- ATSA : Adultes avec Troubles du Spectre Autistique
- BFS : Basses Fréquences Spatiales
- CIM : Classification Internationale des Maladies de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS)
- DSM : Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders de l'American Psychiatric Association
- EC : Enfants contrôles
- EEG : Electro-encéphalogramme
- ENV : Enfants Neurovisuels
- ETSA : Enfants avec Troubles du Spectre Autistique
- EVA : Evaluation des Troubles Visuo-Attentionnels
- FCR : Figure Complexe de Rey
- FS : Fréquences Spatiales
- HFS : Hautes Fréquences Spatiales
- IRM : Imagerie à Résonance Magnétique
- M : Magnocellulaire
- NV : Neuro-visuel
- ODEDYS : Outil de Dépistage des Dyslexies (Batterie d'Evaluation)
- P : Parvocellulaire
- SA : Syndrome d'Asperger
- STS : Sillon Temporal Supérieur
- TED : Troubles Envahissant du Développement
- TR : Temps de réaction
- TSA : Troubles du Spectre Autistique
- %RC : Pourcentage de réponses correctes

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Réseau cellulaire de la rétine au nerf optique (source : <http://svt.ac-dijon.fr>)

Figure 2 : Voies visuelles (source : <http://svt.ac-dijon.fr>)

Figure 3 : Représentation schématique des différentes voies visuelles (source : Bases anatomo-fonctionnelle de la vision résiduelle après lésion de l'aire visuelle primaire, Revue Neurologique, 1995)

Figure 4 : Schéma des conséquences des différentes lésions des voies visuelles (source : <http://campus.cerimes.fr>)

Figure 5 : Lettres de Navon

Figure 6 : Exemple de visage inversé (Implications of holistic face processings in autism and schizophrenia, T. L. Watson, Front. Psychol., 2013)

Figure 7 : Matériel pour identification d'action, émotion et objet (David Da Fonseca et al. 2009)(38)

Figure 8 : Exemple des caractères utilisés pour le test de Rossano Weiss

Figure 9 : Exemple de planche de la mémoire visuelle (EVA)

Figure 10 : Matériel des épreuves de barrage

Figure 11 : (a) Exemple de planche des figures enchevêtrées (EVA) ; (b) 15 objets de Pillon

Figure 12 : Exemple de planche d'appariement visuel (EVA)

Figure 13 : (a) Figure de Rey simplifiée (type B) ; (b) Figure Complexe de Rey (type A)

Figure 14 : Questionnaire du Quotient Autistique

Figure 15 : Mini Mental State Examination

Figure 16 : Exemple de stimuli du protocole, ici visage exprimant la colère en non filtré, HFS puis BFS.

Figure 17 : Effet de la population sur le score global au bilan neurovisuel

Figure 18 : Effet du groupe sur le champ visuel

Figure 19 : Effet du groupe sur les épreuves de mémoire et appariement visuels

Figure 20 : Effet de groupe sur les temps de réalisation aux épreuves de barrage

Figure 21 : Effet de groupe sur les épreuves de figures enchevêtrées

Figure 22 : Types de copie de la figure de Rey

Figure 23 : Interaction entre groupe et type de copie à la figure de Rey (3D)

Figure 24 : Effet de groupe aux épreuves de copie et de rappel de la figure de Rey

Figure 25 : Effet du groupe sur le temps de réalisation à la copie de la Figure de Rey

Figure 26 : Effet de la population sur le QA

Figure 27 : Effet de la population sur le pourcentage de réponses correctes

Figure 28 : Effet de l'âge sur le pourcentage de réponses correctes

Figure 29 : Effet des fréquences sur le pourcentage de réponses correctes

Figure 30 : Effet de fréquence et de population sur le pourcentage de réponses correctes
Figure 31 : Effet de l'émotion et de la population sur les pourcentages de réponses correctes
Figure 32 : Effet de la population sur les TR
Figure 33 : Effet de l'âge sur les TR
Figure 34 : Interaction entre la fréquence spatiale et la population sur les TR
Figure 35 : Interaction entre le type d'émotion et la population sur les TR
Figure 36: Corrélation entre les scores globaux au bilan neurovisuel et les %RC
Figure 37 : Corrélation entre les scores globaux au bilan neurovisuel et les TR
Figure 38 : Figure de Rey en copie d'un sujet enfant TSA

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 1: Résultats aux champs visuels
Tableau 2 : Résultats à l'épreuve d'extinction et de poursuite visuelle
Tableau 3 : Résultats aux épreuves de mémoire et d'appariement visuels
Tableau 4 : Résultats à l'épreuve de barrage de A
Tableau 5 : Résultats à l'épreuve de barrage de cloches
Tableau 6 : Résultats aux épreuves de figures enchevêtrées enfant et adulte
Tableau 7 : Résultats à l'épreuve de copie de la Figure de Rey
Tableau 8 : Résultats à l'épreuve de rappel de la Figure de Rey
Tableau 9 : Pourcentage de réponses correctes selon la population et l'âge
Tableau 10 : Pourcentage de réponses correctes selon la fréquences et la population
Tableau 11 : Pourcentage de réponses correctes selon la population et les émotions
Tableau 12 : Temps de réaction selon les populations
Tableau 13 : Temps de réaction selon la fréquence et les populations
Tableau 14 : Temps de réaction selon les émotions et les populations

INTRODUCTION

« *En Occident, le nombre d'articles et de livres écrits sur les personnes atteintes d'autisme est plus grand que le nombre d'enfants atteints d'autisme* » (Préface de Théo Peeters dans Bogdashina 2012 (9)). Et pourtant, malgré les connaissances qui ne cessent d'augmenter sur le sujet, de nombreuses questions demeurent, notamment sur les causes de l'autisme.

Un nombre de plus en plus grand d'études tend à montrer ces dernières années la prévalence élevée de troubles visuels chez les personnes autistes. Parallèlement, les personnes atteintes de troubles visuels ou neurovisuels peuvent également présenter des comportements proches de ceux observés chez les autistes. A tel point que le diagnostic différentiel entre ces deux types de pathologies peut être difficile à réaliser notamment dans le cadre de troubles visuels ou neurovisuels précoces. Or il est primordial dans un souci d'efficacité de prise en charge d'effectuer un diagnostic correct et le plus précocement possible.

Ces observations poussent à s'interroger sur le rôle potentiel des troubles visuels dans l'apparition ou dans la gravité des symptômes autistiques. En effet, les troubles visuels influencent dès le plus jeune âge le développement des enfants, notamment sur le plan social et affectif. Or on connaît les difficultés des autistes pour le traitement des émotions et des stimuli sociaux. Jusqu'à maintenant, les comportements tels que la fuite du regard ont été interprétés comme étant une conséquence de la triade autistique, mais selon Van Dalen (cité dans (Bogdashina 2012)(9)), la véritable cause de toute la symptomatologie autistique serait de nature perceptive.

L'autisme constitue un syndrome complexe, dans lequel de nombreux aspects sont néanmoins à prendre en compte. Ce mémoire vise ainsi à mieux comprendre comment la vision et les interactions sociales interagissent en étudiant le lien qui unit les troubles neurovisuels et les troubles comportementaux et sociaux observés chez les autistes, notamment dans le traitement des émotions.

Dans la partie théorique, nous présenterons tout d'abord le fonctionnement de la vision, à l'état normal ainsi qu'à la suite d'une atteinte centrale des voies visuelles. Nous présenterons ensuite l'autisme, les particularités visuelles souvent décrites au sein de ce syndrome et les différentes hypothèses explicatives actuellement proposées. Dans la partie pratique, nous présenterons le protocole suivi pour répondre à notre problématique ainsi que les résultats obtenus, que nous discuterons ensuite.

PARTIE THEORIQUE

I] La vision (Mélanie Vigneron)

A. De l'œil au cerveau

« La vision, malgré son apparente simplicité phénoménologique met en jeu des systèmes très complexes » que nous décrivons ci-dessous (Chokron & Marendaz 2010)(21).

1. Anatomie du système nerveux

a. De la rétine au cortex visuel

Le monde qui nous entoure se projette sous forme de rayons lumineux sur la membrane interne du globe oculaire : la rétine. Les cellules composant cette membrane neurosensorielle assurent la conversion de la lumière en impulsion électrique. Ces cellules photo-réceptrices possèdent des caractéristiques spécifiques :

- ◆ les cônes sont les cellules qui gèrent la vision détaillée. Sensibles à la lumière et à la couleur, ils sont davantage efficaces en journée. Leur densité est élevée au centre de la rétine, appelé macula. La fovéa, au centre de la macula, se compose uniquement de cônes et correspond au point où notre acuité visuelle est maximale (point de fixation).
- ◆ les bâtonnets sont les cellules qui gèrent la vision globale. Sensibles aux mouvements et au contraste noir et blanc, ils sont donc plutôt efficaces la nuit. Leur densité est élevée en périphérie de la rétine.

La lumière modifie la forme du rétinale (lipide constituant des molécules de rhodopsines contenues dans les bâtonnets). Cette modification entraîne différents événements biochimiques à l'origine du signal visuel neuronal qui est ensuite transmis aux cellules bipolaires puis aux cellules ganglionnaires dont les axones forment le nerf optique (cf Annexe A, figure 1).

Dès la sortie de la rétine, on distingue plusieurs types de cellules ganglionnaires :

- ◆ les cellules P, lentes, codant essentiellement pour les fréquences spatiales élevées qui portent les détails d'une scène visuelle (acuité visuelle fine). Ces cellules constituent la voie Parvocellulaire.
- ◆ les cellules M, rapides, sensibles aux mouvements, codent, elles, pour les fréquences spatiales plus faibles qui donnent des informations visuelles globales

et donc plus floues (Dalens 2014)(27). Ces cellules constituent la voie Magnocellulaire.

Une partie des fibres du nerf optique se croise au niveau du chiasma optique rassemblant ainsi les informations visuelles provenant d'un même hémichamp visuel. On parle ensuite de tractus optique, dont 90 % des fibres d'origine se projettent dans la partie dorsale des corps genouillés latéraux. Les corps genouillés sont organisés en couches : les couches ventrales constituées des cellules M forment la voie magnocellulaire (codant pour les basses fréquences spatiales : BFS), les couches dorsales constituées des cellules P forment la voie parvocellulaire (codant pour les hautes fréquences spatiales : HFS).

Les axones de ces cellules sont appelés radiations optiques : elles se projettent sur les aires visuelles primaires (cortex strié = aire V1 de Broadmann). Il s'agit du lieu de la première étape de l'analyse visuelle : l'image visuelle est décomposée en dimensions physiques élémentaires qui sont décodées. L'organisation des neurones respecte la topologie de la rétine. Puis les aires supérieures codent ensuite des propriétés plus complexes. Ainsi, chaque caractéristique visuelle d'un élément (couleur, taille, forme, mouvement, profondeur...) est traitée par une partie différente du cerveau (cf Annexe B, figure 2).

Cette voie principale du traitement visuel constitue la voie géniculo-striée. Mais, les informations visuelles sont également envoyées vers d'autres noyaux : colliculus supérieur, hypothalamus et pulvinar, formant les voies optiques secondaires, particulièrement importantes pour le traitement visuel rapide, automatique voire non conscient (cf Annexe C, figure 3).

Ces autres voies visuelles sont mises en évidence par les phénomènes de vision aveugle ou «blindsight», décrits notamment par Weiskrantz chez des sujets cérébro-lésés. Il s'agit de capacités visuelles non conscientes dans le champ visuel contralésionnel dit champ aveugle (Girard P 1995)(52) et sur lesquelles la rééducation neurovisuelle peut s'appuyer (Pouget et al. 2012)(99) (Perez & Chokron 2014)(94).

b. Les voies ventrale et dorsale

Au-delà du cortex strié, les informations visuelles sont transférées vers les aires visuelles secondaires assurant un niveau de traitement supérieur. Il existe deux voies visuelles prédominantes :

- ♦ la voie dorsale, allant du cortex visuel primaire vers le cortex pariétal, on parle de la « voie du où ? ». Elle est le prolongement de la voie magnocellulaire. Elle transmet les informations rapidement, mais plus grossièrement. Il s'agit en fait des informations utiles pour agir ou réagir rapidement. Cette voie, associée à une action motrice, est aussi appelée la « voie du comment ? ».
- ♦ la voie ventrale, allant du cortex visuel primaire jusqu'au cortex inféro-temporal, on parle de la « voie du quoi ? ». La voie ventrale fait suite à la voie parvocellulaire, elle transmet plus lentement les informations de détails.

Presque la moitié du cerveau actif est mobilisée pour le traitement des informations visuelles. En effet, l'analyse des informations par les aires visuelles secondaires ne suffit pas encore à « voir ». Les régions cérébrales impliquées dans le traitement visuel interagissent avec de nombreuses autres zones (du langage, de l'attention, de la mémoire, des émotions...).

2. La reconnaissance visuelle

Il n'existe pas encore aujourd'hui de modèle précis de la perception visuelle, qui est un phénomène extrêmement rapide (100ms). On peut néanmoins tenter de comprendre le fonctionnement global de la reconnaissance visuelle.

a. Traitement coarse-to-fine

Les informations visuelles globales, floues, sont les premières disponibles car l'extraction des BFS est plus rapide que l'extraction des HFS (cf Annexe O, figure 16). Ainsi, « le premier aperçu global de la scène fourni par la voie dorsale serait suffisant pour que le système de reconnaissance puisse émettre une ou plusieurs hypothèses sur la nature de la scène perçue » (Chokron & Marendaz 2010)(21). Ces hypothèses seront ensuite validées ou non par des informations plus précises, locales, apportant les détails transmis avec un délai supplémentaire par la voie ventrale (HFS). L'analyse visuelle va donc du plus global au plus local.

Ce fonctionnement coarse-to-fine correspond à l'aspect développemental : la vision des nouveau-nés est d'abord grossière puis elle s'affine (Chokron & Marendaz 2010)(21) (Mermillod, et al. 2005)(86).

Au-delà de ce traitement perceptif, la notion d'apprentissage est indispensable et nécessaire à la reconnaissance pour passer d'informations morcelées à une forme globale de l'environnement.

b. Traitement des visages

Il existe des habiletés très précoces pour reconnaître les visages (Gillet 2013)(49). A 2 mois, des protocoles expérimentaux montrent que le bébé a une préférence pour les stimuli sociaux vs non sociaux, pour le mouvement et pour les lignes curvilignes plutôt qu'horizontales. Comme chez l'adulte, on retrouve chez le nourrisson des zones corticales spécialisées dans l'identification visuelle des visages notamment le gyrus fusiforme de l'hémisphère droit. De Schonen (citée dans (Gillet 2013)(49)) montre qu'à 2 mois, le bébé n'est pas prosopagnosique et possède la maturation neuro-fonctionnelle nécessaire pour discriminer les visages. D'ailleurs, il discrimine aisément le visage de sa mère de celui des autres.

Le traitement des visages humains repose sur l'analyse de la forme des éléments le constituant mais surtout sur la configuration de ces éléments, leur place les uns par rapport aux autres. Ainsi les visages sont essentiellement analysés selon un mode configural (Farah, et al. 1995)(38). Il est de plus nécessaire de se faire une représentation mentale des visages en faisant abstraction des particularités perceptives (éclairage, angle de vue, inclinaison...) (Vurpillot, cité dans (Gillet 2013)(49)). L'identification du genre des visages (masculin/féminin) fait également appel à un traitement configural. Les autres objets visuels semblent quant à eux prioritairement analysés selon un mode local (Deruelle, et al. 2008)(34).

Cette capacité très précoce de reconnaissance des visages est associée à celle d'en extraire les expressions émotionnelles. La reconnaissance des mimiques émotionnelles est indépendante de la reconnaissance des physionomies elles-mêmes, même si des troubles sur ces deux fonctions coexistent souvent en cas de prosopagnosie ou de lésion droite (Gil 2010)(51) .

B. Le traitement visuel des émotions et des informations sociales

Un stimulus n'est pas véritablement émotionnel en soi, mais il le devient en déclenchant une émotion par l'activation du réseau cérébral de l'émotion. Les expressions faciales des émotions de base possèdent une valeur émotionnelle universelle (George 2011)(44). Six émotions universelles de base ont ainsi été décrites : la peur, la colère, la joie, la tristesse, le dégoût, la surprise et le mépris.

Darwin fut le premier à affirmer qu'il existait chez les hommes une universalité de certaines expressions faciales émotionnelles (Darwin 1998)(29). On considère qu'une émotion possède une expression faciale universelle si tous les individus, indépendamment de leur culture et de leurs origines, expriment cette émotion de manière identique sur leur visage et sont capables de l'interpréter sur le visage d'autrui.

La détection cérébrale du caractère émotionnel d'un stimulus facilite et amplifie son traitement (George 2011)(44).

1. Les substrats anatomiques du traitement visuel des émotions

a. Amygdale

Les noyaux amygdaliens, d'origine phylogénétique ancienne, constituent la région centrale du traitement des stimuli émotionnels ainsi que des réactions émotionnelles.

L'amygdale reçoit les informations des différents cortex sensoriels, notamment celles de la voie visuelle géniculo-striée, à laquelle elle envoie en retour des informations, en particulier à la voie ventrale (George 2011)(44). Ces connexions retour engendrent une amplification perceptive des stimuli. Les études à l'EGG et MEG montrent des réponses tardives aux émotions situées entre 250 et 400 ms et correspondant aux étapes d'évaluation consciente et de recherche de signification en mémoire.

Il existe également une voie visuelle de traitement sous-cortical mettant en jeu le colliculus supérieur et le pulvinar. Les informations y circulent de manière grossière mais très rapide jusqu'à l'amygdale. Une activité est ainsi détectée dès 50 à 90 ms après la présentation d'un stimulus visuel, correspondant aux étapes précoces de traitement des informations de la voie visuelle primaire. On parle de détection cérébrale précoce des émotions (George 2011)(44), qui semble donc précéder les processus de catégorisation et de reconnaissance des visages. Le type de réponse varie selon l'émotion traitée, par exemple, la peur génèrerait une réponse cérébrale plus ample.

Des lésions amygdaliennes précoces entraînent un déficit dans la reconnaissance des expressions faciales comme la peur, et dans une moindre mesure dans les autres

expressions émotionnelles, ce qui traduit bien le rôle important de l'amygdale dans la perception des émotions (Gil 2010)(51). On observe également une absence de méfiance à l'égard des visages non familiers, pourtant jugés peu dignes de confiance par des témoins, chez les sujets avec des lésions amygdaliennes (Adolphs, et al. 1998)(1). On peut interpréter cela comme la conséquence d'un défaut de reconnaissance des expressions émotionnelles faciales d'autrui et également comme un manque de ressenti de la sensation de peur.

De plus, l'amygdale serait « au service de processus cognitifs et d'exigences sociales complexes » (Sander, et al. 2003)(105). En effet, l'amygdale intervient non seulement dans le traitement des expressions faciales mais aussi dans celui de l'identité des visages, des mouvements corporels et du regard ainsi que dans le déclenchement des réponses émotionnelles et sociales (Aggleton, cité dans (Gil 2010)(51)).

b. STS

Le sillon temporal supérieur se trouve entre les gyrus temporaux T1 et T2. Nombre d'études montrent que le STS, particulièrement celui de l'hémisphère droit, est impliqué dans le traitement des mouvements biologiques : posturaux, mouvements des lèvres, du regard, expressions faciales (Allison, et al. 2000)(2) ; (Zilbovicius et al. 2006)(118). Il s'agit d'indices sociaux visuels, mais le STS s'active également pour la perception sociale auditive (Belin, et al. 2000)(7). Cette zone sous-tend donc le traitement des informations sociales, mais également des processus plus complexes de cognition sociale.

Le STS intervient dans des aspects perceptifs, ainsi que dans la théorie de l'esprit. En effet, il est sensible aux intentions qui sous-tendent le mouvement des yeux (Pelphrey, et al. 2004)(93), s'active lorsque le mouvement des formes géométriques dépeint des interactions sociales mais pas lors de mouvements aléatoires (Castelli, et al. 2000)(15) ; (Schultz, et al. 2004)(106). Le STS s'active également lors d'actions dirigées vers un but structuré, ce qui traduit une sensibilité à l'action intentionnelle (Zacks et al. 2001)(117), en lien logique avec la théorie de l'esprit.

c. Autres structures

On sait que l'insula - qui possède de nombreuses connexions avec l'amygdale, le cortex orbito-frontal et les régions corticales engagées dans la communication - est impliquée dans les fonctions émotionnelles, même si l'on ignore encore de quelle façon (Gil 2010)(51).

Le cortex préfrontal, et en particulier le cortex orbito-frontal, est impliqué dans les conduites sociales de perception des émotions et des affects ainsi que dans les prises de

décision (Gil 2010)(51). On parle de cognition chaude, par opposition à la partie dorso-latérale du lobe préfrontal impliquée dans les fonctions exécutives.

Selon Mac Lean, le système limbique, incluant les structures limbiques et paralimbiques, constitue le siège des émotions, tout en intervenant aussi dans l'olfaction, les apprentissages et la mémoire (MacLean & Guyot 1990)(80). On peut l'assimiler au cerveau émotionnel. Il se compose de l'amygdale, du gyrus para-hippocampique (visualisation des scènes et des lieux), de l'hypothalamus, du gyrus cingulaire, ainsi que d'autres zones qui nous concernent moins ici : les bulbes olfactifs, corps mamillaires, septum, fornix...

La perception des émotions et la production d'états affectifs en réponse à cette perception dépendraient de l'amygdale, de l'insula, et du cortex préfrontal mais aussi du striatum et du gyrus cingulaire (Phillips, et al. 2003)(97). L'hippocampe, le gyrus cingulaire et le cortex préfrontal gèreraient quant à eux la régulation de l'état affectif.

Adolphs et Damasio ont, quant à eux montré l'influence supplémentaire dans l'hémisphère droit du cortex primaire somato-sensitif, de la partie antérieure du gyrus supra-marginalis et de la substance blanche située entre les cortex somato-sensitif et visuel, dans le traitement des informations corporelles d'ordre émotionnel (Adolphs et Damasio cités dans (Gil 2010)(51)).

En effet, ces structures sont impliquées dans les processus émotionnels, en réception comme en production, mais on sait aujourd'hui qu'elles ne sont pas exclusives. On ne peut encore définir de corrélation anatomo-fonctionnelle stricte car il existe de nombreux systèmes émotionnels dans notre cerveau (site internet : lecerveau.mcgill.ca).

d. Spécialisation hémisphérique dans la communication non verbale émotionnelle

L'hémisphère gauche correspondrait aux émotions positives qui sont les plus évoluées phylogénétiquement, car nécessitant des processus plus élevés de conceptualisation. L'hémisphère droit serait, à l'inverse, plus impliqué dans les émotions primitives, plus automatiques (végétatives) (Gil 2010)(51). Ce modèle de la valence ne serait valable selon Davidson que sur le versant expressif, la perception des émotions serait gérée par l'hémisphère droit, indépendamment de leur valence (Davidson 1988)(30). Davidson a également proposé le modèle de l'approche (régions antérieures gauches) et de l'évitement (régions antérieures droites) : la distinction avec la notion de valence est infime, l'important est selon lui de savoir si l'organisme approche ou fuit le contexte social (Davidson 1995)(31).

L'hémisphère droit semble ainsi dominant dans la compréhension des comportements émotionnels, quelle que soit leur valence. Il existerait de ce fait une supériorité de l'hémichamp visuel gauche, et donc de l'hémisphère droit dans l'identification des mimiques émotionnelles.

Il existe également une anomie spécifique aux expressions faciales en cas de lésion calleuse. En effet, le sujet peut alors reconnaître et classer les émotions faciales, mais ne peut ni les dénommer ni les désigner. Les représentations émotionnelles faciales et la régulation émotionnelle siègent dans l'hémisphère droit alors que les aires du langage se trouvent à gauche. Cela explique qu'on observe un comportement euphorique sans moyens de réguler les émotions en cas de lésion de l'hémisphère droit

2. Evolution avec l'âge

Comme nous l'avons brièvement évoqué, les enfants utilisent dès le plus jeune âge la lecture des émotions sur le visage de leurs parents pour adapter leur comportement dans des situations sociales. Par exemple lorsqu'ils se trouvent face à un nouvel objet : les parents les encouragent à approcher l'objet ou plutôt à l'éviter. Or la capacité à décrypter les émotions évolue avec le temps, pour devenir plus efficace au fur et à mesure que l'enfant fait l'expérience de situations sociales, émotionnelles et cognitives.

A l'adolescence, de nombreux changements cérébraux et fonctionnels ont lieu : modifications synaptiques, modifications du volume de substance grise dans les cortex visuel, auditif et préfrontal. Il est alors normal que cela retentisse sur le traitement des émotions, au même titre que d'autres traitements cérébraux.

Entre 10 et 13 ans, le traitement des émotions suit un certain circuit neuronal, impliquant des zones occipitales, puis préfrontales, puis le gyrus fusiforme, situé dans les lobes temporaux, et enfin pariétales (Wong, et al. 2009)(116).

Chez les adolescents entre 14 et 16 ans, ce circuit est modifié : il part des zones occipitales, pour aller vers les zones limbiques (gyrus para-hippocampique), puis temporales inférieures et finalement préfrontales (Wong, et al. 2009)(116).

Ainsi la modification des circuits et l'augmentation de leur efficacité montreraient l'existence d'un développement continu et une maturation du traitement des émotions pendant l'adolescence. Ceci impliquerait, selon l'âge, des modifications dans la perception des émotions, dans l'expérience de ces émotions et dans les réactions engendrées (Wong, et al. 2009)(116).

Le lobe frontal, qui gère les fonctions exécutives intervenant dans le traitement et le contrôle des émotions, poursuit sa maturation entre 20 et 30 ans. Il participe ainsi

également à l'évolution de la perception des émotions. Des changements significatifs sont observables chez des patients dont le lobe frontal a été lésé : irritabilité, labilité émotionnelle, anxiété, dépendance et apathie. Cela s'explique par un déficit d'autorégulation et un défaut d'inhibition des réponses, notamment émotionnelles.

De plus, une étude a mis en évidence une différence d'activation de l'amygdale gauche en fonction de l'âge, en réponse à des visages montrant des émotions négatives ainsi que du gyrus para-hippocampique droit en réponse à des visages aux émotions positives (Iidaka, et al. 2002)(66) .

Cette atteinte de la réponse de l'amygdale gauche pourrait être attribuable à la perte neuronale ou aux réponses vasculaires réduites associées au vieillissement.

Les capacités visuelles sont au cœur de la vie de l'être humain, depuis son développement jusqu'à l'âge adulte. Elles lui permettent d'interagir correctement avec son environnement. Le traitement visuel a de plus, un rôle tout à fait central dans le développement affectif des enfants puisqu'il constitue le prérequis essentiel à l'établissement de la communication dans les premiers instants de vie. Le lien associant compétences visuelles et développement social paraît de ce fait évident.

C. En cas de troubles neurovisuels : que se passe-t-il ?

On estime qu'environ 4 % de la population des enfants tout-venants connaissent des troubles neurovisuels au sens large (incluant les troubles visuels, attentionnels et spatiaux) (Cavézian et al., 2010)(17). La vision représente un socle pour les acquisitions, les apprentissages et les interactions sociales (Chokron & Marendaz 2010)(21). En effet, la vision, au-delà d'une simple fixation réciproque, permet la mise en place des interactions précoces entre une mère et son enfant, base du développement affectif, langagier et des compétences de communication de l'enfant. En cas de trouble de la fonction visuelle, on conçoit que l'ensemble du développement cognitif de l'enfant puisse être gêné.

1. Atteintes de la vision

Les lésions des voies visuelles peuvent endommager la qualité de la fixation, de la perception du mouvement et de l'oculomotricité... Toutes ces compétences, normalement automatisées, sont indispensables à la bonne exploration et compréhension du monde qui nous entoure.

2. Les amputations du champ visuel

Une lésion le long des voies visuelles ou située dans le cortex visuel primaire entraîne une amputation du champ visuel. L'amputation a une valeur localisatrice puisqu'elle dépend, dans sa localisation et dans son étendue, de l'atteinte en question (cf Annexe D, figure 4).

a. Cécité corticale

Il s'agit de la perte de la totalité des deux champs visuels suite à une atteinte bilatérale du cortex visuel primaire. Cette cécité peut néanmoins évoluer et être rééduquée. Elle s'accompagne en général d'hallucinations visuelles, d'anosognosie, de troubles de la mémoire et de la personnalité.

b. Hémianopsie latérale homonyme

C'est l'amputation de la totalité de l'hémichamp visuel controlatéral à la lésion, avec ou sans épargne maculaire (champ central). Ce type d'atteinte peut engendrer une certaine lenteur dans des tâches de détection et de catégorisation, sans que celle-ci ne soit liée à un défaut d'analyse des fréquences spatiales (Cavézian, et al. 2010)(16).

c. Quadranopsie latérale homonyme

La quadranopsie peut être considérée comme la moitié d'une hémianopsie. C'est l'amputation d'un quart de champ visuel suite à une lésion du cortex visuel primaire ou des voies visuelles du côté opposé. Il existe une inversion gauche/droite des fibres nerveuses visuelles mais aussi haut/bas. Une lésion de la part inférieure du cortex visuel primaire droit va donc entraîner une perte des quadrants visuels gauches supérieurs aux deux yeux.

d. Scotome

Le scotome est la plus petite amputation visuelle existante, qui se manifeste par une zone aveugle dans le champ visuel. Il est consécutif à une toute petite lésion au niveau du cortex visuel ou des voies visuelles.

e. Vision tubulaire

Suite à une lésion bilatérale occipitale mais incomplète, on peut retrouver ce type de vision très gênante entraînant un champ visuel réduit à 10° ou 20° autour du point de fixation. Elle se nomme ainsi car elle donne l'impression de regarder dans un tube.

f. Vision périphérique

A l'inverse, suite aux mêmes types de lésion, il peut exister une amputation du champ central, avec un champ visuel se limitant à la vision périphérique. C'est plus gênant car la vision périphérique est de moins bonne qualité que la vision centrale sur le plan de l'acuité.

Dans tous ces types d'amputation du champ visuel, les chercheurs ont pu montrer l'existence du phénomène de « blindsight » évoqué précédemment (Chokron & Marendaz 2010)(21) : une perception existe dans la zone amputée du champ visuel, mais n'atteint pas le niveau de conscience. C'est ce phénomène qui est exploité en rééducation pour recouvrer un champ visuel plus large, en tentant de rendre la vision de plus en plus consciente.

3. Atteintes cognitives de la vision

a. Les troubles de l'exploration de l'espace

Ces troubles sont consécutifs à une atteinte de la voie du « où ».

❖ Négligence spatiale unilatérale

Suite à une lésion pariétale, le plus souvent droite, il existe un déficit sévère pour répondre à tout type de stimulations survenant dans l'hémi-espace controlésionnel, qui s'accompagne d'une anosognosie. Il s'agit davantage d'un trouble spatial plurimodal qu'un trouble visuel (Chokron & Gaudry 2009)(20).

❖ Syndrome de Balint

Ce syndrome regroupe :

- un trouble de l'exploration visuelle volontaire,
- une ataxie optique : déficience du contrôle visuel des mouvements
- une simultanagnosie. : difficultés à percevoir en même temps plusieurs objets ou différentes parties d'un même objet ou d'une même scène visuelle.

Il est la conséquence d'une lésion bilatérale pariétale postérieure (Biotti, et al. 2012)(8).

❖ Dyspraxie visuo-spatiale

La dyspraxie, trouble spécifique de l'exécution motrice d'un geste intentionnel, peut avoir une composante visuo-spatiale dans laquelle, aux troubles du geste manuel, s'ajoutent des difficultés oculo-motrices et une atteinte des processus visuo-spatiaux. Cela pourrait être les conséquences de lésions des voies occipito-pariétales (Costini, et al. 2014)(25).

b. Les troubles de la reconnaissance visuelle

Ces troubles font à l'inverse suite essentiellement à une atteinte de la voie du « quoi ».

❖ Agnosie visuelle

Il s'agit de la perte partielle ou totale de la capacité à reconnaître un stimulus visuel malgré une acuité et un champ visuel normaux. C'est la conséquence d'une lésion occipito-temporale bilatérale. Les patients ont alors recours à d'autres informations sensorielles pour reconnaître, identifier les objets ou les personnes.

L'agnosie peut être spécifique aux images, aux objets, aux signes conventionnels (dyslexie particulière), aux animaux, aux couleurs, ou être typographique (Dalens 2014)(27).

Chez les enfants qui n'ont encore jamais « appris » à voir, on ne parle pas d'agnosie visuelle mais de trouble de la reconnaissance visuelle pour les objets et les images.

❖ Prosopagnosie

La prosopagnosie est « l'incapacité à reconnaître les visages familiers, sur base de la perception visuelle, ne pouvant être expliquée ni par des déficits visuels de bas niveau, ni par une altération cognitive telle qu'une confusion mentale, une aphasie, une amnésie, ou d'autres signes de détérioration intellectuelle » (Joubert, et al. 2008)(71). Chez les enfants qui n'ont encore jamais « appris » à voir, on ne parle pas de prosopagnosie mais de trouble de la reconnaissance visuelle des visages.

Des spécificités perceptives visuelles sont décrites dans les troubles du spectre autistique. Celles-ci pourraient participer aux difficultés d'interaction sociale propres à l'autisme. Nous allons maintenant nous intéresser aux caractéristiques générales de ce syndrome avant d'en aborder les particularités cognitives et visuelles.

II] Troubles du Spectre Autistique (Laureline Parent)

A. L'autisme : qu'est-ce que c'est ?

1. Historique et critères diagnostiques (Gillet 2013)(49)

En 1911, Bleuler propose le terme d'autisme pour décrire des adultes isolés dans leur monde intérieur avec une perte de contact avec la réalité. L'autisme n'est alors qu'un symptôme secondaire de la schizophrénie.

Léo Kanner, en 1943, décrit véritablement le syndrome d'autisme infantile précoce comme une incapacité innée à établir le contact affectif habituel avec autrui. Il identifie alors 3 signes considérés aujourd'hui comme pathognomoniques de l'autisme : la recherche d'isolement (aleness), la recherche d'immuabilité (sameness) et la limitation d'activités et des centres d'intérêt.

Hans Asperger, en 1943 également, décrit ce qu'il appelle la « psychopathie autistique » comme une « limitation des relations avec l'environnement et une personnalité qui s'organise autour de cette limitation ». Asperger reconnaît le caractère hétérogène de cette population notamment concernant le niveau intellectuel.

Léo Kanner et Hans Asperger décrivent tous deux les enfants selon leur langage, leur motricité et leur sociabilité. Ils exposent une sémiologie comportementale, cognitive et sensorielle (hypo versus hypersensibilité), toujours d'actualité. Les deux évoquent une apparition tardive du trouble, après trois ans, suite à une phase de développement précoce apparaissant normale.

Lorna Wing reprend les études d'Asperger et la psychopathie autistique fait alors son entrée dans le champ de la pédopsychiatrie sous le nom de syndrome d'Asperger.

D'autres approches ont été proposées ensuite, notamment cognitives ou neurologiques.

L'« Autisme infantile » apparaît pour la première fois dans la CIM-9 (Classification Internationale des Maladies)(1978) dans « les psychoses spécifiques de l'enfance », remplacées en 1993 dans la CIM-10 par les TED (Troubles Envahissants du Développement), incluant le syndrome d'Asperger (SA). Dans le DSM (Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders), l'« Autisme infantile » est d'abord intégré dans les « troubles globaux du développement » (TGD) puis dans les TED, incluant aussi le SA. Les critères diagnostiques reposent sur la triade autistique : altération qualitative des interactions sociales, altération qualitative de la communication et enfin des activités, comportements et intérêts réduits, répétitifs, et s'accompagnant de stéréotypies.

On parle dorénavant, dans le DSM-V (2013), de troubles du spectre autistique (TSA) et on ne se fie plus à cette triade pour le diagnostic. Tous les types d'autisme sont considérés comme faisant partie d'un même spectre large de profils possibles. La prévalence des TSA selon la Haute Autorité de Santé serait, en France, de 1 personne sur 150.

2. L'autisme « de haut niveau »

L'autisme de haut niveau regroupe les personnes autistes dont le quotient intellectuel est dans la norme, soit au-delà de 70. Il s'oppose ainsi à l'autisme dit sévère, ou autisme de Kanner, qui concerne les autistes avec une déficience intellectuelle.

Il n'est pas possible à l'heure actuelle de faire la différence entre autisme de haut niveau ou autisme avec déficience intellectuelle sur la période 0-5 ans. En effet, on retrouve la « même typicité et la même gravité » des troubles dans les deux groupes, notamment à propos du langage (Mottron 2004)(88).

Au cours de cette période, l'efficience intellectuelle est déterminée à partir d'épreuves non verbales, qui entrent donc dans les îlots de compétences des enfants autistes (sévéres comme de haut niveau). Les mesures de QI ne sont donc pas fiables.

Après 5 ans, le niveau de langage finit par se normaliser chez les autistes de haut niveau, ce qui permet d'éloigner le diagnostic d'autisme sévère, ainsi que le diagnostic différentiel de dysphasie. Il serait donc pertinent de réévaluer les enfants après 5 ans afin de poser un diagnostic d'autisme plus fiable.

Les enfants avec un autisme de haut niveau peuvent suivre un cursus éducatif normal et présentent un bon pronostic adaptatif, malgré une communication et une socialisation qui restent atypiques. A l'âge adulte, certains signes de l'autisme peuvent néanmoins disparaître, comme l'évitement du regard.

3. Le syndrome d'Asperger (SA)

Le SA exclut les anomalies de la communication et d'expression langagière décrites dans la triade autistique : écholalie (immédiate ou différée), langage stéréotypé, néologismes, usages idiosyncrasiques du langage, inversion pronominale... C'est d'ailleurs en cela qu'il diffère de l'autisme de haut niveau. L'âge de survenue du langage est normal et les capacités articulatoires et lexicales sont même souvent supérieures à ce que l'on attend pour cet âge.

Il est possible d'atteindre un haut niveau académique et professionnel, mais le SA est néanmoins très invalidant du fait du faible niveau de socialisation et de la restriction des intérêts.

Il est ainsi possible de catégoriser grossièrement les troubles du spectre autistique en différents grands groupes :

- Les sujets sans retard d'apparition du langage, s'associant en général à une efficacité intellectuelle normale : Syndrome d'Asperger. Ils présentent souvent une maladresse motrice et un déficit visuo-spatial associés.
- Les sujets avec un retard de langage (premières phrases de deux mots autour de quatre ans) souvent associé à du « handflapping », à des explorations visuelles atypiques, et à de l'automutilation.
 - o efficacité intellectuelle normale : autisme de haut niveau
 - o efficacité intellectuelle subnormale : autisme sévère, ou de Kanner

Ainsi, l'autiste de haut niveau paraît s'améliorer lors de la survenue du langage autour de la fin de la grande section et l'entrée au CP, alors que l'enfant Asperger donne la sensation inverse, car la restriction des intérêts et le manque d'imagination sont plus manifestes quand le langage est développé et qu'on attend une variété plus riche des thèmes abordés.

B. Quelles particularités visuelles dans l'autisme ?

Depuis plusieurs années, des particularités perceptives sont décrites chez les patients atteints d'autisme, que ce soit dans le sens d'une hypersensibilité ou au contraire d'une hyposensibilité. Ces particularités, notamment visuelles, pourraient contribuer à la symptomatologie comportementale observée chez ces patients. Décrivons maintenant quelles sont ces caractéristiques visuelles.

1. Troubles dans la perception de bas niveau

a. Saccades oculaires

Les saccades oculaires - élément clé de l'exploration oculomotrice - jouent un rôle majeur dans la connaissance du monde extérieur, l'attention et la construction de la représentation de l'espace. Les saccades permettent de placer rapidement notre regard sur différents éléments de l'environnement. Elles sont séparées par des moments de fixation visuelle, pendant lesquels les informations sont intégrées.

Ces mouvements oculaires mettent en jeu des mécanismes cérébraux très complexes comme garder en mémoire les informations récupérées après chaque mouvement pour pouvoir construire une image stable de son environnement.

Dans une récente revue de la littérature, Chokron et al évoquent pour les personnes TSA des « anomalies subtiles de la fonction oculomotrice », notamment une précision réduite

des saccades oculaires. De plus, leur latence et leur vitesse sont variables dans un environnement statique, mais ne sont pas affectées en cas d'apparition soudaine d'une cible (Chokron, et al. 2014)(22).

b. Attention visuelle et exploration visuelle

L'attention est également essentielle dans l'analyse de l'environnement visuel puisqu'elle permet de diriger notre perception. La détection d'un nouveau stimulus dans le champ visuel attire non seulement l'attention dans cette zone de l'espace, mais elle entraîne aussi une augmentation de l'acuité et de la sensibilité au contraste dans les zones proches (Cameron, et al. 2002)(12).

Chez les sujets TSA comme chez les neurotypiques, il existerait un gradient spatial attentionnel, mis en évidence par une baisse de performance (en précision et temps de réaction) corrélée à l'éloignement de la cible par rapport au point de fixation. Cette baisse de performance serait plus importante chez les sujets TSA (Robertson, et al. 2013)(103) et corrélée à la sévérité des signes autistiques.

Cependant, comme souvent chez les sujets TSA, des résultats contradictoires ont été décrits, montrant une meilleure perception en périphérie que dans le champ central.

Haist (cité dans (Gillet 2013)(49)) a quant à lui évoqué une certaine lenteur de réaction aux stimuli. Par ailleurs, plus le temps de latence avant la présentation du stimulus est long, plus les sujets TSA ont de difficultés à répondre. Robertson et al. ont ainsi également mis en évidence un trouble de l'attention visuelle dans le temps (Robertson, et al. 2013)(103).

L'exploration visuelle est basée sur plusieurs processus, notamment sur les saccades oculaires et l'inhibition de retour saccadique (IOR : Inhibition Of Return). L'IOR est un phénomène d'inhibition automatique nous empêchant de rediriger notre attention vers une zone ayant déjà été explorée. Cela favorise la nouveauté durant l'exploration visuelle. Or, des particularités de fonctionnement de l'IOR ont pu être mises en évidence chez des patients TSA, que ce soit dans le sens d'un déficit ou de meilleures performances (Pieron, et al. 2014)(98) expliquant la variabilité de leurs résultats en termes d'exploration visuelle.

Les enfants TSA présentent en effet des difficultés pour diriger leur attention vers un stimulus en dehors de leur champ visuel, et de façon plus générale, pour désengager leur attention visuelle d'un stimulus vers un autre (Landry & Bryson 2004)(76). A tel point que certains auteurs comparent ce comportement visuel à une « vision tubulaire » ou « tunnel vision » (Rincover & Ducharme 1987)(100), voire à une forme de négligence spatiale

unilatérale comme on l'observe à la suite d'une lésion pariétale (Bryson, cité dans (Gillet 2013)(49)). Posner parle lui de « spotlight attentionnel » (Posner, cité dans (Gillet 2013)(49)). Cela peut être le reflet, au moins partiel, de troubles de la programmation et/ou de l'exécution de mouvements oculaires.

Les études relatent donc une altération de la distribution de l'attention chez les sujets TSA.

c. Intérêt pour les détails

En mettant en évidence un fort gradient spatial d'attention visuelle, Robertson et al fournissent une explication au fait que les sujets TSA seraient moins sensibles aux interférences apportées par des distracteurs et seraient donc particulièrement performants dans la perception des détails dans les scènes visuelles (Robertson, et al. 2013)(103). Leur attention visuelle diminue très fortement dès que l'on s'éloigne du point de fixation.

Gillet évoque une grande acuité dans l'identification des primitives visuelles. En effet, les autistes traiteraient les informations visuelles préférentiellement à partir des détails, à l'inverse des contrôles qui ont plutôt besoin d'une vue d'ensemble (Gillet, et al. 2009)(50). Nous avons vu précédemment que les détails d'une scène sont portés par les hautes fréquences spatiales, qui sont elles-mêmes préférentiellement prises en charge par la voie parvocellulaire. Les patients TSA auraient donc un fonctionnement atypique soit dans le sens d'une plus forte utilisation de la voie parvocellulaire, soit dans le sens d'un moindre emploi de la voie magnocellulaire.

En effet, Shah et Frith trouvent que les personnes TSA obtiennent de meilleurs résultats que les contrôles au test des cubes et aux tâches de figures enchevêtrées, traduisant cet intérêt pour le détail (Shah & Frith 1983)(109). Attirance que l'on retrouverait dans leur réalisation de la figure de Rey, par juxtapositions successives. Happé et Frith poursuivent cette constatation avec le test d'identification des lettres de Navon : les contrôles reconnaissent d'abord la grande lettre puis les petites lettres qui la constituent, alors que c'est l'inverse pour les TSA (Happé & Frith 2006)(57) (cf Annexe E, figure 5). C'est pourquoi on évoque la simultagnosie dans le cadre de l'autisme (Lechevalier 2009)(78).

L'intérêt pour les détails observé chez les autistes pourrait être expliqué par des facteurs attentionnels, avec une hyperfocalisation et un défaut de déplacement de l'attention visuelle, mais aussi par des facteurs plus complexes de préférence pour les fréquences spatiales élevées.

2. Conséquences d'un intérêt pour le détail sur le traitement des informations visuelles

a. Comportement visuel atypique

Cet intérêt pour le détail observé chez les sujets avec TSA « accompagne le développement cognitif et explique les atypies visuelles » (Gillet 2013)(49). En effet, les autistes ont tendance à se mettre très proche de l'objet et à lui tourner autour afin de l'explorer visuellement. Certains auteurs, comme Gepner, expliquent ces comportements visuels idiosyncratiques et les stéréotypies (comme faire osciller un objet très près de leurs yeux), par le fait que se focaliser sur un élément permettrait aux autistes de réduire les effets anxiogènes du monde environnant qui va trop vite (Gepner 2006)(46). Les atypies observées seraient ainsi la conséquence de difficultés d'appréhension globale et rapide de l'environnement. Gillet explique en effet que la lenteur dans le déplacement du spotlight attentionnel gêne pour comprendre l'environnement visuel en perpétuel changement. Ainsi, la compréhension du monde est incomplète et désynchronisée, d'une part par défaut de mise en jeu rapide et fluide de mécanismes attentionnels exogènes, notamment dans l'axe du regard, mais aussi de mécanismes endogènes, pour comprendre et interpréter la scène (Gillet 2013)(49).

b. Habiletés visuo-spatiales

Le mode de perception plutôt local engendre certes des atypies d'exploration visuelle mais est aussi à l'origine de réelles habiletés visuo-spatiales. Les personnes avec autisme peuvent effectivement se montrer habiles et minutieuses (Gillet 2013)(49). Happé et Frith parlent d'îlot de compétences chez les TSA, pour les habiletés visuo-constructives (figures enchevêtrées et cubes de Khos), et vont jusqu'à dire qu'il s'agit d'une caractéristique cognitive de l'autisme (Happé & Frith 1996)(56) ; (Jolliffe & Baron-Cohen 1997)(69) ; (Shah & Frith 1993)(110).

Une méta-analyse réalisée sur 35 études, par Muth et al, montre que globalement, les sujets TSA sont plus performants que les sujets contrôles dans les tâches de reproduction de figures à partir de cubes (Block Design Test) (Muth, et al. 2014)(89). Cependant, les résultats restent contradictoires quant aux tâches de figures enchevêtrées (figure disembedding). Des suivis en IRM fonctionnelle ont pu montrer que les sujets TSA n'activent pas les mêmes zones cérébrales que les contrôles dans les tâches visuo-spatiales. Ils activeraient moins de zones (notamment frontales) pour la réalisation des tâches de figures enchevêtrées ou de rotation mentale, montrant un moindre besoin de ressources

pour parvenir à la même performance. Cela irait donc bien dans le sens d'une supériorité de leurs habiletés dans ce domaine.

Ainsi, il existe une dissociation dans les épreuves psychométriques de Wechsler avec un indice de raisonnement perceptif plutôt bon et un indice de compréhension verbale moins bon. Cela s'explique par les caractéristiques de leur perception et de leur attention visuelle décrites précédemment. De plus Ring et al ont démontré que les autistes activent les aires associatives visuelles de manière plus étendue que les neurotypiques (Ring et al. 1999)(101).

Comme l'exprime Gillet, il peut exister une sorte de paradoxe chez les sujets TSA - qu'on ne sait pas encore expliquer - entre un profil d'hémisphère gauche parfois décrit et leur aisance régulièrement retrouvée dans les habiletés visuo-constructives (Gillet 2013)(49). Cependant, ces habiletés ne sont pas observées chez tous les sujets TSA, il existe une grande hétérogénéité au sein-même de cette population. De plus, les critères d'inclusion diffèrent d'une étude à l'autre, ce qui peut expliquer l'obtention de résultats contradictoires.

3. Cas particulier du traitement des visages

Le visage constitue une réalité visuelle complexe en mouvement perpétuel, posant ainsi de nombreux problèmes aux autistes.

a. Attention sur la partie inférieure du visage

Lors d'une des premières expériences sur le comportement visuel des autistes, en 1978, Langdell a étudié la stratégie d'analyse des visages suivie par des enfants autistes et a ainsi mis en évidence une préférence tournée vers la partie basse du visage chez ces enfants, contrairement aux enfants typiques qui se basaient, eux, davantage sur la partie haute des visages (Langdell 1978)(77).

Grâce aux techniques modernes, ces études ont pu être confirmées et affinées. Ainsi, en 2002, grâce à la technologie de l'oculomètre ou « eye tracking », Klin et al. ont pu démontrer qu'il y avait en effet une forte préférence des sujets autistes à fixer la bouche lors de la visualisation de scènes sociales, contrairement aux yeux pour les sujets neurotypiques (Klin, et al. 2002)(72). Selon Joseph et Tanaka, les spécificités de traitement des visages que l'on observe chez les sujets autistes ne seraient donc pas simplement expliquées par un trouble de l'analyse globale des visages, mais plus particulièrement par l'importance qu'ils accordent à la zone autour de la bouche (Joseph & Tanaka 2003)(70). Or, selon Deruelle, la bouche aide au décodage des informations verbales, alors que les

yeux constituent des signaux pour les contacts sociaux et émotionnels (Deruelle, et al. 2008)(34).

Selon une étude récente, une lésion des amygdales entraîne une quasi-absence de fixation des yeux des interlocuteurs et une forte observation des lèvres durant une conversation (Spezio, et al. 2007)(111). Ceci pourrait être dû au rôle de l'amygdale dans le contrôle top-down de l'attention visuelle, normalement observé. Ces spécificités étant observées dans le cas de l'autisme, il serait alors possible de lier ce comportement visuel typique à un dysfonctionnement de l'amygdale.

b. Utilisation d'indices locaux, au détriment des indices configuraux

Nous savons que les sujets TSA ont une préférence pour le traitement de l'information locale par rapport à l'information globale et cela se retrouve de la même façon dans le traitement spécifique des visages. Cela a pu être mis en évidence par Langdell, par l'expérience des « visages à l'envers ». En effet, l'inversion des visages empêche le traitement global, mais pas le traitement local. Or les autistes ne sont pas sensibles à cet effet d'inversion, contrairement aux personnes neurotypiques (Langdell 1978)(77) (cf Annexe F, figure 6).

De plus, les autistes traitent mieux les visages lorsqu'ils sont présentés en HFS, prouvant qu'ils les traitent préférentiellement selon les informations locales, en se basant sur les détails (Da Fonseca & Deruelle 2010)(39) ; (Deruelle, et al. 2004)(33).

Malgré leurs stratégies atypiques, certains autistes montrent des performances de traitement des visages équivalentes à celles des neurotypiques, traduisant des capacités de compensation efficaces (Deruelle, et al. 2008)(34). Les sujets TSA se montrent effectivement capables d'utiliser les BFS pour traiter les stimuli non sociaux et le genre des visages (masculin/féminin) (Da Fonseca & Deruelle 2010)(39). Ainsi, plutôt qu'un déficit du traitement global, les autistes présenteraient plutôt une préférence locale.

De par leur sensibilité aux détails, les autistes sont très sensibles aux petits changements, ce qui peut compliquer significativement leur reconnaissance : coupe de cheveux, modification de l'éclairage, de l'angle de vue... Le fait de ne pas accéder à un traitement plus global gêne par conséquent l'accès à une représentation mentale en trois dimensions et fait que les personnes avec autisme ne connaissent pas de sentiment de familiarité avec les visages (Itier & Batty 2009)(67).

c. Traitement des visages analogue au traitement des objets

Les sujets autistes présentent une réelle atypicité de stratégie dans le traitement des visages, se rapprochant de celle de l'analyse des objets. Ainsi, ils ne montrent pas de différence significative dans leurs performances dans des tâches de mémoire concernant d'un côté des stimuli sociaux, des visages, et de l'autre des objets (Hauck, et al. 1998)(60). Les sujets contrôles ont, quant à eux, plus de facilité dans les tâches de mémoire concernant les visages. Grâce aux technologies d'imagerie fonctionnelle, Schultz et al ont montré que les sujets TSA activent des circuits neuronaux typiques de la perception d'objets non sociaux, lors de tâches de discrimination de visages (Schultz et al. 2000)(108). Certaines études vont plus loin et évoquent quant à elles une dissociation inversée : l'appariement d'expressions faciales serait plus difficile que l'appariement d'objets pour les autistes (Braverman, et al. 1989)(10).

Les neurotypiques utilisent un traitement plutôt local pour les objets et plutôt global pour les visages. Les autistes quant à eux, utiliseraient la même stratégie de traitement local quelle que soit la nature du stimulus.

Au vu des atypicités observées dans le traitement des visages chez les autistes, nous pouvons nous demander si celles-ci peuvent être mises en lien avec leurs déficits dans les interactions sociales, notamment à cause d'une reconnaissance des émotions moins, voire non efficace.

4. Cas particulier du traitement visuel des émotions

a. Déficit du décodage des émotions

Les autistes présentent de réelles difficultés dans l'analyse des émotions d'autrui, ce qui participe beaucoup à la sensation d'étrangeté que l'on peut ressentir lors d'un échange avec eux. Ces anomalies comportementales font partie de la symptomatologie autistique et de nombreuses d'études se sont donc intéressées au traitement des émotions.

Les autistes sont moins performants que les neurotypiques pour associer une expression faciale à un geste, à une vocalisation ou à un contexte correspondant. Cependant, ils sont moins gênés pour associer la photo d'un objet au son correspondant (Hobson 1986)(62) ; (Hobson, et al. 1988a)(63) ; (Hobson, et al. 1988b)(64).

Selon Gepner et al, la rapidité des mouvements faciaux joue un rôle important dans les difficultés éprouvées par les autistes pour traiter les émotions (Gepner, et al. 2001)(47).

Par ailleurs, Da Fonseca et Deruelle démontrent que les autistes sont moins performants que les contrôles pour identifier les émotions à partir d'une scène globale ou d'une

gestuelle corporelle retracée par des mouvements de points (Da Fonseca et al. 2009)(40). Cependant ils sont moins gênés pour l'identification d'un objet caché au sein d'une scène ainsi que pour l'identification d'une action (ex : courir, sauter), à partir des mêmes mouvements de points (cf Annexe G, figure 7).

Gelder précise, lui, que les émotions ne sont pas seulement véhiculées par les visages mais aussi par les gestes, les postures, les contextes (De Gelder et al. 2006)(43).

Nous comprenons donc les difficultés spécifiques des sujets TSA pour le traitement des émotions.

b. Stratégies atypiques dans la reconnaissance des émotions faciales

Ainsi, il existe chez les sujets autistes, un déficit spécifique de la reconnaissance des émotions, que ce soit à partir des visages, des gestes ou du contexte. Selon Da Fonseca et Deruelle, cela s'explique par une sollicitation préférentielle des informations locales (HFS), à défaut d'un traitement global, comme décrit chez les neurotypiques.

Selon Meaux et al, les enfants autistes sont plus performants dans l'analyse des émotions à partir d'éléments locaux (yeux isolés), et la perception globale des stimuli émotionnels du visage fait chuter leurs résultats, contrairement aux contrôles (Meaux, et al. 2011)(84) .

Rosset et al montrent, quant à eux, que les autistes sont capables de développer une stratégie typique (configurale) de traitement des visages, mais uniquement avec des visages non réels de type dessins animés (Rosset et al. 2008)(104).

Ainsi, si les émotions sont généralement difficilement traitées par les sujets autistes, leurs performances peuvent être très hétérogènes et certaines études ne montrent pas de différence de performance par rapport aux contrôles. Ces résultats sont alors à mettre en lien avec des stratégies de compensation efficaces, mettant en jeu des circuits neuronaux différents de ceux des sujets typiques (Harms, et al. 2010)(59).

C. Principales hypothèses explicatives des TSA (Partie commune)

Il existe de nombreuses hypothèses causales expliquant la symptomatologie autistique. Nous avons choisi de présenter de façon simple et rapide les plus connues et reconnues.

1. Hypothèses génétiques et bases neuro-anatomo-fonctionnelles

L'autisme, aujourd'hui reconnu comme un trouble neurodéveloppemental, pourrait reposer sur un substrat génétique. En effet, Folkstein et Mankoski (cités dans (Gillet 2013)(49)) suspectent les chromosomes 7, 17, 22 (22q11) de jouer un rôle dans l'apparition de traits autistiques, ainsi que des mutations du gène MECP2, sur le chromosome X, impliqué notamment dans le syndrome de Rett. Persico et Bourgeron évoquent également des mutations du gène codant pour la neuroligine au niveau du chromosome X. Cette protéine aurait un rôle central dans la mise en place de réseaux intra-cérébraux (Persico & Bourgeron 2006)(96).

Courchesne parle pour l'autisme de syndrome neurodéveloppemental avec des différences morphologiques (Courchesne et al. 2007)(26). En effet en 2005, Carper et Courchesne relèvent un volume cérébral exagéré dans les lobes frontaux et temporaux, qui serait dû à un trouble de la synaptogénèse post-natale (Carper & Courchesne 2005)(13).

De nouvelles études ont récemment évoqué une hypothèse biochimique en démontrant que les traitements diurétiques, réduisant le chlore intracellulaire des neurones, faciliteraient les relations sociales (Tyzio et al. 2014)(115). La piste d'une trop forte concentration en chlore chez les TSA serait ainsi à creuser. De même, selon certains chercheurs, les défaillances dans l'autisme proviendraient des effets néfastes de la testostérone sur les tissus neuronaux (Baron-Cohen et al. 2014)(5).

2. Principales hypothèses explicatives de la symptomatologie autistique

Les premières approches de l'autisme étaient psychanalytiques, Bettelheim et Mahler parlaient d'échec précoce et grave de la relation entre la mère et son bébé, avec une volonté inconsciente des mères que leur enfant n'existe pas (Tardif, et al. 2014)(112). Aujourd'hui ces théories culpabilisantes pour les parents ont heureusement été réfutées et l'amalgame autisme et troubles de l'attachement ne se fait plus. Elles ont ainsi laissé place à des hypothèses neurodéveloppementales, cognitives et sensorielles.

a. Hypothèses cognitives

❖ Déficit de construction de la théorie de l'esprit

Baron-Cohen, Leslie et Frith en 1985, évoquent chez les autistes un défaut de théorie de l'esprit (ToM : Theory of Mind) qui est la capacité d'accorder à soi et aux autres des intentions et des pensées, et d'interpréter le comportement d'autrui en fonction de cela. Les autistes s'arrêteraient au niveau de la perception des comportements et visages d'autrui, sans y attribuer ni intention, ni pensée (Baron-Cohen, et al. 1985)(6).

Selon Amodio et Frith, la théorie de l'esprit active le cortex médian préfrontal, la jonction temporo-pariétale et l'amygdale chez les neurotypiques. Or ces régions sont hypoactivées chez les autistes (Amodio & Frith 2006)(3).

De plus, le STS serait sensible au contexte social, et plus spécifiquement à la représentation de l'action intentionnelle (Pelphrey, et al. 2004)(93), ce qui est directement lié aux capacités de théorie de l'esprit. Des anomalies précoces du STS sont évoquées, ainsi que dans d'autres régions du cerveau social comme le gyrus fusiforme, le cortex orbito-frontal et l'amygdale (Zilbovicius et al. 2006)(118). Ces régions seraient anormalement activées dans l'autisme pour des tâches de cognition sociale. Castelli explique qu'il existerait moins de connexions fonctionnelles entre les régions visuelles et temporelles chez les autistes que chez les neurotypiques (Castelli, et al. 2002)(14).

❖ Faiblesse de la cohérence centrale

Frith et Happé évoquent l'hypothèse d'une faiblesse de la cohérence centrale, selon laquelle les autistes auraient des difficultés pour organiser les informations en une forme globale cohérente (Frith 1989)(41) ; (Happé & Frith 1996)(56). Cette particularité est aussi retrouvée au niveau du traitement visuel : les autistes utilisent spontanément un traitement plutôt local contrairement aux neurotypiques. Les autistes ne sont pas sensibles aux illusions visuelles pour lesquelles un traitement holistique est nécessaire (Happé 1996)(58). Leur incapacité à intégrer les lignes induites ou les contextes inducteurs serait l'explication de cette insensibilité et va bien dans le sens d'un défaut de cohérence centrale.

❖ Déficit du fonctionnement exécutif

Les fonctions exécutives désignent un ensemble de processus cognitifs de haut niveau. Elles regroupent ainsi des tâches telles que la planification, la flexibilité, l'organisation, indispensables à la bonne réalisation de toutes les tâches cognitives.

Conill et al étudient le lien entre les comportements autistiques et la résistance à la nouveauté d'une part et un éventuel défaut des fonctions exécutives d'autres part, notamment pour la reconnaissance des émotions (Conill, et al. 2014)(24). Cependant, leurs résultats montrent une absence de corrélation entre la flexibilité et la reconnaissance des émotions, pour laquelle les autistes obtiennent de bons résultats dans cette étude. Ils expliquent ces performances par un hyperfonctionnement du traitement perceptif local leur permettant de compenser efficacement.

Un défaut de fonctionnement exécutif peut expliquer l'atypie des performances sociales (Gillet 2013)(49) ; (Tardif, et al. 2014)(112) car on observe des comportements similaires entre autistes et cérébrolésés frontaux : problèmes attentionnels, focalisation sur le détail, manque d'empathie, relation aux autres appauvrie, problèmes de planification et de contrôle (Tardif, et al. 2014)(112). En effet, la planification est nécessaire pour attirer l'attention de l'autre et maintenir « le but social », la flexibilité pour tenir compte des points de vue de l'autre et pour s'ajuster à la situation, l'attention sélective et l'inhibition pour se concentrer uniquement sur les éléments pertinents d'une situation et inhiber les réponses automatiques en réponse aux perceptions.

Cette hypothèse est également soutenue par le fait que les autistes se trouvent en difficultés dans les tests de Wisconsin, tour de Hanoï, tour de Londres (Tardif, et al. 2014)(112), faisant fortement appel aux fonctions exécutives. Cette théorie propose que le déficit du fonctionnement exécutif, notamment de flexibilité et d'inhibition, pourrait engendrer les déficits d'attention conjointe, de théorie de l'esprit et d'interaction sociale (Moreau & Champagne-Lavau, 2014)(87).

❖ Déficit de l'imitation et neurones miroirs

Les neurones miroirs ont été découverts chez l'Homme durant les années 1990. Ces neurones ont un fonctionnement particulier dans le cerveau, puisqu'ils s'activent d'une part lorsque l'individu exécute une action, mais aussi lorsqu'il regarde une autre personne exécuter cette action, et encore lorsqu'il imagine l'action. Ces neurones auraient ainsi un rôle primordial dans le développement de la cognition sociale, notamment par l'apprentissage par imitation et interviendraient dans la mise en place de l'empathie.

- **Niveau anatomique**

Hadjikhani met en évidence chez les sujets autistes une minceur anormale de la substance grise dans les régions du système miroir, ainsi que dans les régions impliquées dans la reconnaissance et l'imitation des expressions faciales (Hadjikhani 2005)(54).

- **Niveau fonctionnel**

Il existerait une mauvaise activation du système miroir lors de l'observation des actions d'autrui (Perkins, et al. 2010)(95) ; (Rizzolatti & Fabbri-Destro 2010)(102), et un défaut d'activation de la pars opercularis du gyrus frontal inférieur lors de l'imitation d'émotions faciales (Iacoboni & Dapretto 2006)(65). Ces anomalies anatomo-fonctionnelles seraient corrélées selon les auteurs, à la sévérité des symptômes autistiques. En effet, les conduites d'imitation constituent un « puissant vecteur d'interaction sociale, de communication et d'apprentissages cognitifs et sociaux ». Or, Nadel et Dawson (cités dans (Tardif et al. 2014)(112)), relèvent chez les autistes des déficits d'imitation engendrant alors en cascade des altérations notamment dans le domaine des interactions sociales que l'on a pu décrire.

b. Hypothèse de déficit socio-émotionnel

Selon l'équipe d'Hobson, des déficits dans l'imitation, le langage, le jeu symbolique seraient à l'origine du déficit des autistes dans la compréhension de signaux émotionnels et des codes sociaux (Hobson, et al. 1988a)(63). Ils auraient un problème spécifique pour « juger correctement la signification sociale, notamment émotionnelle ». Il s'agit d'un déficit primaire très précoce de la réactivité socio-émotionnelle qui s'explique par un manque de sensibilité à autrui et une inadaptation des réponses aux situations sociales. On parle de « dérèglement émotionnel inné », à la base des anomalies de communication et d'interactions sociales. Les autistes auraient ainsi tendance à éviter les situations sociales qui sont une source de changement émotionnel (Tardif, et al. 2014)(112).

c. Hypothèses sensorielles et perceptives

« Les troubles de la communication et de la relation avec autrui qui caractérisent l'autisme de l'enfant sont étroitement liés à un trouble du développement des structures nerveuses qui participent au filtrage et à la modulation sensorielle, émotionnelle et posturo-motrice » (Lelord & Sauvage 1991)(79).

❖ Hypothèse de l'influence des connaissances antérieures et perception gestaltiste

Bogdashina explique que la perception est un phénomène actif dirigé par le cerveau. Il s'agirait en fait d'un processus à deux voies, la première constituée des informations provenant des organes des sens, la seconde représentant l'influence de l'information antérieure sur la perception (Bogdashina 2012)(9). La perception serait influencée par nos connaissances antérieures et notre savoir qui créent alors des attentes. Cela nous aide à évoluer de façon confiante dans l'environnement, laissant ainsi la place à d'autres traitements cognitifs.

Les personnes avec autisme percevraient le monde avec plus de précision car elles s'appuieraient exclusivement sur leur perception, et peu sur leurs expériences antérieures et leurs représentations mentales (Chokron et al. 2014)(22). Elles ne sont d'ailleurs pas sensibles aux illusions d'optique, constituant une erreur de perception par influence des connaissances antérieures.

L'hypothèse de Ozonoff stipule, elle aussi, que les autistes se focalisent davantage sur les détails au détriment du global à un niveau conceptuel plus que perceptif (Ozonoff, et al. 1994)(91). Ils n'auraient pas de problème pour traiter l'image entière mais plutôt pour intégrer à un niveau plus élevé les éléments pour en extraire une idée générale. Bogdashina parle de perception gestaltiste : perception de la scène entière comme une entité unique avec tous les détails perçus mais non traités simultanément.

❖ Surfonctionnement perceptif et théorie du monde intense

A la différence de nombreux modèles cognitifs de l'autisme évoquant un déficit du traitement global, il existerait plutôt une supériorité des traitements perceptifs de bas niveau, à l'origine d'un biais en faveur des aspects locaux (Burack, et al. 2001)(11). Les autistes traiteraient les stimuli auditifs et visuels, sociaux ou non, de façon plus locale que les sujets normaux, sans qu'il n'existe cependant de déficit du traitement holistique au niveau perceptif (Mottron 2004)(88) ; (Lahaie et al. 2006)(74).

Ainsi, il existerait un surfonctionnement perceptif notamment pour le traitement des opérations simples, qui laisserait alors peu de place pour les processus attentionnels et mnésiques. Et l'on observe par conséquent un déficit des opérations complexes sociales ou non (mémoire, fonctions exécutives...) (Mottron 2004)(88).

Markram propose une théorie novatrice, issue de l'étude d'un modèle animal de rat, appelée « intense world syndrom » selon laquelle il n'y aurait pas d'hypofonctionnement dans le cadre de l'autisme, mais plutôt une hyper-réactivité et hyper-plasticité de deux régions : le néocortex et l'amygdale (Markram 2007)(81). Le néocortex, qui est le siège de

la perception, serait hyper-réactif mais aussi moins sensible aux changements du fait de son hyper-plasticité. Cela donnerait donc la sensation d'un monde plus intense, d'où le nom donné à cette théorie. Quant à l'amygdale, qui est le siège des émotions, son hyper-réactivité et son hyper-plasticité conduiraient à une exacerbation du sentiment de peur, qui resterait ancré plus longtemps et serait donc plus difficile à atténuer dans le temps que chez les individus neurotypiques.

❖ « Malvoyance du mouvement »

Il existerait des troubles de la perception et de l'intégration des mouvements qu'il s'agisse de mouvements faciaux ou physiques de l'environnement (Gepner 2001)(45). Les informations de l'environnement humain seraient alors trop rapidement changeantes pour être traitées en temps réel « *de manière simultanée, cohérente et globale* » par les sujets TSA (Gepner & Féron 2009)(48). Or ce type de traitement est nécessaire pour le décodage perceptif puis cognitif des mouvements labiaux (utiles au décodage du langage oral), des mimiques faciales émotionnelles, ainsi que pour l'anticipation des ajustements posturaux et pour les capacités d'imitation, dont on a déjà évoqué l'importance.

Des travaux à l'IRM et à l'EEG montrent que la connectivité cérébrale et la synchronisation neuronale sont diminuées chez les autistes lors de tâches perceptives ou cognitives impliquant le langage ou les émotions, prouvant ainsi leur lenteur dans le traitement des informations. De plus, la densité de substance blanche, permettant aux potentiels d'action de circuler plus rapidement, est moindre chez les autistes en comparaison aux neurotypiques. Gepner parle donc de « désordres du traitement temporo-spatial des stimuli multi-sensoriels » à l'origine selon lui, des troubles comportementaux, émotionnels, cognitifs, sensorimoteurs et imitatifs de l'autisme (Gepner 2001)(45).

Un ralentissement des signaux visuels améliore d'ailleurs leur perception des mouvements faciaux et corporels, permettant de meilleures capacités d'imitation, de réciprocité sociale, et une diminution des troubles du comportement (Tardif, et al. 2007)(113) ; (Lainé, et al. 2008)(75) ; (Meiss et Latzko cités dans (Danon-Boileau, et al. 2014)(28)).

❖ Déficit de la voie magnocellulaire (voie M)

Les sujets TSA ne seraient pas gênés spécifiquement par la présentation de stimuli sociaux, mais plutôt pour le traitement des stimuli complexes dont font partie les visages, demandant une perception globale (Meaux, et al. 2011)(84) ; (Hobson, et al. 1988b)(64).

Or le décodage des informations fréquentielles est considéré comme un processus de bas-niveau (Jiang & Han 2005)(68). Greenaway et al évoquent et défendent l'hypothèse d'un

déficit de la voie M se manifestant notamment par un traitement atypique du mouvement et des BFS. L'hypothèse causale de l'autisme reposerait donc sur un défaut du traitement exclusivement de bas niveau (Greenaway, et al. 2013)(53). De plus, la voie M appartient à un réseau sous-cortical large incluant notamment l'amygdale, impliquée dans l'apprentissage des peurs. Cette voie se développerait très tôt chez les bébés (Dobkins, et al. 1999)(36) ; (Hammarrenger et al. 2003)(55), notamment plus tôt que la voie P. Les premières informations visuelles transmises dans le temps sont les informations globales magnocellulaires, permettant d'anticiper les autres étapes visuelles comme la reconnaissance. La voie M est également décrite comme très vulnérable, dysfonctionnant fréquemment dans les troubles neurodéveloppementaux : dyslexie (Demb, et al. 1998)(32) (Galaburda 1993)(42) et syndrome de Williams-Beuren (Atkinson et al. 1997)(4). Tous ces éléments associés expliqueraient les difficultés dans les apprentissages sociaux et les atypies visuo-émotionnelles.

D'après Mac Cleery, les anomalies de développement précoce de la voie M vont impacter en cascade le développement des régions cérébrales impliquées dans le traitement des visages et plus largement dans la cognition sociale. Il existe une période critique durant laquelle les informations reçues de l'environnement sont primordiales pour le bon développement d'un enfant. Ainsi, même si la voie M évolue et tend à devenir similaire à celle des neurotypiques, les structures neuronales auront malgré tout été touchées dans leur développement (McCleery, et al. 2007)(83).

La littérature évoque aussi l'hypothèse que plus qu'un déficit de la voie M, il existerait plutôt un déséquilibre entre voie M et voie P.

Selon Schultz, ce serait plutôt une anomalie précoce du développement de l'amygdale qui impacterait ensuite en cascade les structures corticales et sous-corticales qui y sont reliées (Schultz 2005)(107).

❖ Hypoactivation du gyrus fusiforme et manque d'expertise du traitement des visages
Labryère évoque une hypoactivation du gyrus fusiforme (Labryère & Hubert 2009)(73). Deux hypothèses existent pour expliquer cela : une anomalie du système cérébral spécialisé dans le traitement des visages ou la conséquence d'un moindre intérêt précoce pour les visages. Elles ne sont pas exclusives puisque l'expérience guide la spécialisation corticale. Gauthier (cité dans (Labryère 2009)(73)) vient ainsi rectifier une idée générale : le gyrus fusiforme ne serait pas spécialisé dans le traitement des visages mais plutôt dans le traitement visuel expert. Il s'active par exemple lors de vision d'oiseaux pour un ornithologue. Grelotti (cité dans (Labryère 2009)(73)) montre que le gyrus fusiforme

s'active chez un autiste avec des photos de visages de « Digimon » (qu'il affectionne particulièrement) mais pas pour des visages réels.

Selon Deruelle, il existe un manque d'intérêt pour les relations sociales et donc un manque d'expertise pour les visages qui sont alors traités comme des objets. C'est à dire qu'à défaut d'un traitement configural, les autistes utilisent les indices locaux (Chokron & Demonet 2010)(19). En effet, le niveau d'expertise déterminerait l'émergence d'une stratégie de traitement (configural en l'occurrence) (Tarr & Gauthier 2000)(114) ; (Diamond & Carey 1986)(35). Mottron cite d'ailleurs Schultz qui écrit : « la perception des visages n'est pas associée à l'activation des régions impliquées dans l'attribution de la valeur émotionnelle. Cette absence d'activation émotionnelle au cours du développement entrainerait une sous-expertise dans le traitement des visages et par conséquent un sous-développement du gyrus fusiforme » (Mottron 2004)(88).

L'inaptitude à percevoir et à répondre aux expressions émotionnelles complexes chez les autistes pourrait donc être mise en parallèle avec un développement précoce anormal des régions cérébrales impliquées dans le traitement des visages.

Il paraît nécessaire d'interpréter l'autisme selon une conception interdisciplinaire et intégrative en tenant compte des particularités cognitives, émotionnelles et sensorielles qui lui sont inhérentes. Toutes les études, interprétations et hypothèses se complètent et permettent de mieux appréhender ce syndrome complexe qu'il ne faut pas concevoir selon un modèle unidirectionnel (Tardif, et al. 2014)(112).

Afin de proposer une approche innovante des troubles observés dans l'autisme, nous tenterons de faire un parallèle entre les symptômes visuels autistiques et leurs conséquences, et les troubles neurovisuels observables après une lésion cérébrale.

D. Liens entre troubles neurovisuels et autisme (Partie commune)

Étant donné que 40% de la surface corticale sont impliqués dans des phénomènes visuels (Dutton & Jacobson 2001)(37), les atteintes visuelles peuvent alors être fréquentes et s'exprimer de différentes manières : atteintes de la vision centrale (fixation, acuité), de la vision périphérique (accommodation, oculomotricité), ainsi que des atteintes cognitives de la vision (dysgnosie, perception du mouvement). Mais encore faut-il rechercher ces atteintes pour les trouver.

Or il paraît évident qu'avec des troubles visuels, en particulier gnosiques, il sera difficile pour un enfant de se construire un environnement stable et qui soit le même que ses pairs neurotypiques. Cela entraînera certainement des troubles relationnels, de la personnalité et du comportement (Mazeau & Lemoalle 1995)(82) ; (Dalens 2014)(27).

En effet, les enfants avec des troubles visuels congénitaux présentent un taux particulièrement élevé d'autisme ou de signes autistiques (Hobson & Bishop 2003)(61) ; (Parr, et al. 2010)(92) ; (Greenaway, et al. 2013)(53). Cela s'explique assez intuitivement par le fait que ces enfants ne peuvent pas se fier aux informations visuelles qu'ils reçoivent, ce qui génère des angoisses et des comportements inadaptés. La vision est évidemment essentielle pour la mise en place de la cognition, de la communication, de la relation ainsi que pour la structuration des autres modalités perceptives et du développement psychomoteur de manière plus générale. Les informations reçues sur le monde qui nous entoure proviennent entre 75 et 80% de la vision (Bogdashina 2012)(9).

Des patterns semblables entre autistes et déficients visuels ont été mis en évidence concernant l'altération des interactions sociales, de la communication, et la présence d'activités stéréotypées et répétitives (Gense et Cass cités dans (Bogdashina 2012)(9)). Ces dernières leur permettraient d'éprouver un sentiment de sécurité et de mieux se situer dans leur environnement.

Ainsi, la fréquence des atteintes visuelles par lésion cérébrale est certainement sous-évaluée de par leur ressemblance au niveau symptomatologique avec des pathologies psychiatriques (Dalens 2014)(27). On comprend donc que des enfants cérébrolésés puissent être à tort diagnostiqués autistes, alors que leurs symptômes sont d'origine visuelle. À l'inverse, on retrouve également beaucoup d'atteintes neurovisuelles chez les personnes avec un diagnostic d'autisme avéré. On peut donc imaginer que les troubles relationnels et comportementaux soient en partie la conséquence de ces atteintes visuelles.

Cass (cité dans (Bogdashina 2012)(9)), pense que le tableau autistique observé chez les non-voyants vient du même noyau de déficits que les enfants autistes, à savoir la déformation de leur monde visuel.

L'influence du visage dans la mise en place des relations sociales et émotionnelles est évidente (Chung & Thomson 1995)(23). Or le traitement des visages est limité chez les autistes, il s'agit là d'ailleurs d'un des meilleurs prédicteurs de l'autisme (Osterling & Dawson 1994)(90). Cela laisse supposer le développement d'atypies dans leurs relations sociales et émotionnelles. Bob Morris (cité dans (Bogdashina 2012)(9)) explique que les personnes avec autisme, étant donc nées avec des perceptions différentes, n'ont pas d'éléments de comparaison et ne savent pas en quoi elles sont différentes. Il est donc nécessaire de leur expliquer ces différences pour qu'elles en prennent conscience. C'est d'ailleurs ce qu'exprime Temple Grandin, autiste de haut niveau : « J'ignorais que les gens communiquaient avec les yeux avant de le lire dans un livre », « les signaux de la socialisation m'échappent, j'ai dû les apprendre » (documentaire vidéo : Voyage au centre du cerveau).

Il existe « une période critique pendant laquelle la nature des stimulations visuelles détermine la nature des perceptions de l'individu » (Chokron & Marendaz 2010)(21). Ainsi il est possible d'« apprendre à voir » mais il faut le faire le plus précocement possible en ayant en tête cette notion de période critique. En veillant au dépistage de troubles visuels et neurovisuels dès le plus jeune âge, on instaure la possibilité d'une prise en charge la plus adaptée et précoce possible, permettant d'éviter l'apparition d'un surhandicap, notamment l'installation d'une symptomatologie autistique.

PARTIE PRATIQUE

PROBLEMATIQUE ET HYPOTHESES

Les personnes avec autisme présentent des troubles des comportements sociaux, et ce dès le plus jeune âge. Comme exposé précédemment, de nombreuses études rapportent également des troubles sensoriels et perceptifs, notamment visuels. De même, certains sujets avec des troubles neurovisuels congénitaux peuvent présenter des comportements autistiques.

Cette intrication peut mener à un véritable challenge diagnostique. On comprend alors toute l'importance de s'interroger sur les liens entre ces deux versants. Pourrait-on définir l'autisme comme un trouble social primaire s'exprimant en partie par un comportement visuel atypique ? Ou à l'inverse, des particularités neurovisuelles - notamment dans le traitement des visages - pourraient-elles entraîner un comportement social inadapté ?

Nos hypothèses sont donc les suivantes :

1. Nous nous attendons à ce que les sujets autistes montrent des atypicités au bilan neurovisuel, les rapprochant des sujets neurovisuels.
2. Les sujets autistes et les sujets avec troubles neurovisuels seraient moins efficaces et moins rapides que les contrôles à la tâche de catégorisation des émotions.
3. On s'attend à ce que les sujets contrôles soient plus performants et plus rapides à la tâche de catégorisation des émotions, pour traiter les stimuli non filtrés et ceux filtrés en BFS que les stimuli présentés en HFS.
4. On s'attend à ce que les sujets TSA soient plus performants et plus rapides que les contrôles à la tâche de catégorisation des émotions, pour traiter les stimuli filtrés en HFS.
5. On s'attend à ce que les sujets TSA soient plus performants et plus rapides à la tâche de catégorisation des émotions, pour le traitement des HFS que pour les BFS.
6. Les sujets neurovisuels ayant un quotient autistique élevé auraient un comportement de traitement des émotions proche des sujets TSA.
7. Les sujets neurovisuels ayant un quotient autistique faible auraient un comportement de traitement des émotions proche de celui des contrôles.
8. Le traitement des émotions devenant plus performant avec l'âge, les adultes TSA et neurovisuels se rapprocheraient du traitement des contrôles par rapport aux enfants.

I] Description de la population

Pour cette étude, un total de 135 personnes a été testé. Les critères d'inclusion communs à tous les groupes de populations étaient les suivants : être âgé de plus de 6 ans, avec un niveau intellectuel dans la norme, des possibilités de maintien de l'attention et des troubles de l'acuité visuelle corrigés. Les troubles du comportement et troubles sensoriels ont été considérés comme des critères d'exclusion. Notre population était formée de 90% de droitiers et 10% de gauchers, ce qui est représentatif de la population générale. Les sujets ont été séparés en deux classes d'âge afin d'étudier d'éventuelles différences de résultats entre adultes et enfants.

A. Population contrôle

Lors de notre protocole, 69 personnes ont été testées afin de constituer le groupe contrôle. La répartition était la suivante : 20 sujets entre 6 et 15 ans inclus, 49 sujets de 16 ans et plus.

Groupe des enfants (6-15 ans) :

| | Nombre | Age moyen (ans) | Niveau |
|----------------|--------|-----------------|-----------------------|
| Garçons | 13 | 10,8 | CP - 4 ^{ème} |
| Filles | 7 | 10 | CP - 4 ^{ème} |

Groupe des adultes (16 ans et plus) :

| | Nombre | Age moyen (ans) | Niveau |
|---------------|--------|-----------------|--------------------------|
| Hommes | 20 | 32,4 | 1 ^{ère} - thèse |
| Femmes | 29 | 32,6 | 2 ^{nde} - thèse |

Pour cette population, les troubles neurovisuels périphériques ou centraux et les troubles du comportement constituaient des critères supplémentaires d'exclusion.

B. Population neurovisuelle

Pour notre étude, 39 personnes ont été testées afin de constituer le groupe neurovisuel. La répartition était la suivante : 9 sujets entre 6 et 15 ans inclus et 30 sujets de 16 ans inclus et plus.

Groupe des enfants (6-15 ans) :

| | Nombre | Age moyen (ans) | Niveau |
|----------------|--------|-----------------|------------------------|
| Garçons | 7 | 11,4 | CM1 - 4 ^{ème} |
| Filles | 2 | 10 | CM1 |

Groupe des adultes (16 ans et plus) :

| | Nombre | Age moyen (ans) | Niveau |
|---------------|--------|-----------------|--------------------------|
| Hommes | 13 | 47,4 | Non scolarisé-thèse |
| Femmes | 17 | 43,6 | 3 ^{ème} - thèse |

En plus des critères communs d'inclusion et d'exclusion de l'étude, dans cette population, les sujets présentaient des troubles neurovisuels. Les sujets inclus présentaient les troubles suivants :

- hémianopsie latérale homonyme : droite (12 sujets) ou gauche (15 sujets)
- quadranopsie latérale homonyme : gauche inférieure (2 sujets), gauche supérieure (2 sujets)
- vision tubulaire (4 sujets)
- troubles neurovisuels non spécifiés (4 sujets)

Cependant, les troubles étaient rarement limités à une simple amputation du champ visuel, mais souvent associés à des troubles gnosiques, visuo-constructifs, une fatigabilité, des difficultés attentionnelles...

C. Population TSA

Pour ce mémoire 27 personnes ont été testées afin de constituer le groupe TSA. La répartition était la suivante : 18 sujets entre 6 et 15 ans inclus et 9 sujets de 16 ans et plus.

Groupe des enfants (6-15 ans) :

| | Nombre | Age moyen (ans) | Niveau |
|----------------|--------|-----------------|-----------------------|
| Garçons | 15 | 10,5 | CP - 4 ^{ème} |
| Filles | 3 | 7,3 | CP - CE1 |

Groupe des adultes (16 ans et plus) :

| | Nombre | Age moyen (ans) | Niveau |
|---------------|--------|-----------------|-------------------|
| Hommes | 7 | 29,6 | CAP - Bac + 5 |
| Femmes | 2 | 35,5 | Bac + 1 – Bac + 4 |

Dans cette population, le diagnostic d'autisme avait été posé par les équipes spécialisées des hôpitaux Robert Debré (Paris), Sainte-Anne (Paris) et Albert Chenevier (Créteil).

II] Conditions générales de passation

A. Environnement et conditions

Afin d'inclure un maximum de participants à notre étude, nous avons réalisé les passations selon les préférences de ceux-ci : à leur domicile ou à la fondation Rothschild. Les passations ont eu lieu dans des environnements contrôlés, calmes, avec un minimum de distracteurs visuels ou humains. La pièce était suffisamment lumineuse, en évitant tout éblouissement ou contre-jour notamment lors de la tâche informatisée. L'ordinateur était placé à environ un mètre du participant, et branché au secteur afin de garantir la même luminosité pour tous.

Le même ordre de passations des tâches (présenté dans la description des épreuves ci-après) a été respecté pour chaque participant, sauf lorsque certaines épreuves avaient été réalisées lors d'un bilan préalable.

B. Durée

Les épreuves du bilan neurovisuel duraient environ 45 minutes et l'épreuve informatisée, une dizaine de minutes. Ainsi, l'ensemble du temps de passation atteignait aux alentours d'une heure. Selon les besoins des participants, des pauses étaient réalisées, pouvant rallonger le temps global de passation.

III] Description des épreuves

A. Choix des épreuves

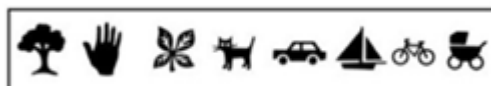
Les tests neurovisuels réalisés proviennent en partie de la batterie d'évaluation EVA (Chokron, et al. 2010)(18). Nous avons également fait passer aux sujets de plus de 16 ans le Minimal Mental State (Folstein, 1975) afin d'évaluer rapidement les fonctions cognitives et les capacités mnésiques.

Afin d'établir une ligne de base, le Quotient Autistique, mis au point par Simon Baron-Cohen, a été proposé à tous les sujets.

B. Prétests : acuité visuelle et sensibilité au contraste

Afin d'éliminer les troubles visuels périphériques, les tests d'acuité visuelle de près de Rossano Weiss et de sensibilité au contraste ont été réalisés. La réussite à ces tests assurait aux sujets de pouvoir répondre à la tâche informatisée.

Figure 8 : Exemple des caractères utilisés pour le test de Rossano Weiss



C. Epreuves du bilan neurovisuel

1. Fixation visuelle (EVA)

Le but de cette épreuve est de s'assurer que le sujet est capable de contrôler son regard en le maintenant pour un temps prolongé au même endroit (statique oculaire). Il était tout simplement demandé au patient de fixer le regard de l'examineur durant 10 secondes. Pour les participants TSA, pour qui le contact oculaire pouvait être troublant, nous faisons fixer un objet durant la même durée. Cette épreuve était notée sur 1 point.

2. Champ visuel (EVA)

Nous avons procédé à une évaluation simple du champ visuel des participants pour en vérifier l'étendue et l'intégrité. Pour cela, le sujet devait fermer les yeux. Durant ce temps, l'expérimentateur plaçait un objet de couleur vive dans son champ visuel, en levant les deux bras pour ne pas indiquer l'essai. Puis le sujet pouvait ouvrir les yeux. Tout en fixant directement en face de lui, sans regarder l'objet, le sujet devait alors le localiser. Douze essais étaient réalisés en haut, au centre, en bas, et ce à gauche et à droite, deux fois sur chaque position, donnant un score sur 12 points.

3. Extinction visuelle (EVA)

En suivant le même procédé que pour le champ visuel, il était demandé au sujet, à l'ouverture de ses yeux, de fixer le visage de l'examineur et de dire s'il y avait un seul ou deux objets placés dans son champ visuel. Cette épreuve permet d'évaluer la capacité à détecter deux stimuli visuels dans les deux hémichamps du sujet. Ce test était noté sur 1 point qui était attribué si le sujet détectait les deux cibles lorsqu'elles étaient présentées simultanément. Une extinction visuelle peut traduire une hémiparésie.

4. Poursuite visuelle (EVA)

Dans cette épreuve testant la motricité binoculaire, le sujet devait suivre des yeux, sans bouger la tête, un objet que l'expérimentateur déplaçait dans son champ visuel à environ 30 cm devant lui en formant le signe infini. Plusieurs critères étaient évalués, donnant un score sur 3 points :

- Absence de perte de la cible
- Absence de mouvements céphaliques associés aux mouvements oculaires
- Fluidité des saccades

5. Epreuve de mémoire visuelle de formes (EVA)

Il était demandé au patient de regarder un modèle durant 5 secondes, et de le désigner sur la page suivante parmi 5 distracteurs. Sur cette tâche, 2 planches exemple étaient proposées pour familiariser le sujet avant les 4 planches test. Les distracteurs proposés étaient des formes proches visuellement et l'un d'entre eux représentait la forme cible dans une orientation différente. Cette tâche, évaluant la mémoire visuelle mais aussi la capacité d'analyse visuelle et d'exploration de l'espace, était notée sur un total de 4 points, un point étant attribué pour chaque essai réussi (cf Annexe H, figure 9).

6. Epreuves de barrage (cf Annexe I, figure 10)

Ces épreuves mettent en jeu l'attention sélective et les capacités d'exploration de l'espace. Nous avons ainsi évalué les capacités de détection d'une cible parmi des distracteurs visuels. Les sujets devaient repérer et barrer les cibles le plus rapidement possible, sans en oublier. Différents matériels étaient utilisés selon l'âge du sujet. Les mêmes critères de notation étaient cependant utilisés, à savoir :

- le nombre de cibles identifiées
- le temps nécessaire
- le nombre et emplacement des omissions
- les fausses alertes

a. Barrage de « A » de Corkrum (EVA)

Planche A4, format portrait, contenant 15 cibles parmi 60 éléments répartis en 10 lignes. Le score maximal est donc de 15. Cette épreuve a été proposée à tous les sujets de l'étude.

b. Barrage de nounours de A. Laurent-Vannier (EVA)

Planche A4, format paysage, contenant 15 cibles parmi 75 éléments. Les éléments distracteurs font tous partie du domaine de l'enfance. Afin de localiser les omissions, les nounours sont répartis en 5 colonnes : 6 nounours sont à gauche, 6 nounours sont à droite et 3 sont au centre. Cette épreuve est notée sur 15. Elle a été utilisée pour les sujets de moins de 6 ans 8 mois.

c. Barrage de cloches (Gauthier et al., 1989)

Planche A4, format paysage, contenant 35 cibles parmi 317 éléments. Seules les cibles identifiées lors des 3 premières minutes sont comptabilisées. Afin de localiser les omissions, les cloches sont réparties en 7 colonnes : 15 cloches sont à gauche, 15 cloches sont à droite et 5 sont au centre. Cette épreuve est notée sur 35. Elle a été utilisée pour les sujets à partir de 6 ans 8.

7. Epreuve des figures enchevêtrées

Nous avons proposé l'épreuve des figures enchevêtrées de la batterie EVA, pour tester l'analyse visuelle, et détecter d'éventuels signes de simultagnosie. Jusqu'à 6 ans 5 mois, après une planche d'exemple avec deux figures, l'enfant devait dénommer toutes les figures qu'il identifiait dans 7 planches successives, de difficulté croissante, allant de 2 figures à 6 figures. Pour les sujets plus âgés, la planche des 15 objets de Pillon (Pillon, 1989) a été proposée (cf Annexe J, figure 11). Un point était attribué par figure identifiée verbalement ou en en suivant le contour, donnant un score sur 23 pour les figures enchevêtrées enfants et un score sur 15 pour les objets de Pillon.

8. Appariement visuel de formes (EVA)

Cette épreuve permet d'évaluer l'attention sélective et l'analyse visuelle. Elle se compose d'une planche d'exemple suivie de 8 planches test, comportant chacune un item cible dans un cadre, que le sujet devait appairier à la même image associée à 5 distracteurs visuels, sur la même page. Cette épreuve était notée sur 8, avec un point attribué pour chaque forme correctement identifiée (cf Annexe K, figure 12).

D. Epreuves annexes au bilan neurovisuel

1. Figure de Rey (Rey, 1959) (Annexe L, figure 13)

Cette épreuve comporte plusieurs étapes. Durant la première phase, le sujet devait copier la figure proposée, le plus rapidement possible sans oublier d'élément. Cette étape permet d'évaluer les capacités visuo-constructives ainsi que l'analyse visuelle. Durant l'exercice de copie, l'expérimentateur changeait régulièrement la couleur du stylo utilisé par le sujet afin de noter la stratégie utilisée. Pendant la deuxième étape, le sujet devait restituer la figure de mémoire, sans avoir été prévenu et après un délai de trois minutes durant lesquelles aucune tâche visuelle n'est proposée pour ne pas interférer.

Pour les sujets de moins de 7 ans 5 mois, une figure simplifiée était proposée, appelée figure de type B. La figure complexe de Rey, ou de type A, était proposée aux sujets plus âgés.

Les critères d'évaluation étaient les suivants :

- la stratégie utilisée, pour la copie seulement
- les éléments présents sur le dessin : sur 36 points
- le temps nécessaire à la réalisation de la tâche

2. Quotient autistique

L'adaptation française du Quotient Autistique, mis au point par S. Baron-Cohen en 2006, a été proposée à l'ensemble des sujets de notre étude. Ce questionnaire de 50 questions a été rempli par les parents pour la population enfants et par le sujet lui-même pour les adultes. Il permet d'obtenir un score global de « comportement autistique », ainsi que des sous-scores : habiletés sociales, attention partagée, communication, imagination, attention aux détails. Différentes cotations sont proposées selon les âges. Pour chacune, un score dépassant le seuil de 26 correspond à un risque élevé de trouble du spectre autistique.

Ce test a été utilisé dans cette étude comme un simple indicateur, car il n'a aucune valeur diagnostique (cf Annexe M, figure 14).

3. Minimal Mental State (Folstein, 1975)

Ce test, extrait du GRECO, permet d'évaluer simplement et rapidement l'orientation spatio-temporelle, les capacités mnésiques et cognitives des patients. Le score maximal de ce test est de 30 et un score inférieur à 24 est considéré comme anormal et montrant un risque de démence. Ainsi, les sujets ayant un score égal ou inférieur à 24 ont été écartés de l'étude (cf Annexe N, figure 15).

E. Tâche expérimentale informatisée

1. Matériel

La tâche informatisée est réalisée sous le logiciel Eprime, installé sur un ordinateur portable de marque Dell. Elle est dérivée de l'étude de Mermillod et al., à l'Université de Grenoble, portant sur les conséquences du syndrome Gilles de la Tourette sur le traitement des émotions (Mermillod et al. 2013)(85).

2. Stimuli

La tâche expérimentale est une tâche de catégorisation d'émotions au travers d'expressions faciales. Il existe deux blocs que nous avons toujours fait passer dans cet ordre :

- peur vs neutre
- joie vs colère

Les stimuli proposés sont des visages d'hommes ou de femmes. Il s'agit des mêmes 4 hommes et 4 femmes pour chacune des 4 expressions faciales. Chaque stimulus apparaît non filtré, filtré passe-haut (HFS > 24 cycles/image : vision du détail) et filtré passe-bas (BFS < 6 cycles/image : flou). Ainsi, 48 visages sont proposés par bloc : 8 visages différents exprimant une émotion sous 3 filtres différents (24 stimuli) et les 8 mêmes visages exprimant l'émotion en opposition, sous 3 filtres différents (cf Annexe O, figure 16).

3. Procédure

Après l'apparition d'une croix de fixation au centre de l'écran pendant 500 ms, un visage apparaît durant 200 ms. Chaque stimulus est suivi d'un masque pendant 20 ms pour éviter le phénomène de persistance rétinienne. Le sujet doit alors appuyer sur la touche correspondant à l'émotion représentée. Pour faciliter la compréhension et la mémorisation de la consigne, celle-ci réapparaît après chaque présentation de stimulus et les touches de réponse sont recouvertes d'une gommette de couleur. Le passage au stimulus suivant est assuré par le sujet en appuyant sur la touche espace.

IV] Présentation et analyse des résultats

Différentes variables ont été choisies pour comparer les résultats entre les groupes étudiés :

- Les résultats au bilan neurovisuel et tâches annexes
- Le pourcentage de bonnes réponses à la tâche informatisée (%RC)
- Le temps de réaction à la tâche informatisée (TR)
- Les corrélations entre les scores globaux au bilan neurovisuel et les résultats à la tâche informatisée
- Les corrélations entre le QA et les résultats à la tâche informatisée
- Les corrélations entre le QA et les scores globaux au bilan neurovisuel

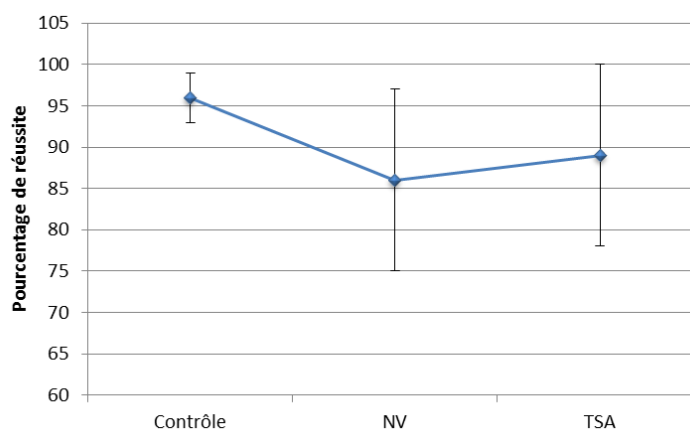
A. Analyse statistique des épreuves du bilan neurovisuel

Pour les épreuves composant le bilan neurovisuel, le test non paramétrique de Kruskal-Wallis a été utilisé. Les résultats ont subi des comparaisons multiples par paires suivant la procédure de Steel-Dwass-Critchlow-Fligner (Test bilatéral).

1. Score global au bilan neurovisuel

Un score en pourcentage de réussite au bilan a été calculé englobant les résultats aux épreuves de la batterie EVA. L'analyse montre que seuls les résultats des sujets contrôles ($\bar{m} = 96\%$; $\sigma = 3\%$) sont significativement différents ($p < .001$) de ceux des sujets NV et TSA (respectivement $\bar{m} = 86\%$; $\sigma = 11\%$ et $\bar{m} = 89\%$; $\sigma = 11\%$). Cet effet va dans le sens de meilleures performances des contrôles.

Figure 17 : Effet de la population sur le score global au bilan neurovisuel



2. Tâches campimétriques et de poursuite

Comme attendu, il existe un effet significatif ($p < .05$) du groupe sur les scores obtenus à l'évaluation du champ visuel, qui va dans le sens de scores plus faibles pour les adultes NV par rapport aux adultes TSA et contrôles. On note également une différence significative ($p < .05$) entre les enfants TSA et les enfants contrôles avec un score plus faible pour les enfants TSA, ce qui est intéressant à relever (cf Annexe P, tableau 1, figure 18).

On note également un effet significatif ($p < .05$) de la population sur le score à l'épreuve d'extinction entre les adultes NV et les adultes contrôles de même qu'à l'épreuve de poursuite visuelle. Les enfants TSA et NV ont aussi des scores significativement différents ($p < .05$) pour la poursuite visuelle par rapport aux enfants contrôles. Tous ces résultats vont dans le sens d'une supériorité des sujets contrôles (cf Annexe Q, tableau 2).

3. Tâches de mémoire visuelle et d'appariement visuel

Concernant l'épreuve de mémoire visuelle, une différence significative ($p < .05$) est identifiée entre adultes NV et adultes contrôles, allant dans le sens d'une meilleure performance des contrôles. La même différence ($p < .05$) est retrouvée pour l'épreuve d'appariement, allant dans le sens d'une meilleure performance des contrôles (cf Annexe R, tableau 3, figure 19).

4. Tâches de barrage

Concernant l'épreuve de barrage des A, les scores bruts ne montrent aucune différence significative entre les groupes. Du nombre d'omissions à droite ressort un effet significatif de la population, mais ce résultat se retrouve seulement entre les enfants TSA et les adultes contrôles, allant dans le sens de meilleures performances des adultes contrôles. Le nombre de fausses alarmes et le nombre d'omissions à gauche ne montrent pas d'effet significatif de la population.

Des différences significatives ($p < .05$) ressortent cependant sur les temps de réalisation pour les enfants NV et TSA par rapport aux enfants contrôles, allant dans le sens d'une plus grande rapidité des enfants contrôles. Des différences ($p < .001$) sont aussi retrouvées entre les adultes NV et les adultes contrôles, ces derniers étant plus rapides. Les résultats des adultes TSA et des adultes NV sont également significativement différents ($p < .01$), allant dans le sens d'une plus grande rapidité des TSA.

Un effet de l'âge est mis en évidence par des temps significativement différents ($p < .05$) entre les enfants et les adultes contrôles ainsi qu'entre les enfants et les adultes TSA. Ces résultats vont dans le sens d'une plus grande rapidité des adultes (cf Annexe S, tableau 4, figure 20).

Concernant l'épreuve de barrage des cloches, ni les scores bruts, ni les fausses alarmes, ni le nombre d'omissions ne montrent de différence entre les groupes testés. En revanche, les temps de réalisation des enfants NV et TSA diffèrent de celui des enfants contrôles ($p < .05$), de même pour les temps des adultes NV et TSA par rapport à ceux des adultes contrôles ($p < .05$). L'effet montre une plus grande rapidité des sujets contrôles. Nous notons également un effet de l'âge puisque le temps des enfants contrôles diffère ($p < .05$) de celui des adultes contrôles, qui sont plus rapides (cf Annexe S, tableau 5, figure 20).

5. Tâches des figures enchevêtrées

L'épreuve des figures enchevêtrées ne montre pas de différence significative entre les groupes d'enfants. L'épreuve des 15 objets de Pillon montre une différence significative ($p < .001$) entre les populations adultes contrôles et adultes NV, dans le sens d'une supériorité des contrôles (cf Annexe T, tableau 6, figure 21).

B. Epreuves annexes au bilan neurovisuel

1. Analyse statistique des résultats à la figure Rey

a. Type de copie (cf Annexe U, figure 22)

L'analyse des types de copie des sujets, réalisée avec le test de Fisher met en avant les résultats suivants (cf Annexe V, figure 23) :

Concernant les enfants :

- les copies de type 5 et 6 sont significativement moins utilisées ($p < .05$) par les enfants contrôles puisqu'aucun enfant n'y a eu recours.
- les enfants NV utilisent significativement moins les types 1, 2 et 3 ($p < .05$), en effet aucun enfant n'a utilisé ces types de copie. En revanche, ils réalisent particulièrement plus de copies de type 5 (42,9% d'entre eux). Ce sont également les seuls à utiliser le type 6.
- les enfants TSA utilisent significativement moins le type 6 ($p < .05$), et significativement plus le type 5 ($p < .05$), puisqu'ils représentent 50% des sujets qui ont réalisé ce type de copie.

Concernant les adultes :

- les adultes contrôles utilisent significativement moins les types 4, 5 et 6 et significativement plus le type 1 ($p < .05$) puisque 40,8% de cette population emploie cette dernière stratégie.
- les adultes NV utilisent significativement moins le type 6, mais qualitativement plus le type 4 (34% de cette population) ($p < .05$).
- les adultes TSA utilisent significativement moins les types 3, 5 et 6 ($p < .05$), ne les mettant jamais en place.

b. Tâche de copie

Concernant les scores bruts, le test de Kruskal-Wallis met en avant les résultats suivants (cf Annexe V, tableau 7, figure 24) :

- un effet significatif de l'âge ($p < .05$) chez les sujets contrôles et les sujets TSA : en effet, les enfants contrôles possèdent des scores significativement plus faibles que ceux des adultes contrôles, de même entre les enfants TSA et les adultes TSA.
- un effet significatif de la population ($p < .05$) pour les enfants : les enfants contrôles présentent des scores significativement plus élevés que les enfants NV et les enfants TSA.
- un effet significatif de la population ($p < .05$) pour les adultes : les adultes contrôles et les adultes NV ont des scores différents à cette tâche, allant dans le sens d'une supériorité des contrôles.
- un score significativement différent ($p < .05$) entre les enfants contrôles et les adultes NV. Les enfants contrôles se montrent ainsi plus performants que les adultes avec une atteinte neuro-visuelle.

Concernant le temps de réalisation de la tâche, on peut noter (cf Annexe V, tableau 7, figure 25) :

- un effet significatif de l'âge ($p < .05$) chez les sujets contrôles : les enfants contrôles ont des temps significativement différents des adultes contrôles, qui sont plus rapides.
- un effet significatif de la population ($p < .05$) pour les enfants : les enfants NV ont des scores significativement différents des enfants TSA, plus rapides.
- un effet significatif de la population ($p < .05$) pour les adultes : les adultes contrôles et les adultes NV ont des temps de réalisation qui diffèrent significativement, allant dans le sens d'une plus grande rapidité des contrôles.

c. Tâche de rappel

Concernant les scores bruts, le test de Kruskal-Wallis met en avant les résultats suivants (cf Annexe V, tableau 8, figure 24) :

- un effet significatif de la population ($p < .05$) pour les enfants : les enfants contrôles, plus performants, obtiennent des scores significativement différents des enfants NV à cette épreuve.
- un effet significatif de la population ($p < .05$) pour les adultes : les adultes contrôles et les adultes NV ont des scores significativement différents à cette épreuve ainsi que les adultes NV et les adultes TSA. Les adultes NV sont ainsi moins performants que les contrôles et que les TSA.
- comme pour la copie, on note un score significativement différent ($p < .05$) entre les adultes NV et les enfants contrôles, meilleurs.

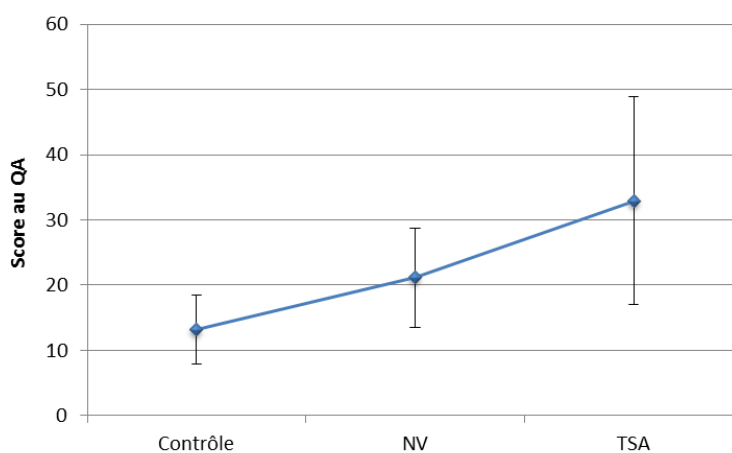
Concernant le temps de réalisation de la tâche (cf Annexe V, tableau 8, figure 25), on peut noter un effet significatif de la population ($p < .05$) pour les enfants : les enfants TSA, plus rapides, ont des scores significativement différents des enfants NV à cette épreuve.

2. Analyse statistique du quotient autistique

Le test de Kruskal-Wallis appliqué aux résultats obtenus au quotient autistique (cf Annexe W, tableau 9, figure 25) montre un effet significatif de la population : les sujets NV et TSA (respectivement $\bar{m} = 21,2$; $\sigma = 7,6$ et $\bar{m} = 32,9$; $\sigma = 15,9$) ont des scores significativement supérieurs ($p < .01$) à celui des contrôles ($\bar{m} = 13,2$; $\sigma = 5,3$).

En revanche, on ne note pas de différence significative ($p = 0.9$) dans les scores obtenus entre les sujets TSA et les sujets NV.

Figure 26 : Effet de la population sur le QA



3. Analyse statistique du Minimal Mental State

Les tests de Kruskal-Wallis montrent une différence significative ($p < .01$) à cette épreuve entre adultes contrôles et adultes NV (respectivement $\bar{m} = 29,39$; $\sigma = 0,86$ et $\bar{m} = 26,45$; $\sigma = 2,96$), allant dans le sens de meilleurs scores pour les adultes contrôles.

Cette différence ne pose pas de problème concernant l'inclusion des sujets puisque selon l'ANAES, le seuil critique à cette épreuve, tous âges et niveaux socio-culturels confondus, est de 24.

En somme, les résultats globaux au bilan neurovisuel des populations NV et TSA ne diffèrent pas significativement entre eux mais diffèrent de ceux des contrôles, plus performants.

Plus précisément, les enfants TSA obtiennent des scores inférieurs à ceux des enfants contrôles aux épreuves de champ visuel et de poursuite visuelle. Ils sont également plus lents que les contrôles pour les tâches de barrage. Pour la copie de la FCR, ils sont moins performants que les enfants contrôles et utilisent davantage le type 5 (détails sur fond confus).

Les adultes TSA comparativement aux adultes contrôles, se montrent moins rapides à l'épreuve de barrage de cloches. En revanche, ils ont de meilleurs résultats que les adultes NV au rappel de la FCR et sont plus rapides qu'eux pour le barrage des A.

Les sujets NV, enfants comme adultes, obtiennent des résultats inférieurs à ceux des contrôles à l'épreuve de poursuite visuelle, ils se montrent également plus lents aux épreuves de barrage.

Pour la FCR, les enfants NV sont moins performants que les enfants contrôles à la copie et au rappel, et sont plus lents que les enfants TSA à la copie. Ils utilisent plus le type 5.

Les adultes NV ont des scores inférieurs à ceux des adultes contrôles pour les épreuves de champ visuel, d'extinction, de mémoire et d'appariement visuels et de figures enchevêtrées. Pour la FCR, ils sont moins performants que les adultes et les enfants contrôles pour la copie et le rappel. Ils sont aussi plus lents que les adultes contrôles à la copie pour laquelle ils utilisent particulièrement le type 4 (juxtaposition de détails).

On note un effet de l'âge entre les enfants et les adultes TSA pour le temps de barrage des A et pour le score de la copie de la FCR.

Comme attendu, les sujets TSA sont ceux qui obtiennent les scores les plus élevés au QA. Le QA des sujets NV se différencie également de celui des contrôles mais pas de celui des TSA. Ces deux populations peuvent ainsi être rapprochées en termes de comportement autistique.

C. Précision des réponses à la tâche de catégorisation

Pour les analyses statistiques de la précision des réponses et des TR, seules les réponses correctes ont servi au calcul des TR. Les TR inférieurs à 140 ms ont été considérés comme des réponses anticipées et les TR supérieurs à 1500 ms comme des omissions. Les essais correspondants n'ont donc pas été pris en compte.

Lors des tests, les facteurs suivants ont été pris en compte : population (contrôle/NV/TSA), groupe d'âge (enfant/adulte), sexe, type d'émotion (neutre/peur/colère/joie) et enfin type de fréquence spatiale (BFS/non filtré/HFS).

L'analyse des pourcentages de réponses correctes (%RC) montre :

- un effet de la population : selon le test de Kruskal-Wallis, le groupe contrôle présente une différence significative de %RC par rapport aux groupes NV et TSA ($p < .001$). Cet effet se retrouve pour chaque fréquence testée et va dans le sens de meilleures performances des contrôles (cf Annexe W, tableau 9, figure 27).
- un effet de l'âge : le test non paramétrique de Mann-Whitney montre que les performances des adultes et des enfants, toutes populations confondues, sont significativement différentes ($p < .001$), allant dans le sens d'une supériorité des adultes (cf Annexe W, tableau 9, figure 28).

Le test non paramétrique de Friedman et les comparaisons multiples par paires suivant la procédure de Nemenyi montrent :

- un effet des fréquences spatiales : les BFS entraînent des %RC significativement différents des NF et HFS pour les trois populations ($p < .01$). Cet effet va dans le sens de moins bonnes performances sur les BFS (cf Annexe W, tableau 9, figure 29) (cf Annexe X, tableau 10, figure 30).

- une interaction significative entre le type d'émotion et la population : il existe une différence significative de performance entre la joie et les visages neutres pour les NV et les contrôles ($p < .001$). Cet effet va dans le sens de meilleurs résultats pour la joie. Il ne se retrouve pas chez les TSA mais cela ne signifie pas que toutes les émotions soient réellement traitées aussi efficacement (cf Annexe Y, tableau 11, figure 31).
- pas d'effet de sexe du sujet : les comportements des hommes et des femmes ne diffèrent pas significativement lors du protocole.

D. Temps de réaction à la tâche de catégorisation

Pour réaliser l'analyse statistique, les résultats de TR ont tout d'abord été passés en $\log(\text{TR})$ afin de répondre à une distribution normale (validée par le test de Kolmogorov-Smirnov) et obtenir une homogénéité des variances (validée par le test de Levene), puis traités en ANOVA à mesures répétées.

L'analyse de la variance pratiquée sur les TR montre :

- un effet de la population : $F(2,100) = 5,93$, $p < .05$. Le groupe contrôle présente une différence significative des TR par rapport aux groupes NV et TSA pour toutes les émotions. Cet effet va dans le sens d'une plus grande rapidité des contrôles (cf Annexe Z, tableau 12, figure 32).
- un effet de l'âge : $F(1,100) = 6,27$, $p < .05$. Les TR observés pour les enfants ($\bar{m} = 819$ ms ; $\sigma = 175$) sont donc significativement différents de ceux des adultes ($\bar{m} = 691$ ms ; $\sigma = 199$), les adultes étant plus rapides. Cet effet est observé au sein de toutes les populations de l'étude (cf Annexe AA, figure 33).
- un effet significatif de la fréquence spatiale sur la population : $F(4,200) = 3,16$, $p < .05$. Les contrôles perçoivent significativement plus rapidement les émotions que le groupe NV et le groupe TSA, quelle que soit la fréquence spatiale (cf Annexe AB, tableau 13, figure 34).

Pour chaque groupe, nous retrouvons la même échelle de difficulté : non filtré < HFS < BFS. Ces différences sont significatives entre les trois types de fréquences pour le groupe contrôle. Elles sont significatives pour BFS/non filtrées et BFS/HFS pour les NV et pour BFS/non filtrées et HFS/non filtrées pour les TSA. Ainsi, il n'y

a pas de différence significative entre HFS et non filtrées pour les sujets neurovisuels, et pas de différence entre BFS et HFS pour les sujets TSA.

- une interaction significative entre le type d'émotion et la population : $F(6,300) = 2,16, p < .05$. Le groupe contrôle, le plus rapide, présente des TR significativement différents par rapport aux groupes NV et TSA, pour toutes les émotions. Les populations NV et TSA, ne diffèrent pas entre elles (cf Annexe AC, tableau 14, figure 35).

Chaque groupe montre une échelle de difficulté différente pour les émotions :

- pour les contrôles : joie < peur < colère < neutre, avec des différences significatives entre neutre et chacune des autres émotions, ainsi qu'entre joie et colère.
- pour la population NV colère < joie < peur < neutre, avec des différences significatives seulement entre neutre et chacune des trois émotions.
- pour la population TSA joie < colère < peur < neutre, avec des différences significatives entre neutre et chacune des émotions, de même qu'entre la peur et chacune des autres émotions.

On peut donc noter que l'expression faciale neutre entraîne des TR significativement plus longs que pour les autres émotions, pour chacun des groupes.

- pas d'effet de sexe du sujet : les comportements des hommes et des femmes ne diffèrent pas significativement lors du protocole.

E. Analyse des corrélations

1. Corrélations entre les scores globaux au bilan neurovisuel et les résultats à la tâche informatisée

L'analyse, effectuée grâce au Tau de Kendall (τ) met en évidence une corrélation modérée ($\tau > .5$) pour la population autiste concernant :

- le pourcentage de réussite au bilan et le pourcentage de réponses correctes ($\tau = 0,52$, $p < .05$). Cette corrélation positive montre que les sujets ayant les meilleurs résultats au bilan neurovisuel ont aussi les meilleures performances à la tâche de catégorisation des émotions.
- le pourcentage de réussite au bilan et le temps de réaction ($\tau = - 0,52$, $p < .05$). Cette corrélation négative montre que les sujets ayant les meilleurs résultats au bilan neurovisuel sont aussi les plus rapides à la tâche de catégorisation des émotions.

Aucune corrélation ne ressort pour les deux autres populations, ni toutes populations confondues.

Figure 36 : corrélation entre les scores globaux au bilan neurovisuel et le %RC

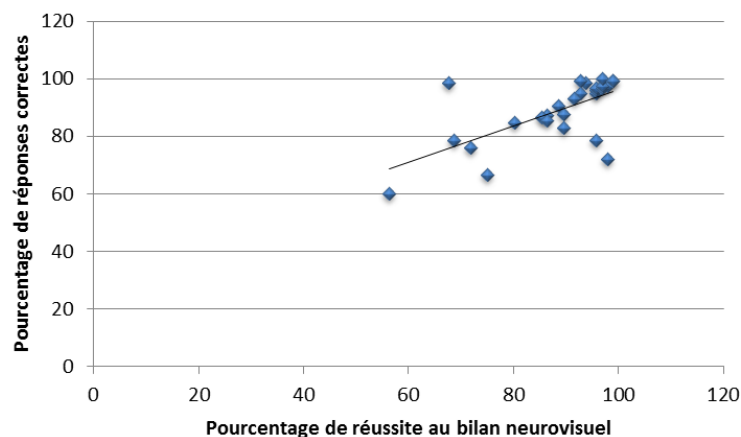
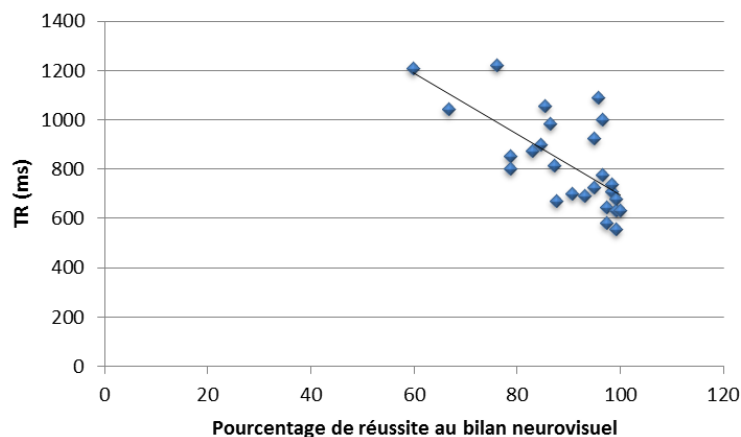


Figure 37 : corrélation entre les scores globaux au bilan neurovisuel et le TR



2. Corrélation entre le QA et les résultats à la tâche informatisée

L'analyse réalisée grâce au Tau de Kendall (τ) ne montre aucun résultat significatif pour cette corrélation.

3. Corrélation entre le QA et les score globaux au bilan neurovisuel

L'analyse réalisée grâce au Tau de Kendall (τ) ne montre aucun résultat significatif pour cette corrélation.

Ce qui ressort des résultats à la tâche informatisée : les sujets TSA et NV sont plus lents et moins performants que les contrôles, quelle que soit l'émotion ou la fréquence. Les stimuli en BFS sont les plus lentement et les moins bien traités pour chacune des trois populations. Sans être significative, nous notons une tendance allant dans le sens de meilleures performances et d'une plus grande rapidité pour les stimuli non filtrés, et ce pour les trois populations.

Les stimuli non filtrés sont aussi bien traités que ceux en HFS par l'ensemble des populations. Cette similitude se retrouve pour les TR, seulement pour les sujets NV. En revanche, les TSA traitent aussi rapidement les stimuli en BFS et HFS.

Les visages neutres sont ceux les plus lentement catégorisés par tous les groupes. De plus, pour les TSA, la peur est plus lentement traitée que la joie et la colère. En revanche, les TR pour la peur ne diffèrent ni de ceux de la joie ni de ceux de la colère pour les contrôles et les NV. Au niveau des performances, les visages neutres sont significativement moins bien reconnus que ceux exprimant la joie, excepté pour les autistes chez lesquels aucun effet ne ressort.

On note également un effet de l'âge global sur les temps et les performances pour la catégorisation des émotions.

Les résultats à la tâche de catégorisation des émotions sont corrélés, en performance et en temps, aux scores globaux au bilan neurovisuel pour les sujets TSA. En revanche, le QA n'est corrélé ni aux résultats à la tâche informatisée, ni aux score au bilan neurovisuel.

V] Discussion

Notre objectif était de mettre en évidence des particularités neurovisuelles au sein de la population TSA, pour voir en quoi celles-ci pourraient participer à leurs difficultés et atypies communicatives. Pour cela nous avons évalué des sujets contrôles, NV et TSA sur des épreuves neurovisuelles, sur le Quotient Autistique et enfin sur une tâche informatisée de catégorisation des émotions.

Des « anomalies subtiles de la fonction oculomotrice » ont été décrites dans l'autisme (Chokron et al. 2014)(22). Concernant les épreuves de bilan neurovisuel, nos observations démontrent que les sujets autistes présentent en effet une instabilité de la fixation, sans parler néanmoins de nystagmus et sans que cela ne ressorte de façon significative.

Les enfants TSA obtiennent aussi des scores significativement moins bons que les enfants contrôles pour les épreuves de poursuite et de champ visuel. Nous avons observé qu'il était souvent difficile, voire anxiogène pour les sujets TSA d'inhiber les mouvements de tête vers la cible. Ainsi, plus qu'une unique amputation du champ visuel, ces résultats traduiraient un défaut de contrôle visuel que l'on peut mettre en lien avec le déficit de fonctionnement exécutif aussi décrit dans l'autisme (Moreau & Champagne-Lavau, 2014)(87). Cela expliquerait également que l'on ne retrouve pas ces difficultés chez les adultes TSA de l'étude, pour lesquels le lobe frontal et donc les fonctions exécutives sont plus matures.

Il nous est impossible de différencier ce qui relève de troubles visuels purs, au sens du contrôle du regard ou d'une amputation du champ visuel, de ce qui relève de l'évitement du regard, du stress induit par la situation test ou de la compréhension de la consigne et de l'intérêt porté à ces épreuves. Cependant, quelle qu'en soit l'origine, les résultats à ces épreuves rapprochent les enfants autistes de la population NV.

De plus, les adultes NV ont été moins performants que les contrôles dans les tâches de mémoire et d'appariement visuels de la batterie EVA ainsi qu'à l'épreuve des figures enchevêtrées, ce que l'on ne retrouve pas chez les sujets TSA de l'étude. Cela traduit des atypicités visuelles chez les adultes NV qui se surajoutent à l'amputation de leur champ visuel. A ces trois épreuves, les adultes TSA, sans que ce soit significatif, obtiennent les meilleurs scores. Cette observation va dans le sens d'îlots de compétences dans le domaine visuo-spatial (Happé & Frith 1996)(56) et donc d'une hétérogénéité des aptitudes des sujets TSA au sein même des épreuves visuelles.

Une lenteur de réaction aux stimuli (Haist, cité dans (Gillet 2013)(49)) et une altération de la distribution de l'attention visuelle ont été décrites chez les autistes.

Nos résultats montrent effectivement que les sujets TSA ont besoin de plus de temps que les autres sujets pour la réalisation des épreuves d'exploration visuelle. Cependant cette lenteur n'aurait pas de répercussion significative sur la qualité de l'exploration pour les sujets testés puisque les scores ne diffèrent pas d'un groupe à l'autre. Les sujets TSA se rapprochent ainsi des sujets NV, chez lesquels on note cette même lenteur. Les autistes restent néanmoins plus rapides que les neurovisuels.

Concernant l'épreuve de la Figure de Rey, nous nous attendions à une réalisation par juxtapositions successives chez les sujets TSA, du fait de leur attirance pour le détail (Happé & Frith 2006)(57). Nos résultats montrent en effet que les enfants TSA, comme les enfants NV utilisent davantage le type 5 de copie (détails sur fond confus), alors que les enfants contrôles ne l'utilisent pas. Les adultes NV et TSA utilisent quant à eux le type 4 de copie (juxtaposition de détails), ce qu'aucun adulte contrôle ne fait. Ces stratégies traduisent pour ces quatre groupes un traitement morcelé de l'image (cf Annexe AD, figure 38). A l'inverse, les contrôles mettent en place des stratégies plus appropriées, du global vers le détail, et ce dès l'enfance (Chokron & Marendaz 2010)(21) ; (Mermillod, et al. 2005)(86).

Les résultats à la copie de la figure de Rey montrent que les enfants autistes et NV ont des scores inférieurs aux enfants contrôles. De même, les adultes NV sont moins performants et plus lents que les contrôles alors que les adultes TSA obtiennent les plus hauts scores. Cette inversion peut s'expliquer par le fait que l'autisme constitue un trouble développemental, les enfants TSA grandissent donc avec leurs particularités visuelles et développent des compensations efficaces jusqu'à l'âge adulte. Ceci est confirmé par l'effet de l'âge révélé par les statistiques pour la population TSA. En revanche, les troubles neurovisuels des sujets adultes NV sont acquis et ils ne se sont pas encore ajustés à leur nouveau mode de traitement visuel. D'autant plus que leur fonctionnement visuel était tout à fait normal jusqu'alors.

De plus, les enfants NV se montrent plus lents que les enfants TSA à la copie, pour des scores comparables. Pour cette épreuve, nous pensons, empiriquement, que cela pourrait être lié à un biais de désirabilité sociale que ressentent moins les enfants TSA, ne les poussant pas à passer davantage de temps sur l'épreuve pour une meilleure réussite.

Concernant l'épreuve de rappel, les scores des adultes TSA sont significativement meilleurs que ceux des adultes NV, eux-mêmes moins bons que les contrôles. Cela corrobore les observations de la copie.

L'épreuve de la figure de Rey a ainsi permis d'objectiver plus nettement les particularités et les difficultés en ce qui concerne les capacités visuo-constructives, la mémoire et l'analyse visuelles des sujets TSA et NV.

Ainsi, nous pouvons rapprocher le bilan neurovisuel des sujets autistes de celui des sujets neurovisuels en plusieurs points, ce qui corrobore l'effet de groupe observé sur le score global au bilan (TSA : $\bar{m} = 89\%$; $\sigma = 11$; NV : $\bar{m} = 86\%$; $\sigma = 11$; contrôles : $\bar{m} = 96\%$; $\sigma = 3$). Cela valide notre première hypothèse d'atypicités au bilan neurovisuel au sein de ces deux populations.

Intéressons-nous maintenant au traitement visuel des émotions faciales.

Nous avons posé comme hypothèse que les sujets NV et TSA seraient moins efficaces et moins rapides que les sujets contrôles à la tâche de catégorisation des émotions (Hobson 1986)(62) ; (Hobson, et al. 1988a)(63) ; (Hobson, et al. 1988b)(64) ; (Da Fonseca et al. 2009)(40). Nos résultats montrent en effet que les sujets NV et TSA sont globalement moins rapides (respectivement $\bar{m} = 848$ ms ; $\sigma = 201$ et $\bar{m} = 827$ ms ; $\sigma = 186$) et moins performants (respectivement $\bar{m} = 90\%$; $\sigma = 9$ et $\bar{m} = 88\%$; $\sigma = 11$) que les contrôles (respectivement $\bar{m} = 636$ ms ; $\sigma = 149$ et $\bar{m} = 96\%$; $\sigma = 3$) quelle que soit la fréquence ou l'émotion. Notre deuxième hypothèse se trouve donc validée.

D'après la littérature (Farah, et al. 1995)(38), nous avons émis l'hypothèse que les sujets contrôles seraient plus performants et rapides pour traiter les stimuli non filtrés et en BFS par rapport aux HFS, allant dans le sens d'un traitement global. Les résultats à notre tâche informatisée montrent que les sujets contrôles sont plus rapides pour traiter les stimuli non filtrés que ceux en HFS. Cependant, on ne retrouve pas cet effet pour les performances (aucune différence significative entre HFS et NF). Concernant les stimuli NF, l'hypothèse est donc partiellement validée. De plus, les BFS sont les fréquences les moins correctement et les plus lentement analysées par ce groupe. Notre hypothèse sur les stimuli en BFS est donc invalidée.

Ces résultats sont fidèles aux ressentis des sujets lors des passations, qui ont été nombreux à être gênés par l'aspect flou des stimuli. Le filtre passe-bas choisi (<6 cycles/images)

n'était peut-être pas tout à fait adapté, même si ces seuils montraient une différenciation claire des processus émotionnels dans l'étude de Mermillod (Mermillod, 2013)(85). Les meilleurs résultats obtenus pour les stimuli NF peuvent s'expliquer par le fait qu'ils recréent les conditions les plus écologiques.

Nous nous attendions également à ce que les sujets TSA soient plus performants et plus rapides que les contrôles pour traiter les stimuli filtrés en HFS (Da Fonseca & Deruelle 2010)(39) ; (Deruelle, et al. 2004)(33). Cette quatrième hypothèse est invalidée par nos résultats qui montrent la tendance inverse : une supériorité en performances et en temps des contrôles par rapport aux TSA pour les HFS. Ces résultats ne sont peut-être pas à mettre en lien avec les filtres utilisés mais plutôt avec la nature même des images qui sont des stimuli sociaux. Les difficultés éprouvées faces à ces stimuli font partie des caractéristiques décrites dans l'autisme, pouvant s'expliquer par leur intérêt précoce moindre pour les interactions sociales, et donc pour les visages (Tarr & Gauthier 2000)(114). Nous aurions peut-être obtenu les résultats avancés dans cette hypothèse pour des stimuli non sociaux, pour lesquels ils sont plus performants. Alors que les neurotypiques sont plus performants pour des stimuli sociaux (Braverman, al. 1989)(10).

Nous nous attendions également, à ce qu'au sein même de la population TSA, les images filtrées en HFS soient mieux traitées que celles filtrées en BFS (Langdell 1978)(77). Nos résultats ne montrent pas de différence significative entre les deux filtres pour les temps de réaction. Les performances sont quant à elles significativement meilleures pour les HFS par rapport aux BFS, comme attendu. Notre cinquième hypothèse est donc partiellement validée. La non différenciation observée pour les TR peut néanmoins conforter l'idée d'un traitement indifférencié selon les fréquences (Da Fonseca & Deruelle, 2010)(39), que l'on ne retrouve pas dans les résultats des contrôles. Cela va donc dans le sens d'un traitement atypique des visages.

Les NV, eux, traitent aussi vite les stimuli filtrés en HFS que ceux non-filtrés, alors que les images en BFS sont traitées significativement plus lentement. Ainsi leurs résultats diffèrent de ceux des sujets TSA de notre étude mais se rapprochent de ceux que nous attendions pour ces derniers.

Comme énoncé précédemment, les sujets NV et TSA sont globalement plus lents et moins performants que les contrôles à la tâche de catégorisation des émotions. Par ailleurs, les

scores de QA montrent que ces mêmes populations ont des scores plus élevés que les contrôles (NV : $\bar{m} = 21,2$; $\sigma = 7,6$; TSA : $\bar{m} = 32,9$; $\sigma = 15,9$; contrôles : $\bar{m} = 13,2$; $\sigma = 5,3$). Les groupes enfants NV et TSA ne diffèrent pas l'un de l'autre, confortant l'idée que des similarités comportementales existent entre eux (Hobson & Bishop, 2003)(61) ; (Parr et al., 2010)(92) ; (Greenaway et al., 2013)(53).

Or aucune corrélation entre les résultats au QA et ceux obtenus à la tâche informatisée n'a été mise en évidence. Cela invalide donc nos hypothèses 6 et 7 selon lesquelles les sujets NV ayant un QA élevé auraient un comportement de traitement des émotions proche de celui des TSA, et à l'inverse ceux avec un QA faible se rapprocheraient des contrôles.

Par ailleurs, une corrélation existe pour les sujets TSA entre le score global obtenu au bilan neurovisuel et les résultats à la tâche informatisée (en performance et en temps, respectivement $\tau = 0,52$ et $\tau = -0,52$). Ainsi, les autistes aux scores les plus élevés au bilan neurovisuel sont également les plus performants et les plus rapides à la tâche.

Concernant les autistes nous pourrions ainsi avancer l'hypothèse suivante : plus que par leurs difficultés d'interaction sociale ressortant du QA, leur déficit de traitement des émotions faciales serait plutôt expliqué par leurs difficultés de traitement visuel.

L'expertise du traitement des émotions augmente avec l'âge (Wong, et al. 2009)(116) et la maturation cérébrale, notamment du lobe frontal qui gère les fonctions exécutives, se poursuit pendant l'adolescence. Nous nous attendions donc à un effet de l'âge sur les temps de réaction et les performances. Nos résultats montrent en effet que les enfants sont plus lents et moins performants que les adultes pour la catégorisation d'émotions. Cela confirme ainsi notre huitième hypothèse sur le perfectionnement du traitement des émotions avec l'âge.

Au-delà des résultats directement liés à nos hypothèses, nous notons que les stimuli neutres sont ceux qui génèrent les temps de réaction les plus longs pour tous les groupes. Cela illustre bien le fait que le caractère émotionnel d'un stimulus facilite et amplifie son traitement (George, 2011)(44). Ce phénomène est confirmé en termes de performances pour les groupes contrôles et NV, mais non pour les sujets TSA. Cela peut aller dans le sens du « dérèglement émotionnel inné » évoqué par Tardif et al. (Tardif, et al. 2014)(112). De plus, les sujets TSA sont plus lents pour traiter les visages exprimant la peur par rapport à la joie et la colère. Chez les autres groupes, la peur est traitée à la même vitesse que la joie et la colère. Cela peut faire écho à une anomalie amygdalienne (Schultz, 2005)(107) ; (Gil, 2010)(51).

Limites et critiques de l'étude

- Notre tâche informatisée consistait en une catégorisation binaire d'émotions. L'opposition joie/colère était plus contrastée que l'opposition peur/neutre. De plus, pour chacun des deux blocs, l'une des émotions s'exprimait toujours bouche fermée (neutre et colère) et l'autre toujours bouche ouverte (peur et joie). Cela a certainement influencé les réponses, d'autant plus que les sujets TSA portent davantage leur regard sur la zone autour de la bouche (Klin, et al. 2002)(72). Des oppositions deux à deux aléatoires (peur/neutre, peur/colère, peur/joie...) auraient permis l'obtention de résultats plus solides et d'interprétations fiables.

- Il fut difficile de recruter des sujets autistes présentant des troubles similaires, comme l'exigerait un protocole scientifique rigoureux. Cette population se caractérise notamment par son hétérogénéité (niveau intellectuel, capacités attentionnelles, troubles du comportement, troubles associés...).

- De même, il est extrêmement difficile d'éliminer les biais au sein de la population neurovisuelle en n'incluant que des sujets ayant des lésions similaires, survenues dans les mêmes conditions, ayant bénéficié de prises en charge comparables et de même durée. Nos sujets présentaient souvent des troubles associés, notamment une grande fatigabilité, ce qui a influencé les résultats. Ceci était particulièrement visible chez les enfants, dont les troubles étaient difficilement identifiables.

- Cette hétérogénéité intra-groupe s'est retrouvée dans les valeurs élevées des écarts-types de nos résultats, pour nos deux populations tests.

- De plus, les épreuves issues de la batterie EVA utilisée pour l'étude, ont été conçues pour les enfants de 4 à 6 ans et ne sont donc certainement pas assez sensibles. L'utilisation de batteries adaptées à l'âge des sujets aurait peut-être permis de mettre en évidence des troubles plus précis.

- Enfin, les passations ont été réalisées par plusieurs expérimentatrices, ce qui introduit également un biais dans les résultats.

CONCLUSION

L'objectif de ce mémoire était de mieux comprendre l'impact du traitement visuel des émotions sur les troubles sociaux et comportementaux observés dans l'autisme.

Nos résultats ont mis en évidence, chez les sujets TSA, des troubles généraux de la fonction visuelle notamment un champ visuel non intègre (mais non diagnostiqué) chez certains sujets et une distribution de l'attention visuelle altérée. Par ailleurs, les scores au quotient autistique des sujets neurovisuels sont significativement supérieurs à celui des contrôles. Ces observations illustrent les similarités existant entre les sujets autistes et neurovisuels.

D'autre part, ces deux populations se sont montrées plus lentes et moins performantes que les contrôles dans le traitement des émotions faciales. Pour les sujets TSA, ces performances sont de plus corrélées au score global au bilan neurovisuel.

Cela nous permet de penser que les troubles de la fonction visuelle participeraient aux atypies plus spécifiques du traitement des émotions faciales et auraient donc un impact sur la façon d'interagir avec son environnement ainsi qu'avec l'autre.

Ces éléments ne suffisent cependant pas pour conclure que ces seules caractéristiques neurovisuelles sont à l'origine des particularités comportementales et sociales dans l'autisme. En effet, il s'agit d'un syndrome complexe et multifactoriel et la nature sociale des stimuli, entre autres, a pu participer aux difficultés éprouvées par ces sujets.

Il serait sûrement bénéfique de poursuivre et d'adapter cette étude auprès d'autistes plus jeunes et/ou avec une efficacité intellectuelle subnormale, pour lesquels une compensation des troubles visuels serait moins évidente. De plus, un protocole de catégorisation d'émotions présentant une superposition de deux visages exprimant chacun une émotion différente, l'un en BFS et l'autre en HFS, permettrait peut-être de mettre en lumière le traitement local des sujets autistes, que nous n'avons pas retrouvé dans cette étude.

Celle-ci confirme qu'il est essentiel de prendre en compte au niveau clinique les particularités de traitement que présentent les autistes. L'orthophoniste, qui a déjà toute sa place dans la prise en charge de l'autisme aux niveaux communicationnel et social, pourrait ainsi l'enrichir par une approche davantage axée sur la cognition visuelle. Au-delà de ce suivi, le rôle de l'orthophoniste dans le dépistage précoce de troubles neurovisuels notamment dans le cadre de suspicion d'autisme, est primordial pour poser un diagnostic fiable et mettre en place précocement une prise en charge la plus adaptée possible. Ceci permettrait d'éviter l'effet délétère des troubles neurovisuels sur la communication, les apprentissages, le développement perceptif, moteur, cognitif et social.

Bibliographie

- (1) Adolphs, R., Tranel, D., & Damasio, A. R. (1998). The human amygdala in social judgment. *Nature*, 393(6684), 470-474.
- (2) Allison, T., Puce, A., & McCarthy, G. (2000). Social perception from visual cues: role of the STS region. *Trends in Cognitive Sciences*, 4(7), 267-278.
- (3) Amodio, D. M., & Frith, C. D. (2006). Meeting of minds: the medial frontal cortex and social cognition. *Nature Reviews. Neuroscience*, 7(4), 268-277.
- (4) Atkinson, J., King, J., Braddick, O., Nokes, L., Anker, S., & Braddick, F. (1997). A specific deficit of dorsal stream function in Williams' syndrome. *Neuroreport*, 8(8), 1919-1922.
- (5) Baron-Cohen, S., Auyeung, B., Nørgaard-Pedersen, B., Hougaard, D. M., Abdallah, M. W., Melgaard, L., Cohen, A. S., et al. (2014). Elevated fetal steroidogenic activity in autism. *Molecular Psychiatry*.
- (6) Baron-Cohen, S., Leslie, A. M., & Frith, U. (1985). Does the autistic child have a « theory of mind » ? *Cognition*, 21(1), 37-46.
- (7) Belin, P., Zatorre, R. J., Lafaille, P., Ahad, P., & Pike, B. (2000). Voice-selective areas in human auditory cortex. *Nature*, 403(6767), 309-312.
- (8) Biotti, D., Pisella, L., & Vighetto, A. (2012). Syndrome de Balint et fonctions spatiales du lobe pariétal. *Revue Neurologique*, 168(10), 741-753.
- (9) Bogdashina, O. (2012). *Questions sensorielles et perceptives dans l'autisme et le syndrome d'Asperger: des expériences sensorielles différentes, des mondes perceptifs différents*. Grasse: AFD.
- (10) Braverman, M., Fein, D., Lucci, D., & Waterhouse, L. (1989). Affect comprehension in children with pervasive developmental disorders. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 19(2), 301-316.
- (11) Burack, J. A., Charman, T., Yirmiya, N., & Zelazo, P. R. (2001). *The development of autism perspectives from theory and research*. Mahwah, N.J.; London: L. Erlbaum.

- (12) Cameron, E. L., Tai, J. C., & Carrasco, M. (2002). Covert attention affects the psychometric function of contrast sensitivity. *Vision research*, 42(8), 949–967.
- (13) Carper, R. A., & Courchesne, E. (2005). Localized enlargement of the frontal cortex in early autism. *Biological Psychiatry*, 57(2), 126-133.
- (14) Castelli, F., Frith, C., Happé, F., & Frith, U. (2002). Autism, Asperger syndrome and brain mechanisms for the attribution of mental states to animated shapes. *Brain: A Journal of Neurology*, 125(Pt 8), 1839-1849.
- (15) Castelli, F., Happé, F., Frith, U., & Frith, C. (2000). Movement and mind: a functional imaging study of perception and interpretation of complex intentional movement patterns. *NeuroImage*, 12(3), 314-325.
- (16) Cavézian, C., Gaudry, I., Perez, C., Coubard, O., Doucet, G., Peyrin, C., Marendaz, C., et al. (2010). Specific impairments in visual processing following lesion side in hemianopic patients. *Cortex*, 46(9), 1123-1131.
- (17) Cavézian, C., Vilayphonh, M., de Agostini, M., Vasseur, V., Watier, L., Kazandjian, S., Laloum, L., et al. (2010). Assessment of visuo-attentional abilities in young children with or without visual disorder: Toward a systematic screening in the general population. *Research in Developmental Disabilities*, 31(5), 1102-1108.
- (18) Chokron, S., Cavézian, C., & de Agostini, M. (2010). Troubles neurovisuels chez l'enfant : Sémiologie, retentissement sur les apprentissages et dépistage. *Développements*, 6(3), 17.
- (19) Chokron, S., & Demonet, J.-F. (2010). *Approche neuropsychologique des troubles des apprentissages*. Marseille: Solal.
- (20) Chokron, & Gaudry. (2009). Rééducation neuropsychologique des troubles neurovisuels d'origine centrale. *Actualités en rééducation neuropsychologique, Etudes de cas* (p. 29-32). Société de neuropsychologie de langue française.
- (21) Chokron, S., & Marendaz, C. (2010). *Comment voyons-nous*. le Pommier.
- (22) Chokron, S., Pieron M., & Zalla T. (2014). Troubles du spectre de l'autisme et troubles de la fonction visuelle : revue critique, implications théoriques et cliniques.

L'Information Psychiatrique - Troubles du spectre de l'autisme et troubles de la fonction visuelle : revue critique, implications théoriques et cliniques, 90(10), 819-26.

- (23) Chung, M.-S., & Thomson, D. M. (1995). Development of face recognition. *British Journal of Psychology*, 86(1), 55-87.
- (24) Conill, É., Stilgenbauer, J.-L., Mouren, M.-C., & Goussé, V. (2014). Rôle de la flexibilité cognitive dans la reconnaissance d'expressions émotionnelles chez les personnes atteintes de Troubles du Spectre Autistique. *Annales Médico-psychologiques, revue psychiatrique*, 172(5), 392-395.
- (25) Costini, Remigereau, Roy, Faure, & Le Gall. (2014). Troubles visuo-spatiaux dans la dyspraxie: peut-on encore parler de dyspraxie? *ANAE. Approche neuropsychologique des apprentissages chez l'enfant*, (129), 127-136.
- (26) Courchesne, E., Pierce, K., Schumann, C. M., Redcay, E., Buckwalter, J. A., Kennedy, D. P., & Morgan, J. (2007). Mapping early brain development in autism. *Neuron*, 56(2), 399-413.
- (27) Dalens, H. (2014). Les pathologies neurovisuelles chez les enfants cérébrolésés. *Motricité Cérébrale : Réadaptation, Neurologie du Développement*, 35(1), 25-40.
- (28) Danon-Boileau, L., Garboua, M., & Touati, B. (2014). *Autismes la clinique au-delà des polémiques*. Paris: Éd. In Press.
- (29) Darwin, C. (1998). *L'expression des émotions chez l'homme et les animaux*. Paris: C. Reinwald.
- (30) Davidson RJ. (1988). Affect, cognition, and hemispheric specialization. *Emotion, Cognition, and Behavior* (p. 320-365). Cambridge University Press.
- (31) Davidson RJ. (1995). Cerebral asymmetry, emotion, and affective style. *Brain Asymmetry* (p. 361-388). MIT Press.
- (32) Demb, J. B., Boynton, G. M., Best, M., & Heeger, D. J. (1998). Psychophysical evidence for a magnocellular pathway deficit in dyslexia. *Vision Research*, 38(11), 1555-1559.

- (33) Deruelle, C., Rondan, C., Gepner, B., & Tardif, C. (2004). Spatial frequency and face processing in children with autism and Asperger syndrome. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 34(2), 199-210.
- (34) Deruelle, C., Rondan, C., Salle-Collemiche, X., Bastard-Rosset, D., & Da Fonseca, D. (2008). Attention to low- and high-spatial frequencies in categorizing facial identities, emotions and gender in children with autism. *Brain and Cognition*, 66(2), 115-123.
- (35) Diamond, R., & Carey, S. (1986). Why faces are and are not special: an effect of expertise. *Journal of Experimental Psychology. General*, 115(2), 107-117.
- (36) Dobkins, K. R., Anderson, C. M., & Lia, B. (1999). Infant temporal contrast sensitivity functions (tCSFs) mature earlier for luminance than for chromatic stimuli: evidence for precocious magnocellular development? *Vision Research*, 39(19), 3223-3239.
- (37) Dutton, G. N., & Jacobson, L. K. (2001). Cerebral visual impairment in children. *Seminars in neonatology: SN*, 6(6), 477-485.
- (38) 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.
- (39) Da Fonseca, D., & Deruelle, C. (2010). Reconnaissance des émotions et syndrome d'Asperger. *Neuropsychiatrie de l'Enfance et de l'Adolescence*, 58(6-7), 405-409.
- (40) Da Fonseca, D., Santos, A., Bastard-Rosset, D., Rondan, C., Poinso, F., & Deruelle, C. (2009). Can children with autistic spectrum disorders extract emotions out of contextual cues? *Research in Autism Spectrum Disorders*, 3(1), 50-56.
- (41) Frith, U. (1989). *Autism: explaining the enigma*. Cognitive development. Oxford, UK ; Cambridge, MA, USA: Basil Blackwell.
- (42) Galaburda, A. M. (1993). Neuroanatomic basis of developmental dyslexia. *Neurologic Clinics*, 11(1), 161-173.

- (43) De Gelder, B., Meeren, H. K. M., Righart, R., van den Stock, J., van de Riet, W. A. C., & Tamietto, M. (2006). Beyond the face: exploring rapid influences of context on face processing. *Progress in Brain Research*, 155, 37-48.
- (44) George, N. (2011). La détection cérébrale précoce des émotions. *Annales Médico-psychologiques, revue psychiatrique*, 169(2), 112-115.
- (45) Gepner, B. (2001). Malvoyance du mouvement dans l'autisme infantile : Une nouvelle approche neuropsychopathologique développementale. *La psychiatrie de l'enfant*, 44(1), 77.
- (46) Gepner, B. (2006). Le monde va trop vite pour les personnes autistes! Hypothèses neurophysiopsychopathogéniques et implications rééducatives. *Neuropsychiatrie de l'Enfance et de l'Adolescence*, 54(6-7), 371-374.
- (47) Gepner, B., Deruelle, C., & Grynfeldt, S. (2001). Motion and emotion: A novel approach to the study of face processing by young autistic children. *Journal of autism and developmental disorders*, 31(1), 37-45.
- (48) Gepner, B., & Féron, F. (2009). Autism: a world changing too fast for a mis-wired brain? *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 33(8), 1227-1242.
- (49) Gillet, P. (2013). *Neuropsychologie de l'autisme chez l'enfant*. Neuropsychologie. De Boeck.
- (50) Gillet, P., Chabernaud, C., Batty, M., Barthélémy, C., & Jambaqué, I. (2009). La reconnaissance visuelle des objets chez l'enfant avec autisme : Résultats préliminaires à une adaptation pour enfants de la Birmingham Object Recognition Battery (BORB). *Développements*, 3(3), 35.
- (51) Gil, R. (2010). *Neuropsychologie* (5^e éd.). Paris: Masson.
- (52) Girard P. (1995). Bases anatomo-physiologiques de la vision résiduelle après lésion de l'aire visuelle primaire. *Revue Neurologique*, 151(8_9), 457-465.
- (53) Greenaway, R., Davis, G., & Plaisted-Grant, K. (2013). Marked selective impairment in autism on an index of magnocellular function. *Neuropsychologia*, 51(4), 592-600.

- (54) Hadjikhani, N. (2005). Anatomical Differences in the Mirror Neuron System and Social Cognition Network in Autism. *Cerebral Cortex*, 16(9), 1276-1282.
- (55) Hammarrenger, B., Leporé, F., Lippé, S., Labrosse, M., Guillemot, J.-P., & Roy, M.-S. (2003). Magnocellular and parvocellular developmental course in infants during the first year of life. *Documenta Ophthalmologica. Advances in Ophthalmology*, 107(3), 225-233.
- (56) Happé, F., & Frith, U. (1996). The neuropsychology of autism. *Brain*, 119(4), 1377-1400.
- (57) Happé, F., & Frith, U. (2006). The Weak Coherence Account: Detail-focused Cognitive Style in Autism Spectrum Disorders. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 36(1), 5-25.
- (58) Happé, F. G. (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(7), 873-877.
- (59) Harms, M. B., Martin, A., & Wallace, G. L. (2010). Facial Emotion Recognition in Autism Spectrum Disorders: A Review of Behavioral and Neuroimaging Studies. *Neuropsychology Review*, 20(3), 290-322.
- (60) Hauck, M., Fein, D., Maltby, N., Waterhouse, L., & Feinstein, C. (1998). Memory for Faces in Children with Autism. *Child Neuropsychology (Neuropsychology, Development and Cognition: Section C)*, 4(3), 187-198.
- (61) Hobson, P. R., & Bishop, M. (2003). The pathogenesis of autism: insights from congenital blindness. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 358(1430), 335-344.
- (62) Hobson, R. P. (1986). The autistic child's appraisal of expressions of emotion: a further study. *Journal of Child Psychology and Psychiatry, and Allied Disciplines*, 27(5), 671-680.
- (63) Hobson, R. P., Ouston, J., & Lee, A. (1988a). What's in a face? The case of autism. *British Journal of Psychology (London, England: 1953)*, 79 (Pt 4), 441-453.

- (64) Hobson, R. P., Ouston, J., & Lee, A. (1988b). Emotion recognition in autism: coordinating faces and voices. *Psychological Medicine*, 18(4), 911-923.
- (65) Iacoboni, M., & Dapretto, M. (2006). The mirror neuron system and the consequences of its dysfunction. *Nature Reviews Neuroscience*, 7(12), 942-951.
- (66) Iidaka, T., Okada, T., Murata, T., Omori, M., Kosaka, H., Sadato, N., & Yonekura, Y. (2002). Age-related differences in the medial temporal lobe responses to emotional faces as revealed by fMRI. *Hippocampus*, 12(3), 352-362.
- (67) Itier, R. J., & Batty, M. (2009). Neural bases of eye and gaze processing: the core of social cognition. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 33(6), 843-863.
- (68) Jiang, Y., & Han, S. (2005). Neural mechanisms of global/local processing of bilateral visual inputs: an ERP study. *Clinical Neurophysiology: Official Journal of the International Federation of Clinical Neurophysiology*, 116(6), 1444-1454.
- (69) 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.
- (70) 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.
- (71) Joubert, Rossion, & Busigny. (2008). L'évaluation neuropsychologique de la prosopagnosie. *Traitement et reconnaissance des visages : du percept à la personne* (p. 41-42).
- (72) 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.
- (73) Labruyère, N., & Hubert, B. (2009). Traitement de l'information faciale dans l'autisme. *L'Évolution Psychiatrique*, 74(1), 65-77.
- (74) Lahaie, A., Mottron, L., Arguin, M., Berthiaume, C., Jemel, B., & Saumier, D. (2006). Face perception in high-functioning autistic adults: evidence for superior

processing of face parts, not for a configural face-processing deficit. *Neuropsychology*, 20(1), 30-41.

- (75) Lainé, F., Tardif, C., Rauzy, S., & Gepner, B. (2008). Perception et imitation du mouvement dans l'autisme : une question de temps. *Enfance*, 60(2), 140.
- (76) Landry, R., & Bryson, S. E. (2004). Impaired disengagement of attention in young children with autism. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 45(6), 1115–1122.
- (77) Langdell, T. (1978). Recognition of faces: An approach to the study of autism. *Journal of child psychology and psychiatry*, 19(3), 255–268.
- (78) Lechevalier, B. (2009). Simultagnosie et autisme. *Revue de neuropsychologie*, 1(3), 200.
- (79) Lelord, G., & Sauvage, D. (1991). *L'autisme de l'enfant*. Paris: Masson.
- (80) MacLean, P. D., & Guyot, R. (1990). *Les trois cerveaux de l'homme*. Paris: Robert Laffont.
- (81) Markram, H. (2007). The intense world syndrome – an alternative hypothesis for autism. *Frontiers in Neuroscience*, 1(1), 77-96.
- (82) Mazeau, M., & Lemoalle, J.-P. (1995). *Déficits visuo-spatiaux et dyspraxies de l'enfant atteint de lésions cérébrales précoces: du trouble à la rééducation*. Paris: Éditions Masson.
- (83) McCleery, J. P., Allman, E., Carver, L. J., & Dobkins, K. R. (2007). Abnormal magnocellular pathway visual processing in infants at risk for autism. *Biological Psychiatry*, 62(9), 1007-1014.
- (84) Meaux, E., Gillet, P., Bonnet-Brilhault, F., Barthélémy, C., & Batty, M. (2011). Les anomalies du traitement des émotions faciales dans l'autisme : un trouble de la perception globale. *L'Encéphale*, 37(5), 371-378.
- (85) Mermillod, M., Devaux, D., Derost, P., Rieu, I., Chambres, P., Auxiette, C., Legrand, G., et al. (2013). Rapid Presentation of Emotional Expressions Reveals New

Emotional Impairments in Tourette's Syndrome. *Frontiers in Human Neuroscience*, 7.

- (86) Mermillod, M., Guyader, N., & Chauvin, A. (2005). The coarse-to-fine hypothesis revisited: Evidence from neuro-computational modeling. *Brain and Cognition*, 57(2), 151-157.
- (87) Moreau N, & Champagne-Lavau M. (2014). Théorie de l'esprit et fonctions exécutives dans la pathologie. *Revue de neuropsychologie*, 6, 276-281.
- (88) Mottron, L. (2004). *L'autisme, une autre intelligence: diagnostic, cognition et support des personnes autistes sans déficience intellectuelle*. Sprimont (Belgique): Mardaga.
- (89) Muth, A., Hönekopp, J., & Falter, C. M. (2014). Visuo-Spatial Performance in Autism: A Meta-analysis. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 44(12), 3245-3263.
- (90) Osterling, J., & Dawson, G. (1994). Early recognition of children with autism: A study of first birthday home videotapes. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 24(3), 247-257.
- (91) 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, and Allied Disciplines*, 35(6), 1015-1032.
- (92) Parr, J. R., Dale, N. J., Shaffer, L. M., & Salt, A. T. (2010). Social communication difficulties and autism spectrum disorder in young children with optic nerve hypoplasia and/or septo-optic dysplasia: ASD, Social Communication, and Visual Impairment. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 52(10), 917-921.
- (93) Pelphrey, K. A., Morris, J. P., & McCarthy, G. (2004). Grasping the intentions of others: the perceived intentionality of an action influences activity in the superior temporal sulcus during social perception. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 16(10), 1706-1716.

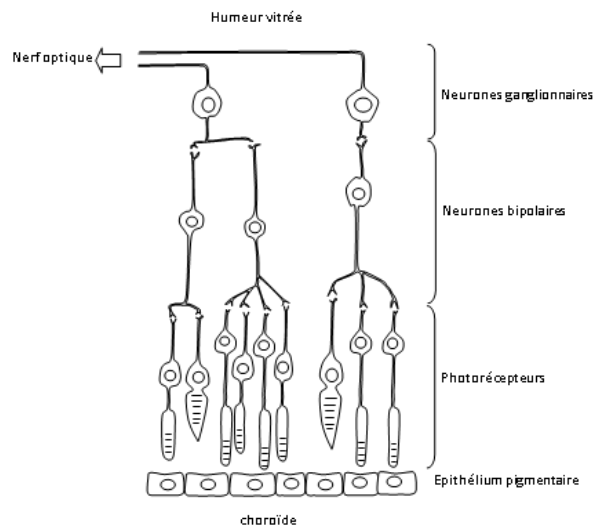
- (94) Perez, C., & Chokron, S. (2014). Rehabilitation of homonymous hemianopia: insight into blindsight. *Frontiers in Integrative Neuroscience*, 8.
- (95) Perkins, T., Stokes, M., McGillivray, J., & Bittar, R. (2010). Mirror neuron dysfunction in autism spectrum disorders. *Journal of Clinical Neuroscience*, 17(10), 1239-1243.
- (96) Persico, A. M., & Bourgeron, T. (2006). Searching for ways out of the autism maze: genetic, epigenetic and environmental clues. *Trends in Neurosciences*, 29(7), 349-358.
- (97) Phillips, M. L., Drevets, W. C., Rauch, S. L., & Lane, R. (2003). Neurobiology of emotion perception I: The neural basis of normal emotion perception. *Biological Psychiatry*, 54(5), 504-514.
- (98) Pieron, M., Seassau, M., Leboyer, M., & Zalla, T. (2014). Accelerated time course of saccadic inhibition of return in individuals with autism spectrum disorders. *Experimental Brain Research*.
- (99) Pouget, M.-C., Lévy-Bencheton, D., Prost, M., Tilikete, C., Husain, M., & Jacquin-Courtois, S. (2012). Acquired visual field defects rehabilitation: Critical review and perspectives. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*, 55(1), 53-74.
- (100) Rincover, A., & Ducharme, J. M. (1987). Variables influencing stimulus overselectivity and « tunnel vision » in developmentally delayed children. *American Journal of Mental Deficiency*, 91(4), 422-430.
- (101) 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: A Journal of Neurology*, 122 (Pt 7), 1305-1315.
- (102) Rizzolatti, G., & Fabbri-Destro, M. (2010). Mirror neurons: from discovery to autism. *Experimental Brain Research*, 200(3-4), 223-237.
- (103) Robertson, C. E., Kravitz, D. J., Freyberg, J., Baron-Cohen, S., & Baker, C. I. (2013). Tunnel Vision: Sharper Gradient of Spatial Attention in Autism. *Journal of Neuroscience*, 33(16), 6776-6781.

- (104) Rosset, D. B., Rondan, C., Da Fonseca, D., Santos, A., Assouline, B., & Deruelle, C. (2008). Typical emotion processing for cartoon but not for real faces in children with autistic spectrum disorders. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 38(5), 919-925.
- (105) Sander, D., Grafman, J., & Zalla, T. (2003). The human amygdala: an evolved system for relevance detection. *Reviews in the Neurosciences*, 14(4), 303-316.
- (106) Schultz, J., Imamizu, H., Kawato, M., & Frith, C. D. (2004). Activation of the human superior temporal gyrus during observation of goal attribution by intentional objects. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 16(10), 1695-1705.
- (107) Schultz, R. T. (2005). Developmental deficits in social perception in autism: the role of the amygdala and fusiform face area. *International Journal of Developmental Neuroscience: The Official Journal of the International Society for Developmental Neuroscience*, 23(2-3), 125-141.
- (108) Schultz, R. T., Gauthier, I., Klin, A., Fulbright, R. K., Anderson, A. W., Volkmar, F., Skudlarski, P., et al. (2000). Abnormal ventral temporal cortical activity during face discrimination among individuals with autism and Asperger syndrome. *Archives of General Psychiatry*, 57(4), 331-340.
- (109) Shah, A., & Frith, U. (1983). An islet of ability in autistic children: a research note. *Journal of Child Psychology and Psychiatry, and Allied Disciplines*, 24(4), 613-620.
- (110) Shah, A., & Frith, U. (1993). Why do autistic individuals show superior performance on the block design task? *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 34(8), 1351-1364.
- (111) Spezio, M. L., Huang, P.-Y. S., Castelli, F., & Adolphs, R. (2007). Amygdala Damage Impairs Eye Contact During Conversations with Real People. *Journal of Neuroscience*, 27(15), 3994-3997.
- (112) Tardif, C., Gepner, B., & Pédinielli, J.-L. (2014). *L'autisme* (4^e éd.). Paris: Armand Colin.

- (113) Tardif, C., Lainé, F., Rodriguez, M., & Gepner, B. (2007). Slowing Down Presentation of Facial Movements and Vocal Sounds Enhances Facial Expression Recognition and Induces Facial–Vocal Imitation in Children with Autism. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 37(8), 1469-1484.
- (114) Tarr, M. J., & Gauthier, I. (2000). FFA: a flexible fusiform area for subordinate-level visual processing automatized by expertise. *Nature Neuroscience*, 3(8), 764-769.
- (115) Tyzio, R., Nardou, R., Ferrari, D. C., Tsintsadze, T., Shahrokhi, A., Eftekhari, S., Khalilov, I., et al. (2014). Oxytocin-mediated GABA inhibition during delivery attenuates autism pathogenesis in rodent offspring. *Science (New York, N.Y.)*, 343(6171), 675-679.
- (116) Wong, T., Fung, P., McAlonan, G., & Chua, S. (2009). Spatiotemporal dipole source localization of face processing ERPs in adolescents: a preliminary study. *Behavioral and Brain Functions*, 5(1), 16.
- (117) Zacks, J. M., Braver, T. S., Sheridan, M. A., Donaldson, D. I., Snyder, A. Z., Ollinger, J. M., Buckner, R. L., et al. (2001). Human brain activity time-locked to perceptual event boundaries. *Nature Neuroscience*, 4(6), 651-655.
- (118) Zilbovicius, M., Meresse, I., Chabane, N., Brunelle, F., Samson, Y., & Boddaert, N. (2006). Autism, the superior temporal sulcus and social perception. *Trends in Neurosciences*, 29(7), 359-366.

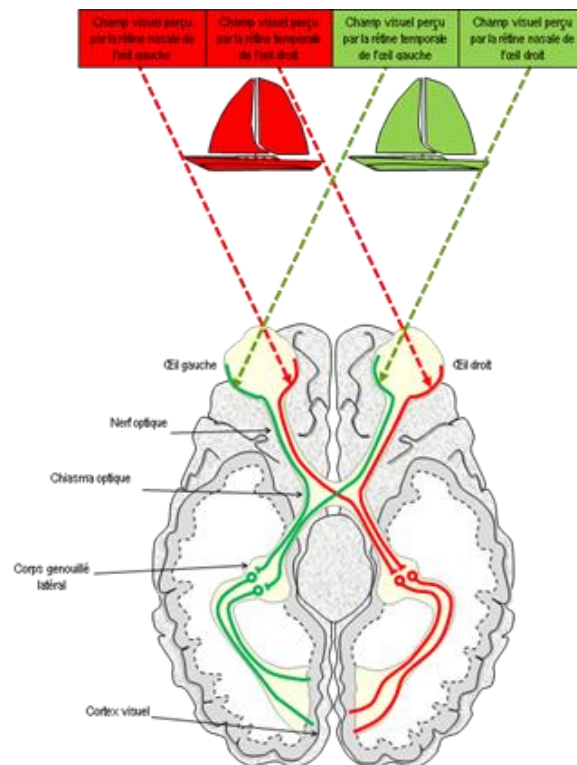
ANNEXE A

Figure 1: Réseau cellulaire de la rétine au nerf optique (source : <http://svt.ac-dijon.fr>)



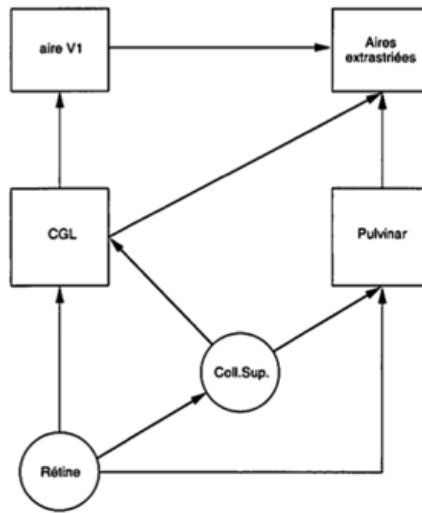
ANNEXE B

Figure 2: Voies visuelles (source : <http://svt.ac-dijon.fr>)



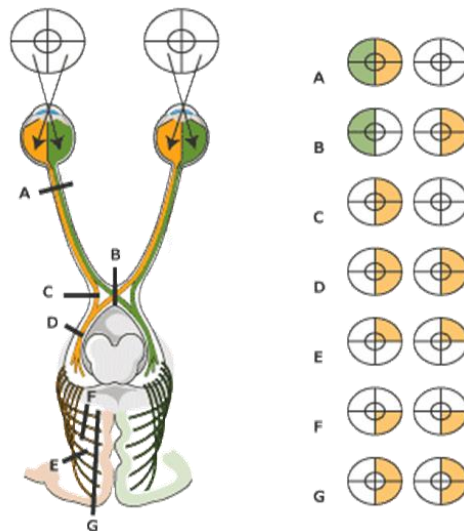
ANNEXE C

Figure 3: Représentation schématique des différentes voies visuelles (source : Bases anatomo-fonctionnelle de la vision résiduelle après lésion de l'aire visuelle primaire, Revue Neurologique, 1995)



ANNEXE D

Figure 4: Schéma des conséquences des différentes lésions des voies visuelles (source : <http://campus.cerimes.fr>)



ANNEXE E

Figure 5: Lettres de Navon

| | | |
|----------|---|--------|
| E | E | HHHHHH |
| E | E | H |
| EEEEEEEE | | HHHH |
| E | E | H |
| E | E | HHHHHH |

ANNEXE F

Figure 6: Exemple de visage inversé (Implications of holistic face processing in autism and schizophrenia, T. L. Watson, Front. Psychol., 2013)



ANNEXE G

Figure 7: Matériel pour identification d'action, émotion et objet (David Da Fonseca et al. 2009)(38)

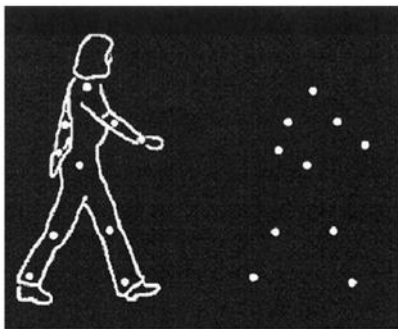


Fig. 2. Exemple d'action (marche) selon la procédure des *points light displays*.



1



2



3



1



2



3

ANNEXE H

Figure 9: Exemple de planche de la mémoire visuelle (EVA)

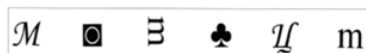
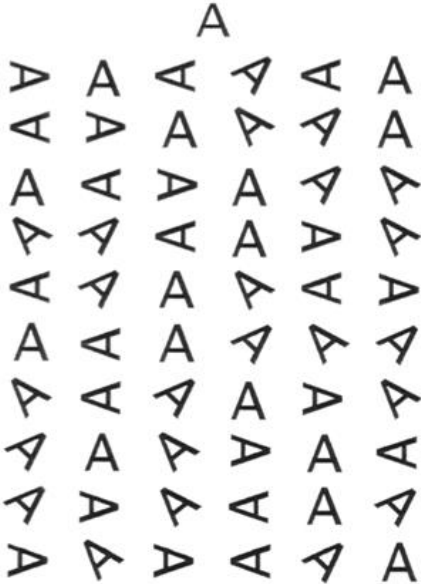
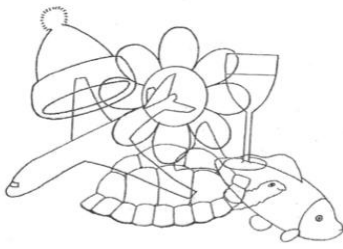


Figure 10: Matériel des épreuves de barrage



ANNEXE J

Figure 11: (a) Exemple de planche des figures enchevêtrées (EVA) ; (b) 15 objets de Pillon



(a)



(b)

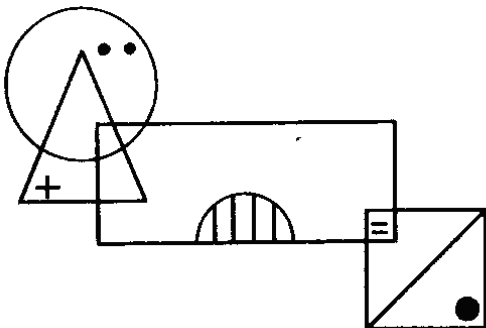
ANNEXE K

Figure 12: Exemple de planche d'appariement visuel (EVA)

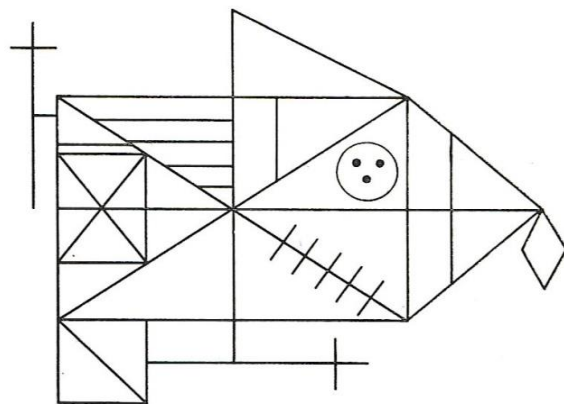


ANNEXE L

Figure 13: (a) Figure de Rey simplifiée (type B) ; (b) Figure Complexe de Rey (type A)



(a)



(b)

ANNEXE M :

Figure 14: Questionnaire du Quotient Autistique

| Pour chaque question répondre : tout à fait d'accord / plutôt d'accord / plutôt en désaccord / pas du tout d'accord | |
|--|--|
| 1. Il /elle préfère réaliser des activités avec d'autres personnes plutôt que seul(e). | 26. Il /elle ne sait pas comment entretenir une conversation avec des enfants de son âge. |
| 2. Il /elle préfère tout faire continuellement de la même manière. | 27. Il /elle a de la facilité à « lire entre les lignes » lorsque quelqu'un lui parle. |
| 3. Quand il /elle essaie d'imaginer quelque chose, il lui est très facile de s'en faire une image mentale. | 28. Il /elle se concentre habituellement plus sur l'ensemble d'une image que sur les petits détails de celle-ci. |
| 4. Il /elle est fréquemment tellement absorbé(e) par une chose qu'il /elle perd tout le reste de vue. | 29. Il /elle n'est pas très doué(e) pour se souvenir des numéros de téléphone. |
| 5. Son attention est souvent attirée par des bruits discrets que les autres ne remarquent pas. | 30. Il /elle ne remarque habituellement pas les petits changements dans une situation ou dans l'apparence de quelqu'un. |
| 6. Il /elle fait habituellement attention aux numéros de plaques d'immatriculation, aux adresses ou à d'autres types d'informations de ce genre. | 31. Il /elle se rend compte lorsque son interlocuteur s'ennuie en l'écoutant. |
| 7. Il /elle a de la difficulté à comprendre les règles de politesse. | 32. Il /elle trouve qu'il est facile d'aller et venir d'une activité à l'autre. |
| 8. Quand il /elle lit une histoire, il /elle peut facilement imaginer à quoi les personnages pourraient ressembler. | 33. Quand il /elle parle au téléphone, il /elle n'est pas sûr(e) de savoir quand c'est à son tour de parler. |
| 9. Il /elle est fasciné(e) par les dates. | 34. Il /elle aime faire les choses de manière spontanée. |
| 10. Au sein d'un groupe, il /elle peut facilement suivre les conversations de plusieurs personnes à la fois. | 35. Il /elle est souvent le(la) dernier(ère) à comprendre le sens d'une blague. |
| 11. Il /elle trouve les situations de la vie en société faciles. | 36. Il lui est facile de décoder ce que les autres pensent ou ressentent juste en regardant leur visage. |
| 12. Il /elle a tendance à remarquer certains détails que les autres ne voient pas. | 37. Si il /elle est interrompu(e), il /elle peut rapidement revenir à ce qu'il /elle était en train de faire. |
| 13. Il /elle préfère aller dans une bibliothèque plutôt qu'à une fête d'anniversaire. | 38. Il /elle est doué(e) pour le bavardage en société. |
| 14. Il /elle trouve facile d'inventer des histoires. | 39. Les gens lui disent souvent qu'il /elle répète continuellement les mêmes choses. |
| 15. Il /elle est plus facilement attiré(e) par les gens que par les objets. | 40. Quand il/était plus jeune, il /elle aimait habituellement jouer à des jeux de rôle avec les autres. |
| 16. Il /elle a tendance à avoir des centres d'intérêt très importants. Il /elle est dérangé(e) lorsque il /elle ne peut s'y consacrer. | 41. Il /elle aime collectionner des informations sur des catégories de choses (types de voitures, d'oiseaux, de trains, de plantes, ...) |
| 17. Il /elle apprécie le bavardage en société. | 42. Il /elle a de la difficulté à s'imaginer dans la peau d'un autre. |
| 18. Quand il /elle parle, ce n'est pas toujours facile pour les autres de placer un mot. | 43. Il /elle aime planifier avec soin toute activité à laquelle Il /elle participe. |
| 19. Il /elle est fasciné(e) par les chiffres. | 44. Il /elle aime les événements sociaux. |
| 20. Quand il/ elle lit une histoire, il lui est difficile de se représenter les intentions ou les sentiments des personnages. | 45. Il /elle trouve qu'il est difficile de décoder les intentions des autres. |
| 21. Il /elle n'aime pas particulièrement lire des romans. | 46. Les nouvelles situations le rendent anxieux(se). |
| 22. Il /elle a de la difficulté à se faire de nouveaux amis. | 47. Il /elle aime rencontrer de nouvelles personnes. |
| 23. Il /elle remarque sans cesse des schémas réguliers dans les choses qui l'entourent. | 48. Il /elle fait attention à ne pas blesser les sentiments des autres. |
| 24. Il /elle préfère aller au cinéma plutôt qu'au musée. | 49. Il /elle n'est pas doué(e) pour se souvenir des dates de naissance des gens. |
| 25. Il /elle n'est pas dérangé(e) si ses habitudes quotidiennes sont perturbées. | 50. Il /elle trouve qu'il est très facile de jouer à des jeux de rôle avec des enfants. |

ANNEXE N

Figure 15: Mini Mental State Examination

| Mini Mental State Examination (MMSE) (Version consensuelle du GRECO) | | |
|---|--------------------------------------|--------------------------|
| Orientation | | / 10 |
| Je vais vous poser quelques questions pour apprécier comment fonctionne votre mémoire. Les unes sont très simples, les autres un peu moins. Vous devez répondre du mieux que vous pouvez. Quelle est la date complète d'aujourd'hui ? _____ | | |
| Si la réponse est incorrecte ou incomplète, posées les questions restées sans réponse, dans l'ordre suivant : | | |
| 1. En quelle année sommes-nous ? | | <input type="checkbox"/> |
| 2. En quelle saison ? | | <input type="checkbox"/> |
| 3. En quel mois ? | | <input type="checkbox"/> |
| 4. Quel jour du mois ? | | <input type="checkbox"/> |
| 5. Quel jour de la semaine ? | | <input type="checkbox"/> |
| Je vais vous poser maintenant quelques questions sur l'endroit où nous trouvons. | | |
| 6. Quel est le nom de l'hôpital où nous sommes ?* | | <input type="checkbox"/> |
| 7. Dans quelle ville se trouve-t-il ? | | <input type="checkbox"/> |
| 8. Quel est le nom du département dans lequel est située cette ville ?** | | <input type="checkbox"/> |
| 9. Dans quelle province ou région est située ce département ? | | <input type="checkbox"/> |
| 10. A quel étage sommes-nous ? | | <input type="checkbox"/> |
| Apprentissage | | / 3 |
| Je vais vous dire trois mots ; je vous voudrais que vous me les répétiez et que vous essayiez de les retenir car je vous les redemanderai tout à l'heure. | | |
| 11. Cigare | | <input type="checkbox"/> |
| 12. Fleur | ou | <input type="checkbox"/> |
| 13. Porte | | <input type="checkbox"/> |
| | Citron | |
| | Clé | ou |
| | Ballon | |
| | Fauteuil | |
| | Tulipe | |
| | Canard | |
| Répéter les 3 mots. | | |
| Attention et calcul | | / 5 |
| Voulez-vous compter à partir de 100 en retirant 7 à chaque fois ?* | | |
| 14. | 93 | <input type="checkbox"/> |
| 15. | 86 | <input type="checkbox"/> |
| 16. | 79 | <input type="checkbox"/> |
| 17. | 72 | <input type="checkbox"/> |
| 18. | 65 | <input type="checkbox"/> |
| Pour tous les sujets, même pour ceux qui ont obtenu le maximum de points, demander : Voulez-vous épeler le mot MONDE à l'envers ?** | | |
| Rappel | | / 3 |
| Pouvez-vous me dire quels étaient les 3 mots que je vous ai demandés de répéter et de retenir tout à l'heure ? | | |
| 11. Cigare | | <input type="checkbox"/> |
| 12. Fleur | ou | <input type="checkbox"/> |
| 13. Porte | | <input type="checkbox"/> |
| | Citron | |
| | Clé | ou |
| | Ballon | |
| | Fauteuil | |
| | Tulipe | |
| | Canard | |
| Langage | | / 8 |
| Montrer un crayon. | 22. Quel est le nom de cet objet ?* | <input type="checkbox"/> |
| Montrer votre montre. | 23. Quel est le nom de cet objet ?** | <input type="checkbox"/> |
| 24. Ecoutez bien et répétez après moi : « PAS DE MAIS, DE SI, NI DE ET »*** | | |
| Poser une feuille de papier sur le bureau, la montrer au sujet en lui disant : « Ecoutez bien et faites ce que je vais vous dire : | | |
| 25. Prenez cette feuille de papier avec votre main droite, | | <input type="checkbox"/> |
| 26. Pliez-la en deux, | | <input type="checkbox"/> |
| 27. Et jetez-la par terre. »**** | | <input type="checkbox"/> |
| Tendre au sujet une feuille de papier sur laquelle est écrit en gros caractère : « FERMEZ LES YEUX » et dire au sujet : | | |
| 28. « Faites ce qui est écrit ». | | <input type="checkbox"/> |
| Tendre au sujet une feuille de papier et un stylo, en disant : | | |
| 29. « Voulez-vous m'écrire une phrase, ce que vous voulez, mais une phrase entière. »***** | | <input type="checkbox"/> |
| Praxies constructives | | / 1 |
| Tendre au sujet une feuille de papier et lui demander : 30. « Voulez-vous recopier ce dessin ? » | | |

ANNEXE O

Figure 16: Exemple de stimuli du protocole, ici visage exprimant la colère en non filtré, HFS puis BFS.

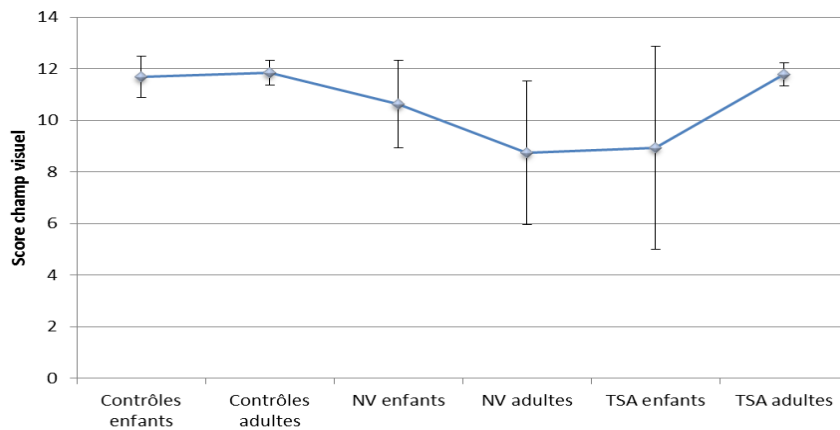


ANNEXE P

Tableau 1: Résultats au champ visuel

| | EC | ENV | ETSA | AC | ANV | ATSA |
|-----------|-------|-------|------|-------|------|-------|
| \bar{m} | 11,70 | 10,63 | 8,94 | 11,78 | 8,73 | 11,84 |
| σ | 0,80 | 1,69 | 3,94 | 0,44 | 2,78 | 0,47 |

Figure 18: Effet du groupe sur le champ visuel



ANNEXE Q

Tableau 2: Résultats à l'épreuve d'extinction et de poursuite visuelle

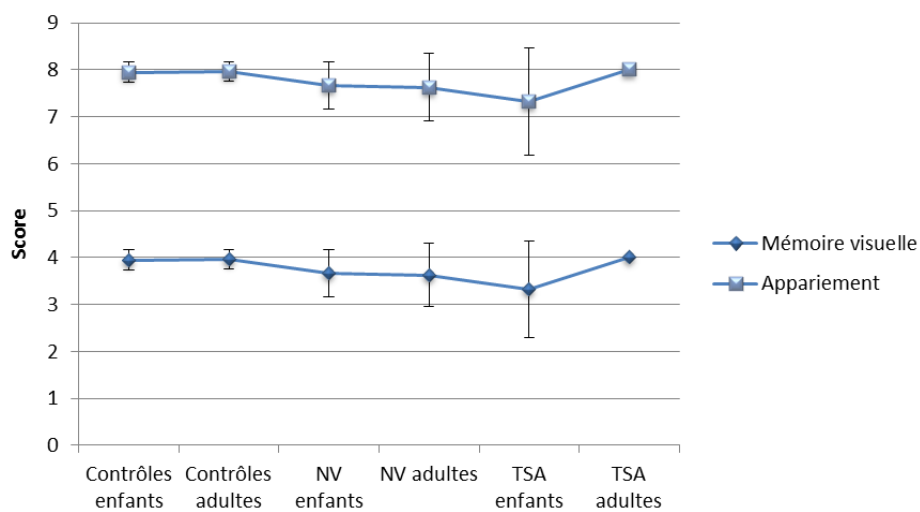
| | EC | | ENV | | ETSA | | AC | | ANV | | ATSA | |
|-----------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|
| | Ext° | Pours | Ext° | Pours | Ext° | Pours | Ext° | Pours | Ext° | Pours | Ext° | Pours |
| \bar{m} | 0,9 | 2,95 | 0,88 | 1,78 | 0,71 | 2,67 | 0,98 | 2,90 | 0,57 | 2,17 | 1 | 2,67 |
| σ | 0,31 | 0,22 | 0,64 | 0,97 | 0,47 | 0,70 | 0,14 | 0,31 | 0,50 | 0,65 | 0 | 0,71 |

ANNEXE R

Tableau 3: Résultats aux épreuves de mémoire et d'appariement visuels

| | EC | | ENV | | ETSA | | AC | | ANV | | ATSA | |
|-----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|
| | Mém | App | Mém | App | Mém | App | Mém | App | Mém | App | Mém | App |
| \bar{m} | 3,95 | 7,95 | 3,67 | 7,67 | 3,33 | 7,33 | 3,96 | 7,96 | 3,63 | 7,63 | 4 | 8 |
| σ | 0,22 | 0,22 | 0,50 | 0,50 | 1,03 | 1,14 | 0,20 | 0,20 | 0,67 | 0,72 | 0 | 0 |

Figure 19: Effet du groupe sur les épreuves de mémoire et appariement visuels



ANNEXE S

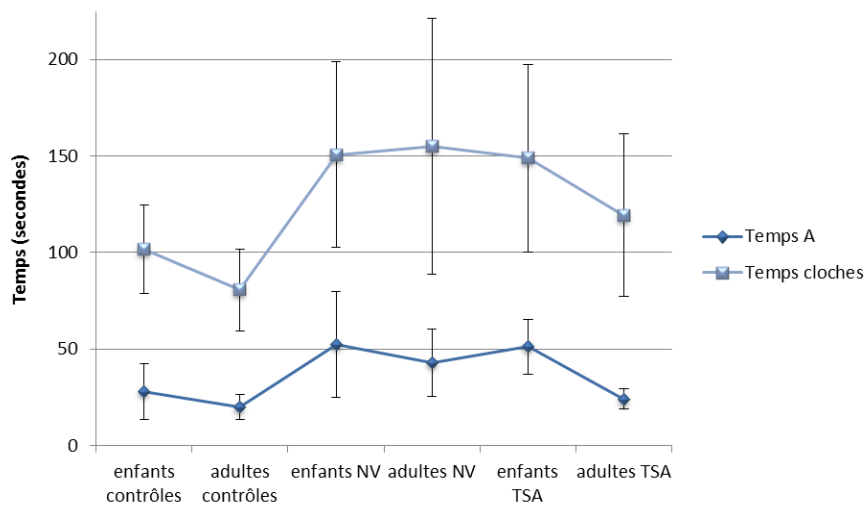
Tableau 4: Résultats à l'épreuve de barrage de A

| | EC | | ENV | | ETSA | | AC | | ANV | | ATSA | |
|-----------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|
| | Score | Tps(s) | Score | Tps(s) | Score | Tps(s) | Score | Tps(s) | Score | Tps(s) | Score | Tps(s) |
| \bar{m} | 14,60 | 27,85 | 13,33 | 52,22 | 14,00 | 51,22 | 14,84 | 20,02 | 14,67 | 42,80 | 14,89 | 24,22 |
| σ | 0,60 | 14,35 | 2,78 | 27,41 | 1,94 | 14,31 | 0,43 | 6,27 | 0,84 | 17,38 | 0,33 | 5,14 |

Tableau 5: Résultats à l'épreuve de barrage de cloches

| | EC | | ENV | | ETSA | | AC | | ANV | | ATSA | |
|-----------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|
| | Score | Tps(s) | Score | Tps(s) | Score | Tps(s) | Score | Tps(s) | Score | Tps(s) | Score | Tps(s) |
| \bar{m} | 30,72 | 101,83 | 27,00 | 150,78 | 28,88 | 148,88 | 32,61 | 80,57 | 31,3 | 155,21 | 34,22 | 119,44 |
| σ | 4,23 | 23,11 | 7,5 | 48,28 | 5,34 | 48,47 | 2,03 | 21,28 | 4,24 | 66,21 | 1,09 | 42,32 |

Figure 20: Effet de groupe sur les temps de réalisation aux épreuves de barrage

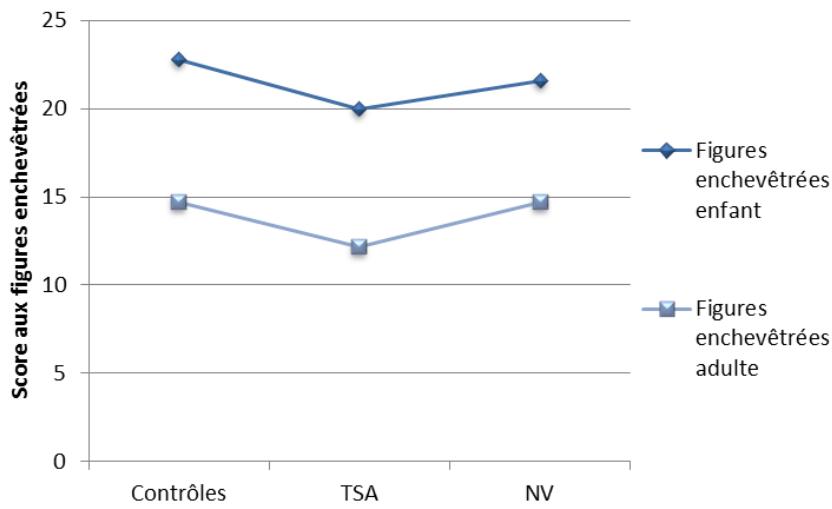


ANNEXE T

Tableau 6: Résultats aux épreuves de figures enchevêtrées enfant et adulte

| | EC | ENV | ETSA | AC | ANV | ATSA |
|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| \bar{m} | 22,78 | 20,00 | 21,57 | 14,69 | 12,17 | 14,67 |
| σ | 0,43 | 3,74 | 2,50 | 0,59 | 3,41 | 0,71 |

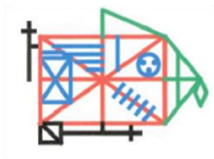
Figure 21: Effet de groupe sur les épreuves de figures enchevêtrées



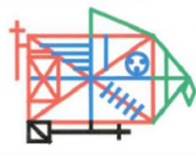
ANNEXE U

Figure 22: Types de copie de la figure de Rey

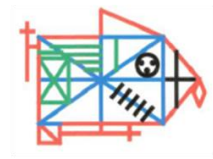
Type 1 : construction sur l'armature



Type 2 : détails englobés dans l'armature



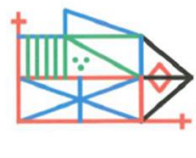
Type 3 : contour général



Type 4 : juxtaposition de détails



Type 5 : détails sur fond confus



Type 6 : réduction à un schéma familier



ANNEXE V

Figure 23: Interaction entre groupe et type de copie à la figure de Rey (3D)

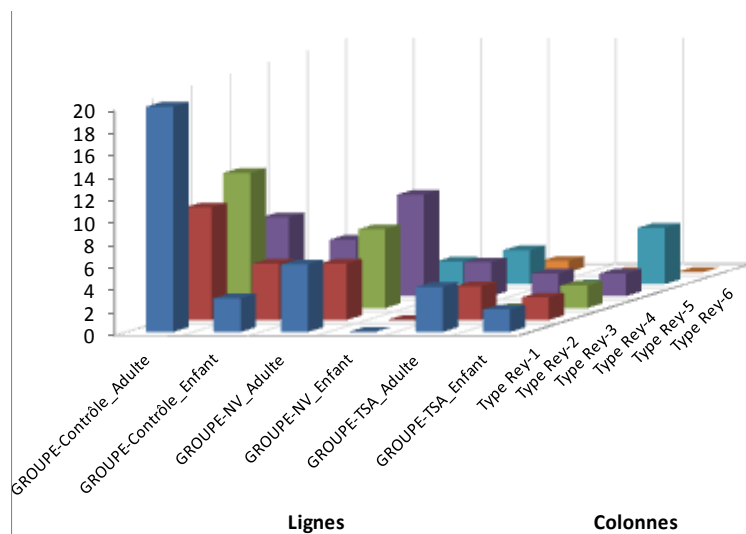


Tableau 7: Résultats à l'épreuve de copie de la Figure de Rey

| | EC | | ENV | | ETSA | | AC | | ANV | | ATSA | |
|-----------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|
| | Score | Tps(s) | Score | Tps(s) | Score | Tps(s) | Score | Tps(s) | Score | Tps(s) | Score | Tps(s) |
| \bar{m} | 34,05 | 197,53 | 22,25 | 235,63 | 23,17 | 181,33 | 35,41 | 119,12 | 27,17 | 268,14 | 33,56 | 148,00 |
| σ | 1,84 | 117,62 | 9,61 | 106,31 | 9,32 | 101,76 | 1,46 | 36,34 | 7,40 | 207,71 | 3,05 | 49,41 |

Tableau 8: Résultats à l'épreuve de rappel de la Figure de Rey

| | EC | | ENV | | ETSA | | AC | | ANV | | ATSA | |
|-----------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|
| | Score | Tps(s) | Score | Tps(s) | Score | Tps(s) | Score | Tps(s) | Score | Tps(s) | Score | Tps(s) |
| \bar{m} | 20,82 | 106,11 | 11,75 | 210,71 | 13,81 | 75,00 | 23,08 | 113,39 | 14,22 | 127,26 | 25,06 | 125,89 |
| σ | 6,15 | 54,18 | 6,19 | 80,34 | 10,25 | 29,51 | 5,72 | 53,48 | 6,84 | 65,81 | 5,43 | 62,46 |

Figure 24: Effet de groupe aux épreuves de copie et de rappel de la figure de Rey

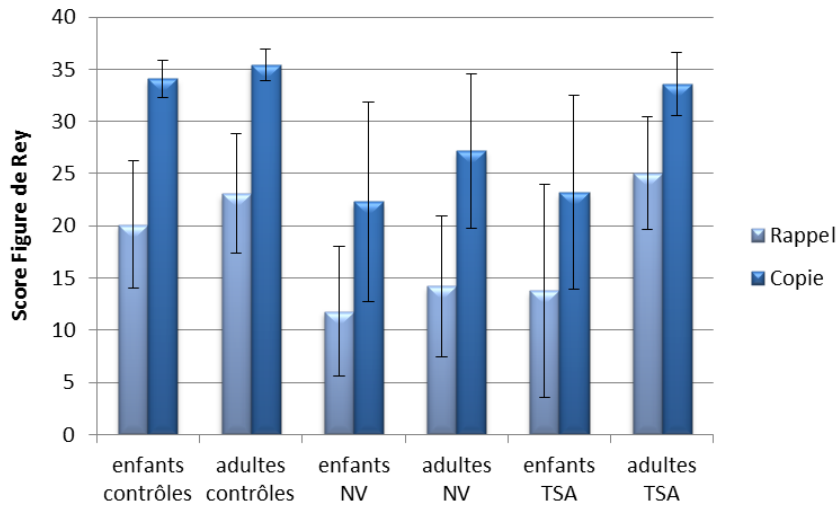
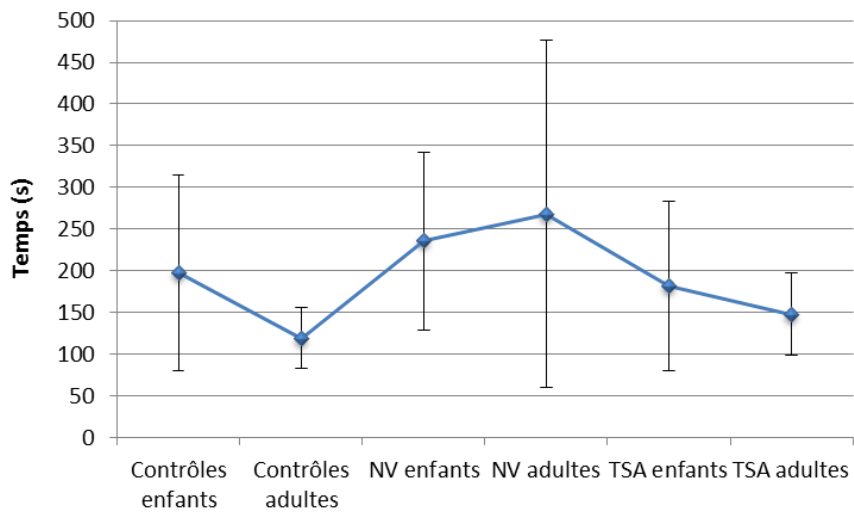


Figure 25: Effet du groupe sur le temps de réalisation à la copie de la Figure de Rey



ANNEXE W

Tableau 9 : Pourcentage de réponses correctes selon la population et l'âge

| | C | NV | TSA | Enfants | Adultes | BFS | NF | HFS |
|---------------|----|----|-----|---------|---------|-----|----|-----|
| \bar{m} (%) | 96 | 90 | 88 | 90 | 94 | 89 | 95 | 94 |
| σ | 3 | 9 | 11 | 9 | 7 | 11 | 7 | 9 |

Figure 27 : Effet de la population sur le pourcentage de réponses correctes

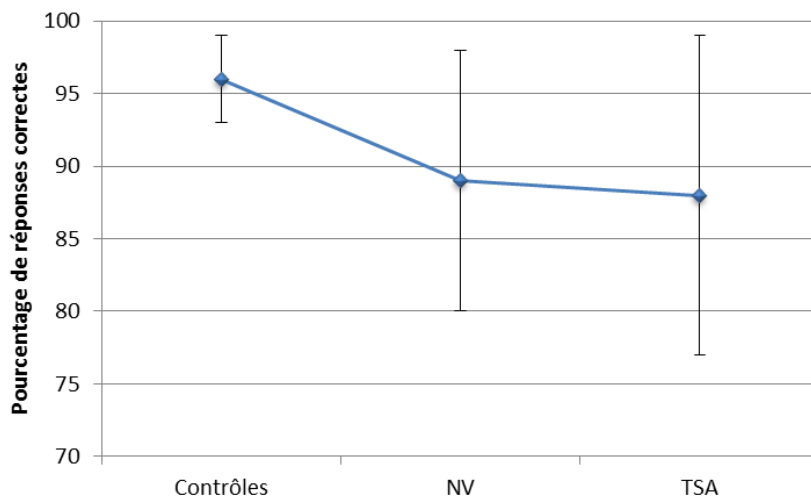


Figure 28: Effet de l'âge sur le pourcentage de réponses correctes

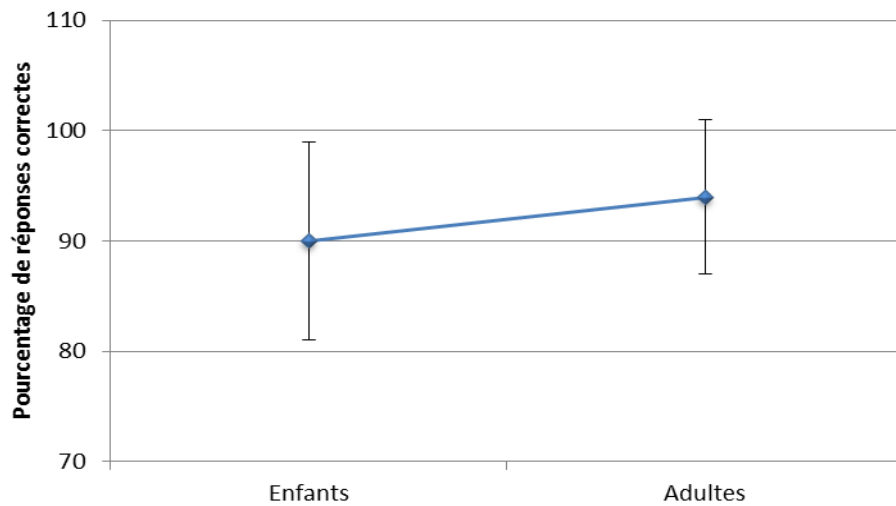
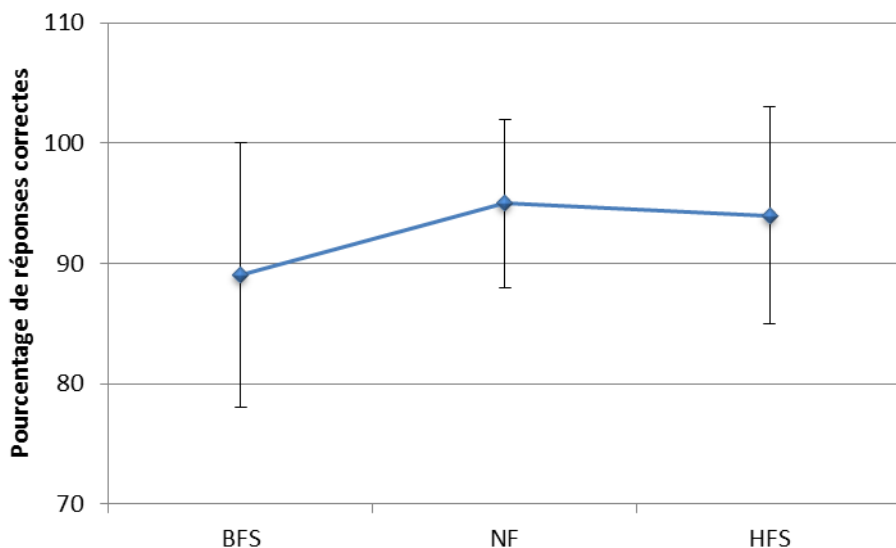


Figure 29: Effet des fréquences sur le pourcentage de réponses correctes

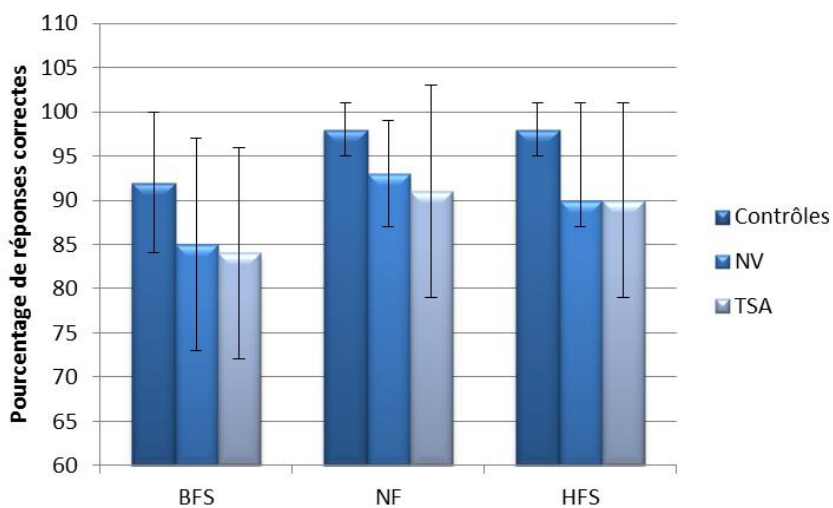


ANNEXE X

Tableau 10: Pourcentage de réponses correctes selon la fréquences et la population

| | BFS | | | NF | | | HFS | | |
|---------------|-----|----|-----|----|----|-----|-----|----|-----|
| | C | NV | TSA | C | NV | TSA | C | NV | TSA |
| \bar{m} (%) | 92 | 85 | 84 | 98 | 93 | 91 | 98 | 90 | 90 |
| σ | 8 | 12 | 12 | 3 | 6 | 12 | 3 | 11 | 11 |

Figure 30: Effet de fréquence et de population sur le pourcentage de réponses correctes

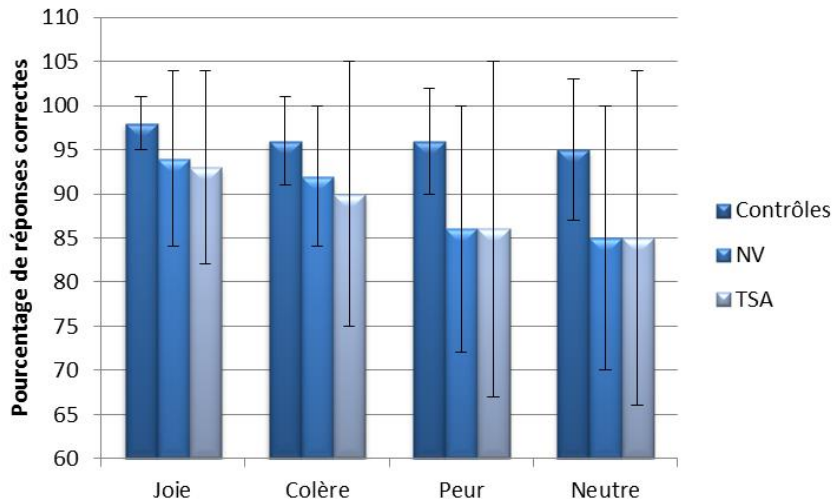


ANNEXE Y :

Tableau 11: Pourcentage de réponses correctes selon la population et les émotions

| | Joie | | | Colère | | | Peur | | | Neutre | | |
|---------------|------|----|-----|--------|----|-----|------|----|-----|--------|----|-----|
| | C | NV | TSA | C | NV | TSA | C | NV | TSA | C | NV | TSA |
| \bar{m} (%) | 98 | 94 | 93 | 96 | 92 | 90 | 96 | 86 | 86 | 95 | 85 | 85 |
| σ | 3 | 10 | 11 | 5 | 8 | 15 | 6 | 14 | 19 | 8 | 15 | 19 |

Figure 31: Effet de l'émotion et de la population sur les pourcentages de réponses correctes

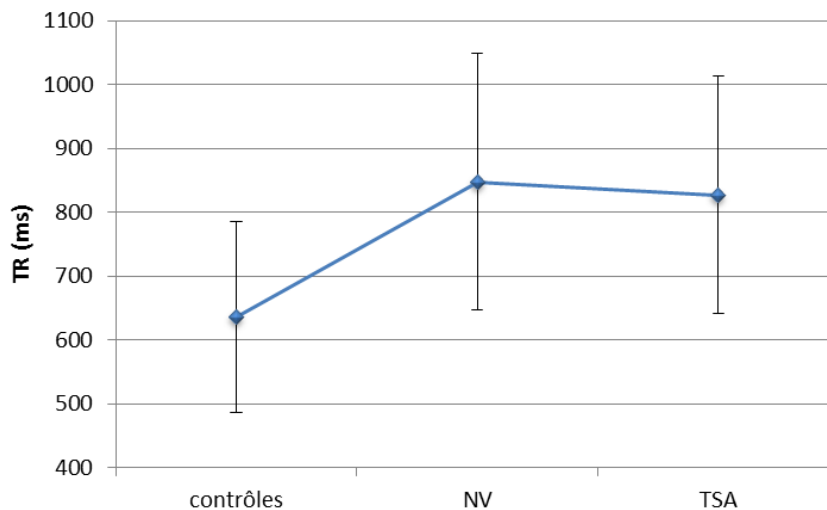


ANNEXE Z

Tableau 12: Temps de réaction selon les populations

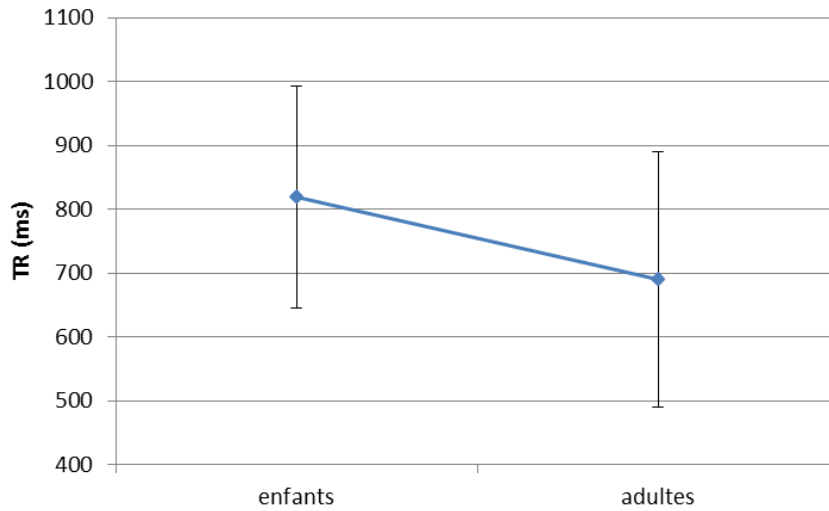
| | C | NV | TSA |
|----------------|-----|-----|-----|
| \bar{m} (ms) | 636 | 848 | 827 |
| σ | 149 | 201 | 186 |

Figure 32: Effet de la population sur les TR



ANNEXE AA

Figure 33: Effet de l'âge sur les TR

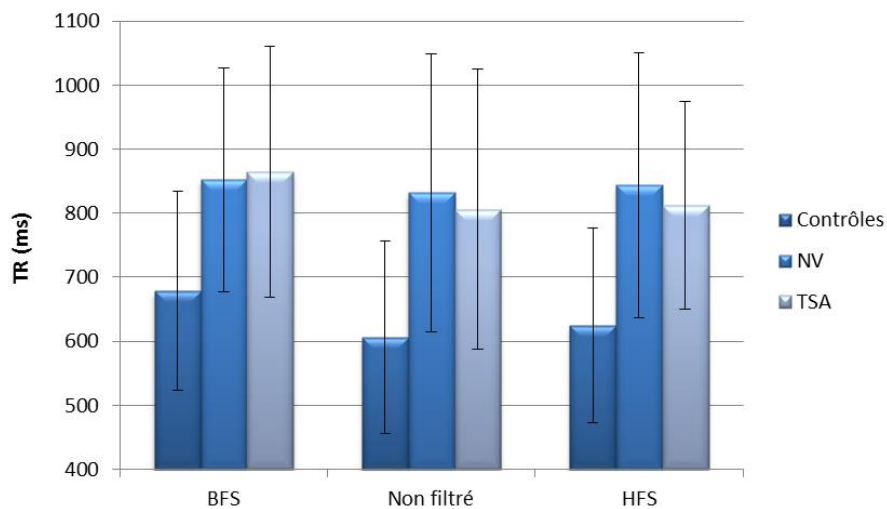


ANNEXE AB

Tableau 13: Temps de réaction selon la fréquence et les populations

| | BFS | | | Non filtré | | | HFS | | |
|----------------|-----|-----|-----|------------|-----|-----|-----|-----|-----|
| | C | NV | TSA | C | NV | TSA | C | NV | TSA |
| \bar{m} (ms) | 679 | 852 | 864 | 605 | 831 | 806 | 625 | 844 | 812 |
| σ | 155 | 174 | 196 | 150 | 217 | 219 | 152 | 207 | 162 |

Figure 34: Interaction entre la fréquence spatiale et la population sur les TR

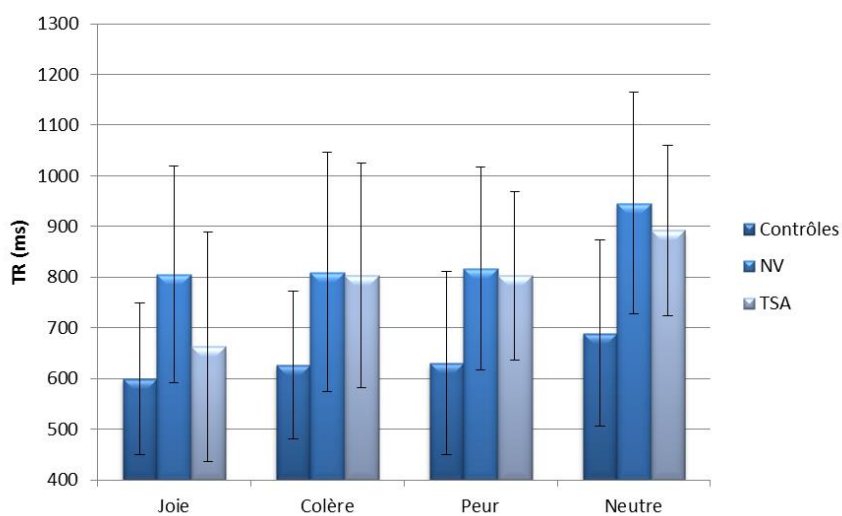


ANNEXE AC

Tableau 14: Temps de réaction selon les émotions et les populations

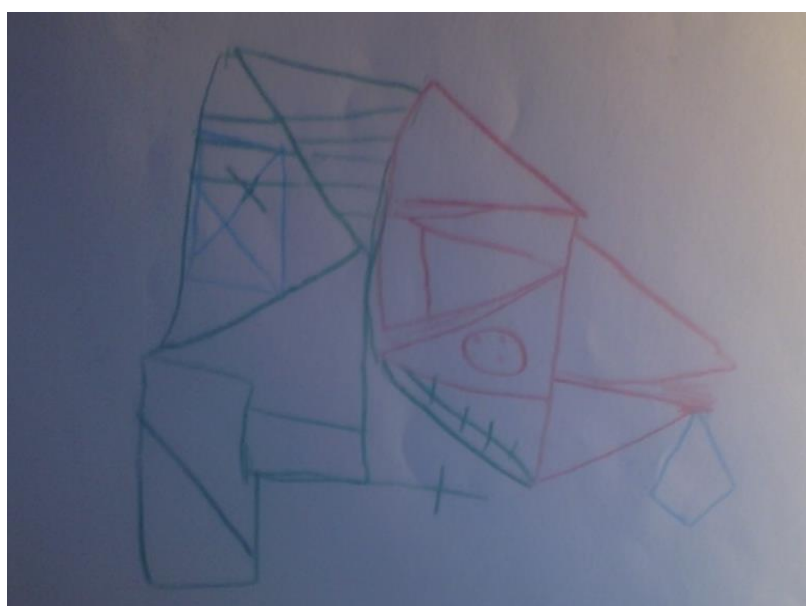
| | Joie | | | Colère | | | Peur | | | Neutre | | |
|----------------|------|-----|-----|--------|-----|-----|------|-----|-----|--------|-----|-----|
| | C | NV | TSA | C | NV | TSA | C | NV | TSA | C | NV | TSA |
| \bar{m} (ms) | 599 | 805 | 763 | 627 | 810 | 804 | 630 | 817 | 803 | 689 | 946 | 892 |
| σ | 149 | 214 | 226 | 146 | 236 | 221 | 180 | 201 | 166 | 184 | 219 | 169 |

Figure 35: Interaction entre le type d'émotion et la population sur les TR



ANNEXE AD

Figure 38: Figure de Rey en copie d'un sujet enfant TSA



Titre : Lien entre fonction visuelle et traitement des émotions faciales dans les troubles autistiques et neurovisuels.

Résumé :

Le diagnostic différentiel entre autisme et troubles neurovisuels peut être difficile à établir. Afin d'évaluer la part des troubles visuels dans la symptomatologie autistique, nous avons proposé à des sujets contrôles (n=69), TSA (n=27) et neurovisuels (n=39) un bilan neurovisuel, le quotient autistique et une tâche informatisée de catégorisation d'émotions. Celle-ci faisait défiler des visages exprimant 4 émotions distinctes, sous différentes fréquences spatiales (traitement local vs global). Nos résultats montrent qu'en comparaison aux contrôles, les sujets TSA et NV présentent d'une part des anomalies au bilan neurovisuel, d'autre part un QA plus élevé et enfin se montrent plus lents et moins performants à la tâche de catégorisation. Notre étude montre également chez les TSA que cette difficulté de traitement des émotions est corrélée à leurs troubles de la fonction visuelle.

Mots-clés : troubles du spectre autistique, syndrome d'Asperger, troubles neurovisuels ; traitement des émotions ; traitement atypique ; fréquences spatiales.

Abstract :

The differential diagnosis between autism and neurovisual disorders can be hard to get. In order to clarify the role of visual impairments in the autistic symptomatology, we evaluated a control group (n=69), and patients with ASD (n=27) or neurovisual impairments (n=39) on several neurovisual tasks, the Autism-Spectrum Quotient test and an emotion classification computer task that shows faces with distinct emotions in different spatial frequencies. Our results reveal that the ASD and NV groups, compared with controls, show abnormalities on the neurovisual tasks, have a higher QA and are slower and less effective on the classification computer task. This study also provided evidence that the emotion recognition deficit that the ASD group shows is correlated with their visual function impairment.

Keywords : autistic spectrum disorders, Asperger Syndrome, neurovisual impairments, emotion processing, emotion processing, atypical processing, spatial frequencies.

Nombre de pages : 60 + 18 pages d'annexes

Nombre de références bibliographiques : 118