

## **Étude de la dynamique cérébrale lors du traitement de stimuli visuels ambigus chez l'adulte avec TSA (Approche électrophysiologique)**

**Pr. Boutheina Jemel**

- Professeur Agrégé-

Université de Montréal

**Dr. Fathi Zegar**

-Maitre de conférences- A-

**Samira Khaled**

- Maitre assistante -A-

Université d'Alger2

تاريخ الارسال: 2018-09-20 تاريخ القبول: 2018-11-21 تاريخ النشر: 2018-12-30

### **Résumé**

Plusieurs études suggèrent que les personnes avec troubles du spectre autistique ont des difficultés à traiter les stimuli visuels ambigus (c.-à-d. quand le stimuli visuel ne comporte pas d'informations essentielles pour qu'il soit interprété d'une façon univoque, comme quand le stimuli n'a aucune signification apparente, ou peut-être interprété de deux ou plusieurs façons différentes). Dans le contexte d'ambiguïté visuelle, il a été montré que le cerveau doit faire appel à des connaissances sémantiques, mnésiques... etc outre les informations sensorielles disponibles dans le stimulus. En terme d'activité cérébrale, les études en neuro-imagerie ont démontré une augmentation de synchronie entre la région occipitale (visuelle) et les régions frontales et temporales (cognition de haut niveau).

Pour mieux comprendre la cognition autistique en lien avec les situations d'ambiguïté, nous avons mené une étude expérimentale où nous avons enregistré l'activité cérébrale au moyen de l'électroencéphalographie de 15 sujets neurotypiques (Contrôles) et de 27 participants avec TSA (14 autistes et 13

Asperger) lors de traitement d'images ambiguës.

**Mots clés :** TSA, électrophysiologie, perception visuelle, ambiguïté, incertitude, processus top-down, synchronie, dynamique cérébrale.

### ملخص:

لقد أشارت عدة دراسات أنالأفراد الذين يعانون من اضطراب طيف التوحد لديهم عدة صعوبات في معالجة المنبهات البصرية الغامضة (بمعنى انه عندما لا تحتوي المنبهات البصرية على المعلومات الأساسية ليتم تفسيرها بشكل أحادي المعنى، كما هو الحال عندما لا يكون للمثير أي معنى ظاهر،أو عندما يمكن تفسيره بطريقتين أو بعدة طرق مختلفة). في سياق الغموض البصري، فقد اثبت أنه يجب على الدماغ أن يلجأ إلى استعمال المعارف الدلالية و الذاكرة... إلخ بالإضافة إلى المعلومات الحسية الموجودة في المنبه.

أما بخصوص النشاط الدماغي، فقد أظهرت الدراسات الخاصة بالتصوير العصبي زيادة في التزامن بين المنطقة القفوية (البصرية) و المناطق الجبهية والصدغية (معرفة ذات مستوى عالي). و لفهم جيد للجانب المعرفي عند الأشخاص التوحديين وعلاقته بالوضعيات الغامضة، قمنا بدراستين تجريبتين أين سجلنا النشاط الدماغي باستخدام رسم التخطيط الدماغي. تنطوي النتائج على تحليل بيانات التخطيط الدماغي عند 15 فرد من المجموعة الضابطة و 27 فردمصاب باضطراب طيف التوحد ( 14 فردمصاب بتوحد مستوى عالي و 13 فردمصاب بمتلازمة أسبرجر).

**الكلمات المفتاحية:** اضطراب طيف التوحد، الكهروفيزيولوجيا، الادراك البصري، الغموض، عدم التيقن، صيوراتTop\_down، التزامن، الدينامية العصبية.

## **Introduction :**

Plusieurs études suggèrent que les personnes avec un trouble du spectre autistique (TSA) ont des difficultés à faire des inférences à partir des connaissances antérieures (Thillay et al., 2016) et des informations contextuelles (Hermelin & Frith, 1971), ce qui se traduit par des déficits au niveau de la théorie de l'esprit (Baron-Cohen, Leslie, & Frith, 1985). Il a été montré que les personnes avec un TSA sont capables de faire des liens entre différents événements ou informations si la tâche porte explicitement sur ces liens, toutefois, dans des tâches implicites ou recourant à des mesures indirectes comme l'oculométrie (Senju, Southgate, White, & Frith, 2009), leurs difficultés à effectuer des inférences de façon automatique semblent plus patentées.

Par ailleurs, dans le contexte de l'hypothèse d'un déficit au niveau du cerveau bayésien (Pellicano, 2013; Pellicano & Burr, 2012; Sinha et al., 2014), il a été proposé que les personnes TSA utilisent moins d'*a priori*, i.e. connaissances top-down, pour le traitement de l'information sociale et non-sociale. Ces connaissances influenceraient moins les entrées sensorielles (Pellicano, 2013), ce qui s'explique par une perception accrue et trop réelle du monde (Pellicano & Burr, 2012).

## **Question de recherche et hypothèses :**

En terme d'activité cérébrale, les études en neuro-imagerie ont démontré une augmentation de synchronie entre la région occipitale (visuelle) et les régions frontales et temporales (cognition de haut niveau). Pour mieux comprendre la cognition autistique en lien avec les situations d'ambiguïté, nous avons mené une étude expérimentale où l'activité cérébrale de 27 sujets TSA et 15

sujets neurotypiques a été mesurée au moyen de l'électroencéphalographie lors d'une tâche de détection d'images. Le paradigme expérimental employé était inspiré de Bentin et al. (2002), il contenait des dessins sur fond gris, 60 images représentant des éléments géométriques simples (ex. deux points, deux croix, ...), 60 images de visages, 60 images d'objets, et des fleurs, pour déterminer dans quelle mesure la perception chez les adultes atteints de TSA pourrait être biaisée par les connaissances antérieures et l'expérience passée comme c'est le cas chez les sujets neurotypiques.

À la lumière de ce qui a été présenté dans la revue de littérature et des études antérieures, l'article actuel aura donc pour objectif d'**étudier la dynamique cérébrale lors du traitement des stimuli visuels ambigus chez l'adulte avec trouble du spectre autistique (TSA)** durant une tâche implicite ou l'on enregistre l'activité cérébrale au moyen de l'électroencéphalographie, en examinant l'influence des expériences antérieures sur l'attribution d'un sens à des stimuli non-signifiants sur les mesures électrophysiologiques. Pour ce faire, la présente étude (inspirée de Bentin et al., 2002) sera constituée d'une partie expérimentale, qui aura pour but de démontrer, à travers la dynamique cérébrale, que les personnes avec TSA font moins automatiquement appel à des hypothèses *a priori* lors du traitement de stimuli non-signifiants par rapport à des sujets neurotypiques (NT) appariés en fonction de l'âge, de la latéralité et du quotient intellectuel global.

L'étude actuelle diffèrera de ce qui a été antérieurement réalisé en recherches selon deux aspects. Premièrement, autrement à ce qui a été effectué par Bentin et collègues (2002), elle sera testée sur des adultes présentant des troubles du spectre autistique (TSA) comparativement aux

adultes neurotypiques (NT).

**La question de recherche sera donc d'examiner s'il y aurait un changement dans le traitement de l'information des deux points avant (bloc 3) et après (bloc 5) avoir été exposés aux visages (bloc 4) ?**

Deuxièmement, le projet actuel effectuera outre l'analyse des potentiels évoqués qui ont été souvent effectués dans les recherches antérieures, l'analyse des activités induites, les études dans ce domaine n'ont pas été très investigatrices. Ce type d'analyse n'ayant pas été effectué dans les études antérieures portant sur les stimuli ambigus. Par conséquent, en apportant ces modifications méthodologiques, nous émettons comme **hypothèse que l'activité neuronale ne change pas quant aux points sans signification après avoir été implicitement liés à une signification possible chez les sujets avec trouble du spectre autistique (TSA).**

**Population de l'étude :**

Un total de 42 participants de jeunes adultes ont été recrutés dans cette étude, avec un âge moyen de 24,28 ans. Parmi eux, 15 participants neurotypiques ont participé au groupe de contrôle (NT:  $n = 15$ , âge moyen = 24,22 ans, écart-type (ET) = 4,8 ans), 14 participants avec autisme de haut niveau (Aut:  $n = 14$ , âge moyen = 25,64 ans, écart-type (ET) = 4,82 ans), et 13 participants avec syndrome d'Asperger (Asp:  $n = 13$ , âge moyen = 23 ans, écart-type (ET) = 4,53 ans). Ils ont été recrutés à la clinique d'autisme de l'Hôpital Rivière-des-Prairies affilié à l'université de Montréal, Québec, Canada.

Les participants étaient droitiers (Oldfield, 1971) et avaient une vision normale ou corrigée à normale, avec un QI global moyen de 104,6 sur la base des échelles de Wechsler appropriées (Kaplan & Wechsler, 1991; Wechsler, 2001).

Les participants neurotypiques n'avaient pas d'antécédents psychiatriques, de troubles d'apprentissage, de TDAH ou de

tout autre trouble neurologique. Les participants atteints de TSA ont été diagnostiqués individuellement par la clinique en utilisant les jugements cliniques, les critères du Manuel diagnostique et statistique-V (APA, 2013; Association, 2015), l'Autism Diagnostic Interview-Revised (ADI-R, Lord, Rutter et Le Couter, 1994) et l'Autism Diagnostic Observation Schedule-General (Lord et al., 2000).

Treize des participants atteints de TSA ont été diagnostiqués comme répondant aux critères du syndrome d'Asperger, tandis que les quatorze autres répondaient aux critères de l'autisme de haut niveau. Les caractéristiques des participants sont présentées dans le **Tableau 1**.

Les données d'un participant dans le groupe des autistes Asperger (AS11) ont été exclues en raison d'un bruit excessif dans ses données EEG. Par conséquent, les données rapportées sont basées sur le nombre de participants mentionné ci-haut. Toutes les procédures de consentement et d'analyses ont été approuvées par le comité d'éthique de l'Hôpital de Rivière-des-Prairies. Un consentement éclairé a été obtenu de tous les participants à l'étude.

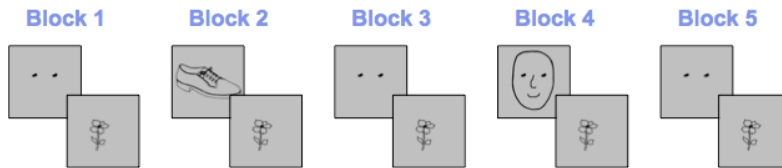
**Tableau 1.** Nombre, âge et les mesures du QI-global des participants (means  $\pm$  SD)

	TSA	TSA (Asp)	NT	P
N	14	13	15	
Age	25.64 (4.82)	23 (4.53)	24.22 (4.8)	ns
QI-global	102.6 (11.6)	106.2 (11.1)	105 (11.5)	ns

### **Stimuli et procédure :**

Les stimuli utilisés dans cette étude expérimentale étaient basés sur les visages schématiques utilisés dans Bentin & al. (2002), les stimuli comprenaient des dessins sur fond gris; 60 images représentant des éléments géométriques simples

(ex. deux points, deux croix, ...), 60 différentes images de visages schématiques, 60 différentes images d'objets, et des stimuli cibles (fleurs), (Voir les exemples de stimuli sur la Figure 1).



**Figure 1.** Paradigme expérimental utilisé dans cette étude (inspiré de Bentin et al, 2002)

### **Tâche et conception :**

Les participants ont été exposés à cinq blocs de stimuli et ont été encouragés à appuyer aussi vite que possible sur un bouton chaque fois qu'une fleur apparaît sur l'écran (le but de cette tâche était de maintenir leur attention pendant l'expérimentation). Chaque image a été présentée pendant 200 ms avec un intervalle inter-stimulus (ISI) variant entre 1000 et 1200 ms, sur un total de 60 essais (Temps total du défilement des blocs était d'environ 8m28s).

**Bloc 1:** des paires de motifs géométriques simples ont été présentées (Points/Dots).

**Bloc 2:** différentes images d'objets ont été présentées (Objet/Object).

**Bloc 3:** des paires de motifs géométriques simples ont été présentées à nouveau après les objets (Doto).

**Bloc 4:** différentes images de visages ont été présentées (Visage/Face)

**Bloc 5:** des paires de motifs géométriques simples ont été présentées à nouveau après les visages (Dotf).

## **Acquisition EEG- (Enregistrement électro en céphalographique) :**

Un système EEG Biosemi a été utilisé pour enregistrer sur 58 électrodes montées sur un bonnet élastique Electro-cap. Les sessions ont été enregistrées à une fréquence d'échantillonnage de 1024 Hz. La conductance de la peau, aussi appelée Réponse Galvanique de la Peau, l'électrocardiogramme, ainsi que les mouvements des yeux et la taille de la pupille ont été également enregistrés. Seule l'analyse des données EEG est reportée ici.

Les analyses EEG ont d'abord été réalisées à l'aide du logiciel E-probe (GUI version 1.2.0.2, ANT software, 2003, voir [www.ant-software.nl](http://www.ant-software.nl) pour plus d'informations).

L'activité de l'électroencéphalogramme (EEG) a été enregistrée en continu sur le cuir chevelu à partir de 58 électrodes (plus les canaux EOG), échantillonnés à 1024 Hz, selon le système international amélioré 10-20.

L'électro-oculogramme (EOG) a été détecté à l'aide de deux électrodes bipolaires, l'une située sur le canthus externe de l'œil dominant et l'autre sur la région sous-orbitaire du même œil (pour surveiller les mouvements oculaires verticaux et les clignements) et l'œil latéral aux deux yeux (pour surveiller les mouvements oculaires horizontaux).

La dominance oculaire pour chaque participant a été déterminée en utilisant le test Miles (Miles, 1930).

Les segments EEG (de 400 ms avant et 1000 ms après le début du stimulus) avec des clignements oculaires et autres mouvements et artefacts musculaires ont été automatiquement rejetés si l'écart type des canaux EOG



dans une fenêtre glissante de 200 ms dépassait 40 mV ou si l'écart type de toute électrode sur le scalp dépassait 20 mV. Les clignements oculaires ont ensuite été détectés et corrigés en soustrayant de l'EEG les composantes EOG de la transformés PCA pour chaque électrode, pondérés en fonction des facteurs de propagation VEOG (calculés par régression linéaire).

L'activité EEG a ensuite été transformée en Current Scalp Density (CSD), et ont été calculées à l'aide d'une fonction spline sphérique (Perrin, Pernier, Bertrand, & Echallier, 1989) implémentée dans la boîte à outils CSD (1.1 (Kayser & Tenke, 2006)) avec le splineorder set à  $m = 4$  et une constante de lissage (smoothing constant) à  $\lambda = 2.5 * 10^{-}$ .

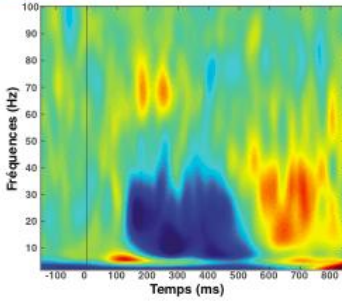
### **Analyse des données électroencéphalographiques :**

#### **Analyses temps-fréquences (TF) des activités oscillatoires :**

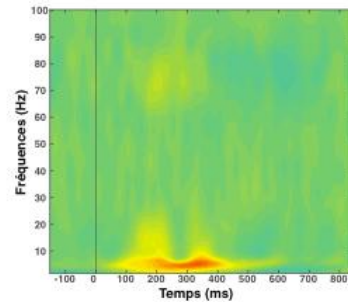
Après soustraction des potentiels évoqués (activités verrouillées dans le temps) de chaque segment CSD brut, les activités oscillatoires ont été analysées, essai par essai, via une analyse temps-fréquence dans MatLab. Nous avons effectué une transformée complexe en ondelettes de Morlet (complex Morlet wavelet transform) avec 3 à 12 cycles qui varie systématiquement et logarithmiquement avec les fréquences analysées (2 à 100 Hz). Cette méthode a conduit à une estimation de la puissance des activités induites dans le domaine TF.

**Figures 2.1 et 2.2.** Illustration des analyses Temps-Fréquencesuruneélectrode (PO4)

Oscillations induites  
et non-induites

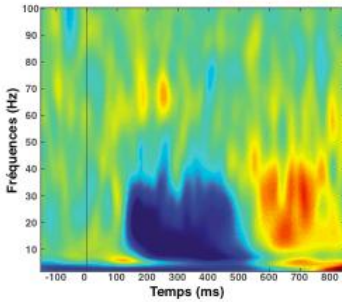


Représentation  
fréquentielle des PEs

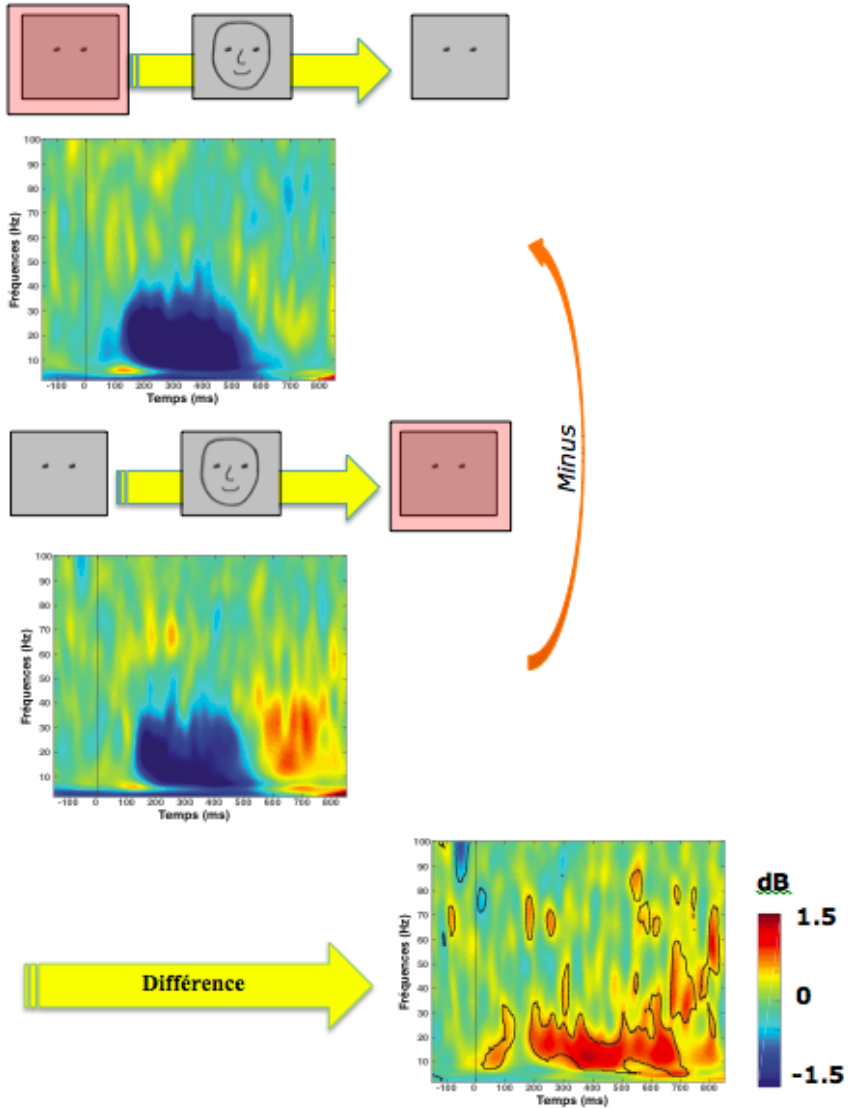


*minus*

Oscillations induites



**Figure 2.1.** Méthode d'extraction des potentiels évoqués:  
Oscillations induites et non-induites (-) Oscillations induites  
= Potentiels évoqués



**Figure 2.2.** Représentation de la différence des cartes temps-fréquence avant et après l'exposition au visage sur l'électrode PO4 (Diff = Dotf (-) Dots)

**Analyses statistiques :** (Analyses statistiques des activités oscillatoires) :

L'analyse TF des deux conditions (Dotf VS Dots TF) a été évaluée statistiquement à l'aide d'un test de partitionnement de données (clustering) et d'un test de randomisation non paramétrique, implémenté dans la boîte à outils Fieldtrip open source (Maris & Oostenveld, 2007; disponible sur <http://www.ru.nl/fcdonders/fieldtrip>), sous Matlab 7.7 (R2008b).

Dans un premier temps, des statistiques "t" bilatérales appariées des différences entre les essais Dotf et Dots ont été calculés pour chaque groupe de participants TSA (Autistes de haut niveau VS Autistes Aspergers).

Deuxièmement, les paires d'électrodes adjacentes dans l'espace pour lesquelles les statistiques "t" dépassaient la valeur critique de 5% ont ensuite été regroupées en un certain nombre de groupes.

Troisièmement, la somme des valeurs de "t" dans chaque groupe a ensuite été utilisée comme cluster-levelstatistic, qui a ensuite été testée pour la signification au moyen du test de randomisation de Monte Carlo (1000 tirages aléatoires).

Une distribution de valeur p de référence à partir de 1000 tirages aléatoires a été obtenue en calculant les statistiques "t" pour chaque partition aléatoire des données de conditions Dotf et Dots dans chaque participant du groupe TSA.

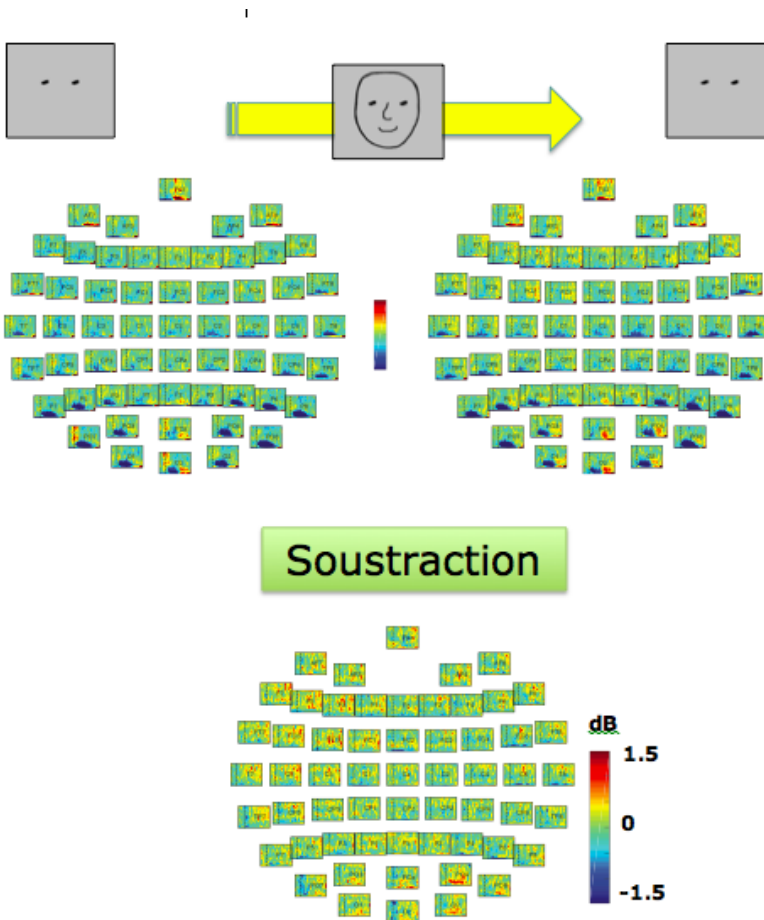
Le cluster-levelstatistics sous la distribution nulle aléatoire de la statistique maximale de cluster-levelstatistic a été contrôlé pour le taux d'erreur de type I pour la matrice de données spatiotemporelle complète (Maris & Oostenveld, 2007) puis moyennés.

Cela a révélé des temps d'intérêt et des régions d'intérêt qui correspondaient approximativement aux groupes spatio-temporels les plus apparents d'activité différentielle entre les essais Dotf et Dots.

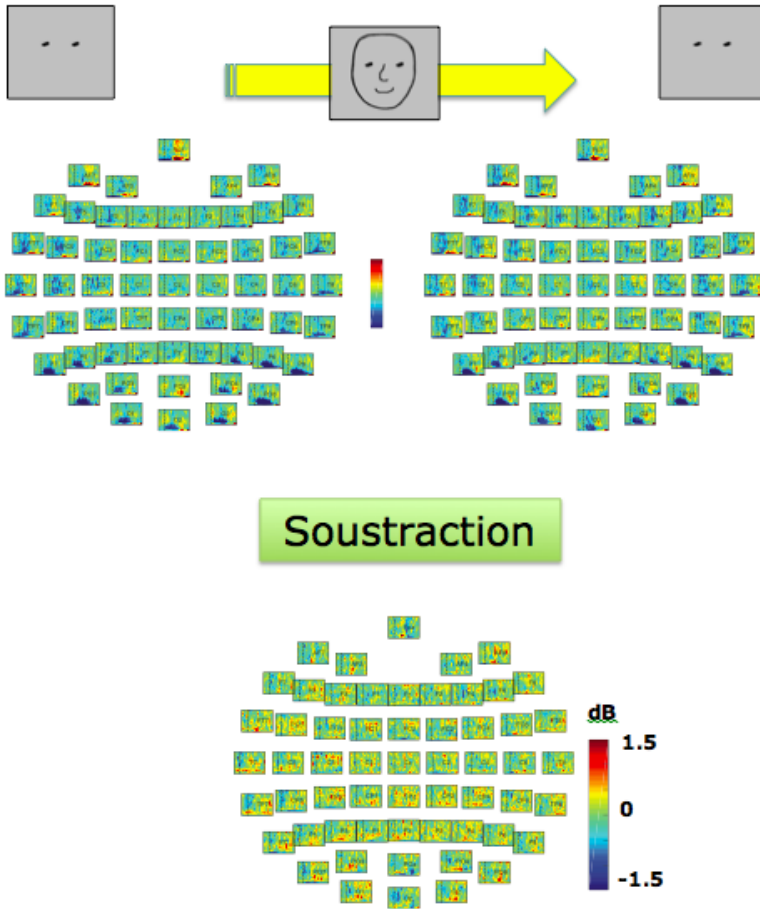
## Résultats

### 1. Résultats électroencéphalographiques :

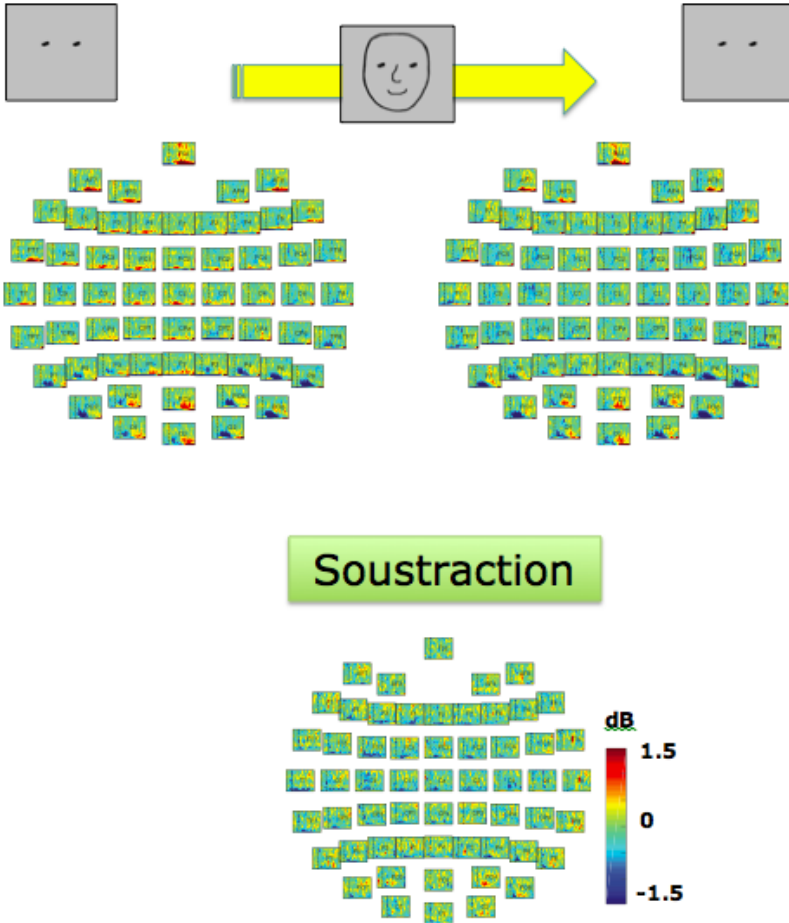
#### 1.1. Résultats des activités oscillatoires :



**Figure 3.** Cartes temps-fréquences des activités induites et la différences entre avant et après l'exposition au visage des sujet neurotypiques

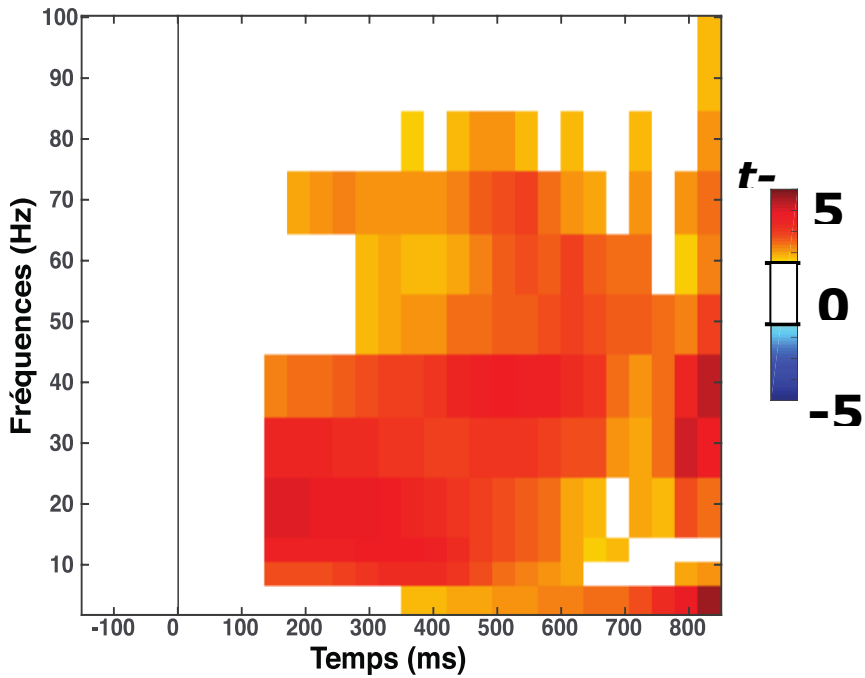


**Figure 4.** Cartes temps-fréquences des activités induites et la différences entre avant et après l'exposition au visage des sujets Autistes



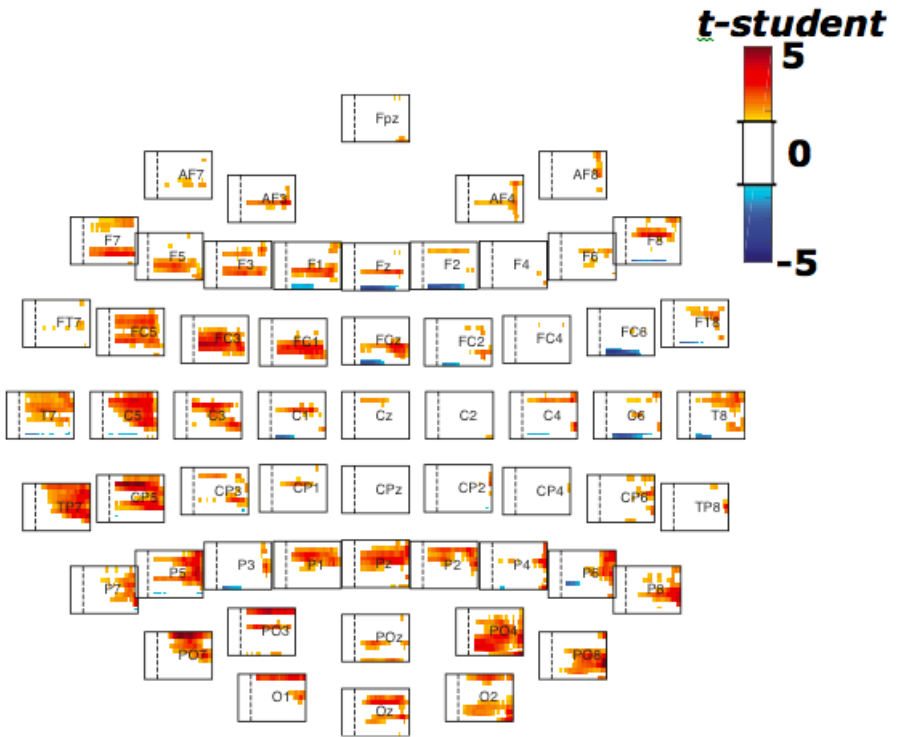
**Figure 5.** Cartes temps-fréquences des activités induites et les différences entre avant et après l'exposition au visage des sujets Aspergé

**2. Résultats statistiques :** (résultats statistiques des activités oscillatoires)

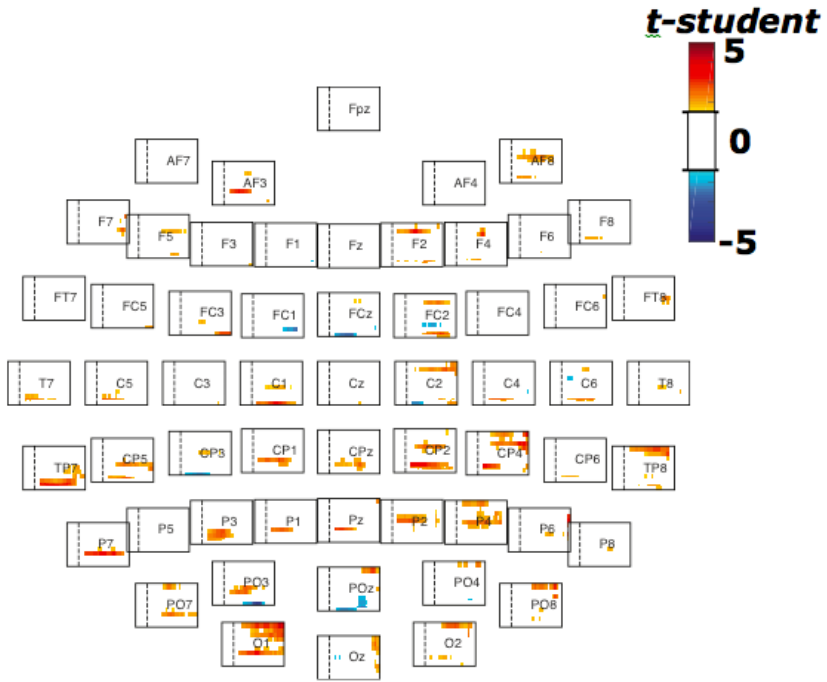


**Figure 6.**Carte t-student des activités induites de l'électrode (PO4) représentant la différence entre avant et après l'exposition au visage chez un sujet Neurotypique (à titre d'illustration)

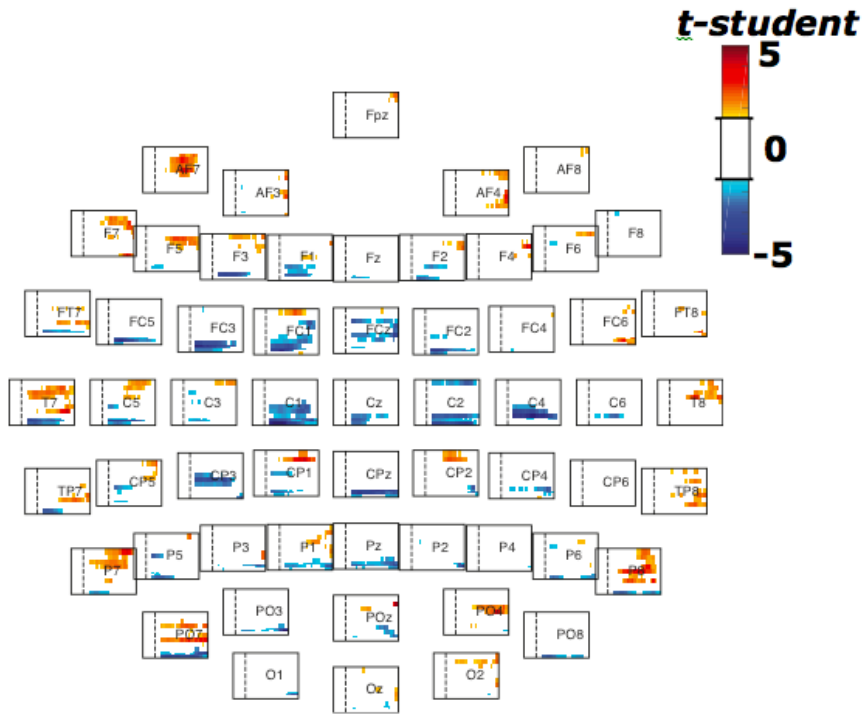




**Figure 7.** Cartest-student des activités induites des 58 électrodes représentant la différence entre avant et après l'exposition au visage des sujets Neurotypiques



**Figure 8.** Cartest-student des activités induites des 58 électrodes représentant la différence entre avant et après l'exposition au visage des sujets Autistes



**Figure 9.** Cartest-student des activités induites des 58 électrode représentant la différence entre avant et après l'exposition au visage des sujets Autistes Aspergers.

**Discussion:**

Dans le contexte d'ambiguïté visuelle il a été montré que le cerveau doit faire appel à des connaissances antérieures outre les informations sensorielles disponibles dans l'environnement, et donc à générer des prédictions afin de comprendre le monde (Pellicano, 2013; Pellicano & Burr, 2012; Sevgi, Diaconescu, Tittgemeyer, & Schilbach, 2016; Teufel, Subramaniam, & Fletcher, 2013; Van de Cruys, de Wit, Evers, Boets, & Wagemans, 2013).

Notre étude actuelle a pour objectif général d'étudier la dynamique cérébrale lors du traitement des stimuli visuels ambigus chez l'adulte avec trouble du spectre autistique (TSA) lors d'une tâche implicite d'identification d'images. Pour parvenir à cet objectif, nous avons mené une étude expérimentale où l'activité cérébrale de 15 sujets neurotypiques (contrôles), 13 sujets Asperger et 14 sujets autistes (de haut niveau) a été mesurée au moyen de l'électroencéphalographie lors d'une tâche de détection d'images. Le paradigme expérimental inspiré de Bentin et al (2002), contenait des dessins sur fond gris présentés graduellement, en une séquence de cinq blocs, chaque bloc comportant 60 images représentant des éléments géométriques simples (ex. deux points, deux croix, ...), 60 images de différents visages (les visages contenaient les mêmes différents points présentés dans le premier bloc), 60 images de différents objets, et des images de fleurs, pour déterminer dans quelle mesure la perception chez les adultes atteints de TSA pourrait être biaisée par les connaissances antérieures et l'expérience passée comme c'est le cas chez les sujets neurotypiques.

La question de recherche était alors d'examiner s'il y aurait un changement dans le traitement de l'information des deux points avant (bloc 3) et après (bloc 5) avoir été exposés aux visages (bloc 4) ? Nous avons émis comme hypothèse que l'activité neuronale ne change pas quant aux points sans signification après avoir été implicitement liés à une signification possible chez les sujets avec trouble du spectre autistique (TSA).

De plus, démontrer que dans des tâches implicites, i.e. la tâche se fait automatiquement, comme dans les études recourant à des mesures indirectes comme l'oculométrie dans (Senju et al., 2009), les difficultés des personnes avec

TSA à effectuer des inférences de façon automatique semblent plus patentes, contrairement aux tâches explicites où il a été démontré que les personnes avec un TSA sont capables de faire des liens entre différents événements ou informations (Klin, 2000).

En terme d'activité cérébrale, les études en neuro-imagerie ont démontré une augmentation de synchronie entre la région occipitale (visuelle) et les régions frontales et temporales (cognition de haut niveau), nous nous attendions également à observer une telle synchronie chez les sujets neurotypiques.

Nous avons recouru à des méthodes pour extraire les oscillations du signal EEG et avons effectué des analyses temps-fréquence, dans le but d'étudier les composantes transitoires et non stationnaires du signal telles que les activités induites (Hot & Delplanque, 2013, pp. 40-41).

### **Conclusion et perspective futures:**

L'objectif général d'étudier la dynamique cérébrale lors du traitement des stimuli visuels ambigus chez l'adulte avec trouble du spectre autistique (TSA) lors d'une tâche implicite d'identification d'images dans le but d'examiner l'influence des connaissances antérieures sur l'attribution d'un sens à des stimuli non-signifiants par rapport à des sujets neurotypiques appariés en fonction de l'âge, de la latéralité et des quotients intellectuels globaux.

Les résultats du présent article de recherche renforcent l'idée que les personnes avec TSA utilisent moins d'*a priori*, i.e. connaissances top-down, pour le traitement de l'information sociale et non-sociale. Ces connaissances influenceraient moins les entrées sensorielles (Pellicano, 2013), ce qui s'explique par une perception accrue et trop réelle du monde (Pellicano & Burr, 2012), le traitement chez

eux est par conséquent bloqué dans les niveaux inférieurs de la hiérarchie perceptuelle.

En conclusion, notre travail nous apporte comme contribution que les autistes peuvent très bien traiter l'information telle qu'elle est présentée dans le stimulus, il sont plus dans le processus bottom-up (Maekawa et al., 2011), leur cerveau n'est pas proactive à faire des inférences et des anticipations sur l'environnement d'une façon spontanée et automatique. Ce résultat est évocateur des expériences sur l'attention dans Maekawa et al. (2011) où il a été constaté que l'attention involontaire ascendante (bottom-up) n'est pas affectée chez les autistes de haut niveau, alors que le traitement de l'information visuelle de niveau inférieur et descendant (top-down) sont altérés.

### **Perspectives futures :**

Le modèle bayésien pourrait mieux expliquer les atypies du trouble du spectre autistique et permettrait de prédire les particularités perceptives, non-sociales, cognitives et même comportementales de cette population.

Cette approche pourrait faciliter l'établissement de bases théoriques solides permettant de fonder de futures interventions adaptées aux divers besoins des personnes autistes.

Etablir un modèle d'intervention s'appuyant sur les principes centraux du modèle bayésien dans le but de renforcer les *a priori* atténués dans l'autisme, en essayant de clarifier les attentes sociales chez ces personnes, et générer des outils de gestion personnelle pour les différentes situations sociales.

En effet, il demeure pertinent et avantageux de travailler à accroître *ces a priori* par la voie de l'enseignement ou de l'exposition répétée à différentes situations à caractère ambiguë surtout.

## Bibliographie

- APA, A. (2013). DSM-5 diagnostic and statistical manual of mental disorders: American Psychiatric Association Arlington, TX.
- Association, A. P. (2015). Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders, (DSM-5). Arlington: APA; 2013. Traduction française sous la direction de Crocq MA, Guelfi JD, et al: Paris: Elsevier-Masson.
- Baron-Cohen, S., Leslie, A. M., & Frith, U. (1985). Does the autistic child have a “theory of mind”? *Cognition*, 21(1), 37-46.
- Bentin, S., Sagiv, N., Mecklinger, A., Friederici, A., & von Cramon, Y. D. (2002). Priming visual face-processing mechanisms: Electrophysiological evidence. *Psychological Science*, 13(2), 190-193.
- Hermelin, B., & Frith, U. (1971). Psychological studies of childhood autism: Can autistic children make sense of what they see and hear? *The Journal of Special Education*, 5(2), 107-117.
- Hot, P., & Delplanque, S. (2013). *Electrophysiologie de la cognition* (1 ed.): Dunod.
- Kaplan, E., & Wechsler, D. (1991). *WAIS-R NI for Use with WAIS-R: WAIS-R as a Neuropsychological Instrument: Manual*: Psychological Corporation.
- Kayser, J., & Tenke, C. E. (2006). Principal components analysis of Laplacian waveforms as a generic method for identifying ERP generator patterns: I. Evaluation with auditory oddball tasks. *Clinical neurophysiology*, 117(2), 348-368.
- Klin, A. (2000). Attributing social meaning to ambiguous visual stimuli in higher-functioning autism and Asperger syndrome: The social attribution task. *The Journal of Child Psychology and Psychiatry and Allied Disciplines*, 41(7), 831-846.
- Lord, C., Risi, S., Lambrecht, L., Cook, E. H., Leventhal, B. L., DiLavore, P. C., . . . Rutter, M. (2000). The Autism Diagnostic Observation Schedule—Generic: A standard measure of social and communication deficits associated with the spectrum of autism. *Journal of autism and developmental disorders*, 30(3), 205-223.

- Maekawa, T., Tobimatsu, S., Inada, N., Oribe, N., Onitsuka, T., Kanba, S., & Kamio, Y. (2011). Top-down and bottom-up visual information processing of non-social stimuli in high-functioning autism spectrum disorder. *Research in Autism Spectrum Disorders*, 5(1), 201-209.
- Maris, E., & Oostenveld, R. (2007). Nonparametric statistical testing of EEG-and MEG-data. *Journal of neuroscience methods*, 164(1), 177-190.
- Miles, W. R. (1930). Ocular dominance in human adults. *The journal of general psychology*, 3(3), 412-430.
- Oldfield, R. C. (1971). The assessment and analysis of handedness: the Edinburgh inventory. *Neuropsychologia*, 9(1), 97-113.
- Pellicano, E. (2013). Sensory symptoms in autism: a blooming, buzzing confusion? *Child Development Perspectives*, 7(3), 143-148.
- Pellicano, E., & Burr, D. (2012). When the world becomes 'too real': a Bayesian explanation of autistic perception. *Trends in cognitive sciences*, 16(10), 504-510.
- Perrin, F., Pernier, J., Bertrand, O., & Echallier, J. (1989). Spherical splines for scalp potential and current density mapping. *Electroencephalography and clinical neurophysiology*, 72(2), 184-187.
- Russo, N., Mottron, L., Burack, J., & Jemel, B. (2012). Parameters of semantic multisensory integration depend on timing and modality order among people on the autism spectrum: Evidence from event-related potentials. *Neuropsychologia*, 50(9), 2131-2141.
- Senju, A., Southgate, V., White, S., & Frith, U. (2009). Mindblind eyes: an absence of spontaneous theory of mind in Asperger syndrome. *Science*, 325(5942), 883-885.
- Sevgi, M., Diaconescu, A. O., Tittgemeyer, M., & Schilbach, L. (2016). Social Bayes: Using Bayesian modeling to study autistic trait-related differences in social cognition. *Biological psychiatry*, 80(2), 112-119.
- Sinha, P., Kjelgaard, M. M., Gandhi, T. K., Tsourides, K., Cardinaux, A. L., Pantazis, D., . . . Held, R. M. (2014). Autism as a disorder of prediction. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(42), 15220-15225.



- Teufel, C., Subramaniam, N., & Fletcher, P. C. (2013). The role of priors in Bayesian models of perception. *Frontiers in computational neuroscience*, 7, 25.
- Thillay, A., Lemaire, M., Roux, S., Houy-Durand, E., Barthélémy, C., Knight, R. T., . . . Bonnet-Brilhault, F. (2016). Atypical brain mechanisms of prediction according to uncertainty in autism. *Frontiers in neuroscience*, 10, 317.
- Van de Cruys, S., de-Wit, L., Evers, K., Boets, B., & Wagemans, J. (2013). Weak priors versus overfitting of predictions in autism: Reply to Pellicano and Burr (TICS, 2012). *i-Perception*, 4(2), 95-97.
- Wechsler, D. (2001). WAIS-III. Escala de Inteligencia de Wechsler para Adultos. *TEA Ediciones, Madrid*.