



HAL
open science

Corrélation des capacités de réception et de production des émotions chez les patients avec TSA

Laura Jouve

► **To cite this version:**

Laura Jouve. Corrélation des capacités de réception et de production des émotions chez les patients avec TSA. Médecine humaine et pathologie. 2020. dumas-02945652

HAL Id: dumas-02945652

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-02945652v1>

Submitted on 22 Sep 2020

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.

MÉMOIRE présenté pour l'obtention du
CERTIFICAT DE CAPACITE D'ORTHOPHONISTE
ET DU GRADE DE MASTER 2 D'ORTHOPHONIE

Présenté et soutenu le 11/06/2020 par

JOUVE Laura

Née le 23 Octobre 1994 à Montpellier

CORRELATION DES CAPACITES DE RECEPTION
ET DE PRODUCTION DES EMOTIONS CHEZ LES
PATIENTS AVEC TSA

Directeur de Mémoire : THUMMLER Susanne,
Maitre de conférences

Co-directeurs de Mémoire : BARGUE Sarah,
Orthophoniste

RENAUDO Nadine,
Orthophoniste

Nice

2020

Remerciements

J'adresse mes remerciements à Madame Susanne Thummler, qui m'a permis de découvrir ce beau projet qu'est JEMImE.

Merci au CRA de Nice de m'avoir accordé l'accès aux données de leur projet, et notamment à Madame Nadine Renaudo d'avoir accepté de diriger mon mémoire. Un grand merci à Mme Stéphanie Hun pour son implication, ses conseils et sa disponibilité.

Je souhaite également remercier du fond du cœur Mme Sarah Bargue, qui m'a accompagnée tout au long de ce mémoire, m'a encadrée, guidée avec tant de bienveillance et de réactivité. Merci de m'avoir soutenue, remotivée quand j'en avais besoin et d'avoir cru en moi.

Mes sincères remerciements à Mme Valeria Manera pour tout le temps qu'elle a consacré à répondre à mes questions et pour son aide à la réalisation de mes analyses statistiques.

Merci également à Mme Auriane Gros, qui m'a accompagnée et aiguillée tout au long de mon travail.

Je souhaite également remercier Mr Serge Font, mon maître de stage et de vie, qui a été d'une grande disponibilité, notamment dans les moments les plus difficiles et qui a toujours su trouver les mots pour me remotiver. Merci pour tout ce que tu m'apportes depuis un an, pour ton inconditionnel partage, tu m'as permis de découvrir l'orthophoniste que je voulais être.

Enfin, merci à ma famille, qui a relu chaque partie de mon mémoire avec beaucoup d'attention et m'a toujours encouragée avec tellement d'amour. Merci à Vladimir, Laurie et Auréa pour leur présence sans faille.

Sommaire

Introduction.....	5
Partie théorique.....	7
Chapitre 1 L'Autisme.....	8
1 Définition.....	8
1.1 Origine et évolution des concepts.....	8
1.2 Prévalence et étiologie.....	8
2 Fonctionnement cérébral.....	9
2.1 Le modèle de la dysconnectivité.....	9
2.2 Activation atypique des zones cérébrales.....	11
3 Particularités de fonctionnement.....	11
3.1 Fonctionnement sensoriel et moteur.....	12
3.2 Fonctionnement cognitif et fonction de communication.....	12
3.3 Interactions sociales et fonction émotionnelle.....	13
4 Autisme et Jeux sérieux.....	14
Chapitre 2 L'Emotion.....	16
1 Définition et fonctionnement cérébral.....	16
1.1 Origine et évolution des concepts.....	16
1.2 Qu'est-ce qu'une émotion ?.....	17
2 Production des émotions.....	19
2.1 Expressions faciales.....	19
2.2 Expression vocale.....	19
2.3 Expression gestuelle.....	20
3 Réception des émotions.....	21
3.1 Reconnaissance émotionnelle : une capacité précoce.....	21
3.2 Le concept de mentalisation.....	21
4 Émotions et Jeux sérieux.....	22
Partie pratique.....	24
1 Problématique et objectifs.....	25
2 Matériel et méthode.....	26
2.1 Le projet.....	26
2.2 Population.....	27
2.3 Matériel.....	28
2.4 Déroulé de l'étude et logiciel JEMImE.....	28

2.5	Recueil des données	30
3	Résultats	31
3.1	Résultats pour l'objectif principal	31
3.2	Résultats pour l'objectif secondaire	33
	Discussion	38
	Conclusion et perspectives.....	41
	Bibliographie.....	43

INTRODUCTION

Les troubles du spectre autistique (TSA) sont des troubles neurodéveloppementaux caractérisés par des déficits de la communication et des interactions sociales ainsi qu'un caractère restreint et répétitif des comportements et intérêts. Les anomalies d'interactions sociales touchent surtout les comportements non verbaux utilisés pour entrer en contact avec les autres et comportent un défaut de théorie de l'esprit, autrement dit de la capacité d'attribuer un état mental aux autres et à soi-même et ainsi prédire les réactions de son interlocuteur. Ainsi, les personnes avec TSA présentent des difficultés importantes concernant la compréhension des expressions émotionnelles d'autrui et la production des émotions ressenties, et ce, quelles que soit les modalités d'expression (visuelle, gestuelle ou vocale). Or la maîtrise des émotions est un élément essentiel à la communication et à l'intégration sociale. Les émotions sont régies par un réseau de circuits cérébraux impliquant l'amygdale, l'hippocampe, l'hypothalamus, le thalamus, le cortex préfrontal et temporal, nécessaire à leur perception et à leur ressenti. Ces zones cérébrales ainsi que celles normalement activées lors des situations de cognition sociale (systèmes de neurones miroirs et de mentalisation) semblent peu stimulées chez les personnes présentant un TSA. C'est pourquoi, aider les personnes avec TSA à développer leurs habiletés sociales, notamment au niveau émotionnel, est essentiel dans leur prise en charge.

Depuis plusieurs années, et grâce aux progrès numériques, de plus en plus de jeux sérieux sont conçus dans cette optique. En effet, l'usage des technologies du numérique offre de nombreuses possibilités, tant dans le contenu (émotions, communication, habiletés sociales, autonomisation...) que dans les supports (ordinateurs, tablettes tactiles, smartphones...), et occupe un rôle de plus en plus important dans la clinique des TSA. Les recherches concernant l'utilisation de ce genre de supports, apportent les preuves d'une efficacité globale, et plus particulièrement des apprentissages plus rapides. Cependant, la plupart de ces jeux ciblent uniquement la reconnaissance des émotions, c'est le cas notamment de JeStiMule, dont l'utilité et la généralisation ont été validées dans une étude pilote. La même équipe, en s'inscrivant dans la continuité de JeStiMule, a conçu JEMImE (jeu éducatif multimodal d'imitation émotionnelle) dans le but d'apprendre aux enfants avec TSA à produire des émotions de qualité correcte et qui s'adaptent au contexte, en proposant un feedback en temps réel de l'expression faciale émotionnelle produite par l'enfant. Nous

nous sommes alors posé la question suivante : Existe-t-il un lien entre les capacités de reconnaissance et les capacités de production d'émotions chez les enfants avec TSA ?

Il nous a alors paru intéressant de creuser ce lien en considérant séparément les compétences de bas niveau (hors contexte, connaissance pure) et celles de haut niveau (en situation contextuelle, interprétation). Nous avons émis l'hypothèse que les capacités de production émotionnelle étaient directement liées aux capacités de reconnaissance de ces mêmes émotions. Nous avons alors fait une étude rétrospective, en corrélant les scores obtenus par les participants lors du bilan neuropsychologique initial et le nombre de productions émotionnelles réussies lors de l'utilisation du jeu sérieux JEMImE, dans le but de vérifier notre hypothèse.

Pour cela, dans un premier temps, nous allons corrélérer les scores de reconnaissance d'affects obtenus lors du bilan neuropsychologique (NEPSY II) et les productions correctes d'émotions hors contexte (bas niveau de mentalisation) en modalité de mime et d'imitation. Puis, nous allons corrélérer ces mêmes scores de reconnaissance mais cette fois ci avec les productions correctes en situation contextuelle (haut niveau de mentalisation) et toujours en mime et en imitation. Enfin nous analyserons le lien entre les capacités de reconnaissance et les performances de production de chaque émotion individuellement.

PARTIE THEORIQUE

CHAPITRE 1

L'AUTISME

1 Définition

1.1 Origine et évolution des concepts

Le concept d'autisme initialement décrit par Leo Kanner, pédopsychiatre apparaît en 1943. Il présente dans ses articles onze enfants, âgés de deux à huit ans, reçus au service pour enfants Harriet Lane Home de l'hôpital Johns Hopkins à Baltimore. Les symptômes présentés par ces enfants (intérêts restreints, résistance au changement, désintérêt de la relation sociale) constituent pour lui un syndrome rare et non décrit jusqu'alors, qu'il nomme autisme infantile précoce. En parallèle, Hans Asperger, pédiatre à l'Université de Vienne en Autriche observe un groupe d'enfants présentant les mêmes symptômes qu'il exposera dans un article un an après Kanner (Baron-Cohen, 2015).

Dans les années 1940 à 1960 l'autisme est de plus en plus au centre de l'attention. Les progrès médicaux et le développement de la recherche permettent de l'inclure dans le cadre des troubles neuro-développementaux (Sauvage, 2012)

En 2013, le DSM V actualise sa définition en regroupant l'ensemble des troubles envahissants du développement (excepté le syndrome de Rett) sous l'appellation "troubles du spectre autistique" (TSA) avec une qualification de l'intensité des troubles. La triade autistique présente dans le DSM IV se transforme en dyade (déficits de la communication et des interactions sociales et caractère restreint et répétitif des comportements et intérêts) (Crocq, Guelfi, Boyer, Pull & Pull-Erpelding, 2015).

1.2 Prévalence et étiologie

La prévalence de l'ensemble du spectre de l'autisme est estimée à 1 personne sur 100. En comparant les études de prévalence au cours des différentes années on note une augmentation croissante du nombre de TSA (Fombonne, 2012). L'autisme est plus fréquemment diagnostiqué chez les hommes avec un ratio d'environ une femme pour quatre hommes (Gourbail, 2018).

Certains outils de dépistage permettent de tester précocement les risques d'un trouble du spectre autistique, le plus reconnu étant le Modified Checklist for Autism in Toddlers (M-CHAT). Cependant le diagnostic de l'autisme repose sur des bilans plus complets, basés

essentiellement sur la clinique, par l'observation des comportements de l'enfant. Les principaux outils utilisés aujourd'hui sont l'Autism Diagnostic Interview (ADI), entretien semi-structuré avec les parents, l'Autism Diagnostic Observation Schedule (ADOS) échelle d'observation de l'enfant dans une situation standardisée d'interactions sociales et la Childhood Autistic Rating Scale (CARS), comprenant une échelle d'évaluation de l'autisme et une observation du comportement de l'enfant. Il est essentiel que le diagnostic soit fait de manière précoce pour que l'enfant conserve un développement cognitif et langagier adapté (Lord, Elsabbagh, Baird & Veenstra-Vanderweele, 2018).

Au niveau étiologique, la contribution de la génétique dans les TSA a été évaluée dans de nombreuses études et représente 50% des cas, le risque serait même multiplié par 10 pour les frères et soeurs d'enfants autistes (Sandin & al., 2014). Des études récentes ont également montré, bien qu'elle reste rare, la présence de mutation de novo, autrement dit une mutation d'un gène apparaissant chez un individu sans qu'elle soit présente dans le patrimoine génétique des parents (Alonso-Gonzalez, Rodriguez-Fontenla & Carracedo, 2018). Pour le moment, les chercheurs considèrent qu'il s'agit de combinaisons de variations génétiques fréquentes qui constituent la susceptibilité génétique de l'autisme.

En parallèle de la génétique, il existerait plus de 20 facteurs de risque environnementaux à l'origine des TSA (infections, âge de la mère, complications périnatales, contexte environnemental...) (Lyll & al., 2016).

Les facteurs de risque, qu'ils soient génétiques ou environnementaux, associés à l'autisme ont le point commun d'avoir un effet sur le développement et la maturation cérébrale précoces, et donc susceptibles d'altérer la connectivité cérébrale (Desaunay, Guérolé, Eustache, Baleyte & Guillery-Girard, 2014).

2 Fonctionnement cérébral

2.1 Le modèle de la dysconnectivité

Les mécanismes neuronaux sous-jacents dans les TSA restent encore inconnus. Toutefois les travaux en génétique, imagerie et biologie moléculaire ont permis de mettre en évidence certaines pistes. De nombreuses études ont prouvé une croissance précoce du cerveau dans l'autisme (Sacco, Gabriele & Persico, 2015). Les recherches en imagerie ont également montré des changements dans la connectivité fonctionnelle, mettant en avant à la fois une

hyper-connectivité et une hypo-connectivité (Di Martino & al., 2014). Le modèle de la dysconnectivité dans l'autisme initialement décrit par Just (2004) repose sur l'hypothèse d'une sous-connectivité antéro-postérieure et inter-hémisphérique (faisceaux longue distance), générant un défaut d'intégration de l'information par les aires cérébrales antérieures, tandis que les capacités préservées reposeraient sur une sur-connectivité au sein des aires cérébrales postérieures (faisceaux courte distance) (O'Reilly, Lewis & Elsabbagh, 2017). Ceci expliquerait certains déficits dans l'autisme tels que la dissociation entre des compétences dites de bas niveau préservées, et des déficits de traitement de haut niveau (Desaunay & al., 2014 ; Rudie & al., 2011).

Or, la connectivité anatomique ou structurale entre les régions cérébrales repose sur les faisceaux de substance blanche. Des études ont montré une altération précoce de ces faisceaux, essentiellement dans la partie antérieure du cerveau (Bashat, 2011 ; Sundaram & al., 2008). De plus, la méta-analyse de Frazier & Hardan (2009) a montré une réduction de la taille du corps calleux dans l'autisme, celui-ci contient les fibres qui relient les régions motrices supplémentaires et pré-motrices, qui sont connectées au réseau des neurones miroirs. Cette atrophie du corps calleux suggère que l'information sortant des neurones miroirs (output) est réduite, ce qui explique les déficits observés en théorie de l'esprit. De même, Ameis & al. (2011) ont identifié des anomalies de diffusion au niveau du faisceau unciné droit (lien entre le lobe temporal interne comprenant l'amygdale et l'hippocampe, et le cortex orbito-frontal et insulaire) et du faisceau longitudinal inférieur droit (relie les lobes temporaux et le cortex occipital) pouvant interrompre la connectivité du circuit fronto-temporo-occipital, qui joue un rôle dans le traitement des informations sociales, cognitives et émotionnelles.

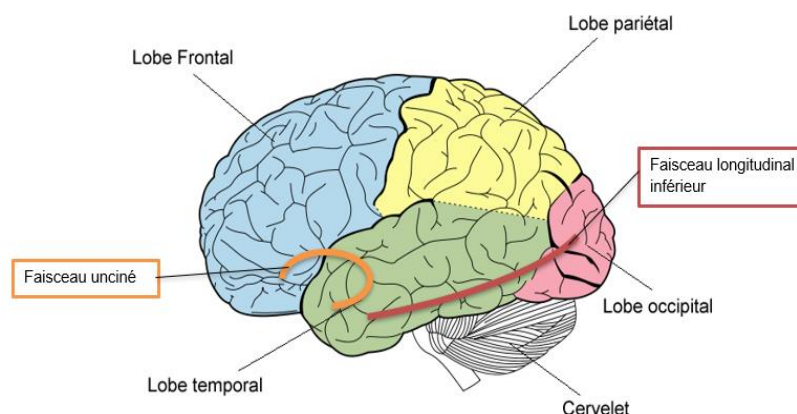


Figure 1 : Schéma des faisceaux cérébraux impliqués dans le circuit fronto-temporo-occipital

2.2 Activation atypique des zones cérébrales

Dans la même optique, d'autres recherches basées sur l'IRMf permettent d'observer une hypo-activation du gyrus fusiforme (recruté lors des traitements faciaux) et une anomalie du fonctionnement de l'amygdale (compréhension des messages sociaux à travers le regard) lors de la perception d'émotions faciales (Thommen & al., 2010).

L'exploration des stimuli sociaux et donc des émotions faciales est particulière dans l'autisme. Le temps de fixation sur le visage est considérablement moins important que le temps de fixation sur les aspects non sociaux de la situation. Cette diminution de la fixation peut être mise en lien avec la diminution de l'activation des structures sous-corticales impliquées dans le traitement des informations concernant les émotions faciales. Les deux zones cérébrales normalement activées lors des situations de cognition sociale (systèmes de neurones miroirs et de mentalisation) semblent peu stimulées chez les personnes présentant un TSA (Rogé, 2015).

Ainsi, les déficits en communication et en interactions sociales résulteraient d'une sous-connectivité antéro-postérieure, tandis que les comportements et intérêts restreints et stéréotypés seraient secondaires à une sur-connectivité sous-cortico-corticale.

Cependant en 2018, d'Albis & al. remettent en question les études précédentes de la dysconnectivité en créant un atlas dédié à l'analyse par tractographie de 63 connexions "courtes distance" à partir d'images IRM dans le but de reconstituer de proche en proche le trajet des faisceaux de fibres nerveuses. Les résultats de cette étude montrent que les sujets adultes souffrant de TSA présentent 13 faisceaux courte distance dont la connectivité est diminuée. Cette anomalie est, selon eux, corrélée au trouble de la cognition sociale (interactions et empathie). Ces résultats préliminaires sont donc en opposition avec le modèle théorique actuel selon lequel le défaut d'attention sociale et de traitement de l'information chez les TSA s'explique par une sur-connectivité neuronale entre des zones cérébrales adjacentes.

3 Particularités de fonctionnement

L'expression clinique des TSA rend compte de profils très hétérogènes, avec une importante variabilité interindividuelle. Ainsi, les troubles, les capacités cognitives, relationnelles et communicatives varient en fonction du tableau clinique de l'autisme présenté

par le patient, du développement qui lui est propre et de la fréquence et gravité des troubles comportementaux (Baghdadli, 2001).

3.1 Fonctionnement sensoriel et moteur

Les personnes avec TSA présentent des troubles de la modulation sensorielle, autrement dit des difficultés de régulation et d'organisation des comportements adaptés face aux stimuli sensoriels. Ces troubles apparaissent sous trois types, hyperréactivité, hyporéactivité et recherche de stimulation (Ben-Sasson & al., 2009). En ce qui concerne la perception, un traitement atypique des stimuli visuels est depuis longtemps évoqué, sans déficit sensoriel. Il s'agit de la hiérarchisation perceptive, se traduisant par un traitement local de l'information visuelle, un attachement spécifique aux détails. Ce surfonctionnement perceptif est qualifié de "bas niveau" et expliquerait l'interférence du traitement local sur le traitement global (Denni-Krichel, 2012).

Les aspects moteurs les plus touchés dans l'autisme sont surtout les conduites motrices complexes (impliquant des capacités de planification et d'organisation du mouvement en séquences ainsi que des informations kinesthésiques), l'imitation motrice en fait partie. Pendant longtemps il a été décrit que toutes les personnes présentant un TSA, qu'il soit de haut ou de bas niveau, présentaient un déficit de l'imitation motrice depuis la petite enfance jusqu'à l'âge adulte, cependant des études récentes ont prouvé que les enfants avec autisme comprennent la nature sociale de l'imitation aussi bien que les enfants neurotypiques, leurs compétences en imitation seraient égales, seule l'activation de certaines zones cérébrales durant l'épreuve varierait d'un groupe à l'autre (altération du système de neurones miroirs chez les personnes avec TSA) (Nadel, 2015 ; Wadsworth & al., 2017).

3.2 Fonctionnement cognitif et fonction de communication

Le tableau clinique autistique comprend presque toujours un trouble des fonctions exécutives (initiation, inhibition, planification, mémoire de travail, flexibilité, adaptation aux changements...), Elles sont surtout sollicitées lors des actions hors contexte (Charman, 2004). On retrouve également dans l'autisme un défaut de cohérence centrale, tendance des personnes avec TSA à privilégier un niveau local de traitement (une focalisation sur les détails) au détriment du traitement global (Herringshaw, Kumar, Rody & Kana, 2018).

L'attention conjointe représente la capacité d'orienter son attention et celle d'autrui sur un objet commun, elle apparaît entre 6 et 12 mois, et est associée au développement du

langage. Concernant ce dernier, il est classiquement admis que 50 % des enfants avec autisme ne développent pas un langage fonctionnel, et que s'il n'a pas été développé à l'âge de 5 ans, la probabilité qu'ils le fassent plus tard s'amenuise avec le temps (Pickett, Pullara, O'Grady & Gordon, 2009). Hormis les troubles de la pragmatique et de la compréhension du langage présents chez tous les enfants préscolaires avec autisme, on retrouve également un choix des mots inhabituel, des écholalies, des inversions pronominales, un discours incohérent ainsi qu'une prosodie anormale.

3.3 Interactions sociales et fonction émotionnelle

L'altération qualitative des interactions sociales est l'un des signes entrant dans la définition de l'autisme. Les anomalies touchent surtout les comportements non verbaux utilisés pour entrer en contact avec les autres. Comme nous l'avons vu précédemment, l'utilisation du regard est souvent déviante et non coordonnée avec les autres signes sociaux, les mimiques sociales sont soit exagérées soit pauvres et ne sont pas toujours adaptées au contexte. De même, les personnes avec TSA utilisent rarement les gestes dans un but social, elles ne cherchent pas spécialement le contact des autres et ne s'adaptent pas aux situations de groupe et lorsqu'elles le font, l'entrée en communication est maladroite, et l'échange difficile à maintenir (Rogé, 2015). En 1985, Baron-Cohen, Leslie & Frith sont les premiers à mettre en évidence un défaut de théorie de l'esprit chez les enfants avec TSA, il s'agit de la capacité d'attribuer un état mental aux autres et à soi-même, et ainsi prédire les réactions de l'interlocuteur.

Comme nous l'avons vu plus tôt les personnes avec TSA se focalisent plus sur les détails que sur le contexte et ont, de ce fait, un traitement atypique des visages. Or ce traitement constitue un élément clé dans la compréhension des états mentaux, des émotions d'autrui et dans l'attribution d'une signification à une expression émotionnelle. Le déficit de la discrimination et de la reconnaissance des visages, ainsi que le manque d'intérêt porté à la région des yeux (qui contient le plus d'informations permettant l'identification de l'émotion) rend difficile la compréhension des émotions (de Gaulmyn, Miljkovitch & Montreuil, 2018) ; d'autant plus que ces dernières passent souvent par la communication non verbale, plus difficile à interpréter car non linéaire contrairement aux mots, et relevant du domaine de la représentation (Vermeulen, Montis & Magerotte, 2011). Ce manque d'intérêt précoce pour les visages chez les jeunes enfants autistes conduit à une absence de spécialisation corticale et donc à une anomalie de traitement des informations faciales et une perception émotionnelle

altérée (Meaux, Gillet, Bonnet-Brilhault, Barthélémy & Batty, 2011). Certaines études rapportent que les enfants avec TSA ont la capacité de reconnaître les émotions simples à condition que ces dernières soient visiblement saillantes, mais ont plus de mal avec les émotions sociales complexes. On ne peut donc pas parler d'un déficit général du traitement des émotions (Mazaux, Joseph, Prouteau & Brun, 2016). Toutefois ils s'appuient davantage sur des connaissances explicites qu'ils ont apprises sur les émotions plutôt que sur une compréhension intuitive de ces dernières, en créant une sorte de bibliographie de situations et de réactions émotionnelles possibles. Ils n'ont cependant pas conscience de l'influence que les émotions peuvent avoir sur la pensée ou les sentiments d'autrui (consolation, agacement...) (Vermeulen & al., 2011).

L'expression des émotions est elle aussi altérée, avec des anomalies touchant à la fois les mimiques faciales, le regard, les gestes et les vocalisations. Les expressions faciales spontanées sont rares, souvent mélangées et non adaptées au contexte, rendant difficile l'identification de l'émotion par autrui. Les moments de partage émotionnel comme le rire sont la plupart du temps limités aux interactions avec le cercle familial (Rogé, 2015).

4 Autisme et Jeux sérieux

Depuis quelques années, l'utilisation de Jeux sérieux se développe et cible notamment le public autiste (Durkin, 2010). Les supports numériques intéressent particulièrement cette population, d'une part grâce à leur présentation séquentielle et répétitive, d'autre part parce que ces outils investissent essentiellement le canal visuel, souvent privilégié dans les TSA. L'usage des technologies du numérique offre de nombreuses possibilités, tant dans le contenu (émotions, communication, habiletés sociales, autonomisation...) que dans les supports (ordinateurs, tablettes tactiles, smartphones...), et occupe un rôle de plus en plus important dans la clinique des TSA, permettant la mise en place de nouvelles thérapies et prises en charge (Nadel, 2017). Les technologies numériques comportent des avantages par rapport à un contact avec une véritable personne, ils sont disponibles à tout moment, n'engendrent pas de stress social et peuvent être contrôlés par l'enfant, ce qui permet de mettre le patient avec TSA en confiance, tout en reproduisant des situations présentes dans la vie réelle (Martin, 2018). Parmi elles, on distingue trois principaux domaines : les applications (pour téléphones ou tablettes tactiles) qui visent plus une facilitation de la vie quotidienne, les serious game ou

jeux sérieux ayant une visée plus éducative et existant sur des supports multiples et enfin les robots (Cohen & al., 2017).

Les recherches concernant l'utilisation de ce genre de supports auprès des personnes avec TSA, apportent les preuves d'une efficacité globale, et plus particulièrement des apprentissages plus rapides, bien que la personnalisation des outils et la généralisation ne soient pas toujours évidentes (Vandromme, 2018).

Ainsi, de nombreux jeux sérieux ont été créés, pour permettre la rééducation de la compréhension et de la production des émotions chez la personne avec TSA. Selon certains auteurs, la difficulté à identifier et analyser les expressions faciales de l'autre serait principalement la cause de l'altération des interactions sociales, voire même l'un des facteurs prédictifs de l'intensité du déficit social dans l'autisme (Denni-Krichel, 2012).

CHAPITRE 2

L'EMOTION

1 Définition et fonctionnement cérébral

1.1 Origine et évolution des concepts

Darwin, avec son ouvrage « L'expression des émotions chez l'homme et les animaux » est le précurseur des études modernes sur les émotions. Il soumet l'hypothèse que les émotions humaines sont des rudiments de réactions animales et qu'il existe une base regroupant plusieurs émotions, partagée par toutes les espèces et toutes les cultures (Dalgleish, 2004). Quelques années plus tard, Cannon & Bard affirment que l'émotion est, dans un premier temps, cognitive (Cannon, 1931), elle est d'abord ressentie par le cerveau grâce à un stimulus envoyé par le thalamus, avant d'être perçue de manière corporelle. Ce sont les premiers à proposer une théorie des mécanismes cérébraux de l'émotion. Ils stipulent que l'hypothalamus est la région cérébrale impliquée dans la réponse émotionnelle aux stimuli et que ces réponses sont inhibées par les régions néo-corticales. En 1937, James Papez propose un schéma pour les circuits neuronaux centraux de l'émotion. Il décrit donc un circuit double qui relie des structures comme l'hippocampe, le gyrus cingulaire ainsi que le thalamus (noyau antérieur) et les corps mamillaires. Ce système est en connexion neuronale avec le cortex limbique et l'amygdale, des structures qui véhiculent les émotions, mais aussi avec les cortex sensoriels qui assurent la perception en recevant des afférences périphériques (vues, entendues, senties...). Quelques années plus tard, Paul D. MacLean complète les travaux de Papez en y intégrant la notion d'un système limbique qui comporte, en plus des structures citées, le cortex orbitofrontal, le cortex préfrontal médian, diverses structures du lobe temporal (comme le gyrus parahippocampique ou le complexe amygdalien) et des noyaux sous-corticaux (noyau médian du thalamus, aire septale, etc.) (MacLean, 1949).

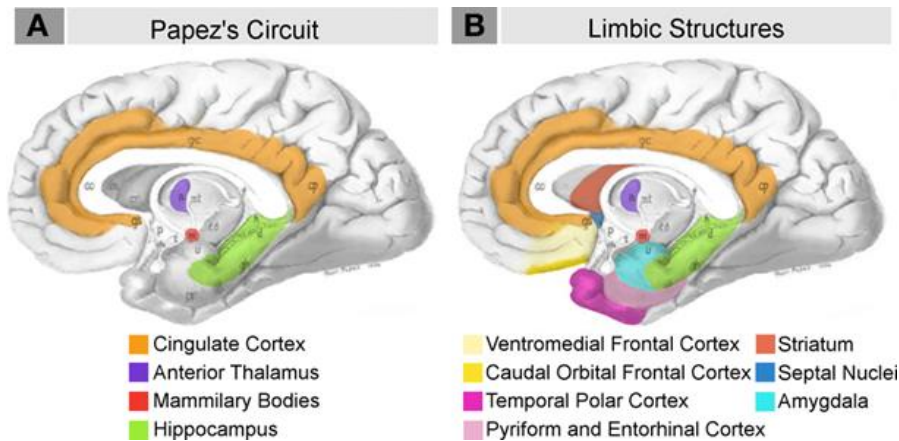


Figure 2 : Le circuit de Papez et le système limbique

Par Barger N, Hanson KL, Teffer K, Schenker-Ahmed NM and Semendeferi K — Barger N, Hanson KL, Teffer K, Schenker-Ahmed NM and Semendeferi K (2014) Evidence for evolutionary specialization in human limbic structures. *Front. Hum. Neurosci.* 8:277.

Les découvertes de MacLean sont toujours d'actualité, de nos jours on relie le système limbique à la notion de "cerveau émotionnel", cependant les émotions sont tellement différentes qu'on ne croit plus en l'existence d'un unique circuit cérébral. Le cerveau émotionnel n'est donc pas considéré comme un seul et unique système limbique. Il s'agit en réalité d'un réseau de circuits impliquant l'amygdale, l'hippocampe, l'hypothalamus, le thalamus, le cortex préfrontal et temporal, nécessaire pour nous permettre de percevoir et de ressentir des émotions. Les émotions dites « instinctives », telles que la peur seraient ainsi régies par les structures amygdaliennes. Le lien entre l'hippocampe et l'amygdale permettrait également d'adapter les réactions émotionnelles en fonction des expériences passées. Quant aux émotions « cognitives », elles seraient gérées par le cortex préfrontal (Ferri, Schmidt, Hajcak & Canli, 2016).

1.2 Qu'est-ce qu'une émotion ?

L'émotion est un concept difficile à définir de par sa subjectivité, les émotions apparaissent à chacun de manière singulière. Pour Paul Ekman, il s'agit d' « un état de conscience, agréable ou pénible, concomitant à des modifications organiques brusques d'origine interne ou externe. ». Il décrit six émotions de base : la peur, la joie, le dégoût, la tristesse, la colère et la surprise. Elles se traduisent par des expressions faciales quasi universelles (Ekman, 1993) et sont chacune caractérisées par trois éléments : le signal, la physiologie, et les événements qui les précèdent. Chaque émotion possède également des

caractéristiques communes avec les autres (apparition rapide, courte durée, occurrence spontanée...) (Ekman, 1992).

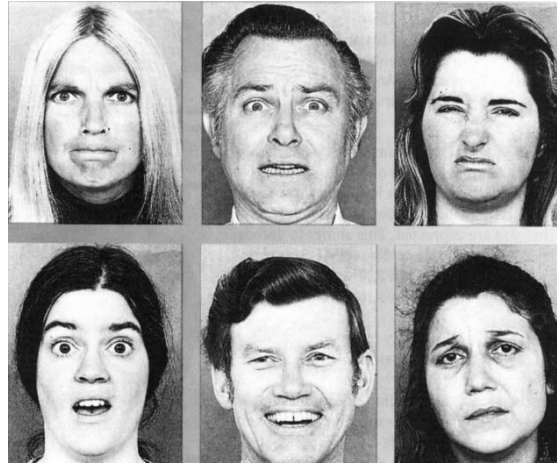


Figure 3 : Les émotions de base selon Ekman

En dehors de ces émotions de base, il existe des émotions que l'on dit complexes, elles sont une combinaison ou une nuance de celles de base, telles que la gêne, l'excitation ou la culpabilité. Plutchik, en 1980, créé un cercle des émotions, répertoriées par couleurs et avec différents degrés de variabilité (par exemple, rage, colère, contrariété sont représentées en rouge). Il considère les émotions par paires opposées, ainsi la tristesse est l'antipode de la joie, la peur de la colère. Il comptabilise près de cent soixante et onze nouveaux traits de personnalité (Plutchik & Kellerman, 1981).

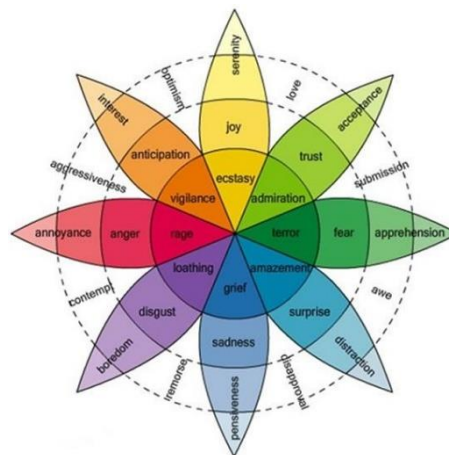


Figure 4 : Cercle des émotions selon Plutchik

2 Production des émotions

Les émotions ne restent pas purement internes, elles sont exprimées par des mimiques, des postures, des mouvements, des gestes et des vocalisations caractéristiques. Les travaux réalisés au cours de ces vingt dernières années ont permis d'avancer considérablement dans la connaissance des modalités d'expression des émotions.

2.1 Expressions faciales

Le visage est une importante source d'informations, il nous donne des indices sur la personnalité, l'humeur et le ressenti émotionnel de la personne que l'on observe. Tous ces renseignements sont portés par une reconnaissance immédiate, sous tendue par des processus conscients et inconscients (Balconi, Vanutelli & Finocchiaro, 2014).

Les expressions faciales émotionnelles sont présentes dès la naissance. Elles vont très rapidement constituer le support de l'interaction sociale, dans la mesure où elles vont se combiner avec d'autres comportements au cours du développement, et ainsi entrer dans le cadre d'une communication multimodale (Thommen & al., 2010).

Dans le but de mesurer l'expression faciale, Ekman et Friesen ont mis au point en 1978 un système de codage des actions faciales spécifique aux émotions de base et universel, partant du principe que les émotions sont exprimées de la même manière quelle que soit la culture. Le Facial Action Coding System (FACS) repose sur des bases anatomiques et permet de coder toute expression faciale en se basant sur les contractions musculaires de la face (Ekman et Friesen, 1978). Malgré le caractère universel de l'expression des émotions on retrouve bien des disparités en fonction des cultures, portant surtout sur le contrôle et la régulation des émotions. Les règles d'expressions adaptées en situations sociales varient ainsi selon le contexte culturel (Ramzan & Amjad, 2017).

La reconnaissance d'une émotion n'est pas uniquement fondée sur l'observation du visage. Les indices vocaux en particulier jouent également un rôle important.

2.2 Expression vocale

L'expression vocale de l'émotion se traduit par la manière dont les émotions sont exprimées non verbalement à travers la voix. C'est ce que Laukka a démontré dans son étude, chaque émotion se présente selon une valence (agréabilité), une puissance et une activation qui lui est propre, de plus chacune des émotions de base serait corrélée avec des indices

vocaux spécifiques, rendant sa reconnaissance facile pour l'interlocuteur (Laukka, Juslin & Bresin, 2005). La reconnaissance des paramètres acoustiques tels que la tonalité, la gamme de fréquences, l'intensité et le tempo aident également. Ainsi, la joie ou la colère ayant un degré d'activation plutôt fort entraînent un accroissement de la fréquence fondamentale (F0), de l'intensité, une accélération du débit et une diminution de la durée de production. A l'inverse, des émotions avec un degré d'activation plus faible, telle que la tristesse, présentent une diminution de la fréquence fondamentale et de l'intensité, un débit ralenti et des modifications de qualité vocale (la modification des systèmes respiratoire et phonatoire impactant les paramètres acoustiques de la voix) (Dantzer, 2002 ; Johnstone, van Reekum, Oakes & Davidson, 2006 ; Pillot-Loiseau, 2018).

Au niveau cérébral, le système limbique est fortement impliqué dans la régulation de la respiration et des battements du cœur et possède une emprise sur le larynx. Le larynx utilisant à la fois la respiration et les muscles des cordes vocales, les émotions activent le système limbique, qui impacte le corps de manière globale et influence la sonorité de la voix. (Révis, 2018).

2.3 Expression gestuelle

Les gestes sont une des plus importantes formes de communication non verbale, le corps tout entier exprime le ressenti émotionnel, par les mouvements du corps dans sa globalité mais également par les mains, la tête et le torse. Certains gestes émotionnels sont universels (comme sourire quand nous sommes heureux) d'autres divergent selon les cultures (Boone, 2006). Après les expressions faciales, les mains sont la plus riche source d'information du langage corporel. En fonction de la position des mains, paumes vers le haut, ou vers le bas, gestes d'ouverture ou de fermeture il est possible de savoir si l'interlocuteur est honnête ou non, en disposition d'écoute et de compréhension, intéressé ou en désaccord. La connaissance et l'utilisation de ces gestes sont souvent utilisées en politique ou en débat dans un but persuasif (Hasan & Kareem, 2013). La position de la tête apporte également de nombreuses informations sur l'état émotionnel, Le hochement de tête est un signe d'intérêt, lorsque quelque chose est intéressant nous avons tendance à pencher la tête, le menton relevé signifie une attitude supérieure ou arrogante, et au contraire lorsqu'il est baissé il dénote un sentiment de tristesse ou d'agressivité. Autant de signes permettant de mieux transmettre notre ressenti. Plusieurs études ont permis de répertorier les différentes attitudes corporelles en fonction des émotions (Konar & Chakraborty, 2014 ; Noroozi & al., 2018).

3 Réception des émotions

3.1 Reconnaissance émotionnelle : une capacité précoce

La capacité à reconnaître les expressions faciales émotionnelles apparaît de manière précoce dans le développement de l'enfant. Elle repose sur la qualité du regard, l'imitation et la production d'un état émotionnel interne. Dès la seconde année de vie, les capacités linguistiques croissantes et l'intérêt pour les pairs permettent l'augmentation des capacités de perception et d'analyse des expressions faciales d'autrui. Vers 3-4 ans, l'enfant est capable de discriminer les expressions faciales de base. Les plus complexes sont acquises à 7 ans, et aux alentours des 10 ans l'enfant atteint un niveau de reconnaissance similaire à l'adulte (Denni-Krichel, 2012). Il existe une hétérogénéité des performances selon le type d'émotion. La joie est l'émotion que les enfants apprennent à reconnaître en premier, et plus tard viennent les émotions négatives de colère, peur et tristesse. Mais quel que soit l'âge, la joie est l'évocation la mieux reconnue (Brun, 2001).

3.2 Le concept de mentalisation

Le concept de mentalisation renvoie à la capacité de percevoir et d'interpréter un comportement comme étant lié à des états mentaux (pensées, croyances, désirs, émotions...). Il s'agit d'une composante de l'empathie et elle entre dans le cadre de la théorie de l'esprit. Ce concept peut être compris selon différentes approches théoriques, cependant quel que soit le modèle, la forme achevée de la mentalisation est la capacité de l'individu à considérer et gérer les émotions comme des événements subjectifs. Pour cela, l'expérience vécue doit être représentée de manière symbolique dans l'esprit de l'individu (Lecours, 2017). On distingue différentes facettes de la mentalisation, notamment la mentalisation implicite (de bas niveau) et la mentalisation explicite (de haut niveau). La différence entre les deux peut se résumer par la métaphore de l'iceberg, ce qui est visible en surface représente l'explicite, et toute la partie immergée l'implicite qui serait plus une intuition. Dans nos interactions, l'explicite est ce qui est exprimé verbalement, de manière claire, l'implicite est notre interprétation de tous les signes annexes et non verbaux (les gestes, la posture, le regard, les sous-entendus...) (Allen, Fonagy & Bateman, 2008). Comme nous l'avons vu précédemment l'émotion est transmise à la fois par les expressions faciales, la voix et les gestes, sa reconnaissance est donc plus aisée lorsque la situation comporte tous ces indices. Une étude (Paulmann & Pell, 2011) a comparé les capacités de reconnaissance des émotions présentées soit en modalité unique soit combinant les trois modes d'expression, les résultats montrent une meilleure performance

quand le stimulus est multimodal. Le contexte joue également un rôle important dans l'identification des émotions, notre mentalisation implicite nous permet de traiter les nouvelles informations qu'il apporte et de faire le lien avec l'état émotionnel ressenti.

En résumé dans le cadre des émotions, la mentalisation de bas niveau représente la reconnaissance de l'émotion en tant que telle, comme une expérience interne, sans lien avec un événement extérieur, un ressenti sur lequel on met une étiquette. Quant à la mentalisation de haut niveau, elle correspond à la perception de l'émotion et son appropriation, de manière plus élaborée, s'appuyant sur le contexte et la compréhension de l'expérience en lui attribuant de la cohérence et une signification. Elle entre dans la métacognition et permet la régulation et le contrôle émotionnel (Lecours, 2017).

4 Émotions et Jeux sérieux

Comme nous avons pu le voir précédemment, de nombreux jeux sérieux sont proposés dans le but d'améliorer la compréhension et la production des émotions, et en particulier visant un public autiste. La plupart de ces jeux sérieux ciblent exclusivement la reconnaissance des émotions. Bien que cette dernière soit multimodale, la majorité des jeux se basent sur une présentation visuelle et laissent de côté les aspects corporels et auditifs de l'émotion. Cependant, ils proposent souvent de travailler la reconnaissance émotionnelle en contexte. Ces jeux sont généralement testés sur des petits échantillons de patients, ne permettant pas de prouver leur efficacité, ni la généralisation des acquis dans la vie quotidienne (Grossard & al., 2017). Certains néanmoins se démarquent, tel que JeStiMuleE, dont l'utilité et la généralisation ont été validées dans une étude pilote. Il s'agit d'un jeu sérieux, visant les enfants avec TSA, travaillant la reconnaissance de 7 émotions (joie, colère, tristesse, surprise, dégoût et peur) ainsi que de la douleur, en s'appuyant sur les expressions faciales et les gestes (Serret & al., 2014).

La même équipe, en s'inscrivant dans la continuité de JeStiMuleE, a conçu JEMImE (jeu éducatif multimodal d'imitation émotionnelle) dans le but d'apprendre aux enfants avec TSA à produire des émotions de qualité correcte et qui s'adaptent au contexte. Il concerne trois émotions : la joie la colère et la tristesse. Il apporte de la nouveauté en proposant un feedback en temps réel de l'expression faciale émotionnelle produite par l'enfant. Ce feedback est rendu possible grâce à un algorithme créé spécialement pour le jeu, construit à

partir d'une base de données d'expressions émotionnelles (vocales et faciales) d'enfant au développement typique (Dapogny & al., 2018 ; Grossard & al., 2017).

PARTIE PRATIQUE

1 Problématique et objectifs

Les personnes avec TSA présentent de grandes difficultés dans le domaine de la théorie de l'esprit, et notamment en ce qui concerne la reconnaissance de leurs émotions et celles d'autrui. Cela induit une incapacité à comprendre et prévoir les états mentaux de leur interlocuteur ainsi qu'une difficulté à exprimer leurs émotions, entravant fortement leur intégration et leurs interactions sociales.

Depuis quelques années, l'utilisation des nouvelles technologies à des fins thérapeutiques se développe et cible notamment le public avec TSA. Les supports numériques sont particulièrement adaptés à cette population, grâce à leur présentation séquentielle et répétitive, investissant essentiellement le canal visuel (souvent privilégié dans l'autisme). Les jeux sérieux, partie intégrante de ces nouveaux supports, permettent de mettre le patient avec TSA en confiance, dans une situation de contrôle, tout en reproduisant des situations présentes dans la vie réelle. La plupart des études sur ce genre de jeux propose un entraînement à la reconnaissance des émotions mais très peu d'entre elles s'intéressent à la production. Ainsi, JEMImE (Jeu Educatif Multimodal d'Imitation Emotionnelle) a été conçu dans le but d'apprendre aux enfants avec TSA à produire des émotions de qualité correcte et adaptées à un contexte social.

L'objectif de cette étude est de vérifier si les capacités de reconnaissance des émotions ont une influence sur la capacité à les produire, dans le cadre de l'utilisation du logiciel de production des émotions JEMImE. Pour cela, nous utiliserons les scores obtenus par douze enfants recrutés à Nice lors de la tâche de reconnaissance d'affects du bilan neuropsychologique (NEPSY II) et le nombre de productions réussies lors de leur utilisation du support JEMImE. Dans un premier temps, nous allons corrélérer les scores de reconnaissance et de production des émotions hors contexte (bas niveau de mentalisation) en situation d'imitation et de mime. Dans un second temps, nous comparerons les scores de reconnaissance et de production des émotions en contexte (haut niveau de mentalisation), toujours en imitation et en mime. Enfin, nous analyserons le lien entre la reconnaissance et les performances des participants pour la production de chaque émotion séparément. Ainsi nous émettons l'hypothèse que plus le score de reconnaissance des émotions est élevé plus la production sera de qualité et adaptée.

2 Matériel et méthode

2.1 Le projet

Notre travail est une étude rétrospective se basant sur les résultats obtenus au cours du projet JEMImE. Les données cliniques dont les grilles d'observations et les résultats des tests ont été recueillies à partir des dossiers papiers et des dossiers informatisés des patients de l'étude.

Le projet JEMImE, jeu destiné aux enfants atteints de troubles du spectre autistique, est un projet financé par l'Agence Nationale pour la Recherche (ANR) (ANR Contint ANR-13-CORD-0004-04) entre 2013 et 2018. Il implique le partenariat d'équipes universitaires (Institut des Systèmes Intelligents et de Robotique (ISIR) de l'Université Pierre et Marie Curie, Laboratoire d'Informatique en Image et Systèmes d'information (Liris) de l'Ecole Centrale de Lyon), des équipes cliniques (Cobtek de Nice dont le CRA PACA) et d'équipes industrielles (Idées3com puis Genius) pour le développement du logiciel.

La finalité du projet JEMImE consistait en la création d'un jeu sérieux destiné aux enfants présentant un TSA, pour les aider dans la production d'émotions faciales et vocales en contexte. Le jeu comporte deux phases : dans la première l'enfant apprend à produire une expression émotionnelle de qualité correcte, dans la deuxième il expérimente la production d'émotion lors de situations en contexte. Tout au long de l'utilisation du jeu, un algorithme recueille les caractéristiques émotionnelles faciales et vocales produites par l'enfant, permettant une reconnaissance automatique de l'expression émotionnelle et offrant un feedback en temps réel des productions de l'enfant.

Le principal objectif de cette étude était le recueil des caractéristiques de l'expression émotionnelle d'enfants avec TSA par l'enregistrement de leurs productions émotionnelles. Pour cela, les enfants devaient réaliser quatre tâches :

- 1) Une production émotionnelle sur imitation (l'enfant imite l'émotion exprimée par un avatar animé à l'écran) sans contexte
- 2) Une production émotionnelle sur imitation avec contexte
- 3) Une production émotionnelle par mime donc sans modèle (le nom de l'émotion à produire est écrit à l'écran) sans contexte

4) Une production émotionnelle par mime lors d'une situation contextuelle

L'enregistrement était jugé correct lorsque l'enfant restait assis devant l'écran, acceptait de produire l'expression émotionnelle demandée et annonçait la fin de sa production. Dans le cas où l'enfant refusait de produire l'émotion ou ne pouvait pas rester assis l'enregistrement n'était pas pris en compte dans l'étude.

2.2 Population

Vingt-trois enfants ont participé à cette étude. Ils ont été recrutés à partir de deux centres : le Centre Ressources Autisme de Nice et le service de pédopsychiatrie de la Pitié Salpêtrière à Paris. L'échantillon était composé de dix-sept garçons et de six filles, âgés de 6 à 12 ans. Tous présentaient un TSA (diagnostiqué avec l'ADI ou l'ADOS) sans déficience intellectuelle associée (QI supérieur à 70 selon le WISC IV). Le consentement écrit et éclairé des sujets et des titulaires de l'autorité parentale a été recueilli avant leur participation au projet. Cette étude a été validée par le Comité de Protection des Personnes Sud Méditerranée (numéro 15.071).

Tableau 1 : Critères d'inclusion et d'exclusion de la population :

Critères d'inclusion	Critères d'exclusion
Un diagnostic d'autisme établi selon les critères du DSM IV à l'aide des échelles ADI et/ou ADOS	Absence de diagnostic d'autisme
QI égal ou supérieur à 70 (WISC IV)	QI inférieur à 70 (WISC IV)
Age compris entre 6 et 12 ans	Age inférieur à 6 ans et supérieur à 12 ans
Consentement écrit des sujets et des titulaires de l'autorité parentale	Sujets ou titulaires de l'autorité parentale n'ayant pas donné leur consentement écrit.
Affiliation à la sécurité sociale	Non affiliation à la sécurité sociale

L'inclusion a commencé en mai 2016 pour une durée de 6 mois. La durée de participation de chaque patient était de 1h15 (1h de jeu et 15 min de questionnaire).

2.3 Matériel

Bilan neuropsychologique

Les sujets inclus dans l'étude ont tous bénéficié d'un bilan neuropsychologique avant de participer à JEMImE. La NEPSY est une batterie d'évaluation des fonctions cognitives chez les enfants âgés de 5 à 16 ans, elle explore différents domaines dont la perception sociale, permettant de mesurer les compétences nécessaires à la compréhension des états mentaux d'autrui. Ce domaine comprend deux subtests : la reconnaissance d'affects et la théorie de l'esprit.

La reconnaissance d'affects consiste en la discrimination de différentes émotions (joie, tristesse, colère, peur, dégoût et neutre) à partir d'expressions faciales d'enfants. Une photo représentant une émotion est au centre de la feuille, le participant doit alors choisir entre trois autres photos celle qui exprime la même émotion. Le patient doit par la suite appairer deux photos d'enfants exprimant une émotion similaire et enfin retrouver de mémoire l'émotion vue dans la tâche précédente.

La tâche de théorie de l'esprit comporte une partie contextuelle et une partie verbale, elle évalue la capacité à déduire les états mentaux d'autrui (croyance, intention, déception, imagination...) ainsi que l'aptitude à trouver l'émotion adaptée au contexte social. Pour cela, une situation en image est présentée au participant, accompagnée de quatre photos représentant différentes émotions et d'une question (ex : comment se sent Julie ?).

2.4 Déroulé de l'étude et logiciel JEMImE

L'étude s'est déroulée au sein du CRA service universitaire de psychiatrie de l'enfant et de l'adolescent, hôpitaux pédiatriques de Nice, CHU-LENVAL (Locaux du Centre Ressources Autisme PACA, Antenne de Nice) et également dans les locaux de l'hôpital de la Salpêtrière (Service Universitaire de psychiatrie de l'enfant et de l'adolescent). Le participant a pu utiliser le jeu sérieux dans ses deux parties (apprentissage puis expérimentation) durant une heure. Il était installé face à un ordinateur, une manette de jeu permettant la manipulation du logiciel y était reliée. Une caméra 3D posée sur l'écran enregistrait les productions de l'enfant. Au début de la partie, le participant créait un avatar qu'il pouvait personnaliser, et choisissait un compagnon (assistant informatique lui donnant des indications au cours du jeu).

Phase d'apprentissage :

Dans la première partie du jeu, l'enfant s'entraînait à produire une expression émotionnelle de qualité et adaptée. L'apprentissage ciblait trois émotions bien distinctes (la joie, la colère et la tristesse) au travers de quatre petits jeux dans lesquels le participant était invité à imiter ou mimer l'émotion. Chacune de ces deux tâches étaient présentées selon deux modalités : sans contexte et en situation contextuelle (situation pouvant susciter une émotion particulière, par exemple recevoir un cadeau déclenche la joie). Lors de la tâche d'imitation, un avatar à l'écran produisait l'expression faciale attendue et l'enfant devait la reproduire. Pour le mime, le nom d'une des émotions apparaissait sur l'écran, aucun modèle n'était proposé et l'enfant devait produire l'émotion demandée. Durant cette phase les quatre jeux étaient toujours présentés dans le même ordre : d'abord l'imitation sans contexte, puis l'imitation en contexte, ensuite le mime sans contexte et enfin le mime en contexte. De plus, différents feedbacks étaient proposés à l'enfant pour qu'il puisse contrôler en temps réel la qualité de sa production et l'adapter si besoin :

- Un feedback visuel (vidéo) permettant à l'enfant de se voir en train de produire l'émotion.
- Des jauges de couleurs (une couleur par émotion) qui montaient et descendaient en fonction de la qualité de l'émotion produite.
- Un renforcement par gain de pièces virtuelles lorsque l'émotion était bien réalisée.
- Une jauge indiquant le temps restant pour produire l'émotion demandée.



Exemple de screen pendant la tâche d'imitation sans contexte. Lors des tâches de mime l'avatar est remplacé par une vidéo en temps réel de l'enfant.

Phase d'expérimentation :

La deuxième partie a été conçue pour mettre en pratique les précédents apprentissages. L'enfant dirigeait son avatar à travers une ville virtuelle. Ses mouvements et son exploration étaient totalement libres mais encouragés par des bonbons cachés dans la ville. Au détour des rues il se retrouvait face à différentes situations sociales (exemples : fête d'anniversaire, jeu de foot, invitation à gonfler un ballon). Chaque contexte était présenté sous deux modalités : un scénario induisant une émotion positive et l'autre une émotion négative, pour éviter que l'enfant associe une situation à une seule émotion. Il devait alors mimer spontanément l'expression émotionnelle adaptée, sans modèle et sans mot écrit mais toujours en disposant des différents feedbacks.



Exemple de screen montrant l'environnement virtuel et la situation de la fête d'anniversaire.

2.5 Recueil des données

Tout au long de la session de jeu, deux psychologues étaient présents, un expliquant le fonctionnement du jeu et accompagnant l'enfant, l'autre observant sa manière de jouer et remplissant la grille d'observation des comportements de l'enfant. A la fin de l'heure de jeu, l'enfant devait remplir un questionnaire composé de 26 questions destinées à évaluer l'ergonomie et l'intérêt du jeu, en présence des psychologues.

Une grille d'observation des comportements a été spécifiquement réalisée pour permettre la collecte des données relatives à l'étude. Les enregistrements vidéo recueillis par la caméra 3D, dont la durée de chaque vidéo est estimée à quelques secondes, ont été

visionnés à posteriori par les psychologues du projet et des cliniciens indépendants afin de coter les réactions des enfants en situation de réussite et d'échec. Ainsi les réactions ont été classées selon leur type (joie, excitation, colère, déception ou aucune réaction), leur nature (gestes, expression faciale, vocalisation, autres ou aucune réaction) et leur intensité (sur une échelle de 0 à 10). La réaction des enfants à la récolte de pièces et de bonbons bonus ainsi qu'à la fin du jeu était également cotée selon les mêmes modalités. En ce qui concerne la production des émotions, pour chaque participant, le nombre d'essais (maximum 6) et le nombre d'erreurs ont été notés pour chacune des émotions (joie, colère et tristesse) et cela en situation d'imitation (avec et sans contexte) et en situation de mime (avec et sans contexte) ainsi que pour les différents scénarii proposés dans le jeu.

3 Résultats

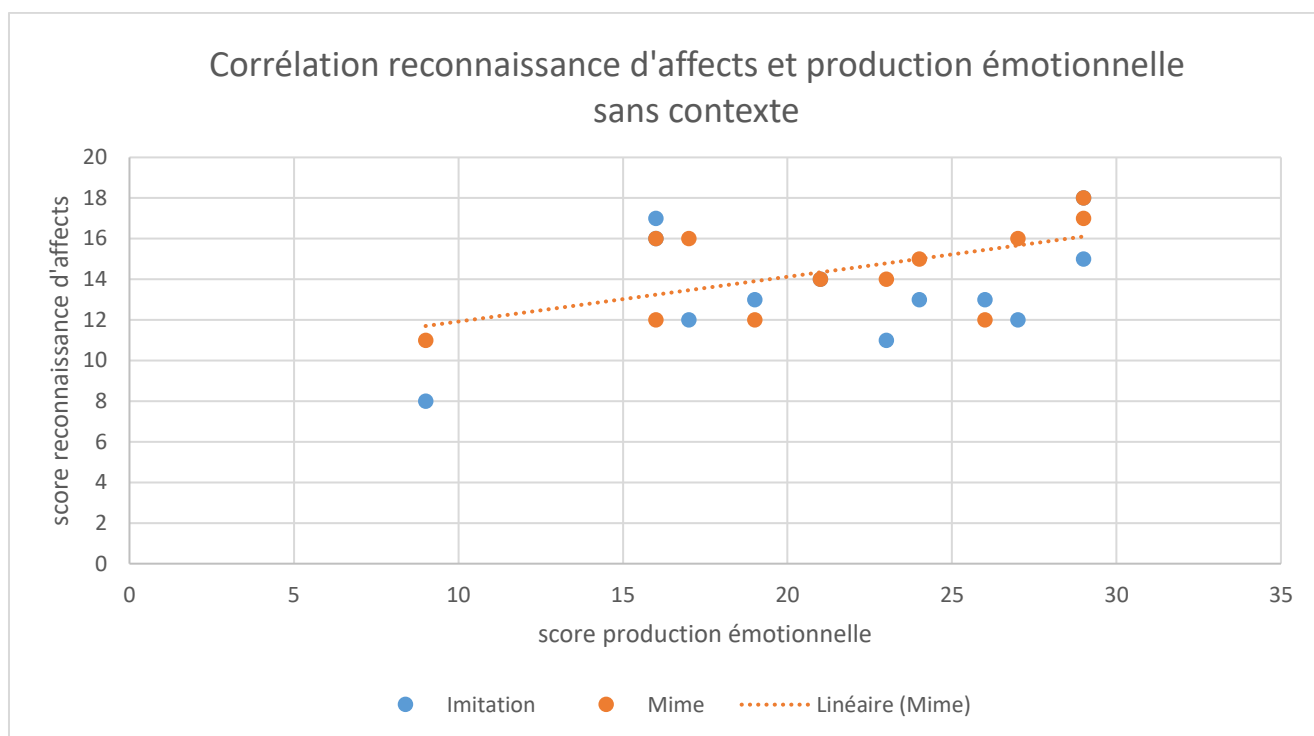
Pour l'analyse statistique, nous avons utilisé le test non paramétrique de corrélations de Spearman. Dans la NEPSY II certaines notes standards apparaissant en percentiles nous avons fait le choix, pour notre étude, d'utiliser uniquement les notes brutes.

3.1 Résultats pour l'objectif principal

Notre premier objectif était de vérifier s'il existait une corrélation significative entre les scores de reconnaissance d'affects (NEPSY II) et les scores de production réussie des émotions en imitation et en mime **hors contexte**.

Tableau 1 : Corrélation entre les scores de reconnaissance d'affects et les scores de production émotionnelle :

	Imitation	Mime
Rho de Spearman (r) Coefficient de corrélation	0,219	0,599
Sig. (bilatéral) (p)	0,493	0,040*

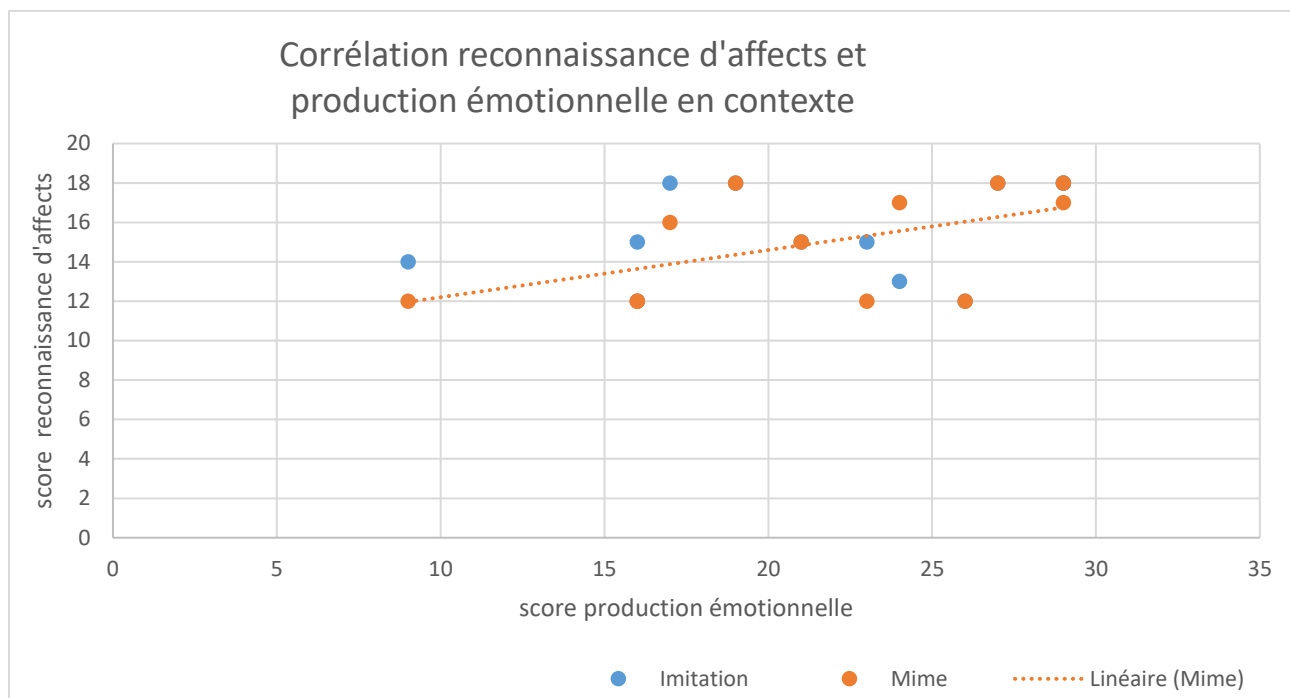


Les résultats montrent une corrélation positive statistiquement significative entre les scores de reconnaissance d'affects et les scores de production réussie d'émotions par mime ($r(10) = 0,599$ et $p = 0,040$). Il s'agit d'une corrélation moyenne ($0,3 < r > 0,5$). Cependant, les résultats ne montrent pas de corrélation entre les scores de reconnaissance d'affects et les scores de production d'émotions réussie par imitation ($r(10) = 0,219$ et $p = 0,493$).

Pour notre second objectif, nous avons à nouveau tester la corrélation entre les scores de reconnaissance d'affects et les scores de production des émotions réussie en imitation et en mime mais cette fois lors de **tâches contextuelles**.

Tableau 2 : Corrélation entre les scores de reconnaissance d'affects et les scores de production émotionnelle en contexte :

	Imitation	Mime
Rho de Spearman (r)	0,376	0,590
Coefficient de corrélation		
Sig. (bilatéral) (p)	0,228	0,044*



Les résultats sont dans la lignée de l'objectif précédent en montrant à nouveau une corrélation positive statistiquement significative entre les scores de reconnaissance d'affects et les scores de production réussie d'émotions par mime ($r(10) = 0,590$ et $p = 0,044$). Il s'agit d'une corrélation moyenne ($0,3 < r > 0,5$). Les résultats ne montrent pas de corrélation entre les scores de reconnaissance d'affects et les scores de production réussie d'émotions par imitation ($r(10) = 0,376$ et $p = 0,228$).

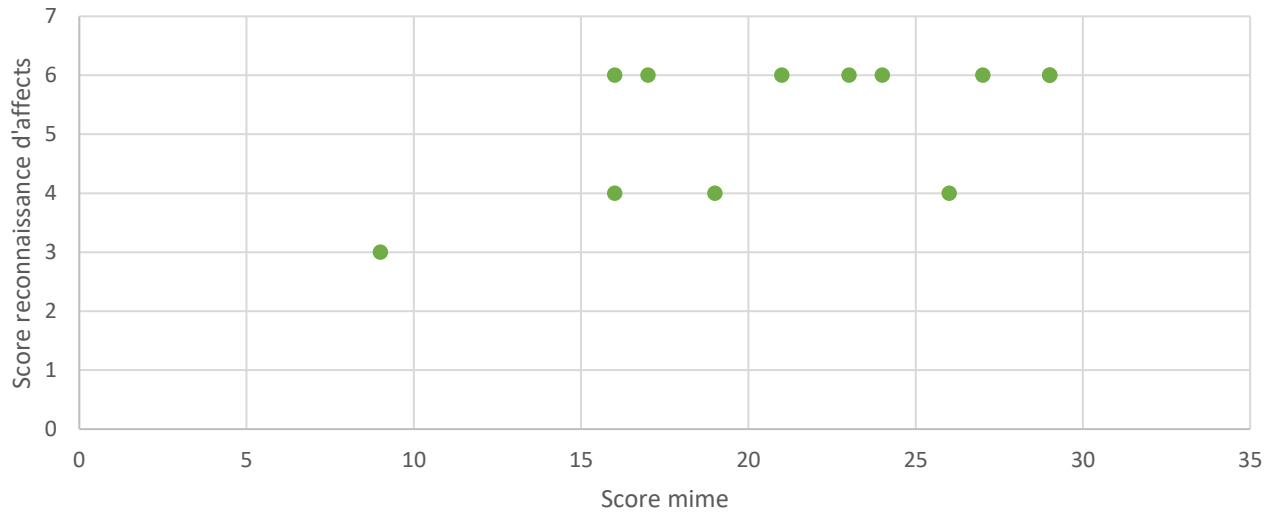
3.2 Résultats pour l'objectif secondaire

Au vu des résultats précédents, nous avons décidé de tester plus spécifiquement la corrélation entre le score de reconnaissance d'affects du bilan neuropsychologique et de la capacité de mime de chaque émotion séparément sans contexte et en contexte.

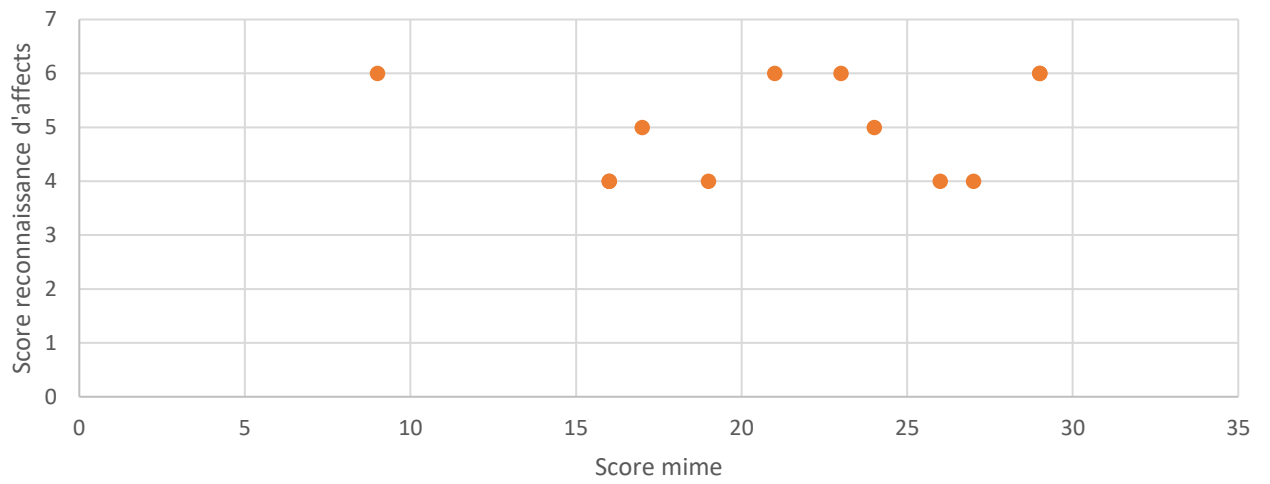
Tableau 3 : Corrélation entre les scores de reconnaissance d'affects et les scores de mime sans contexte

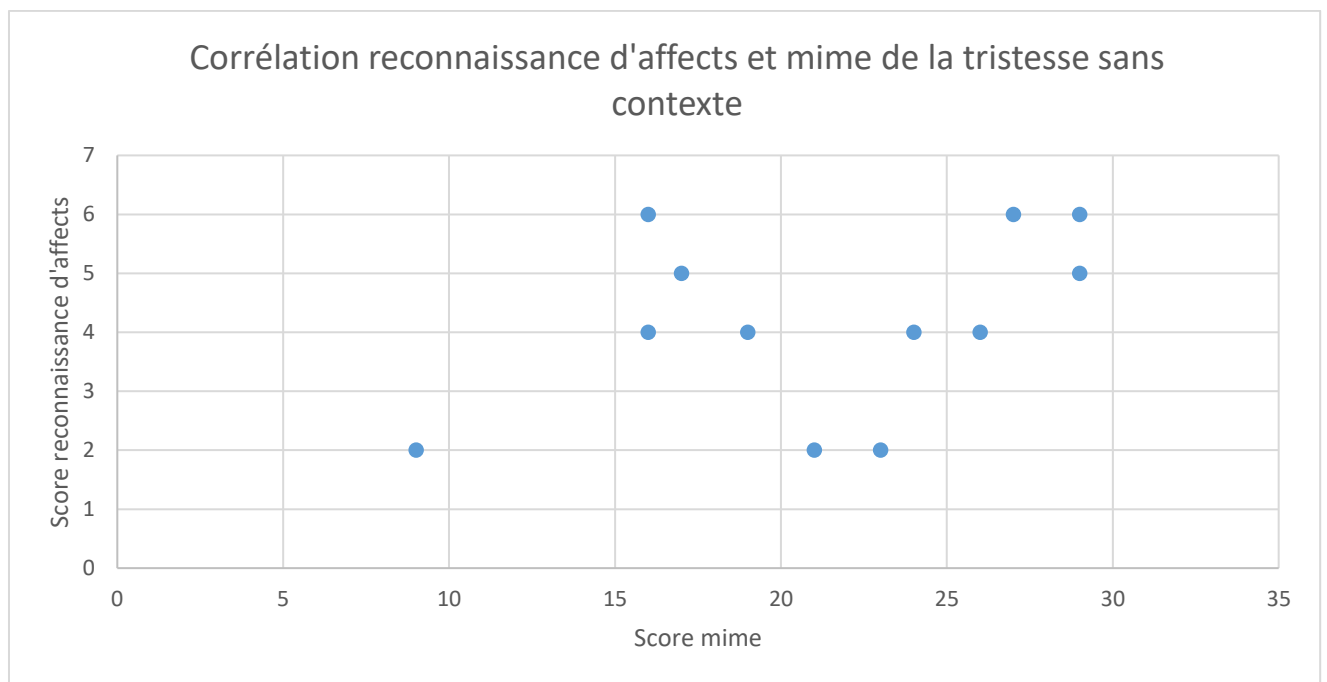
	Joie	Colère	Tristesse
Rho de Spearman (r)	0,487	0,212	0,374
Coefficient de corrélation			
Sig. (bilatéral) (p)	0,108	0,508	0,231

Corrélation reconnaissance d'affects et mime de la joie sans contexte



Corrélation reconnaissance d'affects et mime de la colère sans contexte



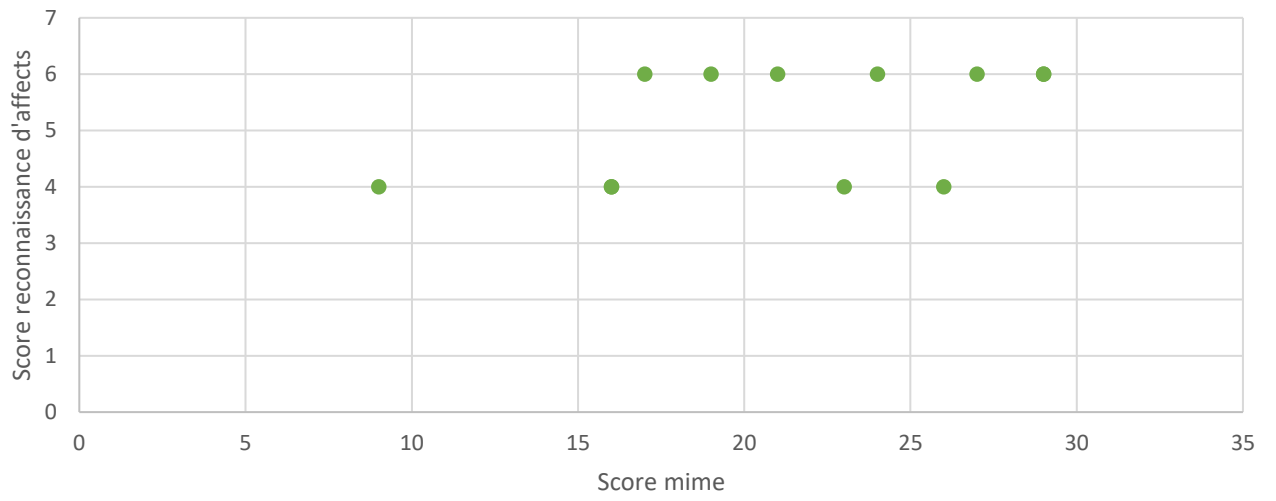


Les résultats obtenus ne montrent pas de corrélation entre les scores de reconnaissance des affects et les scores corrects obtenus lors du mime hors contexte de la joie ($r(10) = 0,487$ et $p = 0,108$), de la colère ($r(10) = 0,212$ et $p = 0,508$) et de la tristesse ($r(10) = 0,374$ et $p = 0,231$).

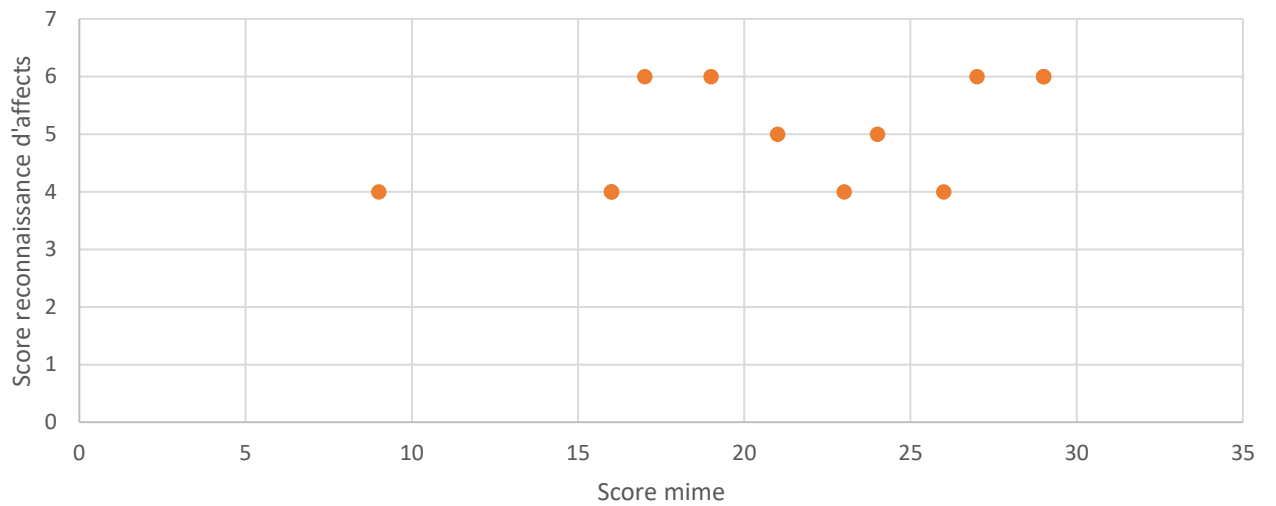
Tableau 4 : Corrélation entre les scores de reconnaissance d'affects et les scores de mime avec contexte

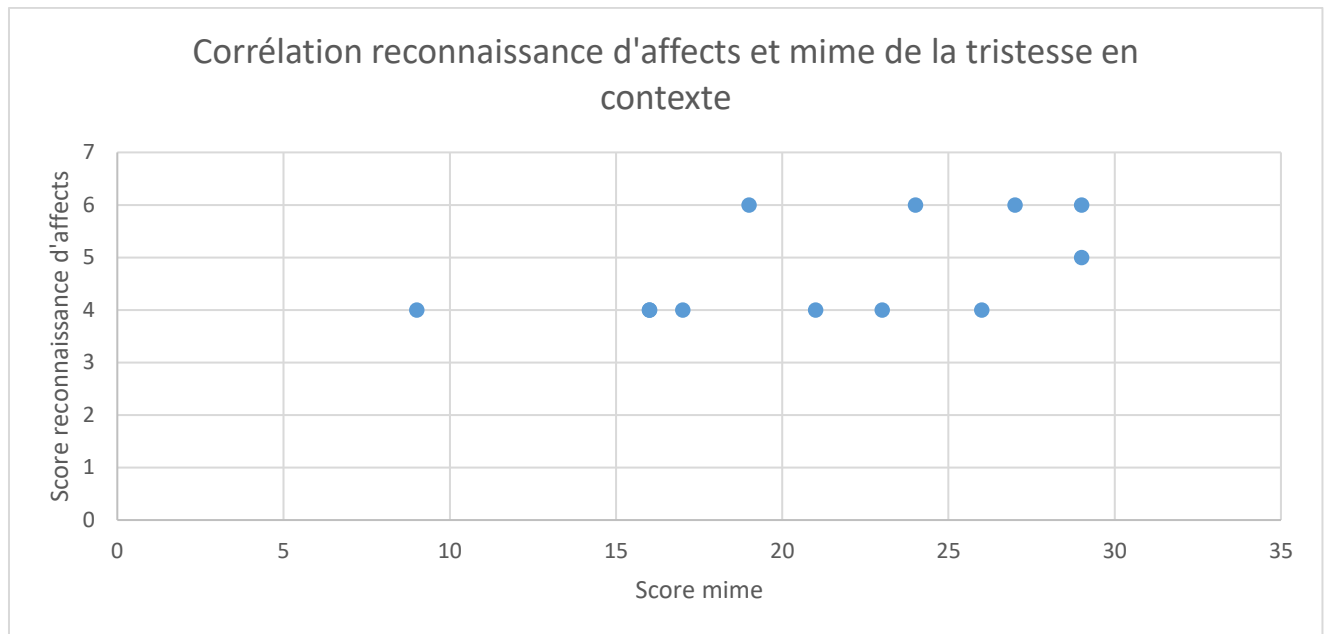
	Joie	Colère	Tristesse
Rho de Spearman (r) Coefficient de corrélation	0,516	0,531	0,602
Sig. (bilatéral) (p)	0,086	0,076	0,038*

Corrélation reconnaissance d'affects et mime de la joie en contexte



Corrélation reconnaissance d'affects et mime de la colère en contexte





Les résultats montrent une corrélation positive statistiquement significative entre les scores de reconnaissance d'affects et les scores corrects de mime de la tristesse en contexte ($r(10) = 0,602$ et $p = 0,038$). Il s'agit d'une corrélation moyenne ($0,3 < r > 0,5$). Cependant, les résultats ne montrent pas de corrélation entre les scores de reconnaissance d'affects et les scores corrects de mime de la joie ($r(10) = 0,516$ et $p = 0,086$) et de la colère en contexte ($r(10) = 0,531$ et $p = 0,076$).

DISCUSSION

Notre objectif principal était d'évaluer si une bonne capacité de reconnaissance émotionnelle avait un impact sur la production, en différenciant dans un premier temps mime et imitation sans contexte puis dans un second temps avec contexte. Nos résultats ont montré que les capacités de reconnaissance émotionnelle n'ont aucun impact sur les capacités de reproduction d'émotion en imitation, que ce soit lors des tâches de production pure ou lors des tâches de production en contexte. Cependant, nous avons obtenu une corrélation positive entre le score de reconnaissance et celui de production correcte en situation de mime, et ce, à la fois pour les tâches sans contexte que pour les tâches contextuelles. Ces résultats présupposent que les participants réussissant à reconnaître les émotions, seront plus à même de réussir à les produire lorsqu'aucun modèle ne leur est proposé. En 2016, Nadel a créé un outil d'évaluation de l'imitation (spontanée, provoquée et reconnaissance d'être imité) et l'a présenté à 23 enfants avec TSA. Elle a démontré que l'âge développemental est un facteur prédictif du niveau d'imitation, et que l'imitation provoquée est plus difficile pour les enfants avec TSA. Il pourrait donc être intéressant dans une prochaine étude de réévaluer nos corrélations en prenant en compte l'âge développemental des participants pour voir si ce dernier a réellement un impact sur les capacités d'imitation. La méta-analyse de Frazier & Hardan (2009) met également en évidence que l'information sortant des neurones miroirs (output) est réduite, or les neurones miroirs sous-tendent les comportements sociaux de l'imitation et de l'empathie. De plus, comme nous l'avons vu plus tôt, les aspects moteurs les plus touchés dans les TSA sont les conduites motrices complexes impliquant des capacités de planification et d'organisation du mouvement en séquences et l'imitation motrice en fait partie (Wadsworth & al., 2017). Nous supposons donc que lors de l'étude, les participants face à l'expression faciale à imiter, étaient concentrés essentiellement sur la réalisation motrice de l'imitation (exercice complexe et coûteux en attention pour eux) et laissaient de côté sa valeur émotionnelle. Cela pourrait expliquer l'absence de corrélation significative entre leurs productions et le score de reconnaissance d'affects. En ce qui concerne le mime, la corrélation positive se retrouve à la fois pour les situations contextuelles et sans contexte, on ne retrouve donc pas la dissociation entre les compétences de bas niveau préservées, et les déficits de traitement de haut niveau décrite par Desautay & al (2014) et Rudie & al. (2011). La différence des résultats entre mime et imitation peut être expliquée par le fait que sans modèle sur lequel s'appuyer, l'enfant se trouve dans l'obligation de se faire une représentation

mentale de l'émotion à produire, il s'appuierait alors sur sa connaissance des émotions, également utilisée lors du bilan pour la reconnaissance d'affects. Selon Mazaux & al. (2016), la reconnaissance des émotions simples, surtout si ces dernières sont saillantes est plus facile pour les enfants avec TSA que la reconnaissance des émotions complexes. Il serait donc intéressant de voir si les résultats obtenus lors de cette étude (concernant la joie, la colère et la tristesse qui sont des émotions très distinctes), se retrouvent également pour d'autres émotions simples (telles que le dégoût, la peur et la surprise) ainsi que pour des émotions plus complexes (comme la déception, l'embarras, ou la confiance par exemple).

Notre objectif secondaire était de vérifier si une bonne capacité de reconnaissance émotionnelle avait un impact sur la production, en considérant indépendamment chaque émotion et encore une fois en différenciant les tâches avec et sans contexte. Compte tenu des résultats de notre premier objectif, nous avons évalué seulement ce lien en situation de mime. Nos résultats ont montré que les capacités de reconnaissance émotionnelle n'ont aucun impact sur les capacités de mime sans contexte de la joie, la colère ou la tristesse. Cependant, nous avons obtenu une corrélation positive entre le score de reconnaissance d'affects et celui de mime de la tristesse en contexte. Il nous semble important de notifier que la joie et la colère se rapprochent également de la significativité, ce qui présuppose que le contexte est un élément facilitateur. Ces résultats sont surprenants et nous ont questionné. Une étude récente portant sur la reconnaissance d'expressions faciales chez les personnes avec TSA montre une variabilité importante dans les compétences de reconnaissance à la fois des émotions entre elles et de chaque émotion individuellement. Elle souligne également que la joie et la colère font partie des émotions les mieux reconnues, la tristesse quant à elle, apparaît comme une des moins bien identifiées (Loth & al., 2018). Reconnaissance et production étant étroitement liées, cette étude est en accord avec les résultats recueillis lors du projet JEMImE montrant que la joie et la colère sont mieux produites que la tristesse (Grossard & al., 2019). Il est possible que l'absence de corroboration de nos résultats avec ces études soit due à un biais de notre recherche. En effet, notre étude portant sur 12 participants, la validité des résultats est limitée. Il serait intéressant, dans le cadre d'une autre étude, de refaire cette corrélation sur un échantillon de patients plus grand pour contrôler s'il y a réellement une différence entre la tristesse et les autres émotions, et vérifier l'absence de corrélation entre la reconnaissance d'affects et la capacité à mimer la joie et la colère. Une autre hypothèse serait que si le contexte est considéré comme facilitateur il améliorerait d'autant plus la tristesse, émotion la moins bien reconnue et produite. La joie et la colère faisant partie des émotions les mieux

reconnues par les enfants avec TSA, ces derniers auraient donc moins besoin de s'appuyer sur le contexte pour les produire. Enfin, comme nous l'avons vu dans l'étude de Hamel & Juillet (2018), lors des séances de jeu dans JEMImE les enfants pouvaient simuler une production naturelle de la tristesse en s'aidant de leurs mains pour tirer les commissures de leurs lèvres vers le bas, biaisant possiblement ainsi l'algorithme de reconnaissance.

Notre recherche comporte plusieurs limites. La principale est que notre échantillon de patients n'était pas suffisamment large pour apporter la certitude de la fiabilité des résultats, ainsi qu'une réelle lisibilité des graphiques les illustrant. De plus, nous avons fait le choix de considérer seulement les notes brutes, les notes standards étant corrélées à l'âge des participants auraient apporté plus de fiabilité. Ces résultats sont néanmoins prometteurs et apportent des pistes qu'il serait intéressant de suivre dans une étude de plus grande ampleur. Ensuite, la tâche de reconnaissance d'affects dans la NEPSY II consiste en un appariement d'images ayant la même valeur émotionnelle et non en une reconnaissance véritable des émotions. Un test de réelle distinction et dénomination des différentes émotions aurait été un support d'une plus grande validité pour confirmer les hypothèses de notre étude. Il nous semble également important de préciser que lors des situations d'imitation, le modèle proposé était un avatar, donc moins naturel qu'un visage humain, pouvant ainsi induire une imitation de moins bonne qualité. De plus, quelles que soit les tâches, les productions de l'enfant n'étaient pas spontanées, elles étaient toujours encouragées par une demande. Le contexte, à la fois du jeu, de la situation de test et de la présence de psychologues, aiguillait l'enfant sur ce qu'on attendait de lui : produire des émotions. Enfin, il aurait été intéressant de reproduire le projet avec un plus grand nombre d'émotions, dans le but d'éviter un effet d'apprentissage et de bien rendre compte des capacités de l'enfant à choisir l'émotion idoine à la situation.

Le but de notre étude était de faire un parallèle entre les capacités de reconnaissance des émotions et les capacités de production, afin de montrer que ces deux aspects sont liés. La plupart des recherches portant sur les émotions chez les TSA se centrent exclusivement sur la reconnaissance, très peu considèrent la production et encore moins le lien entre les deux. Dans ce sens, cette étude est une ouverture à la recherche future, pour pouvoir cerner les capacités émotionnelles des TSA dans leur globalité.

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Cette recherche est née de l'hypothèse que les capacités de reconnaissance émotionnelle avaient un lien avec les capacités de production des émotions. Nous avons donc repris les résultats du projet JEMImE dans le but de faire une étude de corrélation. Ces corrélations visaient à relier les scores obtenus lors du bilan neuropsychologique et les productions réussies recueillies lors de l'utilisation du jeu sérieux dans ses différents aspects (imitation, mime, en présence d'un contexte ou non). Pour cela nous avons sélectionnés 12 patients de Nice ayant participé à JEMImE.

Notre objectif principal était d'objectiver le lien entre les scores obtenus par les enfants lors de la tâche de reconnaissance d'affects et leur capacité à produire correctement les émotions lors de l'utilisation de JEMImE, sur imitation ou sur mime et sans contexte ou en situation contextuelle. Notre objectif secondaire était de corréler la reconnaissance d'affects avec la capacité de production de chaque émotion séparément (joie, colère, tristesse).

Nos résultats ont montré que les capacités de reconnaissance émotionnelle n'ont aucun impact sur les capacités de reproduction d'émotion en imitation, que ce soit lors des tâches de production pure ou lors des tâches de production en contexte. Cependant, nous avons obtenu une corrélation positive entre le score de reconnaissance et celui de production en situation de mime, et ce, à la fois pour les tâches sans contexte que pour les tâches contextuelles. Pour ce qui est de notre objectif secondaire, les capacités de reconnaissance émotionnelle n'ont aucun impact sur les capacités de mime sans contexte de la joie, la colère ou la tristesse. Cependant, nous avons obtenu une corrélation positive entre le score de reconnaissance d'affects et celui de mime de la tristesse en contexte, mais notons néanmoins que la joie et la colère se rapprochent également de la significativité.

Il serait intéressant, dans une prochaine étude, de reprendre cette recherche sur une plus grande échelle de patients et avec un test de reconnaissance d'émotions plus complet. Développer JEMImE en ajoutant un plus grand panel d'émotions pourrait également enrichir le jeu.

Ce travail apporte toutefois des ouvertures sur le champ possible des futures recherches mettant en lien reconnaissance et production des émotions chez les personnes avec TSA. Il met en évidence l'importance de prendre en compte les deux modalités ensemble et non plus séparément. Il pourrait être pertinent de créer un jeu sérieux comportant à la fois de

la reconnaissance et de la production d'émotions. L'utilisation de jeux sérieux dans la rééducation d'enfants avec TSA en cabinet pourrait être un enrichissement pour la prise en charge orthophonique.

BIBLIOGRAPHIE

- Allen, J. G., Fonagy, P., & Bateman, A. W. (2008). *Mentalizing in Clinical Practice*. American Psychiatric Pub.
- Alonso-Gonzalez, A., Rodriguez-Fontenla, C., & Carracedo, A. (2018). De novo Mutations (DNMs) in Autism Spectrum Disorder (ASD) : Pathway and Network Analysis. *Frontiers in Genetics*, 9. <https://doi.org/10.3389/fgene.2018.00406>
- Ameis, S. H., Fan, J., Rockel, C., Voineskos, A. N., Lobaugh, N. J., Soorya, L., Wang, A. T., Hollander, E., & Anagnostou, E. (2011). Impaired structural connectivity of socio-emotional circuits in autism spectrum disorders : A diffusion tensor imaging study. *PloS one*, 6(11), e28044. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0028044>
- Baghdadli, A. (2001). *Étude des facteurs de variabilité des troubles autistiques de l'enfant : Vers une identification de facteurs pronostiques de l'autisme*.
- Balconi, M., Vanutelli, M. E., & Finocchiaro, R. (2014). Multilevel analysis of facial expressions of emotion and script : Self-report (arousal and valence) and psychophysiological correlates. *Behavioral and brain functions : BBF*, 10(1), 32-32. <https://doi.org/10.1186/1744-9081-10-32>
- Baron-Cohen, S. (2015). Leo Kanner, Hans Asperger, and the discovery of autism. *The Lancet*, 386(10001), 1329-1330. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(15\)00337-2](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(15)00337-2)
- Baron-Cohen, S., Leslie, A. M., & Frith, U. (1985). Does the autistic child have a “theory of mind” ? *Cognition*, 21(1), 37-46. [https://doi.org/10.1016/0010-0277\(85\)90022-8](https://doi.org/10.1016/0010-0277(85)90022-8)
- Bashat, D. B. (2011). *Abnormal Developmental Trajectories of White Matter in Autism—The Contribution of MRI. Generic*.
- Ben-Sasson, A., Ben-Sasson, A., Hen, L., Hen, L., Fluss, R., Fluss, R., Cermak, S. A., Cermak, S. A., Engel-Yeger, B., Engel-Yeger, B., Gal, E., & Gal, E. (2009). A Meta-

- Analysis of Sensory Modulation Symptoms in Individuals with Autism Spectrum Disorders. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 39(1), 1-11.
<https://doi.org/10.1007/s10803-008-0593-3>
- Boone, L. M. (2006). The Definitive Book of Body Language : Why What People Say Is Very Different from What They Think or Feel. *Library Journal*, 131(11), 89-90.
- Brun, P. (2001). Psychopathologie de l'émotion chez l'enfant : L'importance des données développementales typiques. *Enfance*, 53(3), 281.
<https://doi.org/10.3917/enf.533.0281>
- Cannon, W. B. (1931). Again the James-Lange and the thalamic theories of emotion. *Psychological Review*, 38(4), 281-295. <https://doi.org/10.1037/h0072957>
- Charman, T. (2004). Difficulties with « executive functions ». *Journal of autism and developmental disorders*, 34(4), 467.
- Cohen, D., Grossard, C., Grynszpan, O., Anzalone, S., Boucenna, S., Xavier, J., Chetouani, M., & Chaby, L. (2017). Autisme, jeux sérieux et robotique : Réalité tangible ou abus de langage ? *Annales Médico-psychologiques, revue psychiatrique*, 175(5), 438-445.
<https://doi.org/10.1016/j.amp.2017.03.013>
- Crocq, M.-A., Guelfi, J.-D., Boyer, P., Pull, C.-B., Pull-Erpelding, M.-C., & American psychiatric association. (2015). *DSM-5 : Manuel diagnostique et statistique des troubles mentaux* (5e édition). Elsevier Masson.
- d'Albis, M.-A., Guevara, P., Guevara, M., Laidi, C., Boisgontier, J., Sarrazin, S., Duclap, D., Delorme, R., Bolognani, F., Czech, C., Bouquet, C., Ly-Le Moal, M., Holiga, S., Amestoy, A., Scheid, I., Gaman, A., Leboyer, M., Poupon, C., Mangin, J.-F., & Houenou, J. (2018). Local structural connectivity is associated with social cognition in autism spectrum disorder. *Brain*, 141(12), 3472-3481.
<https://doi.org/10.1093/brain/awy275>

- Dalgleish, T. (2004). The emotional brain. *Nature Reviews Neuroscience*, 5(7), 583-589.
<https://doi.org/10.1038/nrn1432>
- Dantzer, R. (2002). Expression des émotions. *Que sais-je?*, 3e éd.(2380), 15-38.
- Dapogny, A., Grossard, C., Hun, S., Serret, S., Bourgeois, J., Jean-Marie, H., Foulon, P., Ding, H., Chen, L., Dubuisson, S., Grynszpan, O., Cohen, D., & Bailly, K. (2018). *JEMImE: A Serious Game to Teach Children with ASD How to Adequately Produce Facial Expressions. Generic*. <https://doi.org/10.1109/FG.2018.00114>
- de Gaulmyn, A., Miljkovitch, R., & Montreuil, M. (2018). Étude clinique des processus sous-jacents de l'attention conjointe de très jeunes enfants avec trouble du spectre autistique. *L'Encéphale*, 44(3), 224-231. <https://doi.org/10.1016/j.encep.2016.12.002>
- Denni-Krichel, N. (2012). *Autisme et communication*. Fédération nationale des orthophonistes.
- Desaunay, P., Guérolé, F., Eustache, F., Baleyte, J.-M., & Guillery-Girard, B. (2014). Autisme et connectivité cérébrale : Contribution des études de neuroimagerie à la compréhension des signes cliniques. *Revue de neuropsychologie*, 6(1), 25.
<https://doi.org/10.3917/rne.061.0025>
- Di Martino, A., Yan, C.-G., Li, Q., Denio, E., Castellanos, F. X., Alaerts, K., Anderson, J. S., Assaf, M., Bookheimer, S. Y., Dapretto, M., Deen, B., Delmonte, S., Dinstein, I., Ertl-Wagner, B., Fair, D. A., Gallagher, L., Kennedy, D. P., Keown, C. L., Keyzers, C., ... Milham, M. P. (2014). The Autism Brain Imaging Data Exchange : Towards Large-Scale Evaluation of the Intrinsic Brain Architecture in Autism. *Molecular psychiatry*, 19(6), 659-667. <https://doi.org/10.1038/mp.2013.78>
- Durkin, K. (2010). Videogames and Young People with Developmental Disorders: *Review of General Psychology*. <https://doi.org/10.1037/a0019438>
- Ekman, P., & Friesen, M. V. (1978). *The Facial Action Coding System (facs)*. Consulting

Psychologists Press.

Ekman, Paul. (1992). An argument for basic emotions. *Cognition and Emotion*, 6(3-4), 169-200. <https://doi.org/10.1080/02699939208411068>

Ekman, Paul. (1993). Facial expression and emotion. *American Psychologist*, 48(4), 384-392. <https://doi.org/10.1037/0003-066X.48.4.384>

Ferri, J., Schmidt, J., Hajcak, G., & Canli, T. (2016). Emotion regulation and amygdala-precuneus connectivity : Focusing on attentional deployment. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, 16(6), 991-1002. <https://doi.org/10.3758/s13415-016-0447-y>

Fombonne, E. (2012). Épidémiologie de l'autisme. *Encyclopédie sur le développement des jeunes enfants*, 5.

Frazier, T. W., & Hardan, A. Y. (2009). A Meta-Analysis of the Corpus Callosum in Autism. *Biological Psychiatry*, 66(10), 935-941. <https://doi.org/10.1016/j.biopsych.2009.07.022>

Gourbail, L. (2018). *Haute Autorité de santé*. 257.

Grossard, C., Hun, S., Serret, S., Grynszpan, O., Foulon, P., Dapogny, A., Bailly, K., Chaby, L., & Cohen, D. (2017). Rééducation de l'expression émotionnelle chez l'enfant avec trouble du spectre autistique grâce aux supports numériques : Le projet JEMImE. *Neuropsychiatrie de l'Enfance et de l'Adolescence*, 65(1), 21-32. <https://doi.org/10.1016/j.neurenf.2016.12.002>

Grossard, Charline, Grynszpan, O., Serret, S., Jouen, A.-L., Bailly, K., & Cohen, D. (2017). Serious games to teach social interactions and emotions to individuals with autism spectrum disorders (ASD). *Computers & Education*, 113, 195-211. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2017.05.002>

Grossard, Charline, Hun, S., Dapogny, A., Juillet, E., Hamel, F., Jean-Marie, H., Bourgeois,

- J., Pellerin, H., Foulon, P., Serret, S., Grynszpan, O., Bailly, K., & Cohen, D. (2019). Teaching Facial Expression Production in Autism : The Serious Game JEMImE. *Creative Education*, 10(11), 2347-2366. <https://doi.org/10.4236/ce.2019.1011167>
- Hamel, F., & Juillet, E. (2018). *Évaluation et remédiation de la production des expressions faciales chez l'enfant TSA : projet JEMImE* [HAL CCSD].
- Hasan, H. S., & Kareem, S. B. A. (2013). Gesture Feature Extraction for Static Gesture Recognition. *Arabian Journal for Science and Engineering*, 38(12), 3349-3366. <https://doi.org/10.1007/s13369-013-0654-6>
- Herringshaw, A. J., Kumar, S. L., Rody, K. N., & Kana, R. K. (2018). Neural Correlates of Social Perception in Children with Autism : Local versus Global Preferences. *Neuroscience*, 395(Journal Article), 49-59. <https://doi.org/10.1016/j.neuroscience.2018.10.044>
- Johnstone, T., van Reekum, C. M., Oakes, T. R., & Davidson, R. J. (2006). The voice of emotion : An fMRI study of neural responses to angry and happy vocal expressions. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 1(3), 242-249. <https://doi.org/10.1093/scan/nsi027>
- Just, M. A. (2004). Cortical activation and synchronization during sentence comprehension in high-functioning autism : Evidence of underconnectivity. *Brain*, 127(8), 1811-1821. <https://doi.org/10.1093/brain/awh199>
- Konar, A., & Chakraborty, A. (2014). *Emotion Recognition : A Pattern Analysis Approach*. John Wiley & Sons.
- Laukka, P., Juslin, P. N., & Bresin, R. (2005). A dimensional approach to vocal expression of emotion. *Cognition & Emotion*, 19(5), 633-653. <https://doi.org/10.1080/02699930441000445>
- Lecours, S. (2017). Niveaux de mentalisation de la souffrance en clinique : agonie, détresse et

tristesse adaptative. *Revue québécoise de psychologie*, 37(3), 235-257.

<https://doi.org/10.7202/1040169ar>

Lord, C., Elsabbagh, M., Baird, G., & Veenstra-Vanderweele, J. (2018). Autism spectrum disorder. *The Lancet*, 392(10146), 508-520. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(18\)31129-2](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(18)31129-2)

Loth, E., Garrido, L., Ahmad, J., Watson, E., Duff, A., & Duchaine, B. (2018). Facial expression recognition as a candidate marker for autism spectrum disorder : How frequent and severe are deficits? *Molecular Autism*, 9(1), 7.

<https://doi.org/10.1186/s13229-018-0187-7>

Lyall, K., Croen, L., Daniels, J., Fallin, M. D., Ladd-Acosta, C., Lee, B. K., Park, B. Y., Snyder, N. W., Schendel, D., Volk, H., Windham, G. C., & Newschaffer, C. (2016). *The Changing Epidemiology of Autism Spectrum Disorders. Generic.*

<https://doi.org/10.1146/annurev-publhealth-031816-044318>

MacLean, P. D. (1949). Psychosomatic Disease and the « Visceral Brain » : Recent Developments Bearing on the Papez Theory of Emotion. *Psychosomatic Medicine*, 11(6).

https://journals.lww.com/psychosomaticmedicine/Fulltext/1949/11000/Psychosomatic_Disease_and_the_Visceral_Brain_.3.aspx

Martin, J.-C. (2018). Agents virtuels pour l'apprentissage de compétences sociales dans l'autisme : Une revue. *Enfance*, N° 1(1), 13-30.

Mazaux, J.-M., Joseph, P.-A., Prouteau, A., & Brun, V. (2016). *La cognition sociale*. Sauramps médical.

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'Encephale*, 37(5), 371-378.

<https://doi.org/10.1016/j.encep.2010.10.005>

Nadel, J. (2015). Perception–action coupling and imitation in autism spectrum disorder.

Developmental Medicine & Child Neurology, 57(s2), 55-58.

<https://doi.org/10.1111/dmcn.12689>

Nadel, J. (2016). Chapitre 7. Évaluer l’imitation dans le TSA. *Psychotherapies*, 2e éd., 133-154.

Nadel, J. (2017). Psychopathologie développementale : Une esquisse d’état des lieux en 2017.

Enfance, 4(4), 523-539. <https://doi.org/10.3917/enf1.174.0523>

Noroozi, F., Corneanu, C. A., Kamińska, D., Sapiński, T., Escalera, S., & Anbarjafari, G.

(2018). Survey on Emotional Body Gesture Recognition. *arXiv:1801.07481 [cs]*.

<http://arxiv.org/abs/1801.07481>

O’Reilly, C., Lewis, J. D., & Elsabbagh, M. (2017). Is functional brain connectivity atypical in autism ? A systematic review of EEG and MEG studies. *PLoS one*, 12(5), e0175870.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0175870>

Papez, J. W. (1937). A proposed mechanism of emotion. *Archives of Neurology & Psychiatry*,

38(4), 725-743. <https://doi.org/10.1001/archneurpsyc.1937.02260220069003>

Paulmann, S., & Pell, M. D. (2011). Is there an advantage for recognizing multi-modal emotional stimuli? *Motivation and Emotion*, 35(2), 192-201.

<https://doi.org/10.1007/s11031-011-9206-0>

Pickett, E., Pullara, O., O’Grady, J., & Gordon, B. (2009). Speech acquisition in older nonverbal individuals with autism : A review of features, methods, and prognosis.

Cognitive and Behavioral Neurology: Official Journal of the Society for Behavioral and Cognitive Neurology, 22(1), 1-21.

<https://doi.org/10.1097/WNN.0b013e318190d185>

Pillot-Loiseau, C. (2018). Voix, dysphonie et émotions : Production, perception et

- rééducation, *Colloque « Communiquer les émotions »*, Syndicat Régional des Orthophonistes de Picardie, 28 septembre 2018, Saint-Valéry-sur-Somme, 69-83.
- Plutchik, R., & Kellerman, H. (1981). Emotion : Theory, Research and Experience. Volume 1. Theories of Emotion. *Psychological Medicine*, 11(1), 207-207.
<https://doi.org/10.1017/S0033291700053769>
- Ramzan, N., & Amjad, N. (2017). Cross Cultural Variation in Emotion Regulation : A Systematic Review. *Annals of King Edward Medical University*, 23(1).
<https://doi.org/10.21649/akemu.v23i1.1512>
- Revis, J. (2018). La voix, malgré moi..., *Colloque « Communiquer les émotions »*, Syndicat Régional des Orthophonistes de Picardie, 28 septembre 2018, Saint-Valéry-sur-Somme, 46-68.
- Rogé, B. (2015). *Autisme, comprendre et agir. Santé, éducation, insertion: Vol. 3e ed.* Dunod; Cairn.info. <https://www.cairn.info/autisme-comprendre-et-agir--9782100724611.htm>
- Rudie, J. D., Shehzad, Z., Hernandez, L. M., Colich, N. L., Bookheimer, S. Y., Iacoboni, M., & Dapretto, M. (2011). *Reduced Functional Integration and Segregation of Distributed Neural Systems Underlying Social and Emotional Information Processing in Autism Spectrum Disorders. Generic.* <https://doi.org/10.1093/cercor/bhr171>
- Sacco, R., Gabriele, S., & Persico, A. M. (2015). Head circumference and brain size in autism spectrum disorder : A systematic review and meta-analysis. *Psychiatry Research*, 234(2), 239-251. <https://doi.org/10.1016/j.psychresns.2015.08.016>
- Sandin, S., Lichtenstein, P., Kuja-Halkola, R., Larsson, H., Hultman, C. M., & Reichenberg, A. (2014). The familial risk of autism. *JAMA*, 311(17), 1770-1777.
<https://doi.org/10.1001/jama.2014.4144>
- Sauvage, D. (2012). Autisme, une brève histoire de la nosographie avec une archive de E. Seguin. *Annales Médico-psychologiques, revue psychiatrique*, 170(7), 510-516.

<https://doi.org/10.1016/j.amp.2012.06.018>

- Serret, S., Hun, S., Iakimova, G., Lozada, J., Anastassova, M., Santos, A., Vesperini, S., & Askenazy, F. (2014). Facing the challenge of teaching emotions to individuals with low- and high-functioning autism using a new Serious game : A pilot study. *Molecular Autism*, 5(1), 37. <https://doi.org/10.1186/2040-2392-5-37>
- Sundaram, S. K., Kumar, A., Makki, M. I., Behen, M. E., Chugani, H. T., & Chugani, D. C. (2008). Diffusion Tensor Imaging of Frontal Lobe in Autism Spectrum Disorder. *Cerebral Cortex*, 18(11), 2659-2665. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhn031>
- Thommen, É., Suárez, M., Guidetti, M., Guidoux, A., Rogé, B., & Reilly, J. S. (2010). Comprendre les émotions chez les enfants atteints d'autisme : Regards croisés selon les tâches. *Enfance*, 3(3), 319-337. Cairn.info. <https://doi.org/10.4074/S0013754510003083>
- Vandromme, L. (2018a). Introduction. Regards et perspectives sur les nouvelles technologies et l'autisme. *Enfance*, 1(1), 5-12. Cairn.info. <https://doi.org/10.3917/enf2.181.0005>
- Vandromme, L. (2018b). Introduction. *Enfance*, N° 1(1), 5-12.
- Vermeulen, P., Montis, W. de, & Magerotte, G. (2011). *Autisme et émotions* (2e édition). De Boeck.
- Wadsworth, H. M., Maximo, J. O., Lemelman, A. R., Clayton, K., Sivaraman, S., Deshpande, H. D., Hoef, L. V., & Kana, R. K. (2017). The Action Imitation network and motor imitation in children and adolescents with autism. *Neuroscience*, 343, 147-156. <https://doi.org/10.1016/j.neuroscience.2016.12.001>

Nom Prénom : Jouve Laura

Titre du mémoire : Corrélation des capacités de réception et de production des émotions chez les patients avec TSA.

Résumé : Les patients avec des Troubles du Spectre Autistique présentent des déficits de la communication et des interactions sociales. L'émotion est régie par un réseau de circuits cérébraux nécessaire pour nous permettre de percevoir et de ressentir des émotions. Or ces zones cérébrales semblent peu stimulées chez les personnes présentant un TSA. Ces dernières présentent de grandes difficultés à percevoir et produire les émotions, quelles que soit les modalités (visuelle, gestuelle, vocale). C'est pourquoi depuis plusieurs années et grâce aux progrès numériques de plus en plus de jeux sérieux visant les personnes avec TSA ont vu le jour. Il nous a alors paru intéressant de creuser le lien entre les capacités de reconnaissance des émotions et celles de production chez cette population, en considérant séparément les compétences de bas niveau et celles de haut niveau. Nous avons émis l'hypothèse que les capacités de production émotionnelle étaient potentiellement liées aux capacités de reconnaissance de ces mêmes émotions. Nous avons alors fait une étude rétrospective, en corrélant les scores des participants lors du bilan neuropsychologique initial et les réussites obtenues lors de l'utilisation de JEMImE. Nos résultats ont montré que les capacités de reconnaissance émotionnelle n'ont aucun impact sur les capacités de reproduction d'émotion en imitation. Cependant, nous avons obtenu une corrélation positive entre le score de reconnaissance et celui de production en situation de mime, et ce, à la fois pour les tâches sans contexte que pour les tâches contextuelles. Il existe également une corrélation positive entre le score de reconnaissance d'affects et celui de mime de la tristesse en contexte.

Mots-clés : TSA, Jeux sérieux, Corrélation, Etude rétrospective, Enfants

Abstract : Patients with Autism Spectrum Disorders have communication and social interaction deficits. Emotion is governed by a network of brain circuits necessary for us to perceive and feel emotions. These areas of the brain seem to be poorly stimulated in people with ASD. These present great difficulties in perceiving and producing emotions, whatever the modalities (visual, gestural, vocal). This is why for several years now, and thanks to digital progress, more and more serious games targeting people with ASD have emerged. Therefore we found it interesting to explore the link between the capacities for recognizing emotions and those for production in this population, by considering low-level skills and high-level skills separately. We hypothesized that emotional production capacities were potentially linked to the recognition capacities of these same emotions. Then we did a retrospective study, correlating the scores of the participants during the initial neuropsychological assessment and the successes obtained when using JEMImE. Our results have shown that emotional recognition has no impact on the ability to reproduce emotion in imitation. However, we obtained a positive correlation between the recognition score and that of production in mime situation, both for tasks without context and for contextual tasks. There is also a positive correlation between the score of recognition of affect and that of mime of sadness in context.

Keywords : ASD, Serious Game, Correlation, Retrospective study, Children