

Université François-Rabelais de Tours

Année Universitaire 2007-2008

Mémoire soutenu par Laëtitia Roché

pour l'obtention du diplôme de

Master 1 spécialité Psychologie, Cognition et Développement

***Vitesse d'exploration oculaire des visages par  
les enfants sains et avec autisme***

Stage réalisé sous la direction de Mme le Dr Joëlle Martineau

Au sein de l'équipe Autisme de l'unité Imagerie et Cerveau, UMR930 Institut National de  
la Santé et de la Recherche Médicale - Université François-Rabelais de Tours.

## Sommaire

1	Introduction.....	1
1.1	La perception visuelle des visages chez l'enfant sain.....	1
1.1.1	La perception visuelle des visages.....	1
1.1.2	L'évolution des capacités visuelles et des comportements d'exploration oculaire ....	4
1.2	L'influence de la perception des visages sur la socialisation .....	4
2	L'autisme .....	6
2.1	La symptomatologie de l'autisme.....	7
2.1.1	Troubles du contact et des relations sociales .....	8
2.1.2	Troubles de la communication.....	8
2.1.3	Comportements et activités répétitifs et/ou restreints.....	9
2.1.4	Réactions particulières à l'environnement et bizarreries de comportement (Lenoir, Malvy, et Bodier-Rethore, 2003) .....	9
2.1.5	Pathologies associées.....	10
2.2	Hypothèses explicatives des troubles de la socialisation dans l'autisme .....	11
2.2.1	Le déficit de théorie de l'esprit .....	11
2.2.2	Le déficit de cohérence centrale.....	12
2.2.3	Le trouble de la modulation et de la régulation des informations perceptives .....	13
2.3	Les anomalies de l'exploration oculaire chez les patients atteints d'autisme .....	16
2.3.1	Une anomalie de la perception du mouvement .....	16
2.3.2	Une exploration des visages différente .....	17
2.3.3	Un déficit d'exploration du regard .....	18
2.4	Problématique .....	19
2.5	Objectifs de travail .....	19
2.6	Hypothèses de Travail.....	20
3	Matériel et Méthode.....	20
3.1	Sujets .....	20
3.1.1	Population d'enfants avec autisme.....	20
3.1.2	Population d'enfants typiques.....	21
3.2	Stimuli visuels.....	21
3.2.1	Nature des stimuli .....	21
3.2.2	Modalités de présentation .....	21
3.3	Suivi du regard .....	22
3.3.1	Dispositif de suivi du regard .....	22
3.3.2	Logiciel Face - LAB® .....	22
3.3.3	Logiciel Gaze-Tracker® .....	23

3.4	Le calcul de la vitesse d'exploration .....	23
3.5	Plan expérimental .....	24
4	Analyse des résultats .....	24
4.1	Tests statistiques .....	24
4.1.1	Analyse de la vitesse de l'exploration oculaire.....	24
4.1.2	Analyse de la distance explorée.....	24
4.1.3	Analyse du temps d'exploration oculaire .....	24
4.2	Résultats.....	25
4.2.1	La vitesse de l'exploration oculaire.....	25
4.2.2	La distance explorée.....	26
4.2.3	La durée d'exploration oculaire.....	27
5	Interprétation et discussion des résultats.....	27
6	Conclusion.....	31

# **1 Introduction**

## ***1.1 La perception visuelle des visages chez l'enfant sain***

Les mouvements des yeux, conjugués et constants, permettent et déterminent l'exploration d'une scène ou d'un stimuli visuel. Le bon déroulement de l'exploration dépend d'une organisation neuromusculaire fine dont les mécanismes sont ajustés aux informations perçues par la rétine, les voies et les centres nerveux visuels. Lors de l'exploration, le regard se centre successivement sur différents points de l'espace : les yeux sont orientés sur un point afin que son image se forme sur la fovéa. On distingue ainsi plusieurs types de mouvements oculaires. Certains mouvements recentrent l'image sur la rétine durant le maintien de la fixation. Les saccades oculaires sont des mouvements brusques des yeux lorsque la fixation du regard passe d'un point de fixation à un autre. Les mouvements lents de poursuite interviennent lorsque l'œil suit un objet en déplacement. Ces mécanismes de base sont identiques quel que soit le stimulus.

Cependant les visages occupent une place particulière dans l'éventail des stimuli visuels, en raison de la spécificité de leur perception et de leur rôle dans le développement cognitif de l'enfant.

### **1.1.1 La perception visuelle des visages**

La perception visuelle des visages se distingue de celle des objets selon trois aspects : les structures cérébrales impliquées, l'indépendance de ces deux systèmes, et leurs systèmes d'analyse de l'information.

Les études en neuroimagerie ont montré que la perception des visages chez des sujets sains provoque l'activation du gyrus fusiforme. Or cette structure n'est pas active lors de la perception d'autres stimuli, par exemple des objets. Il existe donc au moins une structure spécifique à la perception visuelle des visages. D'autre part, des lésions neurologiques (lésion du gyrus fusiforme) ont montré qu'une personne pouvait avoir des difficultés voire une incapacité à reconnaître les visages (prosopagnosie) sans que la perception des autres stimuli visuels ne soit affectée (ni celle des stimuli appartenant à une autre modalité sensorielle ce qui permet ainsi une identification des individus malgré ce handicap). Le traitement des objets est donc indépendant de celui des visages. De plus,

il est admis que les visages sont traités différemment des objets. Le traitement visuel du visage donne lieu à une perception holistique : ses différents éléments sont perçus les uns en fonction des autres, le visage est donc traité comme un tout indissociable (Farah & al., 1995 ; Tanaka & Farah, 1993).

Au quotidien, l'être humain se montre capable de discriminer et de reconnaître des centaines d'individus, malgré les changements d'expression faciale, de contexte, d'orientation, ou ceux dus à l'âge. La perception des visages nécessite donc le stockage d'un grand nombre d'informations et une grande flexibilité. Pour bénéficier du traitement approprié, un visage doit d'abord être reconnu en tant que tel. La première étape du traitement perceptif consiste en l'extraction des composantes du stimulus visuel, et la prise en compte de leur organisation spatiale. Ces éléments et leur configuration sont alors comparés aux modèles stockés en mémoire. Un modèle présente les traits communs à tous les exemplaires d'une même catégorie ; pour un visage humain, il s'agit de deux yeux disposés horizontalement sous le front, d'un nez vertical médian, d'une bouche horizontale sous le nez. Ces traits et leur organisation spatiale constituent des « relations de premier ordre », ne permettant pas la reconnaissance d'une personne particulière ; à partir de ces relations l'individu sait seulement qu'il est face à un visage humain, mais n'accède pas à d'autres informations (alors que ce type de relations suffit généralement pour les autres catégories de stimuli). Lorsque le traitement du stimulus amène à une représentation structurale de type «visage», il y a activation d'un module spécifique : «l'unité de reconnaissance faciale» (qui correspondrait, sur le plan neurologique, au gyrus fusiforme). Ce module contient les représentations de tous les visages connus. La reconnaissance d'une personne se fait grâce aux relations entre les « relations de premier ordre » (donc de « second ordre »), qui constituent des traits stables et spécifiques à cette personne, les traits internes (nez, yeux, bouche) ayant une importance majeure. Lorsque les « relations de second ordre » du stimulus perçu correspondent suffisamment à une représentation de l'unité, celle-ci active plusieurs types d'informations : l'identité de la personne et des informations affectives sur celle-ci (familiarité, vécu, etc.). L'individu reconnaît la personne à laquelle appartient le visage grâce à la combinaison de ces deux types d'informations, un seul ne suffit pas. D'autre part, la perception des traits du visage permet d'inférer sur l'état émotionnel, de détecter la direction du regard, de comprendre les mouvements de la bouche (lecture labiale), et d'identifier d'autres caractéristiques de l'individu (telles que son âge approximatif, son sexe, son groupe ethnique). Des études

neurophysiologiques suggèrent aussi que le système visuel occipito-temporal comporterait des mécanismes cérébraux spécifiquement sensibles aux yeux, à leurs mouvements, et à la direction du regard (Hoffman & Haxby, 2000)

Il est important de préciser que Schweinberger et Soukup (1998) ont montré qu'il existe des relations asymétriques entre la reconnaissance de l'identité d'une part et la lecture labiale et la reconnaissance des expressions d'autre part. La reconnaissance de l'identité est basée sur des invariants : il s'agit des caractéristiques spécifiques à un visage toujours présentes quelques soient les mouvements faciaux, ou les autres changements auxquels celui-ci peut être soumis. La lecture labiale et la reconnaissance des expressions quant à elles reposent sur l'interprétation de ces mouvements. Selon ces auteurs, la reconnaissance de l'identité n'est influencée ni par la perception des mouvements de la bouche au cours de l'élocution, ni par celle des mouvements dus à l'expression faciale. Cependant la lecture labiale et la reconnaissance des expressions sont influencées par l'identité du visage, donc les connaissances dont l'individu dispose sur celui-ci.

En effet, la perception des visages implique également la capacité de cohérence centrale (Frith, 1993), l'aptitude à extraire les stimuli significatifs d'un ensemble de stimuli perçus, dans un contexte établi. Ce traitement permet la reconnaissance des visages, des expressions faciales, des mots (sons), mais aussi l'interaction sociale. Il apparaît alors logique que la lecture labiale et la reconnaissance des émotions, qui sont fluctuante, n'influence pas la reconnaissance de l'identité. En revanche l'identité de la personne lorsqu'elle est reconnue nous donne des informations, notamment sur son comportement habituel, permettant de moduler l'interprétation de la lecture labiale et des expressions faciales.

L'exploration oculaire des visages permet aussi de les distinguer des autres stimuli. En effet il a été montré que chez l'adulte sain, l'exploration du visage se fait suivant un trajet spécifique commun à tous les individus : elle commence par un œil (opposé au dominant de l'explorateur) puis l'autre, descend le long du nez et finit par la bouche.

La perception visuelle des visages nécessite donc la mise en œuvre de traitements hautement complexes, que l'enfant va acquérir et développer, à partir de capacités innées, grâce à son contact avec un environnement visuel stimulant.

### **1.1.2 L'évolution des capacités visuelles et des comportements d'exploration oculaire**

Dès la naissance le nouveau-né montre une capacité à discriminer le visage humain des autres stimuli, et une préférence pour celui-ci et les formes assimilées dès huit semaines de vie (Maurer & Barrera, 1981). Mais ses saccades oculaires sont bien moins rapides et précises que celle d'un adulte. Le nourrisson possède également la capacité à discriminer les visages, notamment celui de sa mère (Bushnel, Sai, & Mullin, 1989). La perception des expressions faciales, ainsi que leur reproduction, sont déjà présentes mais leur compréhension n'apparaît qu'à partir d'un an. Cependant à cet âge l'exploration est centrée sur les cheveux, le menton et les autres contours du visage (Streri A., 1999). Le traitement perceptif est donc basé sur des « traits externes ».

Entre un et deux mois, l'enfant montre une amélioration rapide de son attention visuelle soutenue et un changement dans sa stratégie d'exploration oculaire des visages. A partir de deux mois, l'enfant fixe les yeux et la bouche, des « traits internes », davantage que les contours. De plus, il regarde plus longtemps les visages de personnes en train de parler que les visages bougeant silencieusement.

Des travaux sur les animaux et les différences culturelles suggèrent que la détection des éléments simples tels que les traits verticaux ou horizontaux, ou la profondeur, ne serait pas innée mais se développerait en fonction des stimuli rencontrés par l'enfant (Gregory, 2000). Certains stimuli visuels ne peuvent donc être perçus qu'à la suite d'un apprentissage, ce qui rend d'autant plus spécifique la capacité innée à discriminer le visage humain.

Au cours de la première année, l'enfant devient capable de suivre les mouvements de la tête (Corkum & Moore, 1998). A partir de 5 ans, l'enfant peut reconnaître un visage même après des changements de taille, avec des expressions faciales ou des orientations différentes. Il a acquis la capacité à détecter les aspects invariants du visage. Avec l'âge, l'enfant encoderait plus rapidement l'information concernant les visages, donc en plus grande quantité (Streri A., 1999). Ce processus de maturation est rendu possible grâce à la spécialisation de l'enfant dans la perception des visages.

## ***1.2 L'influence de la perception des visages sur la socialisation***

Le visage humain constitue une source majeure d'informations concernant la communication émotionnelle et les interactions sociales, en générant des informations

sur l'identité, les mouvements des lèvres, la direction du regard, et les émotions (Gepner & al., 2001).

C'est grâce à cette communication non verbale que l'individu se trouve apte à comprendre et à attribuer des états mentaux à autrui. Baron-Cohen, Leslie, et Frith (1985) proposent quatre mécanismes distincts mais reliés chronologiquement entre eux qui constituent les prémices cognitives de la communication :

- le détecteur d'intentionnalité (des mouvements) ;
- le détecteur de direction des yeux ;
- l'attention conjointe ;
- la théorie de l'esprit (compréhension des états mentaux représentationnels).

Durant le développement normal, l'attention conjointe apparaît au cours de la première année : l'enfant commence à suivre le regard d'un adulte dans le but de partager l'expérience de voir le même objet ou événement (Corkum & Moore, 1998 ; Moore & Corkum, 1998). D'un point de vue expérimental, l'établissement de l'attention visuelle conjointe est avéré si l'enfant tourne son regard de façon répétée dans la même direction que celui de l'adulte (Scaife & Bruner, 1975). Avant 18 mois, la seule direction de l'œil n'affecte pas l'orientation de l'enfant (Corkum & Moore, 1998), c'est le mouvement de la tête qui interpelle l'attention (Farroni & al., 2000).

Entre un et quatre ans l'enfant développe la capacité de métareprésentation (Baron-Cohen, Leslie & Frith, 1985) : il peut se représenter ce que l'autre pense. La métareprésentation est à la base de la « théorie de l'esprit » (Baron-Cohen, Leslie & Frith, 1985) qui se développe entre 3 et 4 ans. Ce concept renvoie à la capacité de savoir qu'autrui a des états mentaux, et de se représenter ces états (pensées, croyances, émotions, désirs) qui guident les actions. Grâce à cette capacité l'enfant est capable de prévoir et de comprendre le comportement d'autrui.



<b><u>Théorie de l'esprit</u></b>		
<b><u>Interaction sociale</u></b>	<b><u>Imagination</u></b>	<b><u>Communication</u></b>
Intelligence sociale Considérer le point de vue d'autrui	Jeux symboliques Attribuer des états mentaux Manipuler des émotions	Attention conjointe Gestes protodéclaratifs Regards référentiels

Figure1 : Les aptitudes développées par la théorie de l'esprit

Tous ces mécanismes font appel à des informations perceptives dont beaucoup proviennent de la modalité visuelle. Afin de détecter les mouvements d'autrui et de ses yeux il est nécessaire d'explorer son corps et son visage de manière à extraire toutes les informations pertinentes. L'attention conjointe nécessite elle aussi une bonne perception du regard et du mouvement des yeux. Enfin la « théorie de l'esprit » requière d'avoir connaissance de l'identité d'autrui, de ses expressions faciales, de sa posture, de ses actions, et de ce qu'il a pu percevoir. Tous ces éléments dépendent (au moins en partie) de l'exploration oculaire d'autrui que l'enfant a pu faire.

La socialisation de l'enfant nécessite donc en partie le traitement d'informations visuelles provenant de l'exploration oculaire des visages. Ce lien chez l'enfant sain encourage l'étude de l'exploration oculaire des visages dans les pathologies affectant les relations sociales, notamment l'autisme. Des troubles de la perception et de l'exploration des visages ont été mis en évidence dans cette pathologie (Pelphrey & al., 2002) et certains auteurs ont suggéré que ces difficultés pourraient partiellement être à l'origine des troubles de la socialisation rencontrés par les patients avec autisme.

## **2 L'autisme**

L'autisme fut décrit pour la première fois par Léo Kanner en 1943, comme «un trouble global du comportement qui affecte précocement le développement des compétences sociales et de la communication, conduisant à un handicap social majeur».

Cette pathologie appartient aux Troubles Envahissants du Développement (TED), des pathologies psychiatriques infantiles, qui se caractérisent par des troubles du comportement et de la socialisation (notamment le syndrome d'Asperger, le syndrome de Rett, les troubles désintégratifs de l'enfance). Les TED se distinguent par l'âge d'apparition de la maladie, l'existence ou non d'un retard mental ou de difficultés motrices associées, ainsi que du sexe ratio.

Il est parfois difficile de différencier l'autisme des autres TED, pour poser un diagnostic, d'autant plus que les patients atteints d'autisme présentent des profils très variables tant sur le plan de leur développement que dans leurs comportements. Cette variabilité clinique s'explique par le caractère développemental de l'autisme. Le diagnostic nécessite l'intervention pluridisciplinaire coordonnée de professionnels formés et expérimentés dans les domaines de la cognition, de la communication et de la sensori-motricité appliquée à cette pathologie.

Les critères de diagnostic ont évolués dans le sens d'un élargissement du concept : le « syndrome du spectre autistique ». Cette extension du diagnostic d'autisme ainsi qu'une plus grande reconnaissance par les praticiens explique les variations de l'estimation de la prévalence de l'autisme (Bruneau et Gomot, 2004) qui est d'un enfant pour mille (Fombonne, 2006). De plus l'autisme est une pathologie qui touche préférentiellement les garçons: le sexe ratio est de quatre à cinq garçons atteints pour une fille. Il s'agit d'un trouble universel puisque sa répartition géographique est équivalente sur l'ensemble de la planète.

## ***2.1 La symptomatologie de l'autisme***

L'autisme se manifeste comme un trouble du développement concernant l'ensemble des moyens de communication et de contact avec autrui, mais aussi les différents domaines d'acquisition de l'enfant, et son comportement ; le caractère anormal du comportement se manifeste généralement avant l'âge de 3 ans.

La symptomatologie de ce trouble est caractérisée par la triade autistique depuis la première description de Kanner (1943) : des troubles du contact et des relations sociales, des troubles de la communication, des comportements et activités répétitifs et/ou restreints (Lussier et Flessas, 2005 ; Lenoir, Malvy, et Bodier-Rethore, 2003).

### **2.1.1 Troubles du contact et des relations sociales**

L'enfant atteint d'autisme présente généralement une incapacité à développer des relations interpersonnelles ; il semble manquer de réactivité face aux autres ou d'intérêt pour eux. Il jette de brefs regards périphériques, ou son regard paraît vide, et évite le contact oculaire. Il ne peut donc pas utiliser le regard pour communiquer un intérêt ou attirer l'attention. Ses interactions avec les adultes peuvent se résumer à l'emploi de ceux-ci comme des outils. Les sollicitations peuvent provoquer une réaction d'agacement ou d'inquiétude chez l'enfant.

L'enfant présente des comportements déviants à l'expression variable. Chez certains patients on note l'apparence d'une indifférence dominante, l'absence d'une recherche du contact corporel, parfois même un évitement du contact physique. Pour d'autres il peut s'agir de réactions excessives d'agrippement, même si ils présentent sans aucun doute des déficits dans les capacités de réception et d'expression qui sont à la base de l'interaction.

Il ne partage pas l'émotion avec autrui, et sa propre expression émotionnelle est variable, le plus souvent pauvre, ou au contraire exagérée, en tout cas elle est inadaptée à la situation sociale. Les comportements d'anticipation sont également absents. Alors que chez l'enfant sain, ils se mettent en place dès le très jeune âge.

Cette anomalie de la relation sociale s'exprime de façon marquée durant la petite enfance, c'est un enfant qui ne joue pas avec ses pairs. Cependant ce trouble social s'estomperait par la suite (après 6 ans), avec notamment la mise en place d'une communication langagière.

### **2.1.2 Troubles de la communication**

Le langage et la communication non verbale sont très perturbés, et les difficultés apparaissent massivement entre 2 et 5 ans : elles touchent aussi bien la capacité de compréhension des signaux et codes sociaux que la capacité d'utilisation de ceux-ci.

Si le langage se développe il est retardé et se caractérise par de nombreuses particularités affectant plusieurs secteurs : le développement (absence de langage, retard), la fonction pragmatique (écholalie, émissions vocales idiosyncrasiques, langage non communicatif, tendance au soliloque ou incongruités), la fonction symbolique (incapacité à utiliser des termes abstraits, et à comprendre une conversation les utilisant, les mots dont la signification varie avec le contexte, l'humour ; mots concrets seuls ou

premiers retenus), la syntaxe (inversion des pronoms), la prosodie (débit et rythme particulier, ton amorphe et modulation anormale). Cependant lorsque ces enfants ont un quotient de développement normal ou supérieur, ils peuvent acquérir un langage comparable à celui des enfants normaux, sur les plans syntaxique et grammatical. Seule la prosodie reste souvent atypique. De plus, leur compréhension reste inférieure à leur capacité d'expression, à l'oral comme à l'écrit.

La compréhension des modes de communication non verbale est limitée. L'expression gestuelle reste pratiquement inexistante pendant des années et lorsqu'elle apparaît, elle est rarement coordonnée avec le regard. L'enfant ne communique pas à l'aide de la mimique (désigner du doigt, faire au revoir, avoir des mouvements de joie, de surprise ou de peur) qu'il ne parvient pas non plus à décoder chez son interlocuteur. Les expressions faciales sont pauvres et le sourire rare. Il n'initie pas de gestes interactifs et n'essaye pas d'imiter des gestes de l'adulte.

### **2.1.3 Comportements et activités répétitifs et/ou restreints**

L'enfant manifeste des intérêts restreints, une activité pauvre et répétitive Il ne se livre pas ou peu à des jeux spontanés, imaginatifs ou symboliques (les jeux de « faire-semblant » sont limités).

Les enfants atteints d'autisme ne se servent pas des jouets de façon fonctionnelle, ils sont souvent choisis en fonction de leur capacité à offrir une stimulation sensorielle. L'attention est parfois dirigée vers une seule partie de l'objet manipulé, donnant lieu à une utilisation détournée ou stéréotypée. Ces activités stéréotypées peuvent aussi être produites sans l'aide d'un objet et touchent alors souvent une partie du corps, ou le corps tout entier. Le sujet adopte également des postures atypiques, dans lesquelles il peut se figer pendant de longs moments.

### **2.1.4 Réactions particulières à l'environnement et bizarreries de comportement (Lenoir, Malvy, et Bodier-Rethore, 2003)**

La variabilité du comportement et des intérêts d'un moment à l'autre ou sur des périodes plus longues est caractéristique.

Toutes les modalités sensorielles peuvent être affectées et beaucoup d'enfants avec autisme développent la recherche certaines sensations sous la forme d'autostimulations : faire tourner les objets, balancement du corps, battements de mains, tournoiement, bruits

de bouche, grincements de dents, fascination pour certaines lumières, jeux de doigts devant les yeux, recherche ou fuite du contact corporel, attirance ou aversion pour certains tissus, manies alimentaires étranges. Au contraire, des bruits forts et des objets en mouvement peuvent parfois déclencher des crises de panique chez l'enfant (Bruneau et Gomot, 2004).

Des approches particulières des objets ont aussi été remarquées comme le flairage, ou le signe du cube « brûlant » : l'enfant lâche brutalement l'objet qu'il tenait.

L'enfant peut aussi avoir des peurs inhabituelles d'objets ou de situations, et particulièrement une intolérance aux changements (lieux, personnes, emploi du temps, vêtement, jouets.), qui suscitent des réactions d'angoisse, de colère vive, d'agressivité avec parfois automutilation.

De plus, l'attention peut être parfois difficile à détourner ou à fixer.

### **2.1.5 Pathologies associées**

Différents troubles neuro-développementaux (retard mental, épilepsie) sont associés aux désordres du spectre autistique. Le retard mental est présent chez 75% à 80% des patients atteints d'autisme et dans la moitié des cas le QI est inférieur à 50. En fait il existe des fonctionnements cognitifs de bas et plus rarement de haut niveau, avec différents intermédiaires. Le développement est à la fois hétérogène et atypique : l'un des aspects paradoxaux est le décalage entre différents domaines du développement, par exemple entre la motricité souvent bien développée et le langage qui ne l'est pas. D'autre part, il existe des recouvrements cliniques et nosographiques entre les désordres autistiques et d'autres troubles neuro-développementaux ou neuropsychiques tel que le déficit attentionnel avec ou sans hyperactivité, les syndromes dys- (dysphasie, dyspraxie, dyslexie...), ou les troubles obsessifs-compulsifs (Lenoir, Malvy, et Bodier-Rethore, 2003). Certaines pathologies de nature variable (désordres métaboliques, anomalies génétiques) sont fréquemment associées au syndrome autistique, et donc systématiquement recherchées chez un patient lors de la mise en évidence de cette pathologie. Il existe dans 10% des cas une génopathie mendélienne associée, telle que le syndrome de l'X fragile, la sclérose tubéreuse de Bourneville, ou la neurofibromatose de type I.

L'étiologie du syndrome autistique est sujet à de nombreuses controverses; les mécanismes qui sous tendent l'apparition de ce syndrome étant encore mal connus.

## ***2.2 Hypothèses explicatives des troubles de la socialisation dans l'autisme***

### **2.2.1 Le déficit de théorie de l'esprit**

Chez les enfants avec autisme il existe une difficulté à prendre en compte ce qu'une autre personne espère, sait, ignore ou croît (surtout lorsque cette croyance est erronée). Les notions d'émotion et de sentiment ne peuvent pas s'intégrer dans leur compréhension du monde, bien qu'elles jouent un rôle essentiel dans le comportement des individus. Un déficit de la « théorie de l'esprit » peut expliquer les troubles de l'imagination, de la communication et de la socialisation décrits au niveau comportemental (Frith, 1993). Expérimentalement, il est mis en évidence par les tests mettant en jeu le paradigme des fausses croyances. Les enfants avec autisme, comparés à des enfants sains de même niveau intellectuel, échouent à ces tests. Il s'agit donc bien d'un déficit spécifique de la capacité à se représenter les états mentaux d'autrui et non de difficultés liées au niveau intellectuel. Ce défaut est attribué à un déficit cognitif des méta-représentations nécessaires à la compréhension des états mentaux (Frith, Morton, & Leslie, 1991). Bien que cette théorie explique les troubles de la socialisation et de la communication, elle ne permet pas de comprendre d'autres troubles de l'autisme tels que le répertoire de comportements restreints, les répétitions et stéréotypies, les capacités exceptionnelles.

Cette altération à la théorie de l'esprit pourrait être liée au comportement oculaire. Phillips, Baron-Cohen, et Rutter (1992) ont montré dans leur étude que face à un adulte agissant de façon ambiguë, un enfant sain utilise le contact oculaire pour déduire des informations sur l'état mental de l'adulte et son action ambiguë, ce qui n'est pas le cas d'un enfant avec autisme (qui n'entre en contact oculaire avec l'adulte que rarement en comparaison). Dans une autre étude Arbelle et al. (1994) montrent que les enfants avec autisme ne se conformant pas aux interdictions parentales regardent moins leurs parents que les enfants avec autisme s'y conformant, montrant donc une compréhension de l'état mental de leurs parents (ou personnels soignants). Selon Frith (1989) les patients avec autisme n'utiliseraient pas le regard de l'autre, ils ne s'attarderaient pas sur cette partie du visage parce qu'ils n'ont pas conscience de l'existence de son état mental : ils sont inconscients du rôle du regard et du contact oculaire dans l'intersubjectivité car ils ignorent cette dimension de la communication interpersonnelle. A l'inverse pour Baron-

Cohen et al. (1994), le déficit initial se situerait dans l'incapacité à détecter l'intentionnalité et la direction du regard, donc un déficit dans l'exploration du regard, et aurait pour conséquence une incapacité à l'utiliser pour inférer à autrui un désir, un but, ou une intention. Cependant il n'a pas été montré expérimentalement qu'il existait un lien de causalité entre un déficit de la théorie de l'esprit et celui de l'utilisation du regard et du contact oculaire, bien que le lien entre ses deux capacités ait été établi chez les enfants avec autisme. Yirmiya et al. (1999) ont montré qu'il existait une corrélation entre le comportement du regard et les scores à certaines tâches évaluant la théorie de l'esprit : les enfants avec autisme qui réussissent ces épreuves sont ceux qui regardent le plus les yeux de la personne dont ils sont sensés évaluer l'état mental.

Les résultats des différentes études précitées semblent confirmer que les enfants avec autisme présenteraient un déficit qualitatif dans leurs interactions sociales en raison d'un déficit de communication non verbale lié d'une part à ces comportements anormaux du contact oculaire, au cours de l'exploration du visage d'une autre personne pendant une interaction (Yirmiya & al., 1999), et d'autre part à un déficit de la théorie de l'esprit. Ce déficit n'explique pas complètement le manque d'empathie qui est le principal symptôme de l'autisme : les sujets avec autisme léger de haut niveau, type Asperger ont une bonne théorie de l'esprit. Il faut sans doute distinguer plusieurs niveaux dans l'intersubjectivité. Comprendre l'autre n'est pas équivalent à se mettre à la place de l'autre. Il existerait une chaîne allant d'une fonction élémentaire de perception à une fonction complexe d'empathie, chaque étape pouvant correspondre à un degré de trouble du contact (Lenoir, Malvy, et Bodier-Rethore, 2003).

### **2.2.2 Le déficit de cohérence centrale**

La cohérence centrale est la capacité à extraire les stimuli significatifs d'un ensemble d'informations (Frith, 1993)). Les enfants sains (et les enfants déficitaires) ont un meilleur traitement des informations visuelles lorsque celles-ci ont un sens parce qu'ils utilisent cette capacité. En revanche les enfants avec autisme ne tirent pas profit du sens ou de la cohérence de l'information.

L'hypothèse d'un traitement et d'une intégration particuliers des informations expliquerait le caractère réduit des intérêts, mais aussi les talents particuliers manifestées par les patients avec autisme (Frith & Happé, 1994). L'hypothèse d'une cohérence centrale faible a été développée dans l'autisme et met l'accent sur un déficit du

traitement global des informations ou de la recherche du sens qui découle de la combinaison de plusieurs sources d'informations entre elles. La faiblesse de cette fonction est compatible avec certains aspects du développement des enfants atteints d'autisme, notamment leur réussite exceptionnelle dans les tâches ou les tests de performances ne nécessitant pas cette capacité à faire une synthèse des informations.

En effet les enfants avec autisme utilisent peu le contexte et prêtent plus d'attention aux détails qu'à l'ensemble (Lenoir, Malvy, et Bodier-Rethore, 2003), notamment dans une situation sociale. Ce déficit de traitement configural se retrouve également dans leur perception des visages. Ainsi toutes les analyses nécessitant cette capacité, comme la reconnaissance des visages et la perception des expressions faciales, se trouvent altérées. La théorie de l'esprit elle-même nécessite l'application de la cohérence centrale car la construction d'une représentation de l'état mental d'autrui repose sur un grand nombre d'informations. La cohérence centrale a donc une fonction majeure dans les interactions sociales.

Cependant le déficit de cette aptitude n'explique pas les activités stéréotypiques, caractéristiques du syndrome autistique.

### **2.2.3 Le trouble de la modulation et de la régulation des informations perceptives**

Dès 1943, les anomalies comportementales de l'autisme sont identifiées par Kanner comme la résultante de troubles cérébraux. L'hypothèse majeure explicative reprend aujourd'hui ce postulat : l'autisme résulterait d'un trouble de développement précoce du système nerveux central, responsable à posteriori d'anomalies architecturales neurologiques observées chez certains de ces patients.

Lelord (1990) propose l'hypothèse d'une insuffisance modulatrice cérébrale. L'autisme résulterait des perturbations de grandes fonctions neuropsychologiques et neurophysiologiques comme la perception, l'association, l'intention. Le développement des structures nerveuses responsables du filtrage et de la modulation sensorielle, émotionnelle et posturo-motrice, serait perturbé précocement.

Ce trouble expliquerait le caractère hypersélectif de leur attention (Loovas & al., 1971) et leurs comportements d'hypo ou d'hyperréactivité face aux stimulations extérieures.

Ces perturbations seraient responsables de troubles primaires sensori-moteurs observés dans le comportement autistique. En effet, le développement sensori-moteur semble



particulièrement inhabituel chez ces enfants (Lussier et Flessas ,2005). Toutes les modalités sensorielles semblent touchées, et c'est la fluctuation de leurs réponses qui décrit le mieux leurs comportements. Cette difficulté à moduler les entrées sensorielles donnerait à l'expérience sensorielle un caractère très instable, ne permettant pas une bonne interprétation des perceptions. Ils éprouveraient des difficultés à coordonner les entrées sensorielles avec la réalisation motrice. Les déficits du contact et de la communication seraient alors des troubles secondaires. Si l'enfant a une perception incomplète ou très déformée de toutes les informations du monde environnant, à un stade précoce, il aura des difficultés de compréhension de ce monde. Le retrait social des enfants avec autisme serait la manifestation de ces incompréhensions.

Le modèle cortico-sous-cortical d'Ornitz (1986) suppose un filtrage irrégulier des afférences sensorielles au niveau du tronc cérébral. Cette fluctuation induirait un traitement défectueux par les centres supérieurs et l'information finale serait de ce fait déformée. Ornitz considère que la physiopathologie de l'autisme peut être révélée « au point de rencontre entre la transformation sensorielle (tronc cérébral et diencephale) et la transformation informationnelle (télencéphale) ». Le filtrage des entrées sensibles et sensorielles au niveau du tronc cérébral pourrait alors s'exercer selon deux modes opposés (Ornitz, 1974). Le filtrage des afférences pourrait être déficitaire (hypothèse proposée par Hutt et al. (1964) et reprise par Ornitz). Elle fait intervenir la fonction activatrice pour l'éveil et la fonction d'orientation aux stimuli de la formation réticulée ascendante.

Cette hypothèse peut expliquer un certain nombre de comportements autistiques :

- les troubles de l'attention dus au manque de discrimination sensorielle ;
- l'intolérance au changement, tous stimulus nouveau est un stimulus de plus donc de trop ;
- les troubles anxieux dus à l'hyperesthésie sensorielle ;
- la recherche de l'isolement pour fuir la surcharge sensorielle ;
- les stéréotypies motrices qui peuvent être des conduites de défense pour se protéger de nouveaux stimuli, ces autostimulations, en créant des afférences internes, peuvent s'opposer aux stimuli externes agressifs.

Le filtrage des afférences pourrait être exagéré. Cette théorie rend compte :

- de tous les comportements d'hyposensibilité sensorielle et d'hyporéactivité motrice (inhibition) ;

- de comportements d'explorations plurisensorielles et répétitives des objets qui compenseraient le manque de données informatives ;
- des stéréotypies et autostimulations créant également des afférences internes compensatrices.

Sur le plan auditif, l'hyposensibilité au langage est un facteur important des troubles de la communication.

Ce trouble de la perception sensorielle pourrait expliquer le déficit de cohérence centrale et de théorie de l'esprit des enfants atteints d'autisme. Un hyperfiltrage des informations sensorielles limiterait l'accès de l'enfant aux informations sur son environnement. Ainsi dans son exploration, la perception serait discontinuë. N'ayant pas toutes les données qu'un enfant sain peut extraire d'une situation, l'enfant avec autisme ne construirait pas la même représentation. La sienne ne serait composée que d'éléments épars, entre lesquels il n'y aurait pas de lien.

Un hypofiltrage surchargerait la mémoire de travail de l'enfant et la sélection des informations pertinentes concernerait un nombre considérable d'informations. Un traitement global pourrait ne plus être réalisable. Chez l'enfant sain, la perception est régulée : il possède un certain nombre d'informations sur les différents détails de la situation, dont il peut faire une synthèse en ne conservant que les éléments pertinents. Pour l'enfant avec autisme, la quantité d'informations sur un élément serait bien plus élevée : ce serait comme « regarder le monde à la loupe ». Il s'attacherait alors à donner de la cohérence à chacun des éléments. Dans une situation sociale, le nombre de paramètres à prendre en compte serait tellement élevé, et chacun d'entre eux représenterait une telle charge cognitive, qu'il serait impossible de les sélectionner et de les coordonner.

L'hypothèse d'un trouble de la modulation et de la régulation des informations perceptives pourrait alors expliquer en partie les troubles de la socialisation des enfants avec autisme, qu'il s'agisse d'une hypersélection ou d'une hyposélection.

## ***2.3 Les anomalies de l'exploration oculaire chez les patients atteints d'autisme***

### **2.3.1 Une anomalie de la perception du mouvement**

Gepner (2001) propose une dissociation entre la vision du mouvement, déficitaire au niveau de la perception et de l'intégration sensorimotrice, et la vision statique, normale ou exacerbée. Les premiers signes d'un risque de trouble autistique sont des anomalies du développement visuel (anomalies du regard, du contact oculaire, et de la poursuite oculaire des objets ou personnes en mouvements).

Ces désordres de la perception visuelle du mouvement concerneraient les mouvements physiques environnementaux comme les mouvements biologiques humains (faciaux et corporels) notamment ceux connotés émotionnellement. Cette hypothèse est soutenue par l'observation clinique directe des enfants avec autisme, l'observation des films familiaux, et de la psychopathologie développementale, de témoignages de patients avec autisme de haut niveau, de la neuropsychologie adulte et de recherches en neuropsychologie cognitive. Gepner cite le témoignage de Donna Williams, écrit dans *Nobody nowhere* (1992), et celui de Temple Grandin, *Thinking in pictures and other reports from my life with autism* (1995) : ces deux femmes atteintes d'autisme rapportent l'utilisation de stratégies comportementales dans le but de minimiser la perception des informations visuelles. La vitesse du mouvement est critique pour les enfants avec autisme : certains sont hypersensibles au mouvement (plus la vitesse augmente, plus il devient aversif), d'autres présentent un déficit dans l'intégration du mouvement visuel rapide (Gepner & Mestre, 2002), enfin d'autres encore parviendraient à s'adapter. En effet, Gepner et Mestre (2002) ont montré que les patients atteints d'autisme présentaient une réactivité posturale au mouvement visuel rapide moins grande que les enfants atteints du syndrome d'Asperger. Les enfants avec autisme de bas niveau évitent les zones de mouvements rapides comme les lèvres et les yeux (Gepner, 2004 ; Tardif & al., 2007) et présentent des déficits dans l'intégration visuelle du mouvement (réactivité oculomotrice très faible aux informations visuelles du mouvement d'un schéma cohérent ; déficit dans la discrimination de la direction d'un mouvement).

De plus la durée d'exploration oculaire par les enfants avec autisme diffère de celle des enfants sains pour des scènes dynamiques d'interaction sociale entre des individus, ce n'est pas le cas avec des photographies (Speer & al., 2007). Les performances de

reconnaissance de visages sont améliorées lorsqu'il s'agit de stimuli diffusés au ralenti ou statiques, de même que les performances dans la reconnaissance d'expression émotionnelle et non émotionnelle lorsque les images de visages présentées sont ralenties (Gepner, Deruelle, & Grynfeldt, 2001).

### **2.3.2 Une exploration des visages différente**

Van Der Geest et al. (2002) ont utilisé un dispositif d'eye tracking pour étudier le comportement exploratoire d'enfants avec autisme de haut niveau. Ils se sont intéressés à la possibilité d'un problème général d'exploration oculaire (temps d'observation, nombre de fixations, longueur du trajet oculaire) et à la préférence pour le visage humain observée chez les enfants sains et atteints d'autisme. Leurs résultats n'indiquent pas de différence entre les enfants. Cependant les images utilisées étaient des dessins et non des photographies, où le personnage était présenté au milieu de stimuli neutres. Les stimuli « visage » présentés, ainsi que l'ensemble du dessin, étaient peu représentatif de la complexité des stimuli réels. Cette étude infirme en tout cas un problème général d'exploration oculaire des stimuli statiques chez les enfants avec autisme de haut niveau.

Les enfants avec autisme présentent des déficiences dans la discrimination et la reconnaissance des visages dès l'âge de trois ans (Dawson, Webb & McPartland, 2005). Ils regardent moins les yeux et la bouche comparés au reste du visage (Dawson, Webb & McPartland, 2005 ; Spezio & al., 2007) et utilisent davantage la moitié inférieure du visage pour l'identifier (Langdel, 1978) en comparaison avec les enfants sains. Les difficultés de discrimination et de reconnaissance se présentent lorsque la reconnaissance se fait sur la base des émotions, la direction du regard, le genre, et la lecture labiale. Ce déficit en reconnaissance visuelle des visages serait dû à un traitement « partie par partie » (Deruelle & al., 2004 ; Dawson, Webb & McPartland, 2005) à la place du traitement holistique réalisé par les enfants sains. Les performances normales des enfants avec autisme quand à l'assemblage de puzzles représentant un visage humain (Volkmar & al., 1989) coïncident avec ce traitement détaillé.

La différence dans le traitement des visages est confirmée par des études en neuroimagerie (Schultz & al., 2000) montrant que les adultes avec autisme utilisent les mêmes régions corticales pour explorer les visages que celles activées chez l'adulte sain lors de l'exploration des objets. De plus, chez les patients avec autisme, il y a une hypoactivation du gyrus fusiforme pendant l'exploration visuelle des visages (Schultz &

al. 2000, Dalton & al. 2005). D'après Dalton et al. (2005) cette hypoactivation serait corrélée au temps de fixation du regard, inférieur dans cette population. D'autre part, il y aurait une activation de l'amygdale supérieure à celle des sujets témoins, chez les patients avec autisme pendant l'exploration d'un visage. Cette activation serait elle aussi corrélée au temps de fixation du regard, suggérant une réponse émotionnelle particulière. En effet, lors de l'exploration oculaire par les enfants avec autisme, la zone du regard est négligée.

### **2.3.3 Un déficit d'exploration du regard**

Les enfants avec autisme possèdent les connaissances de base concernant les yeux et la vision : ils comprennent la fonction sensorielle des yeux (Ristic & al., 2005), et sont capables de dire qu'une personne les regarde (Baron-Cohen & al., 1995) ou l'objet qu'elle regarde (Baron-Cohen, 1989 ; Leekam, Hunnisett & Moore, 1998).

Selon Kylliäinen et Hietanen (2004), il est possible que les enfants avec autisme, de haut niveau, utilisent une stratégie d'exploration des informations visuelles, concernant le regard, différente de celle normalement développée. Ils analyseraient la direction du regard suivant des éléments visuels simples c'est-à-dire qu'ils n'exploreraient pas les yeux comme des yeux au sein un visage. Lorsque ces enfants orientent leur attention dans la direction du regard d'une autre personne, il ne s'agirait pas d'orientation sociale de l'attention (attention visuelle conjointe), mais seulement de l'utilisation du regard de l'autre pour détecter un stimulus (Ristic & al., 2005), contrairement aux enfants sains qui suivent spontanément le regard d'autrui même sans utilité. Ces auteurs ont montré que cette déficience n'avait pas pour origine un déficit de l'orientation visuelle de l'attention dans l'autisme : en effet, les enfants avec autisme sont capables de discriminer la direction du regard, et présentent une orientation automatique de leur attention visuelle dans le sens du regard (statique) des visages présentés, même sans concordance avec l'orientation de la tête. D'autre part, les mécanismes d'orientation involontaire de l'attention (par des indices sociaux ou non) sont intacts dans l'autisme. L'orientation spontanée dans la même direction que le regard d'autrui apparaît plus tard dans le développement des enfants avec autisme, à partir de 4ans (Leekam, Hunnisett & Moore, 1998).

Dans leur étude, Yirmiya et al. (1999) ont montré qu'au cours d'une interaction sociale, les enfants avec autisme regardent moins longtemps les yeux des expérimentateurs et

portent plus longtemps leur attention en dehors de la tâche. Cependant le temps passé à regarder l'expérimentateur de manière générale, quand il n'y a pas de contact oculaire, n'est pas différent. Ce type d'exploration se retrouve dans l'étude de Speer et al. (2007) : les enfants avec autisme regardent moins longtemps les yeux et davantage le reste du corps d'individus en interaction (en vidéo), en comparaison avec des enfants sains. Les enfants avec autisme ont des difficultés à reconnaître un regard impliquant un contact oculaire lorsqu'il est présenté au milieu de regards déviants (Senju & al., 2003). Face à des vidéos de visages, les enfants avec autisme de haut niveau présentent une réponse électrodermale plus importante lorsqu'il y a un contact oculaire par rapport à un regard déviant, alors que chez l'enfant sain, aucune différence n'est observée (Kylliäinen & Hietanen, 2006).

## ***2.4 Problématique***

Les travaux comportementaux concernant les particularités de perception du visage et du comportement oculaire dans l'autisme sont nombreux. Leur but a été de caractériser le comportement oculaire des enfants avec autisme, et plus particulièrement l'exploration des visages, pour trouver des éléments d'explication de l'altération des interactions sociales et de la communication dans cette pathologie. Cependant aucune des recherches en suivi du regard ne s'est penchée sur la vitesse de l'exploration oculaire. Cette étude tentera de caractériser, chez l'enfant avec autisme, la vitesse d'exploration oculaire des visages, afin de savoir si elle fait partie des anomalies de l'exploration oculaire pouvant participer au développement des troubles de l'interaction sociale et de la communication observé dans cette pathologie.

## ***2.5 Objectifs de travail***

Cette étude porte sur l'analyse de trajets d'exploration oculaire enregistrés grâce à un dispositif de suivi du regard. La distance parcourue ainsi que la durée ont également été prises en compte afin de mieux caractériser l'exploration. Plusieurs objectifs ont été fixés pour cette étude :

- Comparer la vitesse, la distance et la durée d'exploration oculaire de visages neutres de l'enfant avec autisme avec celle de l'enfant sain, appariés par âge chronologique.

- Comparer la vitesse, la distance et la durée d'exploration oculaire de visages neutres entre des groupes de sujets âgés de 5 à 9ans et de 10 à 14 ans, chez l'enfant sain et chez l'enfant avec autisme.
- Comparer la vitesse, la distance et la durée d'exploration oculaire des visages neutres avec un regard déviant à celle des visages neutres impliquant un contact oculaire, pour évaluer un effet de la direction du regard chez l'enfant avec autisme.

## **2.6 Hypothèses de Travail**

La première hypothèse de travail est que la vitesse d'exploration oculaire des visages neutres est différente chez une population d'enfants avec autisme par rapport à une population d'enfants témoins appariée.

La seconde hypothèse de travail est que la maturation cérébrale permet une augmentation de la vitesse d'exploration oculaire des visages neutres.

La troisième hypothèse de travail est que la direction du regard des visages présentés influence la vitesse d'exploration oculaire par les enfants avec autisme. Cette hypothèse permet d'évaluer un possible effet aversif du regard direct sur les sujets avec autisme.

La distance et la durée d'exploration devraient être inférieures chez la population d'enfants avec autisme.

La distance d'exploration ne devrait pas varier suivant l'âge des enfants.

La durée de l'exploration devrait diminuer avec l'âge des enfants.

Chez les enfants avec autisme, la distance et la durée de l'exploration devraient être inférieures lorsque le regard du stimulus implique un contact oculaire, par rapport à lorsque le regard est déviant. Cette hypothèse permet d'évaluer un possible effet aversif du regard direct.

## **3 Matériel et Méthode**

### **3.1 Sujets**

#### **3.1.1 Population d'enfants avec autisme**

Quatorze enfants avec autisme ont participé à l'enregistrement de leur comportement oculaire. Ces enfants présentent un autisme typique (F 84.0), avec ou sans retard mental

associé selon les critères de la CIM 10 et du DSM IV–TR. Aucun d’entre eux ne présente de troubles ophtalmologiques.

Deux groupes de 7 sujets ont été formés :

- les enfants âgés de 5 à 9 ans (moyenne : 6 ; 5 ans, écart-type : 1 ; 7 ans) ;
- les enfants âgés de 10 à 14 ans (moyenne : 12 ; 3 ans, écart-type : 1 ; 6 ans).

### **3.1.2 Population d’enfants typiques**

Cette population compte quatorze enfants, suivant une scolarité adaptée à leur âge chronologique. Chaque enfant est apparié, suivant son âge chronologique et son sexe, à un enfant avec autisme.

Deux groupes de 7 sujets ont été formés :

- les enfants âgés de 5 à 9ans (moyenne : 7 ans, écart-type : 2 ans) ;
- les enfants âgés de 10 à 14 ans (moyenne : 12 ; 6 ans, écart-type : 1 ; 1 ans).

## **3.2 Stimuli visuels**

### **3.2.1 Nature des stimuli**

L’analyse des trajets d’exploration oculaire a porté sur des enregistrements préalablement effectués dans une autre étude. Parmi les stimuli présentés aux enfants, se trouvaient des visages avec une expression faciale neutre, le regard direct ou le regard déviant. Le protocole expérimental compte 5 images de chaque type. Ces visages sont des photographies d’hommes âgés de 18 à 25 ans, de type caucasien, issues d’une base de donnée validée auprès de 150 personnes.

### **3.2.2 Modalités de présentation**

Chacune des images était présentée sur l’écran pendant 4 secondes en face du sujet. Elle était séparée de l’image suivante par un écran noir de 0,75 s. L’ordre de passage des images était aléatoire: une randomisation informatique différente était réalisée pour chaque sujet. Lors de la randomisation, les images des différentes catégories étaient mélangées.

Le sujet, assis face à l’écran, ne recevait aucune consigne particulière; il était naïf vis-à-vis de la séquence du protocole expérimental.



Le temps de présentation de l'ensemble des images était d'environ 5 minutes.

### **3.3 Suivi du regard**

#### **3.3.1 Dispositif de suivi du regard**

Ce dispositif est constitué d'un écran d'ordinateur, sur lequel est diffusée la séquence de stimuli visuels, et de deux caméras dotées de capteurs de lumière infrarouge. Une diode émettant de la lumière infrarouge située entre les caméras permet d'éclairer la rétine, et le reflet de cette lumière sur la rétine est capté par les deux caméras. L'expérience s'effectue dans le noir, le sujet est assis à 70 cm de l'écran. L'expérimentateur dispose d'un second écran «de contrôle», qui lui permet de superviser l'expérience.

#### **3.3.2 Logiciel Face - LAB®**

Ce logiciel réalise un maillage virtuel du visage, basé sur certains points fixes (commissures labiales, fentes palpébrales, pli nasogénien...), qui permet de localiser le regard du sujet par rapport à l'écran, sans équipement embarqué sur le sujet.

La localisation des zones utilisées comme points fixes est rendue possible grâce à leur mise en contraste due à la lumière proche infrarouge diffusée par les diodes (figure 2).

Une calibration, permet de tester l'adéquation entre la position du stimulus sur l'écran et l'endroit où est enregistré le regard. Cette manipulation s'effectue sur 1, 5 ou 9 points. Lorsqu'on n'utilise qu'un seul point, celui-ci apparaît au centre de l'écran ; pour 5 points, les 4 autres apparaissent au 4 coins de l'écran. Lorsqu'il y a 9 points, ils se répartissent 3 points par lignes, une en haut de l'écran, une au milieu et la dernière en bas. Le sujet doit les fixer en restant le plus immobile possible.

Le degré de déviation standard du regard par rapport aux stimuli diffusés sur l'écran est ainsi obtenu. Pour que la qualité de suivi du regard soit suffisante, ce chiffre doit globalement être inférieur à 2°.

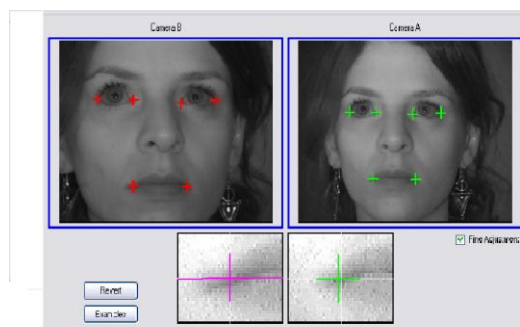


Figure 2 : Mise en relief des zones de contrastes (à gauche) et des points fixes du visage (à droite) par le logiciel face -LAB®

### 3.3.3 Logiciel Gaze-Tracker®

Ce logiciel permet de projeter la séquence de stimuli visuels durant l'expérience. Connecté au logiciel Face - LAB®, il enregistre également la position du regard du sujet pour chaque image durant le protocole. Le trajet oculaire correspond à la fixation du regard du sujet sur l'image, avec un temps de fixation par point supérieur à 0,02 secondes.

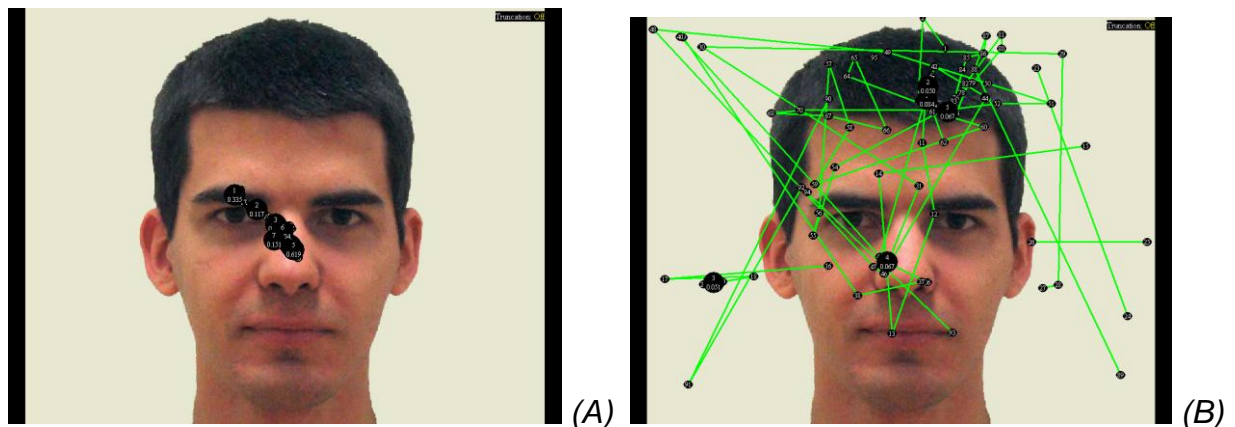


Figure 3 : Enregistrement du trajet de l'exploration oculaire d'un enfant sain (A) et d'un enfant avec autisme (B).

### 3.4 Le calcul de la vitesse d'exploration

Le logiciel Gaze-Tracker® enregistre les coordonnées de chaque point de regard. L'origine du repère orthonormé se situe dans le coin supérieur gauche de l'écran. La distance de l'exploration oculaire est calculée entre deux points grâce à la formule suivante :

$$AB = \text{racine} [ (x_B - x_A)^2 + (y_B - y_A)^2 ]$$

Les distances entre chaque point de fixation étaient additionnées pour obtenir la distance totale. Cette-ci était ensuite divisée par la durée pendant laquelle l'enfant a exploré l'image, enregistrée par le logiciel pour chaque passage, pour obtenir la vitesse de l'exploration. Enfin, la vitesse était convertie en mm/s.

### **3.5 Plan expérimental**

Cette recherche s'intéresse à l'effet de trois facteurs sur la vitesse, la distance et la durée d'exploration oculaire des visages :

la pathologie autistique : pour cela deux groupes de sujets ont été constitués, un groupe d'enfants avec autisme et un groupe d'enfants témoins ;

l'âge : chaque groupe a été subdivisé en deux sous-groupes de mêmes effectifs, les enfants âgés de 5 à 9 ans et les enfants âgés de 10 à 14 ans (âges chronologiques).

la direction du regard : 5 des visages présentés avaient un regard déviant et 5 regardaient droit devant eux.

La vitesse a été mesurée en mm/s., la distance en pixels, et la durée d'exploration en secondes.

## **4 Analyse des résultats**

### **4.1 Tests statistiques**

#### **4.1.1 Analyse de la vitesse de l'exploration oculaire**

Une ANOVA sur mesures répétées permet l'étude de trois facteurs : le groupe (témoin/enfant avec autisme), l'âge (5-9 ans/10-14 ans), et la direction du regard (regard direct/regard déviant). Suite aux résultats, une ANOVA multi-factorielle, puis un test Post hoc de Bonferroni ont été réalisés.

#### **4.1.2 Analyse de la distance explorée**

Une ANOVA sur mesures répétées permet l'étude de trois facteurs : le groupe (témoin/enfant avec autisme), l'âge (5-9 ans/10-14 ans), et la direction du regard (regard direct/regard déviant). Suite aux résultats une ANOVA multi-factorielle a été réalisée.

#### **4.1.3 Analyse du temps d'exploration oculaire**

Une ANOVA sur mesures répétées permet l'étude de trois facteurs : le groupe (témoin/enfant avec autisme), l'âge (5-9 ans/10-14 ans), et la direction du regard (regard direct/regard déviant). Suite aux résultats, une ANOVA multi-factorielle a été réalisée, puis un test Post hoc de Bonferroni.

## 4.2 Résultats

Etant donné qu'aucun effet de la direction du regard n'a été observé (ANOVA sur mesures répétées), les résultats suivants ont été obtenus en regroupant les données mesurées sur les visages neutres avec le regard direct et le regard déviant, pour les vitesses, les distances, et les durées.

### 4.2.1 La vitesse de l'exploration oculaire

L'analyse montre une différence significative ( $p=0,015$ ) entre les sujets avec autisme et les sujets témoins : les sujets avec autisme, âgés de 5 à 9 ans, présentent une vitesse d'exploration significativement supérieure à celle des enfants sains de la même classe d'âge (cf. figure 4 et tableau 1). En revanche, il n'a pas été montré que la classe d'âge avait un effet sur la vitesse d'exploration.

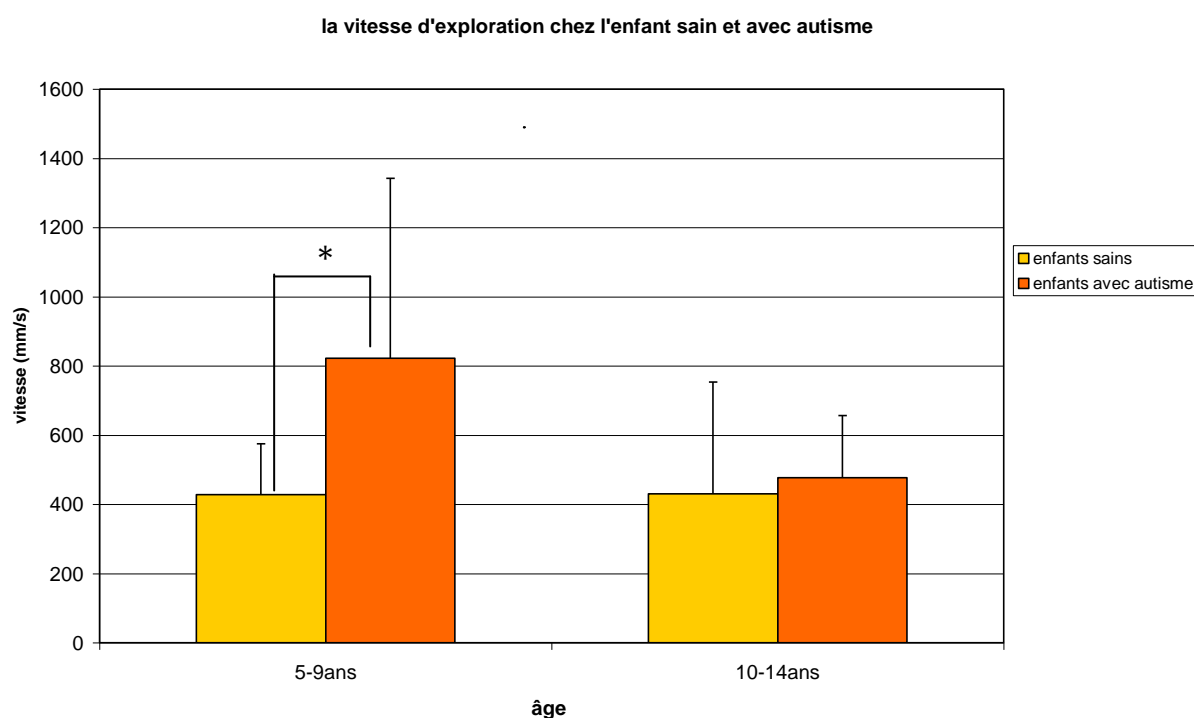


Figure 4 : Histogramme des moyennes et écart-types de vitesse d'exploration oculaire (en mm/s) des enfants sains et avec autisme, âgés de 5 à 9 ans et de 10 à 14 ans.

Tableau 1 : Moyennes et écart-types de la vitesse d'exploration oculaire des visages des enfants sains et avec autisme, âgés de 5 à 9 ans et de 10 à 14 ans.

Moyenne (écart-type) de la vitesse d'exploration (en mm/s)	Enfants avec autisme	Enfants sains	probabilité

5 à 9 ans	821,89 (520,04)	427,64 (147,78)	0,015
10 à 14 ans	477,05 (179,94)	430,14 (322,9)	n.s.

#### 4.2.2 La distance explorée

L'analyse n'a pas montré de différence significative, d'une part entre les enfants sains et avec autisme, d'autre part entre les classes d'âge (cf. figure 5 et tableau 2).

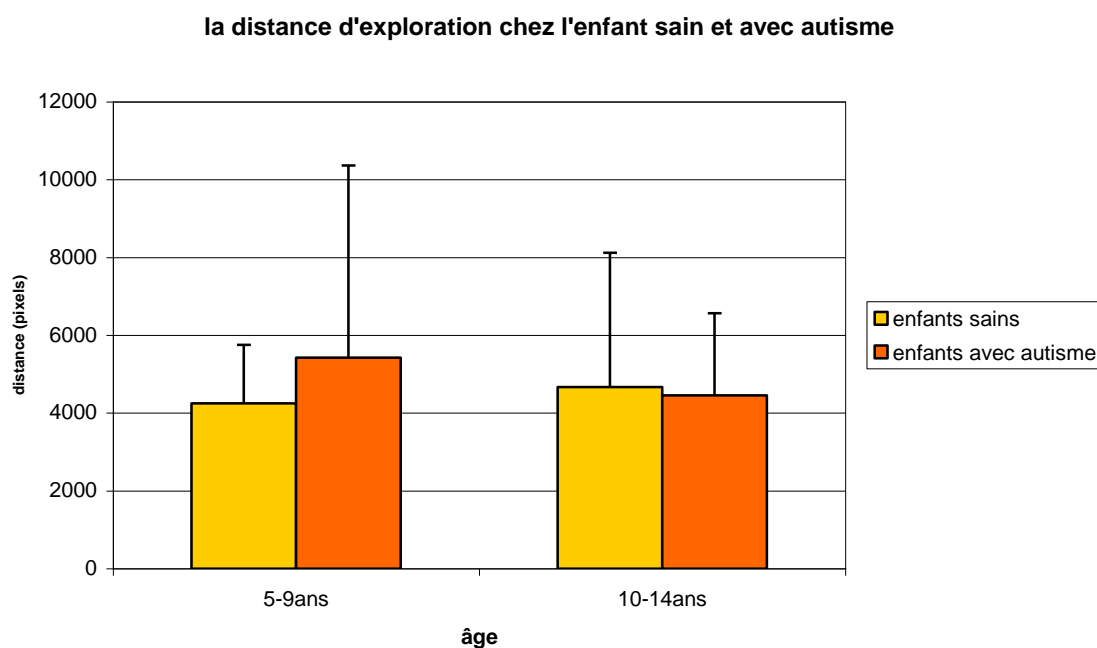


Figure 5 : Histogramme des moyennes et écart-types de distance d'exploration oculaire (en pixels) des enfants sains et avec autisme, âgés de 5 à 9 ans et de 10 à 14 ans.

Tableau 2 : Moyennes et écart-types de la distance d'exploration oculaire des visages des enfants sains et avec autisme, âgés de 5 à 9 ans et de 10 à 14 ans.

Moyenne (écart-type) de la distance d'exploration (en pixels)	Enfants avec autisme	Enfants sains
5 à 9 ans	5426,56 (4940,92)	4252,69 (1496,99)
10 à 14 ans	4451,66 (2116,17)	4670,08 (3452,71)

### 4.2.3 La durée d'exploration oculaire

L'analyse montre une différence significative ( $p=0,016$ ) entre les sujets avec autisme et les sujets témoins : les sujets avec autisme, âgés de 10 à 14 ans, présentent une durée d'exploration significativement inférieure à celle des sujets sains de la même classe d'âge (cf. figure 6 et tableau 3). En revanche, il n'a pas été montré qu'il existait une différence significative entre les classes d'âge.

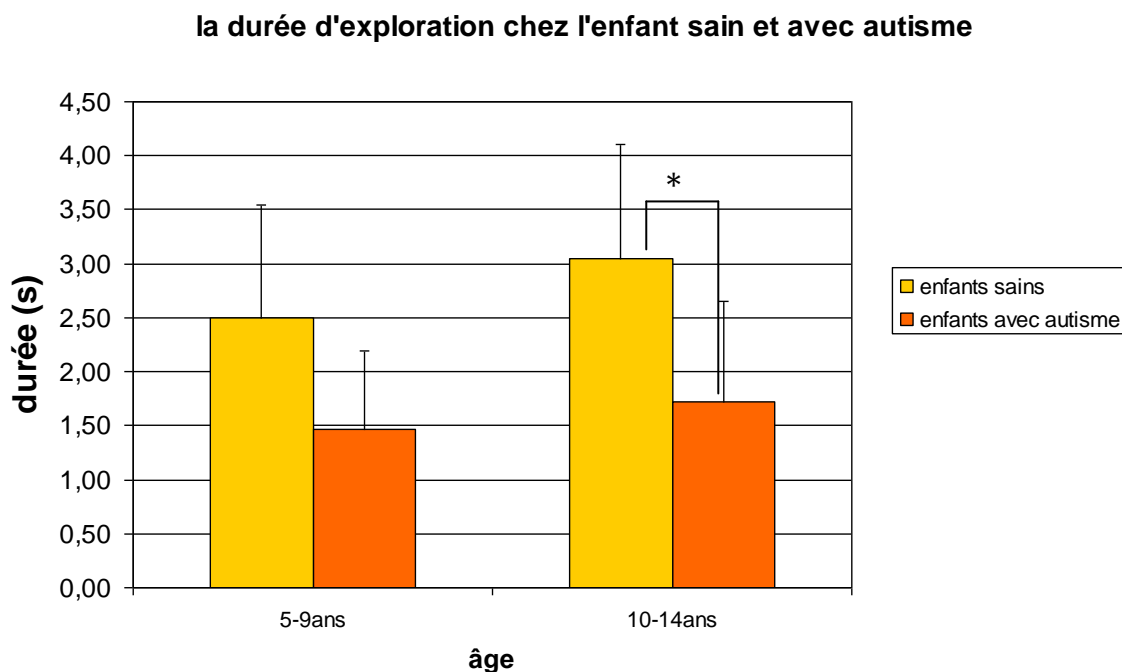


Figure 6 : Histogramme des moyennes de durée d'exploration oculaire des enfants sains et avec autisme, âgés de 5 à 9 ans et de 10 à 14 ans.

Tableau 3 : Moyennes et écart-types de la durée d'exploration oculaire des visages des enfants sains et avec autisme, âgés de 5 à 9 ans et de 10 à 14 ans.

Moyenne (écart-type) du temps d'exploration	Enfants avec autisme	Enfants sains	Probabilité
5 à 9 ans	1,47 (0,72)	2,50 (1,03)	n.s.
10 à 14 ans	1,72 (0,93)	3,04 (1,06)	0,016

## 5 Interprétation et discussion des résultats

Lors de cette recherche, les hypothèses supposaient un éventuel effet de la direction du regard des visages sur la vitesse, la durée et la distance d'exploration oculaire des enfants

avec autisme. Les résultats ont infirmé l'existence d'un tel effet, bien qu'il soit souvent rapporté que les enfants avec autisme ressentent une aversion pour le contact oculaire (Kylliainen & Hietanen, 2006). Cette observation peut s'expliquer par le caractère statique des images. En effet, l'aversion pour les yeux pourrait provenir de leur mouvement perpétuel en situation normale, or dans notre protocole les yeux étaient fixes. Le contact oculaire, différent de celui au quotidien, ne les aurait pas perturbé.

L'étude de la vitesse d'exploration oculaire des visages a montré que les enfants avec autisme, âgés de 5 à 9 ans, explorent à une vitesse plus rapide ce type de stimuli, en comparaison avec des enfants sains. La différence de vitesse d'exploration oculaire entre l'enfant sain et avec autisme, âgés de 5 à 9 ans, pourrait être interprétées comme la manifestation de la différence existant dans le traitement des visages. Les enfants sains analysent les traits du visage selon un traitement holistique : chaque trait est interprété en fonction des autres. Lors de l'exploration, chaque nouvelle partie est donc comparée à l'ensemble de toutes les parties déjà perçues. Lorsque le traitement n'est pas holistique, comme chez les enfants avec autisme, les traits sont perçus et analysés indépendamment les uns des autres. Ce traitement ne nécessite pas de faire appel à la représentation en mémoire des autres parties du visage. Le traitement en « partie par partie » serait donc un traitement plus court permettant aux enfants atteints d'autisme de passer de l'exploration d'un point du stimulus à celle d'un autre plus rapidement que les enfants sains.

L'étude de la vitesse d'exploration oculaire d'objets par l'enfant sain pour lesquels l'analyse est en « partie par partie » permettrait d'explorer cette interprétation. L'observation d'une vitesse d'exploration oculaire moins élevée dans cette situation pourrait confirmer le lien entre le type de traitement et la vitesse d'exploration.

Les hypothèses de travail concernaient également un effet de l'âge sur la vitesse d'exploration, dans le sens d'une augmentation. En se basant sur l'augmentation de la vitesse de traitement des informations avec l'âge (Streri A., 1999), on pouvait supposer une augmentation de la vitesse d'exploration oculaire chez l'enfant sain. Les résultats indiquent que les enfants plus âgés, sains ou avec autisme, n'explorent pas plus rapidement les photographies de visage. Le moment du développement où la vitesse d'exploration oculaire devient identique à celle de l'adulte pourrait être défini par la réalisation d'études comparant la vitesse de groupes plus âgés que ceux de ce protocole d'une part, et moins âgés d'autre part.

Il semble donc que la vitesse soit une caractéristique supplémentaire de l'exploration oculaire affectée dans l'autisme, au moins pendant les premières années de vie. Si la vitesse d'exploration oculaire ne varie pas en fonction des stimuli, alors son augmentation chez les enfants atteints d'autisme ne pourrait pas être interprétée comme une réaction (un manque d'intérêt ou une aversion) face aux visages mais bien comme une caractéristique physiologique de l'autisme. Il serait donc nécessaire d'étudier la vitesse d'exploration oculaire dans d'autres conditions, notamment avec l'exploration d'objets, de visages exprimant une émotion, de stimuli mouvants, afin de conclure sur sa signification.

La distance parcourue lors l'exploration oculaire a également été étudiée. Il semble que les enfants avec autisme et les enfants sains parcourent la même distance au cours de l'exploration, quel que soit leur âge. Les différences d'exploration oculaire ne pourraient pas être imputées à une incapacité des enfants avec autisme à effectuer une exploration d'une aussi longue distance que celle des enfants sains.

En revanche l'étude de la durée d'exploration oculaire indique une différence entre les sujets sains et avec autisme, âgés de 10 à 14 ans. Cette réduction de la durée de l'exploration, sans réduction de la distance, pourrait être due à un problème de maintien de l'attention, les résultats n'ayant pas montré l'existence d'une différence significative entre eux et le groupe témoin pour la vitesse d'exploration.

Cette étude montre un effet de l'autisme sur la vitesse et la durée d'exploration, dans plusieurs groupes, d'âge différents. Or l'âge ne semble pas avoir d'effet significatif sur la vitesse et la durée d'exploration. Ces divergences peuvent s'expliquer par le faible effectif des groupes expérimentaux, et l'étendue des classes d'âge. Une étude réalisée sur un nombre de sujets beaucoup plus important et avec des classes d'âge plus restreintes permettrait de préciser les résultats de cette recherche. Pour la vitesse, les résultats n'ont montré soit aucun effet de l'âge, soit aucun effet de la pathologie chez les enfants âgés de 10 à 14 ans, soit ces deux effets conjugués. Pour la durée, la recherche n'a pas réussi à montrer soit un effet de l'âge, soit un effet de la pathologie chez les enfants âgés de 5 à 9ans, soit ces deux effets conjugués.

Deux hypothèses peuvent être posée sur une éventuelle relation entre la vitesse d'exploration et les troubles de la perception visuelle. Premièrement, l'altération de la perception visuelle serait causée par la trop grande vitesse d'exploration. Deuxièmement, la vitesse serait différente en réponse à cette perception altérée.



Il existe une dissociation entre la vision du mouvement, déficitaire, et la vision statique, qui peut être normale ou supérieure à celle des sujets sains (Gepner, 2001). Une première catégorie d'enfants avec autisme est hypersensible au mouvement, une seconde est déficitaire dans l'intégration du mouvement visuel rapide (Gepner et Mestre, 2002), enfin une troisième parvient à s'adapter.

La première catégorie présenterait un déficit dans la sélection de l'information sensorielle (Lelord, 1990 ; Ornitz, 1974) et une vitesse d'exploration oculaire plus élevée. Lors de l'exploration visuelle d'un visage statique, le sujet passerait plus rapidement d'un point d'exploration à l'autre, tout en prélevant un grand nombre d'information. Mais, face à des stimuli mouvants, le nombre d'informations est plus important même pour un sujet sain, et l'exploration plus complexe. Dans une telle situation, il faut déplacer son regard sur des points en déplacement. Pour un sujet avec autisme, la quantité d'information augmenterait à cause du déficit de filtrage, et cela plus rapidement à cause de sa vitesse d'exploration. Il lui serait alors impossible de coordonner toutes ces informations pour leur donner un sens : le mouvement. Cette théorie s'accorde avec la première hypothèse où la vitesse d'exploration induirait une altération de la perception (cf. figure 7).

La seconde catégorie d'enfants présenterait une sélection de l'information hypertrophiée (Lelord, 1990 ; Ornitz, 1974), leur quantité serait appauvrie. L'enfant avec autisme devrait alors mettre en place des stratégies de compensation afin d'augmenter le nombre d'informations perçues. L'augmentation de la vitesse d'exploration pourrait être la manifestation d'une recherche frénétique. Cette stratégie permettrait l'exploration des visages statiques plus rapidement, mais ne suffirait pas pour la perception du mouvement, plus complexe. Cette théorie s'accorde avec la deuxième hypothèse où une altération de la perception induirait une augmentation de la vitesse d'exploration (cf. figure 7).

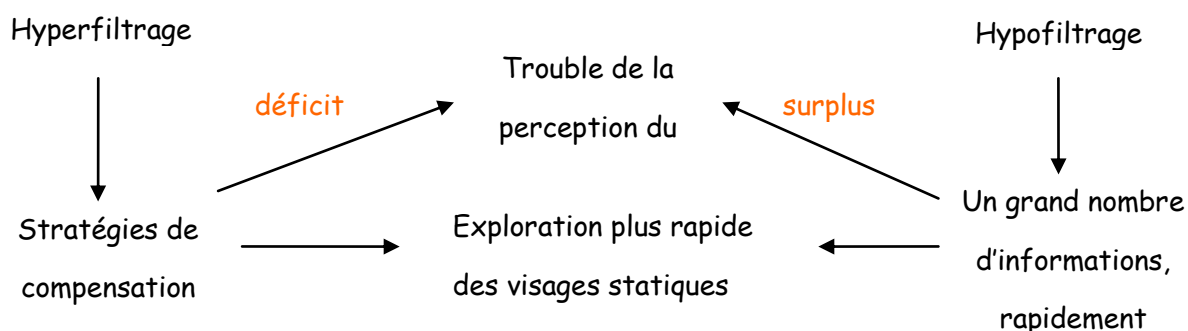


Figure 7 : La perturbation de la filtration des informations sensorielles et les particularités du comportement oculaire des enfants avec autisme.

La troisième catégorie pourrait être composée à la fois d'enfants hypersensibles et d'enfants hyposensibles ayant réussi à compenser leur trouble. Les enfants hypersensibles utiliseraient des stratégies, comme les clignements des yeux, pour ralentir le mouvement. Dans une étude ultérieure, il serait intéressant d'affirmer ou d'infirmer cette hypothèse, grâce au dispositif de suivi du regard, car ce système enregistre tous les clignements au cours de l'exploration oculaire. Les enfants hyposensibles auraient trouvé une stratégie pertinente pour la perception du mouvement.

## **6 Conclusion**

Cette recherche semble indiquer, d'une part, que les enfants avec autisme, âgés de 5 à 9 ans, font une exploration oculaire des visages plus rapide, en comparaison avec des enfants sains du même âge. D'autre part, il semblerait que les enfants avec autisme, âgés de 10 à 14 ans explorent les visages moins longtemps que les enfants sains du même âge. Cette recherche confirme donc une exploration oculaire des visages anormale dans la pathologie autistique. Cette particularité s'accorde avec les théories et recherches évoquant des troubles de la perception chez les enfants avec autisme.

Cependant la vitesse, à elle seule, ne permet pas d'inférer sur la qualité de la perception. Elle ne renseigne pas sur la qualité d'analyse des informations, ni sur les zones explorées. Quelque soit la vitesse, le but de l'exploration est de récupérer des informations : il faut donc explorer des zones différentes et pertinentes. Dans de prochaines recherches, l'exploration oculaire devrait être étudiée en terme d'efficacité en explorant la complexité du trajet oculaire lui-même, ou en associant les mesures de vitesse à l'utilisation de tests de rappel ou de reconnaissance.