



**HAL**  
open science

# Impact de la saillance cognitive et émotionnelle sur l'exploration visuelle dans la schizophrénie

Pierre Grandgenèvre

► **To cite this version:**

Pierre Grandgenèvre. Impact de la saillance cognitive et émotionnelle sur l'exploration visuelle dans la schizophrénie. Médecine humaine et pathologie. Université du Droit et de la Santé - Lille II, 2015. Français. NNT : 2015LIL2S031 . tel-01292264

**HAL Id: tel-01292264**

**<https://theses.hal.science/tel-01292264>**

Submitted on 22 Mar 2016

**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.



# THESE

Présentée en vue de l'obtention du titre de

**DOCTEUR DE L'UNIVERSITE LILLE NORD DE FRANCE**

**ECOLE DOCTORALE BIOLOGIE ET SANTE**

**SPECIALITE NEUROSCIENCES**

---

## **Impact de la saillance cognitive et émotionnelle sur l'exploration visuelle dans la schizophrénie**

---

Présentée et soutenue publiquement le 07 Septembre 2015

Par Pierre Grandgenevre

Directeur de Thèse : Monsieur le Professeur Guillaume Vaiva

Laboratoire Sciences Cognitives Sciences Affectives, UMR 9193 CNRS,  
Université Lille Nord de France, CHRU Lille

---

### **Jury**

Monsieur le Professeur Pierre Thomas  
Monsieur le Professeur Pierre Vidailhet  
Monsieur le Professeur Pascal Delamillieure  
Monsieur le Professeur Guillaume Vaiva

Président  
Rapporteur  
Rapporteur

## REMERCIEMENTS

### **Aux membres du jury :**

*A Monsieur le Professeur Pascal Delamillieure, vous m'avez fait l'honneur d'examiner ce travail et d'accepter d'être membre du jury. Je vous remercie pour vos commentaires et vos observations.*

*A Monsieur le Professeur Pierre Vidailhet, je vous remercie de l'honneur que vous me faites en acceptant de juger ce travail et d'être présent au sein de ce jury. Je vous suis très reconnaissant pour vos réflexions.*

*A Monsieur le Professeur Pierre Thomas, je vous remercie d'avoir accepté de présider ce jury. Vos enseignements m'ont été bénéfiques tout au long de ma formation. Je souhaitais également vous remercier pour votre disponibilité.*

*A Monsieur le Professeur Guillaume Vaiva, vous avez accepté de diriger cette thèse. Je vous remercie pour votre confiance à chaque étape de ma formation. Votre soutien, vos conseils et votre écoute m'ont été d'une aide précieuse. Je suis très honoré de pouvoir poursuivre mon parcours professionnel à vos côtés.*

**A Vincent Laprevote**, *que dire... ce travail n'aurait probablement pas existé sans notre rencontre, n'aurait pas pu s'améliorer sans tes conseils, et n'aurait certainement pas été aussi agréable sans ta simplicité et notre amitié. Merci Vincent.*

**Aux membres du laboratoire Sciences Cognitives Sciences Affectives, à mes collègues, à mes amis :**

*A Muriel Boucart, pour nos discussions à chaque fois enrichissantes et pour tes conseils pertinents.*

*A Emmanuelle Boloix, tu as grandement contribué à la naissance de ce projet.*

*A Sébastien Szaffarczyk pour ton aide en informatique et ta bonne humeur.*

*Aux chercheurs : Fabien D'Hondt, Delphine Pins, Céline Delerue, Jacques Honoré, Henrique Sequeira, Miguel Thibaut pour votre écoute et votre aide au sein du laboratoire.*

*Aux étudiants qui ont enrichi et fait progresser ce travail : Elisabeth Kiesmann, Pierre Parmentier.*

**A mes collègues et amis de Psychiatrie du CHRU de Lille :**

*A Vincent Jardon et Frédérique Warembourg, la crise, toujours la crise, rien que la crise... C'est un véritable bonheur de travailler chaque jour à vos côtés. Frédérique, tu m'apprends encore tellement. Vincent, tu me surprends encore tellement.*

*A Elsa Maitre, en écrivant ces remerciements aujourd'hui, je suis convaincu que notre amitié dépasse largement le cadre professionnel. Merci à toi et à Bechir.*

*A mes ex-collègues Maxime Bubrovsky et Emma Cousu, vous nous manquez. Maxime, merci pour ton encadrement, ta gentillesse et ton amitié. Emma, merci pour ces temps de détente et je suis certain que si ce n'est pas au travail, nous nous recroiserons. Merci à toi et à Vincent.*

*A Maxime Dehem, c'est avec grand plaisir que je partage avec toi ces moments à l'hôpital et en dehors de l'hôpital.*

*A Mathilde Horn, je suis très heureux de te compter parmi nous.*

*A Renaud Jardri, merci pour ton écoute, tes conseils et ton aide dans mes projets de recherche.*

*A Benjamin Rolland, je souhaitais te remercier pour ton amitié et ton goût du poker.*

*A Alexandra Vaillant, Isabelle Poirot, Claire Rascle, Michel Maron et Dominique Servant, je souhaitais vous remercier pour votre soutien au quotidien et particulièrement tout au long de ce travail.*

**Aux patients et sujets contrôles qui ont accepté de participer à ce travail**

**A mes amis :** *Je ne prendrai pas le risque d'en oublier, alors je remercie particulièrement le groupe de la faculté de médecine, les amis de la psychiatrie, l'équipe de Cocove, les amis de Perrine qui sont aujourd'hui également mes amis, les amis de Rombas. Merci pour votre présence à nos côtés, c'est une joie immense de partager des moments en votre compagnie.*

*A Dewi Guardia, le vin et les vacances ne peuvent être que meilleurs quand ils sont partagés. Merci à toi et à Sabine.*

**A ma famille :**

*A mes parents, Yves et Monique : je n'ai pas besoin de vous voir pour savoir que vous êtes derrière moi, et quand nous nous voyons, ce sont à chaque fois des moments extraordinaires. Merci d'être aussi disponibles et rassurants.*

*A mon frère, même si notre complicité n'a pas de frontière, c'est un réel plaisir de te savoir de retour en France !!! Merci à toi et à Marion.*

*A mes grands parents : penser à vous me rappelle ce qu'est l'humilité et le sens de la famille. Merci.*

*A Franck et Marie-Line, merci pour votre générosité, votre présence et votre accueil toujours aussi chaleureux.*

**A Lou et Gatien :**

*J'écris ces quelques lignes en ce jour particulier de fête des pères. Je suis tellement fier de vous. Vos regards, vos sourires et votre joie de vivre m'ont permis de réaliser ce travail et me remplissent chaque jour de joie.*

**A Perrine :**

*Tu t'efforces chaque jour à ce que mes obstacles deviennent surmontables, à ce que mes craintes se dissipent, à ce que mes faiblesses deviennent des atouts. Tu as participé à ce travail en m'accompagnant à chaque instant. Il nous reste tant de choses à partager. Merci.*

# TABLE DES MATIERES

## SECTION BIBLIOGRAPHIQUE

<b>1. LES TROUBLES COGNITIFS DANS LA SCHIZOPHRENIE.....</b>	<b>11</b>
<b>1.1. Altération hétérogène des fonctions cognitives.....</b>	<b>11</b>
a. <i>Le modèle neurocognitif de la schizophrénie : un concept récent ? .....</i>	<b>11</b>
b. <i>L'étendue des troubles cognitifs dans la schizophrénie :.....</i>	<b>14</b>
c. <i>Lien entre profil neuropsychologique et intensité des troubles : .....</i>	<b>15</b>
d. <i>Evolution des troubles cognitifs dans la schizophrénie : .....</i>	<b>17</b>
e. <i>Prise en charge des troubles cognitifs : .....</i>	<b>18</b>
f. <i>Conséquences des troubles cognitifs sur le fonctionnement quotidien : .....</i>	<b>20</b>
g. <i>Le problème du déficit cognitif généralisé : .....</i>	<b>21</b>
<b>1.2. Le concept de saillance.....</b>	<b>22</b>
<b>1.3. Sélection de l'information pertinente dans la schizophrénie.....</b>	<b>24</b>
a. <i>Modèles théoriques :.....</i>	<b>24</b>
b. <i>Modèles expérimentaux : le paradigme de recherche visuelle :.....</i>	<b>28</b>
c. <i>Distractibilité et schizophrénie lors de tâches de recherche visuelle :.....</i>	<b>29</b>
d. <i>L'apparition soudaine d'une d'information :.....</i>	<b>30</b>
<b>2. L'EXPLORATION VISUELLE .....</b>	<b>34</b>
<b>2.1. Que voit-on ? .....</b>	<b>34</b>
<b>2.2. Que mesure l'oculomètre ? .....</b>	<b>37</b>
<b>2.3. Exploration visuelle et enregistrement des mouvements oculaires.....</b>	<b>38</b>
<b>2.4. Comment se définit une stratégie d'exploration ? .....</b>	<b>40</b>
<b>2.5. Enregistrement de mouvements oculaires lors de taches comportementales ?.....</b>	<b>43</b>
<b>2.6. Anomalies de l'exploration visuelle dans la schizophrénie ? .....</b>	<b>44</b>
<b>3. LA CECITE AU CHANGEMENT .....</b>	<b>48</b>
<b>3.1. Définition du paradigme de cécité au changement :.....</b>	<b>48</b>
<b>3.2. Théories explicatives :.....</b>	<b>49</b>
<b>3.3. Facteurs expérimentaux modulant l'effet : .....</b>	<b>56</b>
<b>3.4. Intérêt du paradigme .....</b>	<b>57</b>
<b>4. PROBLEMATIQUE ET OBJECTIFS DE LA SECTION EXPERIMENTALE.....</b>	<b>58</b>
<b>4.1. Mesure de l'impact des saillances cognitive et émotionnelle sur l'exploration visuelle dans des conditions proches des conditions écologiques :.....</b>	<b>58</b>
<b>4.2. Montrer l'intérêt d'une mesure explicite et implicite des réponses : .....</b>	<b>59</b>

# SECTION EXPERIMENTALE

<b>ETUDE 1 : IMPACT DE FACTEURS EXPERIMENTAUX MODULANT L'EFFET DE CECITE AU CHANGEMENT .....</b>	<b>62</b>
<b>    EXPERIENCE 1 : Influence de l'amplitude des changements sur la cécité au changement chez des sujets sains .....</b>	<b>63</b>
1. INTRODUCTION .....	63
2. METHODE .....	65
3. RESULTATS .....	68
4. DISCUSSION .....	70
<b>    EXPERIENCE 2 : Influence de l'impact émotionnel des changements sur la cécité au changement chez des sujets sains .....</b>	<b>72</b>
1. INTRODUCTION .....	72
2. METHODE .....	74
3. RESULTATS .....	77
4. DISCUSSION .....	80
<b>ETUDE 2 : IMPACT DE LA SAILLANCE COGNITIVE SUR L'EXPLORATION VISUELLE DANS LA SCHIZOPHRENIE .....</b>	<b>82</b>
1. INTRODUCTION .....	83
2. METHODE .....	86
3. RESULTATS .....	93
4. DISCUSSION .....	98
<b>ETUDE 3 : IMPACT DE LA SAILLANCE EMOTIONNELLE SUR L'EXPLORATION VISUELLE DANS LA SCHIZOPHRENIE .....</b>	<b>103</b>
1. INTRODUCTION .....	104
2. METHODE .....	107
3. RESULTATS .....	115
4. DISCUSSION .....	124



<b>DISCUSSION GENERALE :</b> .....	<b>129</b>
<b>Synthèse des recherches effectuées :</b> .....	<b>130</b>
<b>Limites des recherches effectuées :</b> .....	<b>133</b>
<b>Implications théoriques :</b> .....	<b>136</b>
<i>Une surprenante dissociation de résultats en condition neutre :</i> .....	<b>136</b>
<i>Cette dissociation résiste-t-elle à une charge émotionnelle ?</i> .....	<b>138</b>
<i>Un temps de réponse moteur plus long : un biais décisionnel ? Un effet du traitement ?</i> <i>Un déficit d'accès à la conscience ?</i> .....	<b>141</b>
<i>Quelles explications donner aux anomalies de l'exploration visuelle ?</i> .....	<b>142</b>
<b>Perspectives :</b> .....	<b>143</b>
<i>Quel est l'impact de la saillance émotionnelle et cognitive dans l'état de stress post traumatique ?</i> <i>Résultat d'une étude préliminaire.</i> .....	<b>143</b>
<i>Quelles sont les particularités d'exploration visuelle de patients atteints d'autres pathologies</i> <i>psychiatriques comme les troubles thymiques ou les troubles envahissants du développement ?</i> .....	<b>145</b>
<i>Est-il possible d'apporter une preuve anatomo-fonctionnelle des structures impliquées</i> <i>dans le déficit du traitement de l'information pertinente ou émotionnelle ?</i> .....	<b>145</b>
<i>Serait-il possible de proposer un paradigme expérimental se rapprochant</i> <i>d'avantage des conditions naturelles d'exploration ?</i> .....	<b>146</b>
<i>Quelles pistes d'intervention thérapeutique peuvent apporter ces résultats en pratique clinique ?</i> .....	<b>146</b>
<b>REFERENCES :</b> .....	<b>147</b>
<b>ANNEXES :</b> .....	<b>160</b>
<b>Etude issue de la thèse ayant fait l'objet d'une publication</b> .....	<b>161</b>

## ABREVIATIONS :

CIM : Classification statistique internationale des maladies et des problèmes de santé connexes

DSM : Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders

QI : Quotient Intellectuel

SAS : Système Attentionnel Superviseur

ROI : Region Of Interest

ANOVA : Analyse de la Variance

TR : Temps de Réponse

d' : d prime

PANSS : Positive And Negative Syndrome Scale

Lc: Latence corrigée

LPE en ZI(c): latence avant la 1<sup>ère</sup> entrée en zone d'intérêt pour les stimuli contenant des changements (1 ou 3)

LPE en ZI (non c): latence avant la 1<sup>ère</sup> entrée en zone d'intérêt pour les stimuli ne contenant pas de changement

ESM : Erreur Standard de la Moyenne

Act : Activation

Val : Valence

ESPT : Etat de Stress Post-Traumatique

## **INTRODUCTION**

La schizophrénie est une pathologie hétérogène de part l'étendue des troubles qui la caractérise. Les troubles cognitifs appartiennent à ce large champ des déficits constatés en clinique et documentés dans la littérature scientifique. Parmi ces troubles cognitifs, il est montré que les patients atteints de schizophrénie présentent des difficultés à ignorer les informations non pertinentes et sont perturbés par l'apparition soudaine d'une information. L'étude de l'exploration visuelle et plus particulièrement l'étude du choix de l'objet exploré, en fonction de caractéristiques physiques, cognitives ou émotionnelles, offre la possibilité de préciser nos connaissances. Ainsi l'analyse de l'exploration visuelle dans des conditions proches de la vie quotidienne permettrait de préciser des spécificités du déficit cognitif et de proposer des pistes d'interventions thérapeutiques.

Dans ce travail, la partie bibliographique proposera dans un premier temps, une description des troubles cognitifs et de leurs répercussions, en se focalisant particulièrement sur les concepts de saillance et de sélection de l'information pertinente, puis cette partie bibliographique présentera les connaissances actuelles sur l'exploration visuelle dans la schizophrénie, et enfin elle nous permettra de décrire un paradigme expérimental nommé cécité au changement. La section expérimentale aura pour objectif de préciser les facteurs influençant la cécité au changement, puis d'étudier la sensibilité au changement des patients atteints de schizophrénie dans des conditions d'exploration proche de notre quotidien lors de l'utilisation de stimuli non saillants sur le plan cognitif et enfin de comparer ces résultats avec l'utilisation de stimuli émotionnellement saillants. Une discussion générale permettra de comparer et commenter nos résultats expérimentaux en lien avec la littérature.

## **1. LES TROUBLES COGNITIFS DANS LA SCHIZOPHRENIE :**

La schizophrénie est une maladie mentale qui affecterait entre 0,3 et 0,7% de la population à un moment donné de la vie (Van Os & Kapur, 2009). En 2011, selon l’OMS, elle touche 24 millions de personnes à travers le monde et le nombre de nouveaux cas par an dans une population donnée a été estimé à 15,2 pour 100 000 habitants par an (McGrath et al., 2008). Il s’agit d’une maladie chronique dont l’évolution est marquée par une perte plus ou moins importante de l’intégration dans la vie quotidienne. Ce handicap responsable d’une marginalisation est d’autant plus préoccupant que la schizophrénie touche une population jeune.

Elle se caractérise par un syndrome délirant parfois marqué par la présence d’hallucinations, par un syndrome dissociatif défini comme une désorganisation psychomotrice, par un retrait autistique caractérisé par un repli social, mais également par des troubles cognitifs. Ces derniers se traduisent sur le plan clinique par des difficultés attentionnelles, de concentration, d’apprentissage, de mémorisation et des difficultés à manipuler les raisonnements abstraits (Thomas, 2009).

### **1.1 Altération hétérogène des fonctions cognitives**

#### *a. Le modèle neurocognitif de la schizophrénie : un concept récent ?*

Il est aujourd’hui largement admis que la schizophrénie peut être définie comme un trouble neurobiologique accompagné de déficits neurocognitifs (Dickinson et al., 2007; Keshavan et al., 2008; Schaefer et al., 2013). Or, ce modèle a connu une lente évolution.

Kraepelin a été le premier à évoquer une conception neurobiologique de ce trouble, qu'il nommait alors « dementia praecox ». Cependant, dans son édition de 1913, il admettait aussi l'hypothèse que cette maladie puisse être aussi bien d'origine biologique que d'origine psychosociale. L'évocation d'une cause multi-factorielle de la schizophrénie était alors une anticipation des modèles neuro-développementaux actuels. Ses travaux l'ont amené à suggérer que certaines régions cérébrales seraient préférentiellement atteintes par la maladie, pouvant expliquer le dysfonctionnement de mécanismes psychiques. A partir de ces remarques, il acceptait que la « dementia praecox » puisse avoir comme trouble ce que nous appellerions aujourd'hui trouble des fonctions exécutives.

Malgré ces premières hypothèses d'un modèle neurobiologique de la schizophrénie, le XX<sup>ème</sup> siècle est en grande partie marqué par une opposition entre les modèles psychogène (ou fonctionnel) et biologique (ou organique) de la schizophrénie.

Goldstein, un des précurseurs de la neuropsychologie et de l'utilisation de tests psychométriques, ne défendait pas, dans ses premiers écrits en 1938, les origines neurobiologiques, mais plutôt psychologiques, de ce qu'il décrivait comme une déficience « des comportements abstraits » (Bolles & Goldstein, 1938).

C'est à la fin du XX<sup>ème</sup> siècle, que la neuropsychologie a commencé à s'affirmer, en définissant la schizophrénie comme un trouble du cerveau, permettant d'éloigner peu à peu les modèles purement psychogènes de la schizophrénie et des autres maladies mentales (Levin et al., 1989).

Frith parle de schizophrénie en tant que pathologie de la méta-représentation. Il propose ainsi un modèle neuropsychologique dans lequel les manifestations cliniques décrites dans la

schizophrénie seraient les conséquences de mécanismes cognitifs déficitaires témoins d'un mauvais fonctionnement de certaines régions du cerveau (Frith et al., 1992). Il regroupe les manifestations cliniques en 3 syndromes : les troubles du langage et de la communication, les hallucinations et les délires, les troubles du comportement, et explique chacun de ces syndromes par une altération des fonctions cognitives. Par exemple, il classe la symptomatologie négative parmi les troubles du comportement et l'explique par un défaut d'initiation volontaire, secondaire à un mauvais fonctionnement du Système Attentionnel de Supervision, décrit par Shallice en 1988 (Shallice, 1988). Les patients ne seraient ainsi plus capables de bloquer les réponses à des stimuli non pertinents expliquant l'incohérence et la chute de performances attentionnelles (Frith, 1992).

Ces descriptions ont été complétées par Andreasen et al. en 1998, qui proposent un modèle de « dysmétrie cognitive » (Andreasen et al., 1998). Ce modèle se base sur l'intervention de différents facteurs étiologiques (psychologiques, génétiques, viraux, ...) ayant une influence sur le développement du cerveau (organisation neuronale, apoptose, genèse de synapses, ...) et entraînant une rupture anatomique et fonctionnelle des connexions et de l'activité neuronale. Ainsi, l'hétérogénéité symptomatologique de la maladie serait secondaire à un trouble cognitif commun porté par des altérations des circuits neuronaux. Il précise ainsi que cette dysconnectivité neuronale (reliant des fonctions cognitives de haut et de bas niveau) touchant la boucle régulatrice reliant le cortex cérébral au cervelet via le thalamus (circuit cortico-cérébello-thalamo-cortical) provoquerait un déficit des principales fonctions cognitives.

*b. L'étendue des troubles cognitifs dans la schizophrénie :*

Comme nous l'avons vu, l'intérêt pour les troubles cognitifs dans la schizophrénie s'est largement accru ces dernières années avec l'essor des neurosciences. L'altération des fonctions cognitives occupe ainsi une place centrale lorsqu'on se réfère aux descriptions concernant la schizophrénie. On ne retrouve cependant pas les troubles cognitifs dans les critères diagnostiques actuels de la schizophrénie, ils sont absents de la CIM-10 et sont uniquement mentionnés dans les « caractéristiques et troubles associés » dans le DSM IV (American Psychiatric Association, 1994). De même, l'altération cognitive n'a pas été retenue dans les symptômes centraux de la schizophrénie dans le DSM V (American Psychiatric Association, 2013).

Cette absence au sein des critères diagnostiques peut paraître surprenante car, même si un certain nombre de patients conservent des performances normales, les troubles cognitifs sont fréquents et sévères dans la schizophrénie. Une méta-analyse montre que 61 à 78% des patients présentaient des scores inférieurs à la médiane des sujets contrôles sur l'ensemble des tests cognitifs (Heinrichs & Zakzanis, 1998).

Au vu de l'étendue de la littérature sur les troubles cognitifs dans la schizophrénie, plusieurs méta-analyses ont pu être réalisées. Parmi elles, certaines rapportent les résultats d'études comparant les performances entre des sujets sains et des patients atteints de schizophrénie lors de tests neuropsychologiques (Dickinson et al., 2007; Fioravanti et al., 2005; Mesholam-Gately et al., 2009; Schaefer et al., 2013). Ces méta-analyses mettent en évidence que la schizophrénie est caractérisée par des déficits neurocognitifs pour la plupart des grands domaines cognitifs. Ainsi, les travaux de Dickinson et al., en 2007, rassemblent plusieurs mesures neurocognitives réalisées chez des patients atteints de schizophrénie. L'objectif de

cette méta-analyse était de comparer la rapidité de traitement de l'information, à différentes mesures neurocognitives. Il est mis en évidence un effet significatif dans des domaines comme la mémoire épisodique, la mémoire de travail, le fonctionnement exécutif, l'attention sélective, la vitesse motrice, la fluence verbale, l'intelligence verbale et la résolution de problèmes perceptifs. La taille d'effet de Cohen est pour l'ensemble de ces mesures de  $d=0,98$ , soit un large effet (Cohen, 1988), avec une variation des tailles d'effet entre 0,59 et 1,57. La taille de l'effet pour l'ensemble des mesures cognitives a été confirmée par une autre méta-analyse ( $d=1,02$ ), reprenant les études sur une période de 2006 à 2012 (Schaefer et al., 2013) corroborant ainsi l'hypothèse d'un trouble cognitif généralisé.

D'autres travaux se sont focalisés sur la présence de troubles cognitifs chez des patients présentant un premier épisode psychotique (Mesholam-Gately et al., 2009). Les résultats révélèrent des tailles d'effet allant de 0,64 à 1,20 (soit d'un effet moyen à un effet large) et ceux pour des domaines comme la mémoire verbale immédiate et la vitesse de traitement de l'information. Il est important de préciser que ces résultats sont de même ordre de grandeur que ceux constatés dans les méta-analyses s'intéressant à des patients plus avancés dans la maladie.

### *c. Lien entre profil neuropsychologique et intensité des troubles :*

Si les troubles cognitifs sont fréquents dans la schizophrénie, peut-on en conclure que tous les patients atteints de schizophrénie ont des déficits cognitifs ?

Des études récentes montrent que certains patients auraient un profil neuropsychologique normal. Ainsi Palmer et al., en 2009, montrent que 27,5% des patients, testés par des procédures d'évaluation clinique validées, ont un profil neuropsychologique normal (Palmer



et al., 1997). De même Kremen et al. montrent, en utilisant des procédures semblables, que 22,7% des patients sont dans les limites de la normale sur le plan neuropsychologique (Kremen et al., 2000).

Cependant, certains auteurs critiquent la notion de « profil psychologique normal » en affirmant que ceci n'est pas synonyme de « profil psychologique non affecté » (Kremen et al., 2000). Ces remarques ont pour point de départ quelques études montrant que les patients peuvent avoir des meilleures performances à des tests cognitifs que les sujets sains (Wilk et al., 2005). Il est alors suggéré que ces patients aient pu subir un déclin des fonctions cognitives qui, dans un premier temps, étaient d'un niveau supérieur.

Ainsi, au regard de ces profils, des associations entre la sévérité des troubles cognitifs et les symptômes psychopathologiques ont été recherchées. Il apparaît que cette association soit faible mais significative en ce qui concerne les symptômes négatifs, et qu'elle soit non significative en ce qui concerne les symptômes positifs (Palmer et al., 2009; Dominguez et al., 2009). Ceci permet de conclure que la présence de troubles cognitifs n'est pas une simple conséquence de l'intensité de la maladie et ainsi que l'hétérogénéité des troubles cognitifs ne peut être expliquée par cette variable. Dans ce sens, Schaefer et al ne trouvent pas de lien entre les troubles cognitifs et les mesures de symptômes (Schaefer et al., 2013). Ils mettent néanmoins en évidence, que les études avec un haut pourcentage d'hommes rapportent des tailles d'effet plus larges.

Même si la taille d'effet pour l'ensemble des troubles cognitifs semble stable sur les 30 dernières années, il existe une hétérogénéité entre les résultats des différentes études (Fioravanti et al., 2005). Cette méta-analyse regroupant 113 publications confirme cette

hétérogénéité en mettant en avant des disparités concernant les caractéristiques des patients recrutés et la variabilité des tableaux cliniques de la schizophrénie.

Face à ces résultats, certains auteurs ont tenté de définir des sous-groupes de patients en fonction de leur profil neuropsychologique (Allen et al., 1998; Goldstein et al., 1998; Heinrichs & Awad, 1993; Seaton et al., 1999). Or, la constitution de ces sous-groupes est remise en question par le fait qu'il n'existe pas de critères communs concernant le recrutement des patients au sein de toutes les études.

*d. Evolution des troubles cognitifs dans la schizophrénie :*

Certains auteurs se sont intéressés au lien entre la présence des troubles cognitifs et l'histoire de la maladie.

Une méta-analyse reprenant 18 études comparant le QI de patients, avant d'être diagnostiqués schizophrènes, à des sujets contrôles, montre une altération du QI prémorbide avec un effet de taille moyen ( $d=0,54$ ) (Woodberry et al., 2008). Dans ce sens, une étude montre la présence de déficits cognitifs prémorbides en évaluant les performances scolaires avant l'apparition du première épisode psychotique (Bilder et al., 2006). Même s'il semble que les troubles cognitifs puissent être présents avant le début de la maladie, ces altérations prémorbides ne sont pas systématiques, témoignant à nouveau de l'importante hétérogénéité des troubles cognitifs dans la schizophrénie (Keefe et al. 2005; Wilk et al., 2005).

Après l'apparition de la maladie, il semblerait que les déficits cognitifs aient tendance à se stabiliser (Heaton et al., 2001; Kurtz, 2005), voire à s'améliorer au cours de la phase initiale de stabilisation faisant suite au premier épisode psychotique (Klingberg et al. , 2008). Heaton

et al. ont ainsi réalisé un travail longitudinal sur 142 patients, testés à deux reprises avec une moyenne de 3 ans d'intervalle. Ils montrent une stabilité des fonctions cognitives quel que soit le temps du suivi, le fonctionnement de base, l'âge d'apparition ou la sévérité des symptômes (Heaton et al., 2001). Dans la méta-analyse de Schaefer et al., les auteurs ne mettent pas en évidence de relation significative entre les troubles cognitifs et la durée de la maladie (Schaefer et al., 2013). Il est important de nuancer ces données en citant des travaux prenant en compte une population de patients âgés, ayant un long passé d'institutionnalisation (Kurtz, 2005). Pour ces patients, il semblerait que le déclin cognitif soit plus rapide que la population générale et que ce déclin ne puisse être justifié par le vieillissement normal. Il est cependant difficile de connaître l'influence de l'institutionnalisation sur ces résultats.

*e. Prise en charge des troubles cognitifs :*

Les antipsychotiques représentent l'élément central du traitement médicamenteux de la schizophrénie. Ils ont considérablement modifié le pronostic évolutif de la maladie depuis leur apparition au début des années 50. Ils permettent de contrôler les symptômes positifs de la maladie et d'augmenter les périodes de stabilisation.

L'impact des antipsychotiques sur les troubles cognitifs n'était pas clairement identifié à travers les différentes études. Une méta-analyse réalisée en 2004 a permis de mesurer cet impact, montrant un effet neurocognitif bénéfique des antipsychotiques conventionnels de petite taille ( $d=0,22$ ) (Mishara & Goldberg, 2004).

Avec l'apparition des antipsychotiques de seconde génération dans les années 90, il a été montré une augmentation de l'efficacité du traitement tout en réduisant les effets indésirables (Leucht et al., 2009). Leur impact sur les troubles cognitifs est actuellement discuté. L'étude

CATIE (Clinical Antipsychotic Trials of Intervention Effectiveness) propose une comparaison de l'efficacité de 5 antipsychotiques donnés aléatoirement en double aveugle à 917 patients atteints de schizophrénie (Keefe et al., 2007). Ces 5 antipsychotiques comprenaient 4 molécules de seconde génération (olanzapine, risperidone, quétiapine et ziprasidone) et 1 neuroleptique conventionnel (perphenazine). Les résultats de tests neurocognitifs, réalisés à l'instauration du traitement puis après 2 mois de traitement, montrent une amélioration significative des performances cognitives pour chaque groupe de traitement, sans mettre en évidence de différence d'efficacité entre les groupes. Les auteurs proposent une interprétation de ces résultats : ils précisent que la majorité des patients prenaient déjà un traitement par antipsychotique au moment de l'entrée dans l'étude, ce qui diminuerait les améliorations cognitives que pourraient induire les antipsychotiques de seconde génération.

Or, une seconde étude EUFEST (European First Episode Schizophrenia Trial), s'intéressant, entre autres, aux améliorations cognitives induites par un traitement antipsychotique instauré chez des patients n'ayant jamais reçu de traitement, montre des résultats identiques (Davidson et al., 2009). Elle ne montre pas de différence d'effets bénéfiques entre les antipsychotiques de seconde génération et les neuroleptiques conventionnels.

Il semble que l'effet des antipsychotiques sur les déficits cognitifs ne soit pas à la hauteur des espérances. Il est cependant important de rappeler que ces traitements ont les symptômes psychotiques pour cible prioritaire et non les troubles cognitifs, qui nécessitent, pour leur part, le développement de traitements plus spécifiques (Buchanan et al., 2007).

En parallèle des recherches sur des traitements pharmacologiques ciblant les troubles cognitifs, des outils de prise en charge se sont développés ces dernières années. Ces méthodes ont pour origine la prise de conscience des nécessités d'intervention de réhabilitation sociale dans la schizophrénie (Insel, 2009). Ces interventions regroupées sous le nom de remédiation

cognitive sont d'autant plus efficaces lorsqu'elles ciblent l'apprentissage de stratégie de compensation afin de minimiser l'influence délétère des déficits cognitifs (Twamley et al., 2002).

Une méta-analyse a évalué l'impact des programmes de remédiation cognitive sur différents domaines cognitifs (l'attention, la rapidité de traitement, la mémoire de travail, la mémoire verbale, la mémoire visuelle, la résolution de problème et les cognitions sociales) et sur le fonctionnement quotidien (McGurk et al. 2007). Les résultats montrent que ces thérapies ont un effet significatif de taille modérée ( $d=0,41$ ) sur les performances cognitives, et de petite taille ( $d=0,36$ ) sur le fonctionnement quotidien.

*f. Conséquences des troubles cognitifs sur le fonctionnement quotidien :*

L'intérêt porté aux troubles cognitifs ne peut se dissocier des conséquences de ces troubles sur le fonctionnement de la vie quotidienne des patients. Ainsi, de nombreuses études ont tenté de quantifier le rapport entre les troubles cognitifs et leurs répercussions. Ces études montrent en particulier que les conséquences fonctionnelles, lorsque les symptômes positifs ne sont pas trop présents, sont directement en corrélation avec les déficits neurocognitifs et à moindre degré avec les symptômes négatifs.

Pour exemple, une étude réalisée à partir d'un faible échantillon, utilisant un simulateur de conduite automobile, montre une augmentation des erreurs (traversées de ligne continue, collisions) chez les patients atteints de schizophrénie (St Germain et al., 2005). Il est également mis en évidence des difficultés à prendre en compte l'environnement ou les intentions des autres conducteurs chez les patients présentant de nombreux symptômes positifs.

Or, plusieurs études suggèrent que la relation de cause à effet entre les déficits cognitifs et les troubles fonctionnels est discutable (Evans et al., 2003; Palmer & Jeste, 2006; Twamley et al., 2002). En effet, la nature de ces relations semble perturbée par la diversité des tests neurocognitifs (Dickinson & Gold, 2008), par la complexité des tâches quotidiennes et par l'hétérogénéité des profils neuropsychologiques des patients.

De plus, Green et collaborateurs montrent, à travers une méta-analyse, que la plupart des études ont pour objectif de mettre en évidence un lien entre les variables neurocognitives et le fonctionnement social, mais ne concluent pas sur les mécanismes qui les sous-tendent (Green et al., 2000).

Par ailleurs, il semble important de proposer des protocoles expérimentaux ciblant les mécanismes intervenant entre la présence d'un déficit cognitif et les conséquences sur les compétences fonctionnelles qui en résultent. Mettre en lumière ces mécanismes permettra de proposer des cibles d'interventions en ce qui concerne par exemple le champ de la réhabilitation. Les auteurs prennent l'exemple d'interventions s'intéressant à augmenter les capacités de perception des émotions.

*g. Le problème du déficit cognitif généralisé :*

Le problème du déficit cognitif généralisé fait référence aux situations dans lesquelles un déficit généralisé donne l'apparence d'un déficit spécifique en raison des tests psychométriques et des considérations méthodologiques utilisés lors des études. Dans ces situations, le déficit généralisé est illustré par la présence de moins bons résultats pour les patients que pour les sujets contrôles dans un large panel de tâches cognitives. Cependant, étant donné les multiples domaines pour lesquels les patients atteints de schizophrénie ont de moins bonnes performances que les sujets sains, il est difficile et peu informatif de conclure

qu'un déficit est plus central qu'un autre. Néanmoins, Green et collaborateurs soulignent que de nombreux articles et discussions usent de ce raccourci pour commenter leurs résultats, alors que la notion de déficit généralisé semble de plus en plus remise en cause (Green et al., 2013). Il paraît même, à ce jour, évident que le concept de déficit cognitif généralisé est incorrect, en raison des nombreux exemples montrant des performances cognitives et émotionnelles intactes entre les patients et les sujets contrôles. Dans ce contexte, la mise en évidence de mesures isolant des sous-processus cognitifs doit être une cible de la recherche scientifique et semble être un objectif du CNTRICS (Cognitive Neuroscience Treatment Research to Improve Cognition in Schizophrenia). Par ailleurs, il serait intéressant de proposer des protocoles expérimentaux permettant de préciser les mécanismes cognitifs impliqués en se détachant des résultats interprétés trop souvent comme un déficit cognitif généralisé.

## **1.2 Le concept de saillance :**

La saillance se définit par l'émergence d'une figure sur un fond. Il existe différents aspects de la saillance (Landragin, 2011). Il est ainsi possible de différencier la saillance physique (liée aux caractéristiques physiques de la figure), la saillance cognitive (liée aux spécificités et aux processus cognitifs du sujet) et la saillance émotionnelle (en lien avec l'effet provoqué chez le sujet).

Dans le champ de la perception visuelle, les composants modulant la saillance physique sont par exemple : la taille, la luminance, la forme de l'objet ainsi que la présence de l'objet en fonction des autres objets de la scène. Ainsi un objet de grande taille pourra perdre sa saillance si celui-ci est entouré d'autres objets de taille plus grande. Il semblerait donc que la notion de saillance physique se rapporte à un modèle exogène, dépendant des caractéristiques propres de l'objet et ne faisant pas intervenir les connaissances ou représentations du sujet

(Theeuwes, 1992). Ainsi, un objet pourra mobiliser des mécanismes attentionnels en fonction de ces caractéristiques physiques faisant intervenir une approche ascendante ou « bottom-up ».

En ce qui concerne la saillance cognitive (également nommée **pertinence** dans la littérature), elle désigne ce qui émerge en premier de l'exploration d'une scène en fonction d'une orientation endogène. Ce choix sera influencé par des facteurs intrinsèques au sujet : représentations mentales, orientation de l'attention visuelle et discrimination de l'information pertinente. La focalisation de l'attention est un facteur lié à la saillance cognitive. L'attention pourra alors transitoirement être captée par un objet ou un endroit de la scène, ce qui aura pour conséquence d'améliorer le traitement de l'information sélectionnée alors que le reste de la scène sera ignoré. L'objet n'est pas exploré en raison de ces caractères physiques mais du sens qu'il va donner dans son environnement ou en fonction de son intérêt pour la tâche qu'il est en train de réaliser. Cette mobilisation de l'attention fait référence à une approche descendante ou « top-down ».

Enfin, les objets portent individuellement une charge émotionnelle caractérisée par une valence et une activation. La charge émotionnelle des objets aura un impact sur la saillance de ces objets. Une échelle est fréquemment utilisée permettant de mesurer la valence et l'activation des objets présentés (Bradley & Lang, 1994) (Figure 1).

Un objet est neutre si son activation affective (quantité de stimulation provoquée par l'image) est proche de 1/9 et si sa valence affective (qualité de l'émotion) est proche de 5/9. Un objet a une charge émotionnelle positive si son activation affective est proche 9/9 et si sa valence affective est proche de 9/9. Un objet a une charge émotionnelle négative si son activation affective est proche 9/9 et si sa valence affective est proche de 1/9.



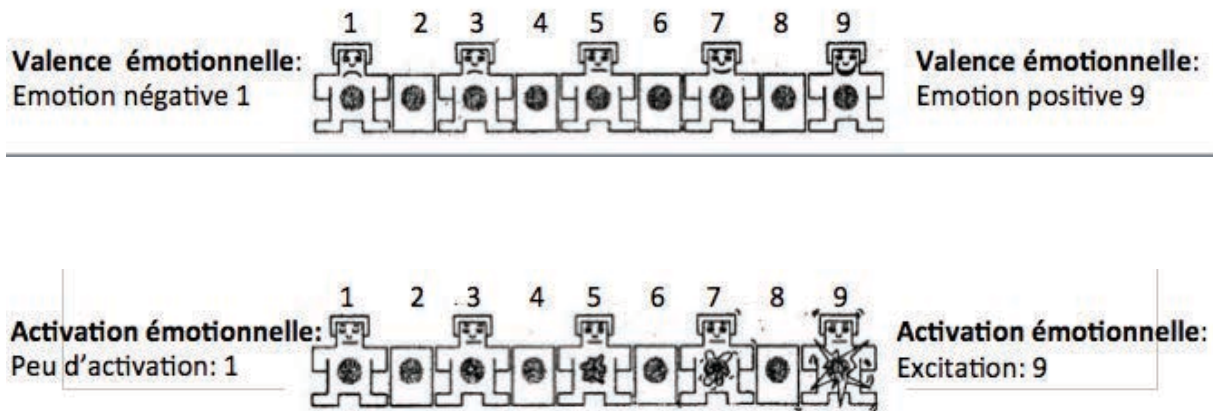


Figure 1 : Echelle d'activation et de valence émotionnelle (Bradley & Lang, 1994).

En fonction des saillances d'un objet, celui-ci sera plus ou moins facilement capté par l'attention. Or la focalisation de l'attention est elle-même sous tendue par des processus qui lui sont propres. Nous allons ainsi nous intéresser aux mécanismes sous-tendant la sélection de l'information pertinente dans la schizophrénie.

### 1.3 Sélection de l'information pertinente dans la schizophrénie :

Le système de traitement de l'information est un système contenant des ressources mobilisables, aux capacités limitées et mettant en jeu la mobilisation de système attentionnel. L'attention serait alors une fonction permettant de mieux percevoir et distinguer. Il existe plusieurs modèles généraux des processus attentionnels.

#### a. Modèles théoriques :

Broadbent et sa théorie du filtre attentionnel affirme que notre système de traitement de l'information ne peut traiter qu'un stimulus à la fois (Broadbent, 1958) (Figure 2). Les

différents stimuli seraient filtrés par un système perceptif sous le contrôle de l'attention. Ce modèle, ne comprenant qu'un seul canal, utiliserait l'attention comme processus précoce de filtrage afin d'éviter que le système global ne soit surchargé. Les informations seraient ainsi traitées en parallèle et sélectionnées afin d'être perçues. Ce mode de sélection empêcherait donc un traitement simultané des informations : l'information sélectionnée serait alors mieux traitée. L'attention sélective agirait donc comme un filtre permettant la sélection des informations pertinentes et l'élimination, ou le blocage des informations non pertinentes.

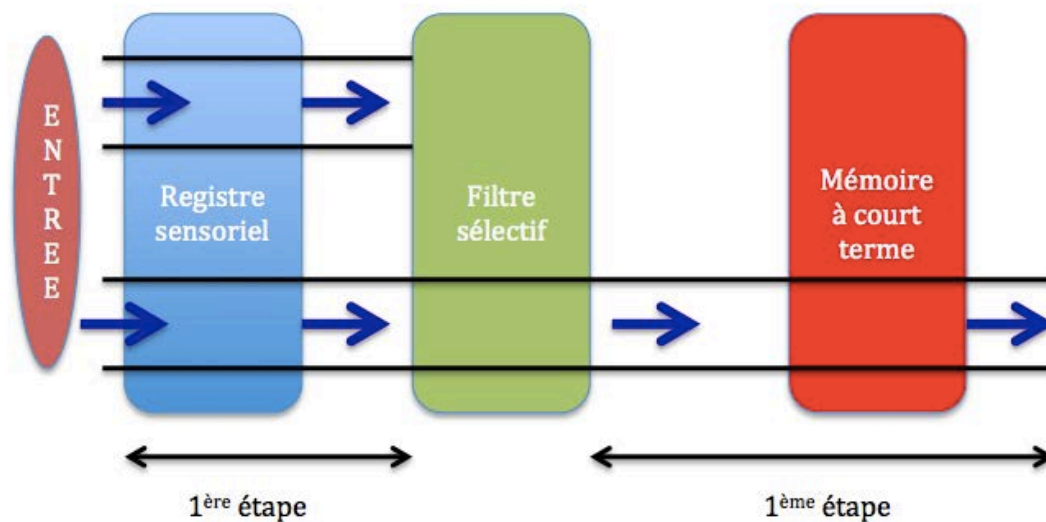


Figure 2 : Modèle de Boadbert

Ce modèle de sélection d'une seule information simultanément a été considéré comme trop restrictif. L'exemple de l'effet cocktail party montre que même si notre attention est focalisée sur une discussion au milieu d'une ambiance bruyante, nous restons sensibles aux stimuli extérieurs : par exemple, le fait d'entendre notre nom provenant d'une autre discussion.

Treisman propose alors une modification de ce modèle (Figure 3). L'attention jouerait un rôle modulateur de certaines informations. Ainsi, en fonction de l'information sélectionnée, celle-ci passerait un seuil qui lui permettrait d'être traitée et analysée. En revanche l'information

non pertinente ne serait pas bloquée ou rejetée mais atténuée. Il existerait différents seuils d'activation dépendants de l'information (Treisman, 1964).

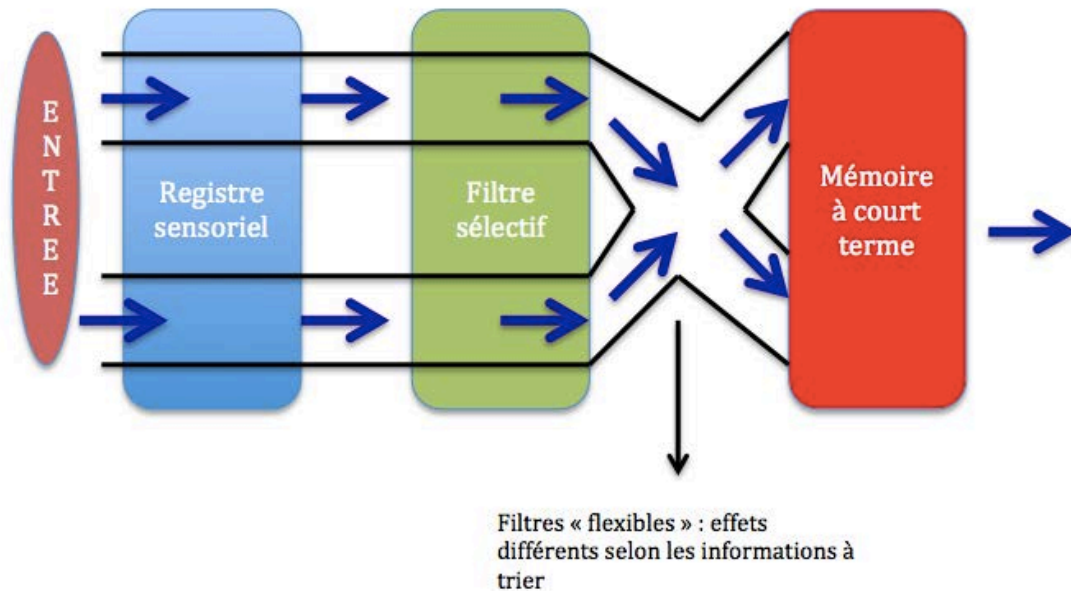


Figure 3 : Modèle de Treisman

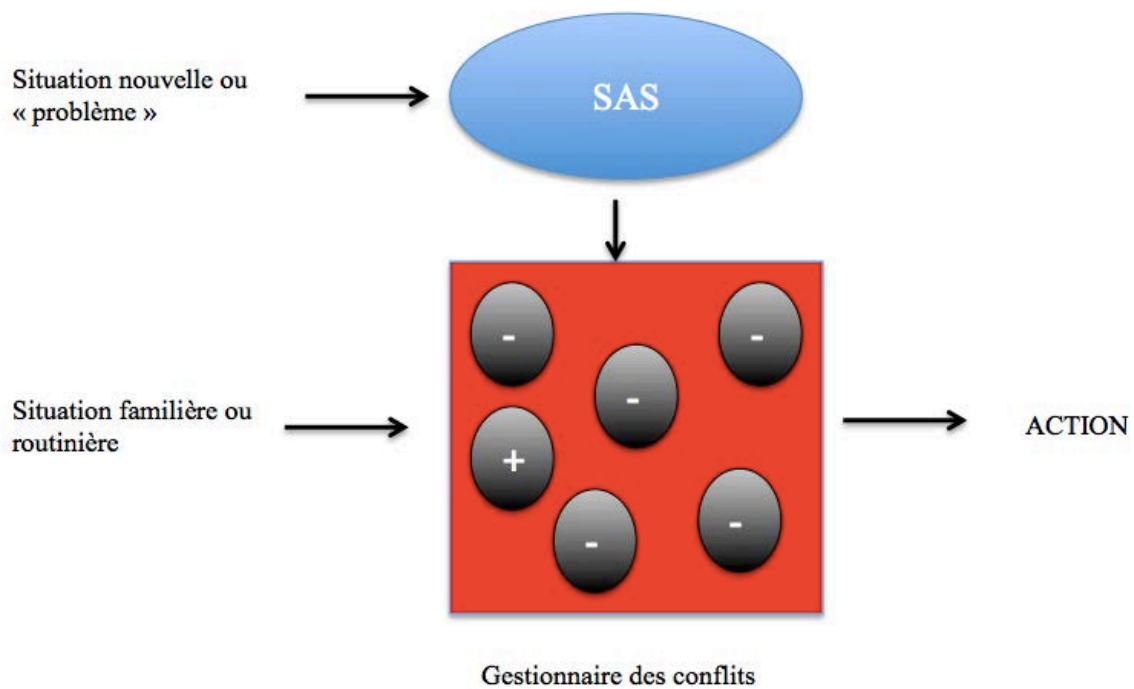
**La distractibilité serait alors définie comme une altération du filtre ne permettant plus d'écarter les informations non pertinentes.**

Les théories de filtre attentionnel, décrites préalablement, ne prennent pas en compte les hypothèses de limitation des ressources cognitives dans l'exécution de tâches. Dans ces modèles, l'attention sera plus ou moins mobilisée en fonction de la tâche. Un processeur central sera alors chargé d'allouer les ressources sur les différents processus cognitifs du système du traitement de l'information pour une tâche donnée.

Le modèle de Kahneman s'inscrit dans ce courant cognitiviste. Il considère les modèles attentionnels comme une réserve de ressources limitées (Kahneman, 1973). Ainsi pour

effectuer une tâche, la focalisation de l'attention sur les informations pertinentes permettrait de concentrer ces ressources, ce qui aurait pour effet d'améliorer nos performances. Le traitement cognitif des autres informations (distracteurs) serait effectué dans la limite de la quantité de ressources résiduelles. Ce modèle introduit la notion de focalisation volontaire de l'attention, la considérant comme une compétence qui peut être soit améliorée, soit altérée en fonction des différences individuelles.

Norman et Shallice apporte une nouvelle vision à ce modèle en introduisant la notion de Système Attentionnel Superviseur (SAS) (Norman & Shallice, 1986) (Figure 4). Il gère la planification consciente et volontaire des actions et des situations nouvelles. Il joue un rôle activateur lors d'informations appropriées et inhibiteur lors d'informations non pertinentes. Il intervient dans de nombreux processus, comme par exemple, ceux de mémoire, de planification, de prise de décision, de résolution de problème mais également au niveau des mécanismes attentionnels. Il permet ainsi de sélectionner et traiter une action spécifique en ignorant des distracteurs. Ainsi une défaillance du SAS entrainerait des stratégies de réponses non pertinentes.



*Figure 4 : Modèle du contrôle attentionnel de Norman et Shallice*

Parmi les troubles cognitifs décrits dans la schizophrénie, des troubles d'allocation de l'attention selon les modèles cognitivistes ont été constatés. L'étude de la distractibilité permet de quantifier ces troubles d'allocation de l'attention. La distractibilité est ici définie comme l'incapacité de diriger son attention vers des informations pertinentes tout en ignorant des stimuli non pertinents.

*b. Modèles expérimentaux : le paradigme de recherche visuelle :*

La sélection de l'information pertinente, en condition expérimentale, peut se mesurer par l'intermédiaire de paradigme de recherche visuelle. Celui-ci consiste en la recherche de stimuli cibles parmi des stimuli non-cibles appelés distracteurs. Les distracteurs peuvent partager des caractéristiques similaires aux cibles et diffèrent par des propriétés physiques

comme par exemple la couleur ou la forme. Selon les études, le ratio distracteurs/cibles varie, permettant ainsi de calculer un temps de réponse moteur et un taux d'erreur. Notons que la plupart de ces études utilisent des figures géométriques très abstraites, assez éloignées de ce qui forme notre environnement visuel habituel.

*c. Distractibilité et schizophrénie lors de tâches de recherche visuelle :*

En se basant sur l'observation clinique de patients atteints de schizophrénie, des études de recherche visuelle ont été réalisées. En situation clinique, les patients atteints de schizophrénie éprouvent beaucoup de difficultés à rester attentifs à une tâche comme suivre une discussion ou regarder la télévision, particulièrement s'il existe une distraction (Place & Gilmore, 1980). En laboratoire, il a été montré que les patients atteints de schizophrénie éprouvaient des difficultés à se focaliser sur l'information pertinente et à ignorer l'information non pertinente (Chapman & Chapman, 1973).

Ainsi, il est montré à partir de tâches de recherche de cibles visuelles que les patients ont les mêmes résultats que les sujets contrôles à condition que la cible apparaisse seule. Les patients sont significativement moins rapides et efficaces dès l'apparition d'un distracteur (Elahipanah et al. 2010; Fuller et al., 2006; McGhie, 1970; Neale, 1971).

Par ailleurs, Cash et collaborateurs ont montré que les déficits de performances sur des tâches de détection ne pouvaient être expliqués uniquement par un temps de traitement de l'information plus lent que pour les sujets contrôles (Cash et al., 1972). Pour ces auteurs, il paraît évident que les patients utilisent une stratégie inefficace de traitement de l'information,

utilisant toutes les caractéristiques des éléments du stimulus au lieu de ne traiter que des informations cruciales pour déterminer la présence et l'identité d'une cible.

Plusieurs arguments confirment ces stratégies inefficaces de traitement de l'information. Un déficit d'unification des informations visuelles avait déjà été décrit par Place et Gilmore, en 1980, puis confirmé par des observations de Frith mettant en évidence que les patients considéraient chaque détail individuellement sans prendre en compte l'ensemble de l'image (Frith, 1992; Place & Gilmore, 1980). De plus, une étude montre que même si les patients restent moins performants, la différence entre les temps de réponse des groupes patients et des groupes contrôles diminuent lorsque les distracteurs deviennent particulièrement saillants sur le plan physique. Dans cette expérience, la cible était un **X** au milieu de **X** et **O** (Elahipanah et al., 2008). Ces résultats confirment donc les difficultés à sélectionner l'information pertinente chez les patients atteints de schizophrénie et que cette perturbation ne peut être expliquée par un défaut d'intérêt vers l'information physiquement saillante.

*d. L'apparition soudaine d'une d'information :*

Dans une étude de 2008, Mulckhuyse et collaborateurs prennent un exemple de ce que pourrait être la capture provoquée par l'apparition d'une information soudaine. Imaginez-vous au bord d'un lac, vous promenant à la recherche d'une espèce précise de fleurs rouges, vos yeux fixeront les différentes fleurs rouges, ignorant les autres couleurs. En revanche si un poisson saute hors de l'eau, votre regard sera immédiatement attiré vers lui, même si cela n'a aucun rapport avec votre objectif initial (Mulckhuyse et al., 2008). Plusieurs études, réalisées chez des sujets sains, montrent que la présence d'informations non pertinentes comme un distracteur ralentit les réponses dans les tâches de recherche visuelle (Theeuwes, 1992, 1994).

Par ailleurs, des études avec ou sans enregistrement des mouvements oculaires montrent que cet effet se rencontre préférentiellement si le distracteur possède des caractéristiques communes avec la cible (Folk et al., 1992; Ludwig & Gilchrist, 2003).

Parallèlement à ces travaux chez les sujets sains et en lien avec les difficultés à se focaliser sur l'information pertinente, plusieurs travaux ont montré, chez des patients atteints de schizophrénie, un trouble perceptuel consistant à être capturé par l'apparition d'une information qu'elle soit pertinente ou non. Ces travaux utilisent différents paradigmes expérimentaux dont le masquage visuel, la capture attentionnelle ou encore la détection asynchrone.

Le masquage visuel correspond soit en la présentation d'une cible visuelle suivie d'un masque (backward masking), soit en la présentation d'une cible visuelle précédée d'un masque (forward masking). En fonction des protocoles expérimentaux, le temps de présentation entre la cible et le masque peut être modulé. Plus le pourcentage de réponses correctes lors de tâches d'identification ou de détection sera bas, plus l'impact du masquage sera important. Une revue de la littérature (Green et al., 2011) concernant des tâches de « backward masking » conclue que les sujets atteints de schizophrénie sont moins performants que les sujets contrôles. Il est important de noter que cette méta-analyse affirme que ce déficit est indépendant de la prise ou non de traitement antipsychotique et de l'intensité des symptômes psychotiques. Ainsi, les patients atteints de schizophrénie seraient plus perturbés que les sujets contrôles par l'apparition d'un masque ou d'un distracteur. Ils rencontreraient donc des difficultés à ignorer l'apparition d'une information nouvelle altérant leurs réponses à une tâche donnée.



Un phénomène de capture attentionnelle se produit lorsqu'un stimulus saillant et non pertinent affecte les performances d'une tâche. Ducato et collaborateurs ont présenté une tâche qui consistait à localiser une cible présente soit au-dessus, soit en dessous d'une croix, en présence de distracteurs en position latérale (Figure 5) (Ducato et al., 2008). Les patients souffrant de schizophrénie ont montré, contrairement au groupe contrôle, que leur temps de réponse ne diminuait pas lorsque la cible apparaissait toujours du même côté de la croix, prouvant ainsi la difficulté des patients à ignorer des informations inutiles comme l'apparition d'un stimulus distracteur.

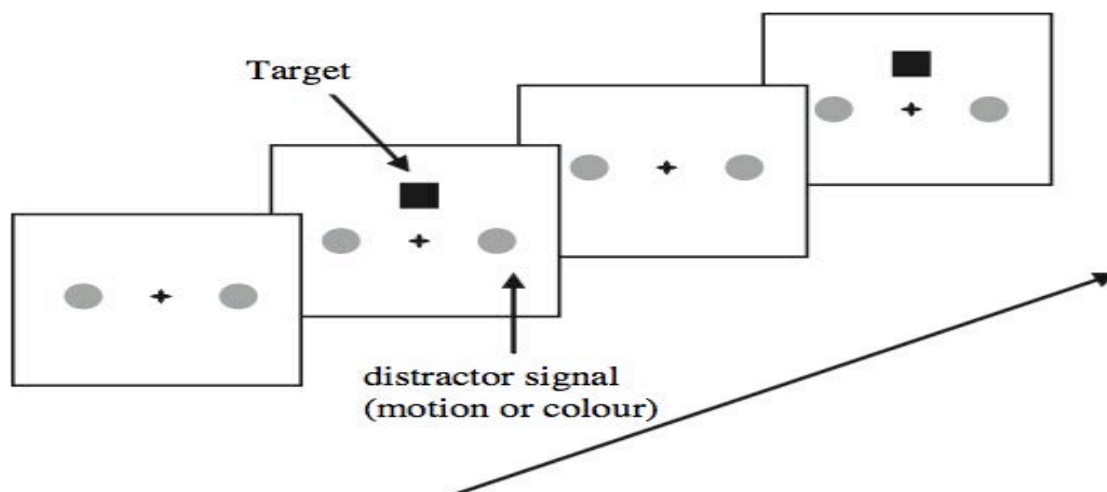


Figure 5 : Tâche de localisation de cible en présence de distracteurs (Ducato & al., 2008)

Enfin, Lalanne et collaborateurs (Lalanne et al., 2012) ont émis l'hypothèse d'un déficit de perception de la continuité du temps dans la schizophrénie. Leur étude s'intéressant à l'effet Simon (qui se réfère au fait que les réponses soient biaisées lorsqu'elles surviennent du côté du stimulus cible) montre que les patients atteints de schizophrénie sont particulièrement réactifs aux informations fournies par une apparition soudaine, tandis que les sujets contrôles anticipent des informations ultérieures.

Il est important de préciser que ces études utilisent des stimuli abstraits, qui peuvent interférer avec les conditions naturelles d'exploration. Trouver un paradigme reproductible permettant de tester la sensibilité aux distracteurs dans un environnement écologique semblerait utile afin de préciser les mécanismes impliqués.

## **2. L'EXPLORATION VISUELLE**

La vision est caractérisée par l'entrée de lumière traversant la pupille qui contrôle alors la quantité de lumière se projetant sur la fovéa située au centre de la rétine. Se produit alors, une succession d'influx nerveux se propageant le long du nerf optique pour rejoindre le système visuel cérébral (Yarbus, 1967). Pour considérer l'ensemble d'une scène, il est nécessaire d'effectuer des mouvements des yeux, ainsi lors de rotations verticales et horizontales de l'œil, plusieurs éléments peuvent être visuellement analysés définissant l'exploration visuelle.

La mesure de l'exploration visuelle est une technique expérimentale explorant la prise d'informations visuelles, mais aussi le contrôle et l'intégration de ces informations. Les études utilisent comme outil expérimental un oculomètre permettant d'enregistrer les mouvements oculaires.

### **2.1 Que voit-on ?**

La physiologie et l'anatomie du système visuel est bien documentée à ce jour, mais son étude remonte à plusieurs siècles et nous apporte de nombreuses informations très surprenantes. Notre représentation du monde semblerait bien loin de la réalité.

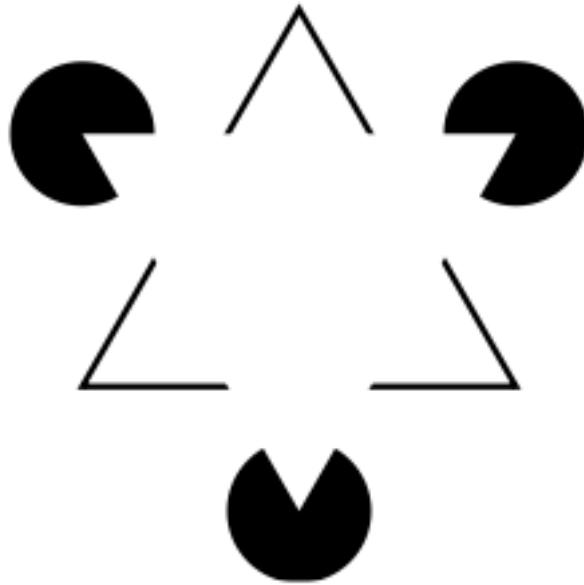
En 1606, Kepler travaillant notamment sur le mouvement des astres affirme que les erreurs de variabilité lors de ces observations proviennent de l'œil et plus particulièrement de son anatomie. Il précise que l'œil est une sphère molle et qu'au fond de celui-ci se forme, comme sur un écran (la rétine), une image bidimensionnelle. Ces remarques déplacent donc la reconstruction de l'image du cristallin à la rétine, qui enverrait alors les informations au cerveau. Cependant, Kepler puis Descartes insisteront sur un fait important du système

visuel : l'image au fond de l'œil est à l'envers. Ils précisent alors que le rôle du cerveau sera de remettre cette image à l'endroit.

Erismann en 1947 et Kohler en 1951 proposent une expérience de vision inversée continue, par l'utilisation de lunettes pendant deux semaines. Ces résultats montrent des capacités d'adaptation rapides, puisqu'en une semaine, ils peuvent s'orienter et en deux semaines faire du vélo. Le récit de leur expérience en condition réelle est surprenante : lors de la visite d'une exposition de peinture, ils rapportent voir à l'endroit des tableaux présentés à l'envers mais également voir à l'endroit les tableaux présentés à l'endroit. Il semblerait donc que le monde ne se rétablisse pas de façon unitaire.

Une autre preuve concernant l'impossibilité d'avoir une représentation exacte du monde qui nous entoure provient de l'anatomie de l'œil et plus particulièrement de la notion de tâche aveugle. Il s'agit de la partie de la rétine où s'insère le nerf optique, zone dépourvue de photorécepteurs. Il existe donc une zone de notre champ visuel qui devrait être amputée. Nous n'avons cependant pas notion d'informations manquantes en raison d'un phénomène de remplissage de cette tâche aveugle par notre cerveau.

En condition expérimentale, ce phénomène de reconstruction nommé « filling-in effects » a été notamment démontré à partir d'illusions mettant en évidence une reconstruction des contours par notre cerveau. Il s'agit par exemple des motifs de Kanisza, illusion d'optique publiée en 1955 : un triangle blanc semble se découper au-dessus des cercles noirs et des pointes d'un autre triangle situé entre les cercles (Figure 6). Ces exemples de mécanismes de compensation mettent en évidence que notre œil est un instrument de mesure imparfait.



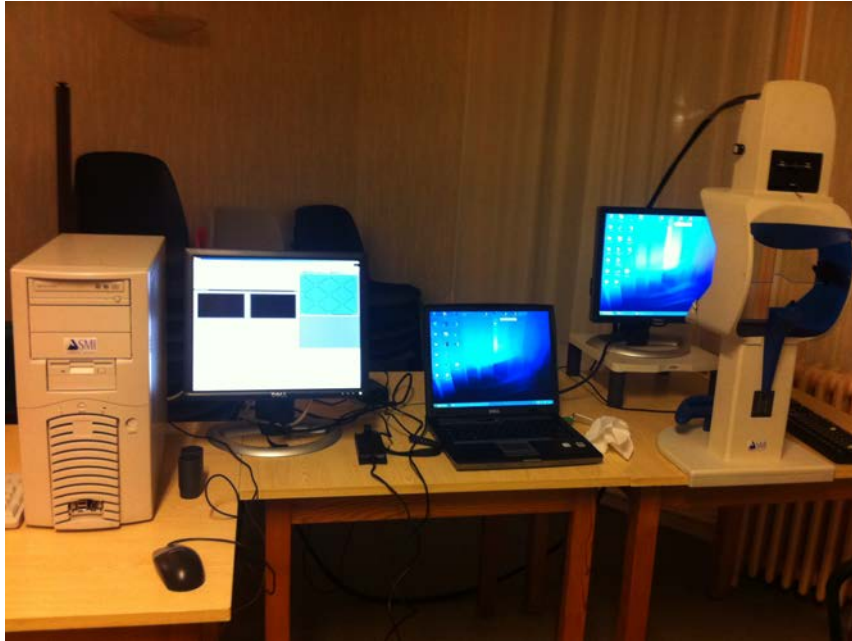
*Figure 6 : Motifs de Kanisza*

Ainsi l'idée que notre représentation du monde est en accord parfait avec la réalité est fausse. Si notre cerveau reconstruit et si nos représentations ne sont qu'une illusion de monde réel, il semblerait donc que certaines informations puissent être choisies et d'autres ignorées par notre système visuel. Cette dernière remarque est en lien avec le système de contrôle attentionnel et la notion de SAS décrit par Norman et Shallice (Norman & Shallice, 1986).

Afin de déterminer les stratégies d'exploration d'une scène et d'explorer quelles pourraient être les informations choisies par l'œil, le choix de l'enregistrement de mouvement oculaire par un oculomètre semblerait pertinent.

## 2.2 Que mesure l'oculomètre ?

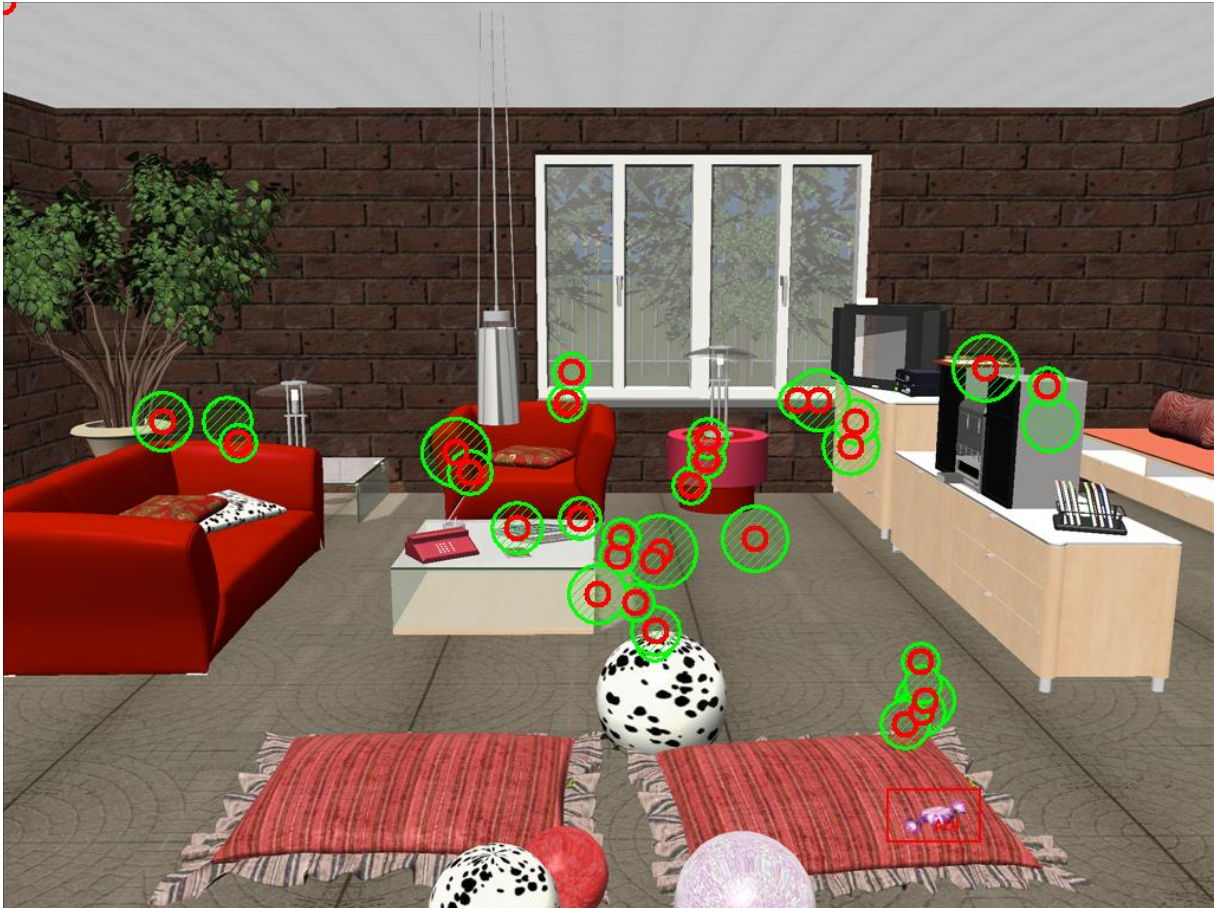
L'enregistrement des mouvements oculaires offre la possibilité de mesurer plusieurs paramètres dont : les parcours oculaires (scanpath), les saccades oculaires, le nombre et le temps de fixations.



*Exemple d'expérience utilisant un oculomètre*

- Les saccades oculaires : il s'agit de brefs et rapides mouvements des yeux se trouvant entre deux fixations et ayant pour but de placer l'objet au centre de la fovéa. Elles permettent ainsi d'explorer l'environnement en étant initiées volontairement.
- Les fixations : contrairement aux saccades, il ne s'agit pas d'un mouvement des yeux mais d'une position fixe permettant à l'objet d'être focalisé sur la fovéa. Il permet ainsi à l'objet d'être analysé (Figure 7).

- Les parcours oculaires : ils comprennent l'enchaînement de fixations et saccades ayant pour finalité l'exploration de l'environnement (Noton & Stark, 1971). Ils intègrent une composante spatiale et temporelle. Le déroulement de l'exploration est alors disponible en prenant en compte la localisation et la succession des fixations.



*Figure 7 : Exemple de fixations enregistrées par un oculomètre*

### **2.3 Exploration visuelle et enregistrement des mouvements oculaires :**

A partir de l'enregistrement des saccades et des fixations, plusieurs mesures concernant les stratégies d'exploration peuvent être calculées.

- le nombre et la durée des fixations : lors de l'exploration d'une scène, le nombre et la durée des fixations peuvent être calculés. Le nombre de fixations apporte des précisions sur les capacités d'exploration, alors que la durée des fixations précise notamment les capacités à désengager son attention d'un objet pour explorer un autre endroit de la scène.
- la notion de régions d'intérêt (ROI = region of interest) : il s'agit de régions particulièrement explorées en raison du caractère saillant ou pertinent qu'elle représente au sein de la scène globale. Mais elle peut également correspondre à une zone de la scène d'exploration préalablement définie en raison de son importance par rapport à la tâche (ex : zone de changement). Ces données permettent de définir si des fixations ont eu lieu au sein de la ROI, d'en obtenir le nombre et leur durée.
- Le temps d'exploration : à partir de l'addition de la durée des saccades et des fixations, il est possible d'établir un temps total d'exploration de la scène. Ce temps peut être également calculé afin de connaître le temps d'exploration total en ROI.
- Le délai de première entrée en ROI : ce délai correspond au temps passé entre le début de la présentation d'un stimuli et la première fixation en ROI. Il permet d'analyser les stratégies d'exploration des sujets. Par exemple, dans le cas de tâches de détection de changement, ce délai correspond au temps entre le début de présentation du stimulus et la première entrée en zone de changement.



## 2.4 Comment se définit une stratégie d'exploration ?

L'exploration visuelle ne peut être résumée à l'entrée d'informations visuelles se projetant sur la rétine. De plus, comme nous l'avons vu précédemment, notre monde contient trop d'informations pour toutes les percevoir. Il existe donc différents facteurs agissant sur nos stratégies d'exploration particulièrement en lien avec le phénomène d'allocation de l'attention. Ainsi l'orientation de l'attention est sous-tendue par des facteurs intrinsèques et extrinsèques lors de l'exploration d'une scène visuelle faisant le parallèle avec la notion de saillance décrite précédemment.

Les facteurs intrinsèques sont ainsi regroupés sous le terme de processus « top-down ». Ils sont dépendants des caractéristiques propres du sujet en fonction de ses croyances, de ses intérêts et parfois de ces altérations cognitives. Il s'agit donc d'un mécanisme descendant permettant d'adapter l'exploration visuelle en fonction d'un but.

Parallèlement, il existe des facteurs extrinsèques au sujet, dépendant notamment des caractéristiques physiques et visuelles des objets. Ce processus dit « bottom-up » aura pour conséquence une mobilisation de l'attention et donc une action sur l'exploration visuelle en fonction de la saillance visuelle des objets.

Il semble donc que, parmi le flux important d'informations arrivant à nous, seule une faible partie puisse être traitée par nos yeux (Rensink et al., 1997). Le choix de ces informations serait donc sous-tendu par l'interaction de phénomènes bottom-up et top-down afin de sélectionner l'information la plus pertinente au dépend d'autres informations.

Prenons comme exemple une tâche de recherche visuelle (Folk et al., 1992). Lors de cette expérience, il est demandé aux participants de repérer soit une cible colorée soit l'apparition soudaine d'une cible. Ces cibles sont précédées de signaux d'indication qui pourront être au

même endroit ou dans un endroit différent que celui de la cible. Ces indices seront soit un indice coloré soit l'apparition soudaine d'un indice. Les résultats montrent que les participants sont plus rapides lorsque l'indice est du même côté que la cible. Cependant ces résultats se rapportant à un effet bottom-up seraient modulés par un effet top-down. Ainsi, cette étude montre que l'effet de facilitation n'est retrouvé que si l'indice « couleur » survient avant la recherche de la cible couleur alors qu'il n'est pas retrouvé si l'indice « couleur » survient avant la recherche de l'apparition soudaine de la cible.

Dans ce sens, des études s'intéressant à l'enregistrement de l'activité cérébrale mettent en évidence une augmentation de l'activité de population de cellules lors de stimuli attendus (attended stimuli) et une diminution de l'activité lors de stimuli non attendus (non attended). Ainsi l'intégration d'une entrée visuelle dans une carte de saillance commune ne se fait pas en prenant en compte uniquement ses caractères physiques mais en se basant principalement sur sa pertinence (Fries et al., 2001; Niebur et al., 2002).

Il semblerait cependant que les stimuli de forte saillance physique (nommés pop-out) puissent être traités sans intervention de l'attention, à l'inverse des stimuli de saillance physique moins importante qui nécessitent une intervention des phénomènes attentionnels pour être suffisamment pris en compte. C'est notamment le cas pour les scènes complexes comme les scènes de la vie quotidienne. Pour améliorer ces performances de traitement attentionnel, des résultats montrent que les mouvements oculaires dirigés vers un objet de l'environnement seraient étroitement couplés avec des gains attentionnels (Treue & Martinez-Trujillo, 2003).

Dans cette revue de la littérature, se pose la question de la localisation des modulations attentionnelles de l'information visuelle. Ainsi d'après plusieurs études en imagerie et en

électrophysiologie, cette modulation s'effectuerait au niveau du cortex visuel primaire, dans l'aire V1 (Figure 8).

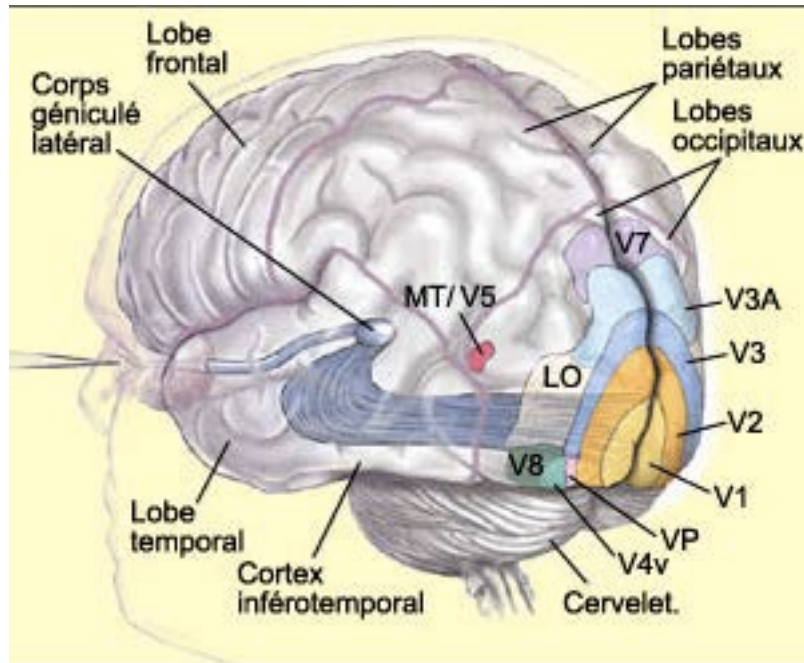


Figure 8 : Localisation de l'aire V1 au niveau de cortex visuel primaire

Par ailleurs, une étude récente en imagerie fonctionnelle montre une influence top-down au niveau du noyau géniculé du thalamus à partir d'enregistrements de l'augmentation d'une activité de base. Il semblerait donc qu'il y ait un traitement hiérarchique de l'influence sur l'attention à partir du cortex visuel primaire vers les régions préfrontale et pariétale. Dans ce sens, des lésions du cortex pariétal impacteraient les possibilités de filtrer l'information non pertinente (Friedman-Hill et al., 2003).

Ainsi, notre regard serait attiré vers une certaine localisation en fonction d'une carte de saillance créée par des informations sensorielles et des modulations attentionnelles (Treue, 2003). L'auteur précise que le choix des objets pertinents peut ne pas être systématiquement approprié, mais ce choix représente une stratégie efficace de sélection de l'information en

raison des ressources limitées de l'attention comme le suggère le modèle de Norman et Shallice.

Rensink et collaborateurs précisent le rôle de l'attention pour percevoir un objet ou un changement dans une scène (Rensink et al., 1997). En effet, en condition naturelle, l'exemple de la conduite automobile est la preuve que nous pouvons rater des informations essentielles (tel qu'un panneau signalant un radar) lorsque notre esprit divague. En condition expérimentale une tâche nommée cécité au changement (détaillée ultérieurement) permet de tester cet effet de l'attention. Ce paradigme permet notamment de faire un lien entre les théories d'extraction d'items lors de l'exploration d'une scène, la mobilisation de l'attention et les notions de saillance.

## **2.5 Enregistrement de mouvements oculaires lors de tâches comportementales ?**

Dans ce paragraphe, nous allons tenter de montrer l'intérêt de coupler l'enregistrement de mouvements oculaires à l'enregistrement de réponses motrices lors de tâches comportementales.

La plupart des tâches comportementales réalisées chez des patients retrouvent de moins bonnes performances que chez les sujets contrôles, comme notamment lors de l'enregistrement de temps de réponse. Ceci peut s'expliquer par le choix de protocoles expérimentaux mettant en jeu des processus cognitifs complexes et étendus. Comme nous l'avons vu précédemment, les troubles cognitifs chez les patients atteints de schizophrénie sont multiples et touchent la quasi totalité des fonctions cognitives. Il paraît donc difficile d'isoler un déficit ou d'en préciser son niveau d'atteinte. Lors de tâches comportementales, l'enregistrement de données implicites pourrait nuancer les interprétations des résultats. Dans

l'exemple de tâches de recherche visuelle, même si les patients repèrent plus rapidement l'objet en fonction de la consigne, ils seront plus lents à le rapporter en raison de l'altération de fonctions comme la prise de décision, l'exécution de la consigne (presser la barre espace) ou encore la vitesse motrice. L'enregistrement d'une réponse implicite telle que les mouvements oculaires et en particulier les fixations peut ainsi apporter des précisions sur le niveau d'atteinte cognitive.

En effet, la plupart des études sont basées sur des tests extrêmement standardisés, ce qui les rend comparables. Mais il faut reconnaître que ces tests standardisés s'intéressent à des fonctions cognitives de haut niveau d'intégration. Cependant, il est désormais bien établi que, parmi les troubles cognitifs décrits dans la schizophrénie, il existe une altération de processus cognitifs de niveau d'intégration moins complexe. Parmi ces troubles cognitifs, on retrouve la perception visuelle (Butler et al., 2008), l'exploration visuelle de l'environnement ou encore la sélection des informations pertinentes.

L'oculomètre est un instrument de mesure permettant d'explorer ces processus cognitifs de bas niveau lors de tâche de recherche visuelle ou d'exploration visuelle.

## **2.6 Anomalies de l'exploration visuelle dans la schizophrénie ?**

D'après le DSM-IV-TR, les anomalies de la perception et de la représentation de la réalité appartiennent au champ de la schizophrénie et entraînent des conséquences sur l'exploration visuelle (American Psychiatric Association, 2000). Ainsi, une méta-analyse rapporte les résultats concernant l'exploration visuelle, les mouvements oculaires ou encore les résultats d'oculométrie dans des pathologies diverses dont les troubles psychotiques et plus particulièrement la schizophrénie (Toh et al., 2011).

Les études concernant l'exploration visuelle dans la schizophrénie ont donc permis de confirmer certaines hypothèses : les fixations seraient moins nombreuses et plus longues pour les patients que pour les sujets contrôles alors que le parcours d'exploration serait plus court. Cependant, Toh et al., dans leur méta-analyse relèvent plusieurs limites méthodologiques (Toh et al., 2011). Ils critiquent notamment les variations de qualité des stimuli, les différences de statut des groupes contrôles et la différence de médication entre les sujets.

Une étude réalisée par Loughland et al. en 2002, comparant l'exploration de visage, montre des différences entre des sujets contrôles et des patients atteints de schizophrénie : s'il a été démontré que pour les visages, il existe chez les sujets sains un pattern d'exploration, concernant les yeux, le nez et la bouche (Phillips & David, 1997), on ne retrouve pas ce pattern d'exploration chez les patients. Les résultats des patients montrent des durées de fixation plus longues, dont le nombre est diminué dans les zones pertinentes (yeux, nez, bouche) et augmenté dans les zones non pertinentes (Loughland et al., 2002).

Une autre étude, réalisée par Bestelmeyer et al. en 2006, s'intéressant à l'exploration de notre environnement retrouve un pattern d'exploration réduit pour les patients atteints de schizophrénie par rapport aux sujets contrôles (Bestelmeyer et al., 2006). La consigne était alors d'observer le paysage et les résultats montraient une diminution du nombre de fixations, des temps de fixation plus longs, et une diminution des distances entre les fixations.

Ces déficits d'exploration ont été également reproduits lors de tâches d'observation sur des stimuli abstraits (tache de Rorschach) (Hori et al., 2002; Minassian et al., 2005).

Afin d'augmenter la validité des résultats, des études se sont intéressées à l'enregistrement de mouvements oculaires dans des conditions de scènes sociales. Une étude a enregistré les mouvements oculaires de patients lors de la présentation de personnages avec et sans contexte

social. Contrairement aux sujets contrôles, les patients n'ont pas diminué le temps de fixation lors des stimuli avec contexte social, ne leur permettant pas d'analyser rapidement l'information contextuelle sociale. Cette réduction de l'attention portée à l'information contextuelle rendait l'évaluation de l'état mental des « personnages stimuli » moins précise. Ainsi dans des conditions réelles, il peut être difficile pour les patients atteints de schizophrénie de déduire des états mentaux et émotionnels en raison d'une prise en compte inefficace du contexte (Green et al., 2008).

L'ensemble des résultats des études concernant l'exploration des visages et de stimuli visuels dans des scènes sociales - qui montrent des fixations dans des zones moins pertinentes au dépend de prises d'informations pertinentes - peut contribuer à un défaut d'interprétation des interactions sociales quotidiennes.

A partir des données concernant le déficit d'exploration visuelle dans la schizophrénie, se pose fréquemment la question de son appartenance à un marqueur « trait » ou « état ». Pour répondre à cela, des études se sont intéressées à l'enregistrement des mouvements oculaires lors de différents stades de la maladie : aigus, chroniques et en rémission. Certaines études sont en faveur d'un déficit transitoire, ayant tendance à se normaliser lors de l'amélioration des symptômes (Gaebel et al., 1987; Phillips & David, 1997, 1998). A l'inverse, des études ont montré que les déficits sont à la fois persistants et indépendants des modifications cliniques ou des effets des traitements (Obayashi et al., 2001; Streit et al., 1997). A travers plusieurs tâches d'oculomotricité, une étude plus récente montre qu'en fonction de l'état clinique, on constaterait une stabilité des paramètres concernant les saccades alors que les fixations seraient plus dépendantes de l'état clinique (Kallimani et al., 2009). Enfin, des études ont suggéré que les dysfonctions des mouvements oculaires pourraient servir

d'endophénotype pour la schizophrénie (Takahashi et al., 2008). Au final, l'hypothèse d'un marqueur trait en ce qui concerne les troubles de l'exploration visuelle semblerait la plus probable.

Plusieurs études ont également proposé comme objectif de relier les troubles de l'exploration visuelle aux symptômes de la schizophrénie. Même si plusieurs études retrouvent des corrélations entre des modifications de l'exploration visuelle et des symptômes de la sphère négative (Kojima et al., 1990; Minassian et al., 2005), les interprétations restent aléatoires et nécessiteraient des analyses plus robustes.

Il semble donc opportun de proposer l'enregistrement de mouvements oculaires comme recueil de données concernant l'exploration visuelle. Pour réaliser cela en conditions expérimentales, nous avons fait le choix d'un paradigme nommé cécité au changement.



### 3. LA CECITE AU CHANGEMENT

#### 3.1. Définition du paradigme de cécité au changement :

Le phénomène de cécité au changement est apparu dans la littérature dans les années 1950, mais son intérêt est devenu majeur dans les années 1990. À partir de 1990, les manipulations étudiant le paradigme de cécité au changement se multiplient, utilisant des stimuli plus ou moins réalistes ainsi que des mesures variées comme le temps de réponse à partir de changements répétés ou l'enregistrement de mouvements oculaires.

Le phénomène de cécité au changement se définit donc comme la surprenante difficulté à percevoir un changement lors d'une interruption visuelle. Le changement peut prendre différents aspects : une addition, une suppression, un déplacement, une rotation, un changement de couleur (Figure 9). On retrouve cette difficulté lors d'interruption visuelle, pouvant être : un intervalle interstimuli, une saccade oculaire, un clignement de paupières, un distracteur, un changement de caméra ou même un changement graduel (pour une revue, (Boloix, 2007).



*Figure 9 : Exemple de cécité au changement sur un détail de la scène (adapté de (Kelley et al., 2003)*

De plus, les différentes expériences de cécité au changement ont permis de tester ce phénomène en environnement naturel. Prenons l'exemple d'une expérience réalisée par

Simons et Levin qui montre que 50% des personnes interrogées ne remarquent pas le remplacement d'un personnage pendant une discussion au milieu d'un parc, survenant subrepticement, lors d'une interruption visuelle (Simons & Levin, 1998).

Certaines notions, au sujet de la cécité au changement, font consensus dans la littérature : elles se réfèrent au fait que la perception visuelle d'un changement survient seulement si l'objet a été focalisé par l'attention ; cette condition est nécessaire mais peut ne pas être suffisante (Simons & Ambinder, 2005).

### **3.2. Théories explicatives :**

Il existe différentes théories découlant des expériences de cécité au changement. Nous commencerons par présenter des arguments en faveur de l'absence de représentations internes puis à l'opposé de cette première théorie, nous exposerons des arguments en faveur d'une perturbation de la distinction des changements malgré des représentations détaillées de ce que nous voyons. Enfin, nous détaillerons la théorie la plus admise, sur laquelle nous nous appuyerons dans nos études, qui affirme que le phénomène de cécité au changement s'explique par des représentations internes éparses et volatiles allant en faveur d'une perception moins détaillée (que ce que nous croyons) du monde.

#### **- L'absence de représentation visuelle interne :**

Pour introduire cette théorie, reprenons les hypothèses de Dennett, se basant sur les connaissances de la vision et notamment sur les zones de non-traitement de l'information. Il suppose que nous avons l'impression de voir une reconstruction détaillée du monde de la part de notre cerveau, alors que celui-ci agit par anticipation du résultat en comblant les trous laissés par notre système visuel. Les expériences confirment ces données : les sujets semblent

en effet extrêmement surpris par les effets de la cécité au changement, pensant avoir une représentation détaillée et exacte de la scène.

À partir d'expériences de cécité au changement utilisant comme interruption visuelle des saccades oculaires, Noé critique la thèse de Dennett en s'inscrivant dans un courant non-reconstructiviste (Noé et al., 2000). Noé affirme que les expériences de cécité au changement ne montrent pas qu'il s'agit d'un défaut de représentations au niveau du cerveau, qui sont nécessaires pour produire une perception consciente d'un monde détaillé. Il montre qu'elles sont la preuve d'une absence d'un certain nombre de représentations internes, celles-ci n'étant alors pas forcément nécessaires pour la vision. Il suppose que pour voir un détail de l'environnement, celui-ci ne doit pas forcément être préalablement représenté mentalement et ne dépend donc pas forcément d'un défaut du système visuel. Il ajoute que l'expérience de l'environnement se fait par la croyance de voir un environnement spatio-temporellement continu, l'erreur commise étant alors de croire que nous voyons tous les détails avec la même clairvoyance. Cette réflexion va à l'encontre même du phénomène de vision. Il conclut en disant qu'en regardant les détails d'une scène, il ne lui paraît pas en premier lieu que les détails soient représentés dans notre cerveau, mais bien là où ils se trouvent, c'est à dire dans l'environnement. Ainsi il apporte une explication au fait de la surprise provoquée par les expériences de cécité au changement, qui n'est en fait que la conséquence difficilement acceptable que nous ne sommes pas capables de remarquer tout ce qui prend place devant nos yeux.

Dans ce sens, O'Regan insiste plus intensément sur l'absence de représentation interne en se posant la question de l'utilité de celle-ci (O'Regan & Noë, 2001). Il parle alors de l'illusion de croire que notre monde est riche. Pour cela, il s'inspire des expériences de cécité au changement selon un paradigme de mudsplasch. Le paradigme « mudsplasch » consiste à présenter rapidement, et en alternance, des versions pré et post changement d'une scène

visuelle, sans qu'il y ait d'interruption visuelle de la scène : dans ce paradigme, l'attraction exogène de l'attention par le changement est court-circuitée par l'apparition concomitante de plusieurs tâches qui recouvrent très brièvement certaines parties de l'image, sans jamais masquer le changement. Il précise ainsi que l'apparition d'un changement dans une scène attire notre attention à l'endroit de ce changement, permettant un traitement visuel de l'information et donnant l'impression d'une vision détaillée du monde. Il ajoute alors que malgré les limites de notre système visuel, nous gardons une expérience détaillée du monde en nous laissant la possibilité de l'interroger à tout instant. Il affirme que la conscience visuelle ne renvoie pas à une forme particulière d'état cérébral, et il suggère que regarder, c'est « exercer une maîtrise des contingences sensori-motrices gouvernant l'exploration visuelle ». Il rend ainsi compte des phénomènes de cécité au changement par l'absence de nécessité de représentations détaillées du monde, étant donné l'accès direct à celui-ci dirigé par une approche sensori-motrice.

Ce modèle théorique soulignant l'inutilité et par conséquent l'absence de représentation interne s'appuie principalement sur des concepts philosophiques. Il a largement été critiqué par des résultats scientifiques s'appuyant d'une part sur les connaissances de la vision et d'autre part sur des expériences validées.

- Des représentations robustes et détaillées d'une scène :

Prenant comme point de départ des expériences de cécité au changement, Landman et Lamme se posent la question suivante : « comment est représenté le monde extérieur en mémoire ? » (Landman, et al. 2003). Ils citent alors les travaux de Sperling sur la mémoire précisant que lorsque l'image disparaît, la représentation pré-attentive de l'image ne persiste que quelques

centaines de millisecondes et la focalisation de l'attention permet de ne transférer que quelques items vers la mémoire de travail. Ils utilisent ces conclusions sur les expériences de mémoire iconique pour évaluer la transition d'icônes vers la mémoire de travail lors d'un paradigme de cécité au changement. Le but de ce travail est de préciser le rôle des représentations internes, faisant l'objet de nombreuses hypothèses. Ils reprennent alors des résultats qui concluaient en des représentations pré-changement pauvres, volatiles et instables ; mais aussi d'autres hypothèses évoquant également la possibilité de représentations pré et post changement fiables, les limites des capacités pouvant alors provenir d'un déficit de comparaison. Les résultats de ces expériences concluent en une large capacité de représentation détaillée d'un stimulus pendant une durée de 1500 msec, avant de disparaître. La représentation détaillée peut néanmoins être transférée vers une mémoire de travail plus stable grâce à l'intervention de l'attention, ceci a été montré par l'utilisation d'indiciage en pré-changement. Leurs résultats montrent également que l'indiciage post-changement est inutile allant à l'encontre d'un déficit de comparaison expliquant le phénomène de cécité au changement. Ils ajoutent cependant que leurs études ne comportaient pas de stimuli écologiques, pouvant jouer un rôle dans les hauts niveaux de représentation et posant certaines limites à leurs résultats. Dans cet article, les résultats de Landman et Lamme coïncident avec l'hypothèse de Baddeley sur la « working memory », dans le sens où il existe des représentations détaillées entrant dans un premier type de mémoire à court terme et que seulement quelques unes d'entre elles ont accès à un deuxième niveau résistant aux interférences.

Hollingworth soutient, quant à lui, la thèse d'une représentation robuste et détaillée en mémoire visuelle, pour cela il utilise lors d'expériences de cécité au changement concernant des scènes écologiques, un enregistrement des mouvements oculaires (Hollingworth, 2003). Les résultats montrent que « les représentations visuelles sont préservées, même après retrait

des phénomènes attentionnels, et accumulées pour former une représentation relativement détaillée de la scène ». Il reste cependant une interrogation à éclaircir : comment expliquer la persistance de phénomène de cécité au changement alors que nous possédons des représentations précises et robustes ? Pour répondre à cela, Hollingworth propose deux points de vue : le premier argument largement accepté consiste à dire que l'objet n'a pas été focalisé par l'attention avant que le changement ne survienne, empêchant sa distinction. Le second vient en réponse aux arguments de Landman et Lamme. Il suppose que si l'information est correctement encodée, de manière détaillée, il se peut que l'absence de détection au changement soit la conséquence d'un déficit de rappel et de comparaison avant et après changement. Pour appuyer ce point de vue, il montre qu'en l'absence de détection du changement explicite, les temps de fixations oculaires mesurés étaient significativement supérieurs sur les objets changés par rapport aux objets sans changement (Hollingworth et al., 2001). Ceci suppose que le phénomène de cécité au changement peut survenir malgré le maintien d'une représentation visuelle de l'objet changé. Il montre enfin que dans des conditions de scènes naturelles, la cécité au changement provient d'un déficit de comparaison qui peut être corrigé par l'utilisation d'un indiçage post-changement. En effet, l'amélioration des performances lors d'expériences avec indiçage versus sans indiçage post-changement est pertinente. Elle permet de soutenir l'argument d'une accumulation d'erreurs dans le processus de décision en situation sans indiçage qui nous permet ainsi de faire le lien avec les déficits des processus de rappel et de comparaison retrouvés dans les phénomènes de cécité au changement.

Cette théorie s'appuie donc sur un défaut de comparaison avant et après changement de représentations robustes et détaillées. Il persiste cependant des doutes méthodologiques quant aux tests effectués pour parvenir à ces résultats.

- Des représentations visuelles éparses et volatiles :

Rensink soutient, se basant sur les résultats d'expériences de cécité au changement, l'idée que l'absence de représentations détaillées et d'accumulation de détails n'est pas un phénomène aberrant mais plutôt la façon dont nous nous représentons le monde (Rensink, 2000a). Son but est alors de répondre à la question : comment se fait-il que malgré nos capacités limitées, nous pouvons voir certains changements et pas d'autres ? Pour cela, il répond à Noé et O'Regan, affirmant que même si les expériences de cécité au changement impliquaient un jeu d'alternance entre la présence et l'absence de représentations détaillées, il est évident que les représentations sont indispensables à la détection du changement (Simons & Rensink, 2005). Il conclut donc en disant que l'absence de représentation ne peut être expliquée par les expériences de cécité au changement mais que la question se situe ailleurs : pourquoi les représentations mènent-elles parfois à la conscience du changement et parfois non ?

Pour répondre à cette question, Rensink relate des résultats d'expériences de cécité au changement, notamment dans des paradigmes de flickers (alternance de deux scènes avant et après changement, séparées par un écran gris) montrant l'impact de l'attention en concluant que « la focalisation de l'attention est nécessaire pour voir un changement » (Rensink et al., 1997). A partir de cela, la notion de *théorie cohérente* de l'attention nous apporte une réponse à ces interrogations : à un premier niveau, des proto-objets volatiles mais complexes sont formés au niveau du champ visuel, ceux-ci sont rapidement remplacés par la survenue d'autres stimuli. À un second niveau, la focalisation de l'attention va agir comme une main métaphorique sur plusieurs proto-objets, permettant d'augmenter leur stabilité et leur degré de cohérence dans le temps et dans l'espace. Enfin, lorsque l'attention est relâchée, ces objets perdent leur cohérence et retournent à l'état de proto-objets. Ainsi, puisque pour détecter un changement, celui-ci doit être focalisé au moment du changement, et étant donné que

seulement un faible nombre d'items peut être focalisé au même moment, il soutient alors l'hypothèse d'une représentation instable et éparse.

Il précise par ailleurs que le choix des proto-objets par une structure supérieure nommée nexus est le résultat d'interactions bidirectionnelles entre ces deux niveaux de représentation. Cette hypothèse est soutenue par des expériences de cécité au changement montrant l'influence des caractéristiques de l'objet changé : à saillance visuelle égale, les objets d'intérêt central sont mieux détectés que les objets d'intérêt marginal (Rensink et al., 1997). Ils sont également mieux détectés en fonction des caractéristiques « expertes » des observateurs, ainsi certains changements sont détectés plus rapidement : par exemple, un changement survenant lors de présentation de scène de Football Américain à des sportifs professionnels en Football Américain (Rensink, 2002). Il conclut alors en affirmant qu'il existe des représentations volatiles et éparsees des détails, mais aussi que notre perception d'une scène dépend de représentations dynamiques permettant une représentation stable en fonction des besoins. Ces résultats ont été repris par Triesch dans un article nommé « What you see is what you need » (Triesch et al., 2003).

**Ces auteurs soutiennent ainsi l'hypothèse de l'existence d'une masse de représentations éparsees et volatiles d'une scène, dont seulement certaines vont être retenues et traitées à un niveau supérieur. Ce modèle semble le plus fiable en comparaison des modèles actuels de traitement de l'information (Bar, 2004). Nous avons décidé de retenir ce modèle théorique pour la suite de nos travaux.**



### **3.3. Facteurs expérimentaux modulant l'effet :**

Rappelons que le paradigme de cécité au changement est basé sur la surprenante difficulté à détecter un changement entre deux scènes lorsque ce dernier survient lors d'une interruption visuelle. La détection des changements peut néanmoins être modulée par différents facteurs. Ainsi certaines caractéristiques physiques des objets changés peuvent favoriser leur détection. Parmi ces caractéristiques, le rouge est connu comme une couleur attirant préférentiellement le regard par rapport aux autres couleurs. De même, la luminance ou la taille de l'objet changé peuvent influencer sa détection.

La congruence de l'objet est un autre facteur pouvant influencer la détection du changement. Des auteurs ont ainsi montré qu'un objet incongru placé dans une scène serait détecté plus rapidement qu'un objet dont la présence est cohérente à la scène. Il semblerait donc que les mécanismes attentionnels se mobilisent plus rapidement vers un objet n'ayant pas sa place au sein de la scène (Hollingworth & Henderson, 2000).

Au delà du facteur « incohérence » de certains objets, amplifiant leur détection, tous les objets présents dans une scène ne portent pas la même valeur sémantique. Certains objets apparaissent donc comme plus pertinents que d'autres à la compréhension de la scène. Par exemple, la présence d'une douche dans une scène sera plus diagnostique d'une salle de bain que la présence d'une poubelle. Des auteurs se sont intéressés à l'impact de l'intérêt de l'objet à la compréhension de la scène sur sa détection. Leur hypothèse était que les changements survenant sur des objets d'intérêt central à la compréhension de la scène seraient mieux détectés que les changements survenant sur des objets d'intérêt marginal à la compréhension de la scène. Cette hypothèse a été confirmée à partir d'une étude utilisant un paradigme de cécité au changement mettant en avant l'impact de la pertinence de l'objet ou saillance cognitive sur sa détection (Rensink et al., 1997; Rensink, 2000a).

Par ailleurs, il convient de penser que les objets d'intérêts centraux à la compréhension de la scène ont des caractéristiques physiques plus saillantes que les objets d'intérêts marginaux et donc de conclure que la facilitation de leur détection est expliquée par une saillance visuelle plus importante. Finalement, l'impact de la saillance cognitive a pu être démontré par une étude confirmant les résultats de Rensink et al. en équilibrant la luminance, la couleur et la taille des objets changés. (Kelley et al., 2003).

### **3.4. Intérêt du paradigme :**

Le paradigme de cécité au changement met donc en évidence la grande difficulté à détecter un changement lorsque celui-ci n'est pas focalisé par l'attention. Il s'agit donc d'une tâche de recherche active permettant de mesurer l'exploration visuelle d'une scène par un enregistrement des mouvements oculaires. De plus, ce paradigme permet de travailler sur des scènes concrètes de notre environnement quotidien.

Enfin, cette tâche permet de moduler la détection des objets changés en choisissant leur pertinence, la saillance visuelle et cognitive et leur nombre (force du signal). Elle permet ainsi une étude des choix et stratégies d'exploration visuelle.

## **4. PROBLEMATIQUE ET OBJECTIFS DE LA SECTION EXPERIMENTALE**

### **4.1. Mesure de l'impact des saillances cognitive et émotionnelle sur l'exploration visuelle dans des conditions proches des conditions écologiques :**

Dans la schizophrénie, le champ des troubles cognitifs peut dans un premier temps nous apparaître comme largement étendu et difficilement délimitable. Dans cette revue de la littérature, nous avons mis en évidence certaines particularités appartenant aux troubles cognitifs dans la schizophrénie telles que les difficultés à sélectionner une information pertinente ou encore les difficultés à ignorer l'apparition d'une information soudaine. Pour cela nous avons défini le concept de saillances cognitive et émotionnelle.

La plupart des travaux dans la schizophrénie sont réalisés avec des stimuli abstraits, très éloignés des conditions naturelles. Et même si ces travaux résultent généralement sur la mise en évidence de conséquences fonctionnelles pour les patients, ils sont difficilement transposables à la vie de tous les jours. Afin de contourner ce biais, nous avons décidé d'utiliser un paradigme expérimental nommé cécité au changement. Comme nous l'avons détaillé, ce paradigme a l'avantage de se rapprocher des conditions naturelles d'exploration visuelle en se basant sur les théories d'extraction d'uniquement quelques items d'une scène pour en recréer tout un environnement.

La première partie de nos expériences a été de rechercher si d'autres facteurs pouvaient influencer la détection d'un changement en étudiant ainsi l'impact de facteurs tels que l'amplitude du changement ou la saillance émotionnelle du changement. Nos objectifs étaient en effet de montrer si l'amplitude du changement favorise la détection et si les objets dits « émotionnels » sont mieux détectés que les objets dits « neutres ».

Les objectifs de notre deuxième et troisième section expérimentale étaient d'évaluer, grâce à une tâche de détection du changement, l'influence de l'apparition soudaine d'un changement non pertinent, leur choix d'exploration lors de la découverte d'une scène, et si ces choix étaient modifiés lors de la présence d'objets émotionnels.

#### **4.2. Montrer l'intérêt d'une mesure explicite et implicite des réponses :**

Comme nous l'avons vu précédemment, mettre en avant un déficit cognitif spécifique par rapport aux déficits cognitifs généralisés est un enjeu en ce qui concerne la schizophrénie. Cela permettrait en effet de préciser des cibles d'intervention thérapeutique situées par exemple au niveau de structures anatomiques ou de mécanismes de traitement de l'information.

Etant donnée l'étendue des troubles cognitifs décrits dans la schizophrénie, il semble difficile de proposer un paradigme expérimental unique permettant d'isoler un déficit spécifique.

Il semblerait donc intéressant de proposer soit un paradigme permettant de faire évoluer les conditions expérimentales, soit de proposer au sein d'un même paradigme expérimental, l'association de deux méthodes de mesures différentes.

De plus, il apparaît lors des différentes tâches expérimentales proposées aux patients atteints de schizophrénie que ces derniers obtiennent des résultats inférieurs aux sujets contrôles. Ces résultats ne permettent généralement pas de préciser l'origine du déficit et aboutissent à la conclusion d'un déficit cognitif généralisé.

Ainsi, dans l'exemple d'une tâche de recherche visuelle, un enregistrement explicite des réponses par un temps moteur pourrait être couplé à un enregistrement implicite par des données d'oculomotricité. Dans cet exemple, une discordance des performances permettrait de préciser l'origine du déficit cognitif et de se dégager d'une interprétation en faveur d'un

trouble cognitif généralisé. Par ailleurs, à partir d'un même paradigme tel que la cécité au changement, il est possible de proposer des conditions expérimentales différentes comme l'utilisation de stimuli neutres ou émotionnels.

# **SECTION EXPERIMENTALE**

**ETUDE 1 : IMPACT DE FACTEURS  
EXPERIMENTAUX MODULANT L'EFFET  
DE CECITE AU CHANGEMENT**

## **EXPERIENCE 1 : Influence de l'amplitude des changements sur la cécité au changement chez des sujets sains**

### **1. INTRODUCTION**

Nous nous sommes intéressés dans un premier temps aux facteurs expérimentaux influençant le paradigme de cécité au changement. Le paradigme de cécité au changement est défini par l'importante difficulté à détecter un changement lorsque celui-ci intervient lors d'une brève interruption, d'un mouvement d'œil, d'un distracteur ou d'un masque (pour une revue, voir Rensink, 2000b). Certaines études testant les modifications de perception visuelle en fonction de la tâche retrouvent des résultats significativement différents en fonction des consignes et du rôle du sujet témoin dans la réalisation de la tâche. Les conditions en conduite automobile, par exemple, donnent des différences de résultats concernant la perception de changement « sur la route, près de la route, loin de la route » en fonction de la position de l'observateur « conducteur ou passager ». Les passagers obtiennent des résultats identiques quelle que soit la position du changement, alors que les conducteurs détectent plus facilement les changements survenant sur la route que ceux en dehors de la route (Wallis & Bulthoff, 2000). Ainsi à partir de mesures de cécité au changement, il a pu être montré que les exigences et les consignes de la tâche conduisaient à des représentations visuelles différentes d'une même scène.

L'intérêt sémantique de l'objet changé joue également un rôle dans la cécité au changement. Ainsi, les protocoles présentant un objet incohérent à la scène montrent que la détection de changement d'objet se fait plus rapidement lorsqu'il s'agit d'un objet inadapté à la scène (par exemple, un pingouin dans une cuisine) que lors d'un changement d'un objet adapté (par exemple, une chaise). Ainsi l'information sémantique de l'objet permettrait de mobiliser



l'attention permettant à ce qu'un éventuel changement survenant sur l'objet soit plus facilement détecté (Hollingworth & Henderson, 2000).

En complément, Rensink et collaborateurs ont choisi de déterminer quels étaient les objets ayant un intérêt sémantique capital pour la compréhension de la scène ( Rensink et al., 1997). Ainsi le degré d'intérêt était déterminé par un pré-test dans lequel cinq participants donnaient une brève description de la scène. Les objets cités au moins trois fois étaient dits d'intérêt central, les objets non cités étaient dits d'intérêt marginal. Les résultats de Rensink (1997, 2000) montrent grâce à un protocole de cécité au changement que les modifications survenant sur des objets d'intérêt centraux sont plus rapidement détectés que ceux survenant sur les objets d'intérêts marginaux (Rensink et al., 1997; Rensink et al., 2000a). Or, généralement les objets d'intérêts centraux sont plus gros et visuellement plus saillants que les objets marginaux. Aussi, les différences de détection observées par Rensink et collaborateurs (2000a) pourraient s'expliquer par un effet de la saillance visuelle plutôt que cognitive. Or, ces résultats ne diffèrent pas après équilibre de la luminance, de la couleur et de la taille des objets centraux et marginaux. Il s'agit donc bien d'un effet de la saillance cognitive (Kelley et al., 2003).

Enfin, il est possible de réduire l'intérêt sémantique de l'objet dans un contexte précis d'une scène par rapport à un autre objet en inversant la scène. Dans ce cas, les détections de changements centraux passent de 81% à 69% (Kelley et al., 2003).

L'objectif de nos travaux est de compléter l'analyse de l'influence des différents facteurs sur le phénomène de cécité au changement.

Nous proposons ainsi de mettre en place un protocole, non encore réalisé, testant comme facteur principal : l'influence de l'amplitude des changements sur la cécité au changement.

Ainsi nous utiliserons des scènes écologiques, réalisées en 3D, présentant de un à quatre changements à saillance visuelle contrôlée. Les modifications comprenant quatre changements seront définies comme un changement « Majeur », les représentations comprenant un changement seront définies comme un changement « mineur ». Nous nous attendons à ce que les sujets contrôles soient plus rapides et plus performants dans la détection de scènes à changements Majeurs que dans la détection de scènes à changements mineurs.

## **2. METHODE :**

### **2.1 Participants :**

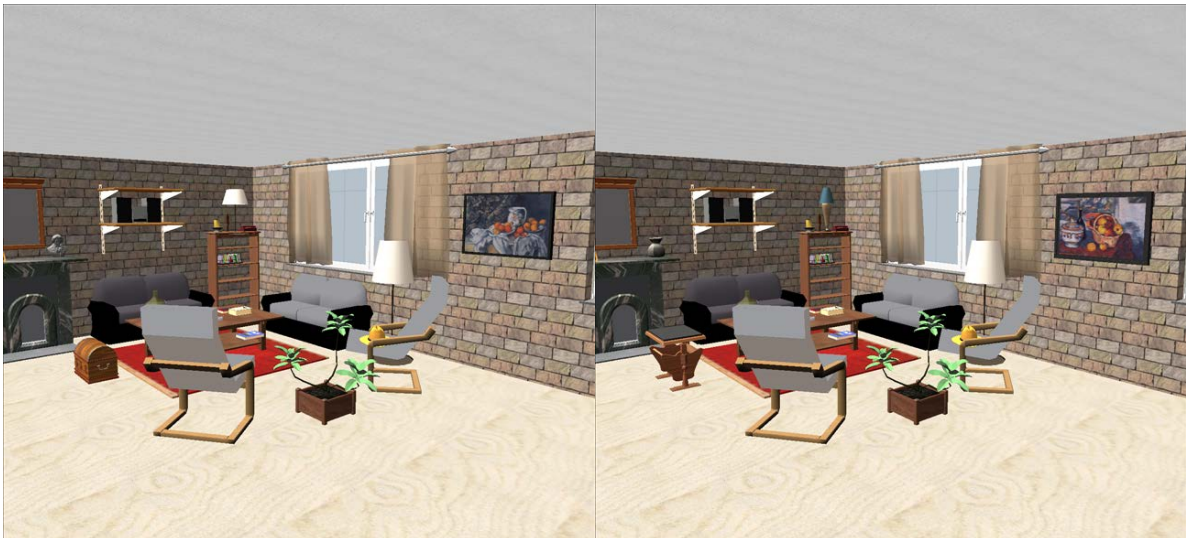
Ils sont au nombre de 27 (5 hommes), volontaires, âgés de 22 ans à 43 ans. Tous les sujets ont une vision normale ou corrigée. Les participants n'étaient pas sujets à rémunération et naïfs du point de vue des hypothèses testées dans cette expérience.

### **2.2 Stimuli :**

Des scènes d'intérieur ont été créées en 3D, de taille 35 degrés d'angle visuel. Elles sont composées de deux jardins, quatre chambres, trois salons, une salle de bain, une cuisine, un garage, une salle à manger, une salle de musique et un bureau. Le type de changement est une substitution d'objet. Les scènes peuvent contenir un (figure 1a) ou quatre changements (figure 1b). Le masque est construit à partir d'une scène texturée à l'aide du modèle de Portilla et Simoncelli (2000), il est présenté en niveau de gris (Portilla & Simoncelli, 2000).



*Figure 1a :Salle à manger avec 1 changement (regardez la chaine hifi)*



*Figure 1b : Salon avec 4 changements (regardez le coffre, le tableau, la lampe et la statue)*

### **2.3 Equipement :**

Le matériel est composé d'un ordinateur PC, d'un écran LG de 17 pouces. Le logiciel utilisé a été E Prime®, permettant une mesure des temps de réponse. Les scènes ont été réalisées grâce à un logiciel Architecture 3D®, permettant de réaliser des scènes de la vie quotidienne en trois dimensions.

## 2.4 Procédure :

Les sujets contrôles ont été divisés en trois groupes. Chaque groupe a vu 15 scènes réparties en trois blocs de 5 scènes, selon un tirage aléatoire contrôlé de telle sorte que chaque bloc contienne 5 scènes sans changement, 5 scènes avec un changement et 5 scènes avec quatre changements. Les stimuli ont été présentés pendant une durée de 240 msec, entrecoupés par un masque de 80 msec pour une durée totale de 10240 msec (Figure 2). Les sujets étaient assis à 50 centimètres de l'écran, un clavier posé devant eux, la tête immobilisée par une mentonnière. La consigne était d'appuyer sur une touche du clavier dès qu'un changement était perçu, permettant une mesure du temps de réaction et mettant fin à la séquence. Le témoin devait alors nommer le nom de l'objet changé. L'expérience a duré 10 minutes.

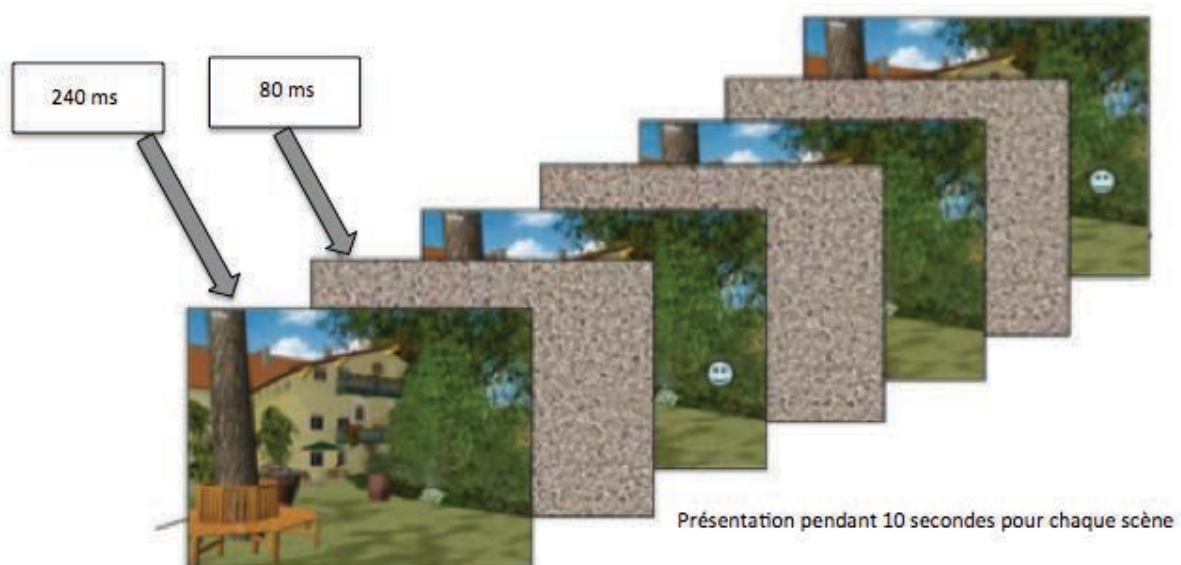


Figure 2 : Procédure de cécité au changement

## **2.5 Analyse des données :**

Les variables dépendantes recueillies ont été les temps de réponse (TR), et la détection du changement, exprimée selon la théorie de détection du signal en  $d'$  prime ( $d'$ ). Les tests statistiques réalisés ont été des ANOVAs à mesures répétées, avec l'amplitude du changement (0, 1, et 4 changements) en facteur intra-participants. Le seuil de significativité a été défini pour un risque  $\alpha = 5\%$ . Le logiciel utilisé est Statistica 6®.

Les hypothèses opérationnelles étaient les suivantes. Premièrement, nous nous attendions à ce que les changements de grande amplitude soient mieux détectés que les changements de faible amplitude. En conséquence le  $d'$  prime mesurant la sensibilité du sujet au changement devrait être significativement supérieur pour les scènes à quatre changements que pour les scènes à un changement. Secondairement, nous nous attendions à ce que le temps de réaction des réponses des participants soit significativement plus court pour les scènes à quatre changements que pour les scènes à un changement.

## **3. RESULTATS :**

Les résultats d'un participant n'ont pu être pris en compte du fait d'une erreur dans l'application des consignes de la tâche.

Les résultats montrent que les participants perçoivent plus rapidement, les changements dans la condition « 4 changements » (TR moyen = 4164) que dans les conditions « 1 changement » (TR moyen = 4960) ; ( $F(1, 25) = 5,46$  ;  $p < .05$  ; Figure 3).

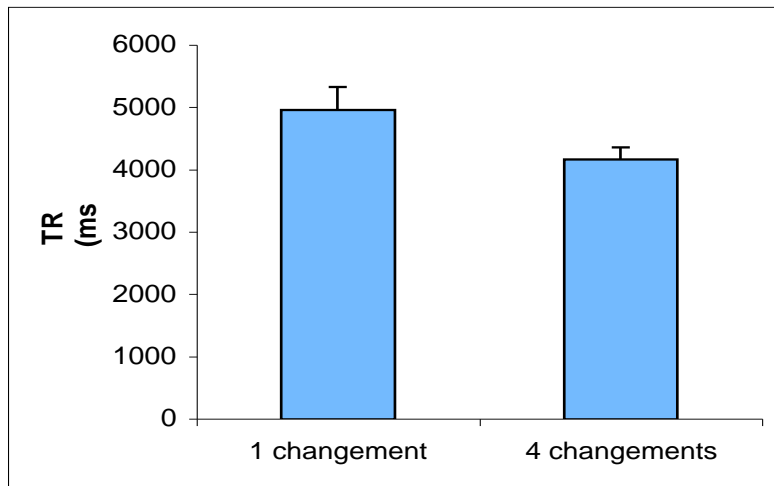


Figure 3 : Temps de réponse moyen en fonction de l'amplitude des changements. Les barres indiquent l'erreur standard.

De plus, les participants ont été plus sensibles aux scènes contenant quatre changements qu'à celles ne contenant qu'un changement (respectivement  $d' = 1,143$  et  $d' = 0,574$ ). ( $F(1, 25) = 73,74$  ;  $p < .0001$  ; Figure 4).

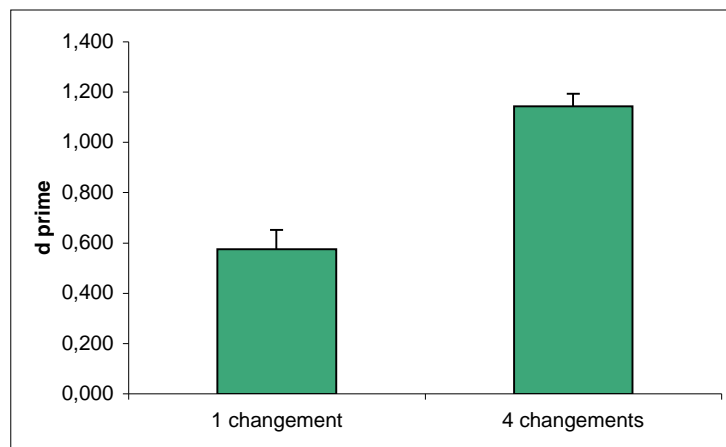


Figure 4 : Moyenne d' prime reflétant la sensibilité au changement en fonction de l'amplitude des changements. Les barres indiquent l'erreur standard.

Enfin, un test de Student montre que le  $d'$  prime observé est significativement supérieur à ce que prédirait le hasard (i.e.  $d'_{\text{hasard}} = 0$ ), quelque soit le nombre de changements introduits

dans les scènes ( $d'_{\text{hasard}}$  versus  $d'_{1\text{changement}}$  :  $t(25) = 7,51, p < .0001$  ; et  $d'_{\text{hasard}}$  versus  $d'_{4\text{changements}}$  :  $t(25) = 22,48, p < .0001$ ).

#### **4. DISCUSSION :**

Cette expérience avait pour but de tester si l'amplitude d'un changement était un facteur de sa détection dans un paradigme de cécité au changement.

Conformément à nos attentes, nous retrouvons des temps de réponse plus courts, pour des changements d'amplitude majeure (4 changements), que pour des changements d'amplitude mineure (1 changement). De plus les participants répondent plus exactement aux changements majeurs que mineurs. Enfin, nous montrons également que dans les deux cas de changement, les participants ont de meilleurs résultats que s'ils répondaient au hasard.

Nous montrons donc, par la validation de nos hypothèses, que la variation de l'amplitude des changements influence le phénomène de cécité au changement : plus la scène contient de changements, plus la détection d'au moins un changement est rapide et précise. Cette distinction se mesure à la fois grâce au temps de réponses et à la sensibilité au changement.

Trois explications peuvent rendre compte de ces résultats. Premièrement, il est possible que dans la condition « 4 changements », la force du signal visuel dépasse un seuil d'alerte du système cognitif, conduisant au report d'au moins un changement dans la scène ; le signal restant infraliminaire dans le cas de la condition « 1 changement ». Ainsi, le système témoignerait d'une certaine tolérance dans la perception des scènes visuelles acceptant de subtiles modifications. Celles-ci n'enclencheraient donc pas de traitement comparatif des différents objets de la scène en vue d'identification du changement ; un traitement qui serait coûteux en ressources cognitives.

Par ailleurs, il est également possible que la supériorité de performance de détection de quatre changements sur celle d'un changement résulte du fait que l'un des changements de la condition « 4 changements » soit plus saillant que les autres. Ceci conduirait en sa détection plus rapidement que dans la condition à un changement. Dans ce cas, les nominations des sujets devraient refléter ce biais de saillance : les participants devraient plus souvent rapporter le changement saillant plutôt que les autres changements de la condition « 4 changements ». Or on observe que pour 93.32% des scènes les sujets rapportent au moins 3 changements différents. En conséquence il est peu probable que la différence observée entre les conditions « 4 et 1 changements » soit due à un biais de saillance physique d'un changement particulier.

Enfin, il est possible que les participants aient utilisé une stratégie consistant à ne rechercher les changements que dans une partie de l'image (par exemple le coin inférieur gauche). Les probabilités prédisent qu'une telle stratégie serait plus efficace dans la condition « 4 changements » que dans la condition « 1 changement », et pourrait donc expliquer les résultats observés.



## **EXPERIENCE 2 : Influence de l'impact émotionnel des changements sur la cécité au changement chez des sujets sains**

### **1. INTRODUCTION**

Le paradigme de cécité au changement nous permet d'évaluer l'exploration d'une scène dans des conditions proches de la vie quotidienne et en utilisant des stimuli écologiques. Ce paradigme permet également de moduler de nombreux facteurs expérimentaux pouvant influencer la perception du changement et nous apporter des informations sur l'impact de ces différents facteurs sur l'exploration.

Ainsi, lors de présentations de scènes de la vie courante, notre regard se porte en premier lieu vers les objets nécessaires à la compréhension de la scène. En effet, en condition expérimentale, des modifications survenant sur des objets centraux sont plus rapidement détectés que ceux des objets marginaux (Rensink et al., 1997). Pour cette étude, des pré-tests étaient effectués au préalable pour déterminer l'intérêt sémantique capital et central ou marginal des objets pour la compréhension des scènes. La saillance sémantique influence ainsi la cécité au changement, et cet effet se maintient après équilibre de la saillance visuelle (Kelley et al., 2003).

D'autres études ont aussi montré l'impact de la saillance sémantique ; la cécité au changement dans l'exploration de scènes de la vie courante diminue pour des changements non congruents par rapport à des changements congruents à la scène (Hollingworth & Henderson, 2000; Stirik & Underwood, 2007).

Enfin des études préliminaires ont montré que la détection du changement augmente avec le nombre de changements. L'amplitude des changements serait également un facteur influençant la cécité au changement (Grandgenevre et al. données personnelles).

Il existe peu de données dans la littérature en ce qui concerne la saillance émotionnelle dans le paradigme de cécité au changement. La cécité au changement pour un objet donné pourrait être diminuée lorsqu'un objet a une signification plus grande pour une personne (un briquet pour un fumeur par rapport à un non fumeur). Une étude a montré que les sujets présentant une arachnophobie détectaient plus fréquemment les changements d'objets en araignées en comparaison avec les sujets du groupe contrôle (Mayer et al., 2006). Les objets auraient une valeur sémantique d'une part et une valeur subjective et émotionnelle d'autre part.

Une étude a étudié l'impact de la valence émotionnelle sur la cécité au changement sur 9 stimuli (3 neutres, 3 positifs et 3 négatifs) provenant d'une base de données IAPS : International Affective Picture System (Lang et al., 1998). Il a été retrouvé une amélioration de la détection du changement pour les scènes à valence émotionnelle forte (Graham, 2008). Or dans cette expérience il était testé l'influence de la valence émotionnelle de la scène sur la détection au changement et non l'impact de la valence émotionnelle de l'objet changé sur la détection au changement.

L'objectif de notre étude est d'analyser l'influence de la saillance émotionnelle sur la cécité au changement chez des sujets sains.

Notre hypothèse principale est que les sujets soient plus rapides et plus performants dans la détection de changements d'objets à fort impact émotionnel que ceux d'objets à impact neutre.

Notre hypothèse secondaire est que l'amplitude des changements augmente le nombre de détection (soit la performance) et diminue le temps de réaction pour les objets émotionnels et neutres.

## **2. METHODE**

### **2.1 Population**

Les sujets sont au nombre de 18 volontaires dont 6 hommes, âgés de 23 à 56 ans. Tous les sujets ont une vision normale ou corrigée, ne sont pas sujets à rémunération.

### **2.2 Matériel**

Des scènes de la vie courante réalisées en 3D présentant 0, 1 ou 3 changements à saillance visuelle contrôlée ont été utilisées.

Des scènes d'intérieur ont été créées en 3D, de taille 35 degrés d'angle visuel. Elles sont composées de 7 chambres, de 2 garages, 5 salles de bains, 5 salons, 5 extérieurs et 6 cuisines. Le type de changement est une substitution d'objet. Les scènes peuvent contenir le changement de 1 ou 3 objets neutres en objets neutres différents, ou le changement de 1 ou 3 objets neutres en objets à fort impact émotionnel. Ont été sélectionnées 30 scènes dont 10 comprenant 0 changement, 5 scènes avec 1 changement en objet neutre, 5 scènes avec 1 changement en objet émotionnel (figure 1b), 5 scènes avec 3 changements en objets émotionnels et 5 scènes avec 3 changements en objets neutres (voir figure 1a). Le masque était construit à partir d'une scène texturée à l'aide du modèle de Portilla et Simoncelli (Portilla & Simoncelli, 2000). Il est présenté en niveau de gris. Le matériel est composé d'un ordinateur PC et d'un écran LG de 17 pouces. Le logiciel utilisé a été Presentation®, permettant une mesure des temps de réponse. Les scènes ont été réalisées grâce à un logiciel Architecture 3D®, permettant de réaliser des scènes de la vie quotidienne en trois dimensions.

45 des objets neutres et 1 des objets émotionnels ont été sélectionnés à partir du logiciel 3D.  
10 objets neutres et 19 objets émotionnels ont été sélectionnés à partir de Google image 3D.  
Afin d'évaluer la valeur émotionnelle des objets sélectionnés, 15 sujets dont 4 hommes âgés de 23 ans à 57 ans ont passé un pré test. Ce prétest consistait à évaluer sur une échelle de 1 à 9 la valence affective, soit le caractère plaisant ou désagréable, et l'activation affective, soit l'activation émotionnelle, des 75 objets subissant un changement.



*Figure 1a : Exemple de salon comportant 3 changements neutres*



*Figure 1b : Exemple de salon comportant 1 changement émotionnel*

### **2.3 Procédure**

Chaque sujet a vu les 30 scènes réparties selon un tirage aléatoire contrôlé. Les stimuli ont été présentés pendant une durée de 240 ms, entrecoupés par un masque de 80 ms, pour une durée totale de 10240 ms. Les sujets étaient assis à 50 cm de l'écran avec un clavier posé devant eux. La consigne était d'appuyer sur une touche du clavier dès qu'un changement était perçu.. On pouvait ainsi enregistrer leur temps de réaction et le nombre de changements perçus. Le défilement des images était identique quel que soit le nombre de changements détectés. L'expérience durait 10 minutes.

### **2.4 Analyse de données**

La normalité de nos variables a été testée grâce à un test de Shapiro-Wilk. Les variables dépendantes recueillies ont été le temps de réponse et le nombre de fois où au moins un changement a été détecté. Les tests statistiques étaient des t-student pour la comparaison des moyennes des temps de réponses et un Khi-deux pour la comparaison de fréquences de détection des changements. Des tests t-student ont été utilisés pour l'analyse des résultats de valence et d'activation affectives. Le seuil de significativité a été défini pour un risque alpha = 5 %. Le logiciel utilisé était Statistica®.

En pré-test, on s'attendait à ce que la moyenne des valences affectives des objets émotionnels plaisants soit supérieure à celle des objets neutres et que la moyenne de valences affectives des objets émotionnels déplaisants soit inférieure à celle des neutres. Nos attentes étaient que la moyenne des activations affectives des objets émotionnels soit supérieure à celle des objets neutres.

En ce qui concerne le test, nous nous attendions à ce que les changements d'objets émotionnels soient mieux détectés que ceux des objets neutres et à ce que les temps de réponse des sujets soient plus courts pour les changements émotionnels que pour les changements neutres de façon significative.

Secondairement, nous nous attendions à ce que l'amplitude des changements augmente la performance et diminue les temps de réaction.

### **3. RESULTATS**

#### **3.1 Description des résultats pré-test :**

La moyenne des activations affectives des objets émotionnels (Moyenne  $E= 5.456$ ) est supérieure à celle des objets neutres (moyenne  $N= 2.978$ ) et ceci de manière significative ( $p=0.00001$ ,  $T(73) = 9.675$ ).

La moyenne des valences affectives des objets émotionnels plaisants (moyenne  $E+= 6.49$ ) est supérieure de façon significative ( $p=0.014$ ,  $T(60) = -2.51$ ) à celle des objets neutres (moyenne  $N= 5.43$ ). Enfin, la moyenne des valences affectives des objets émotionnels déplaisants (moyenne  $E-= 2.96$ ) est inférieure de façon significative ( $p<0.0001$ ,  $T(66) =8.26$ ) à celle des objets neutres (moyenne  $N=5.43$ ) (Figure 2).

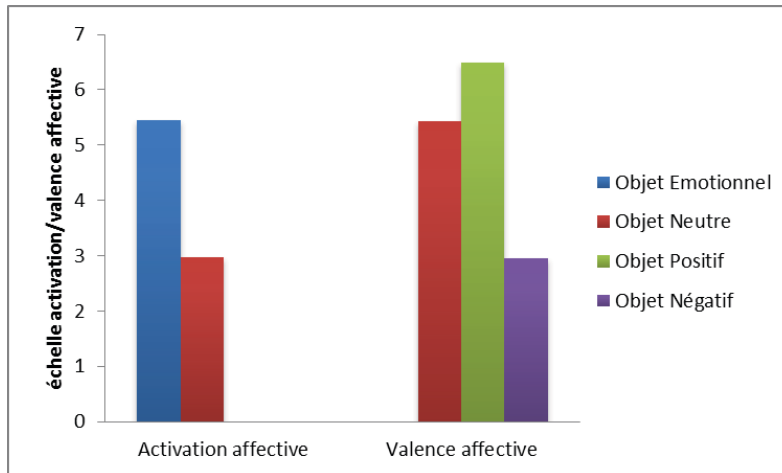


Figure 2 : Moyennes des activations et des valences affectives

### 3.2 Description des résultats du test :

Les résultats de deux sujets n'ont pu être pris en compte du fait d'une erreur dans l'application des tâches. D'après le test de Shapiro-Wilk, nos variables étudiées suivent une distribution normale.

Nous ne mettons pas en évidence de différence significative entre les moyennes des temps de réponse pour les changements émotionnels (TR moyen= 5049 ms) et pour les changements neutres (TR moyen= 5285 ms), ( $T(30) = -0.497$ ,  $p = 0.622$ ).

Les comparaisons de fréquences de détection montrent que les changements émotionnels sont mieux détectés (115 bonnes réponses) que les neutres (82 bonnes réponses) de façon significative ( $\chi^2(1) = 14,38158$ ,  $p < 0,001$ ) (Figure 3).

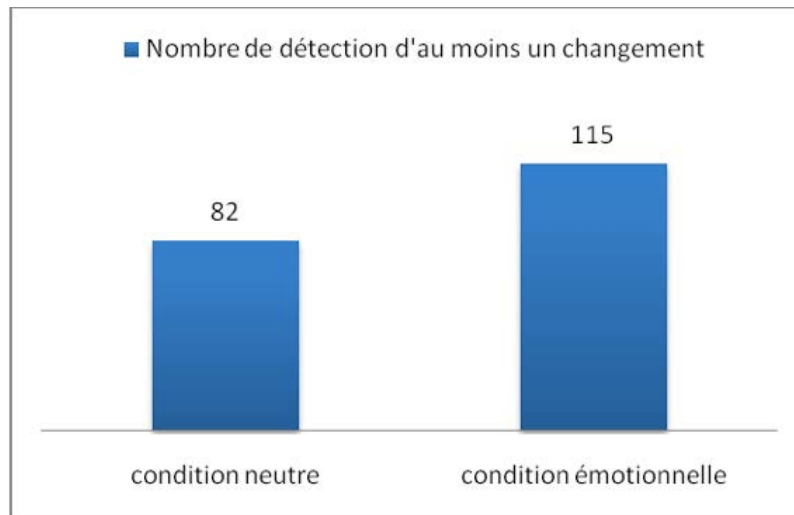


Figure 3 : Nombre de détection d'au moins un changement

Nous mettons en évidence une différence significative entre la détection des changements émotionnels et la détection des changements neutres dans la condition 1 changement ( $p=1.89 \cdot 10^{-5}$ ,  $\chi^2(1) = 18,2964$ ). Les sujets détectent deux fois plus de changements émotionnels (51 bonnes réponses) que les neutres (24 bonnes réponses)

Nous mettons en évidence une différence significative entre la détection des changements émotionnels et la détection des changements neutres dans la condition 3 changements ( $p=2.75 \cdot 10^{-5}$ ,  $\chi^2(1) = 13,23581$ ). Dans la condition 3 changements, on retrouve 64 bonnes réponses pour les changements émotionnels contre 51 pour les neutres (Figure 4).

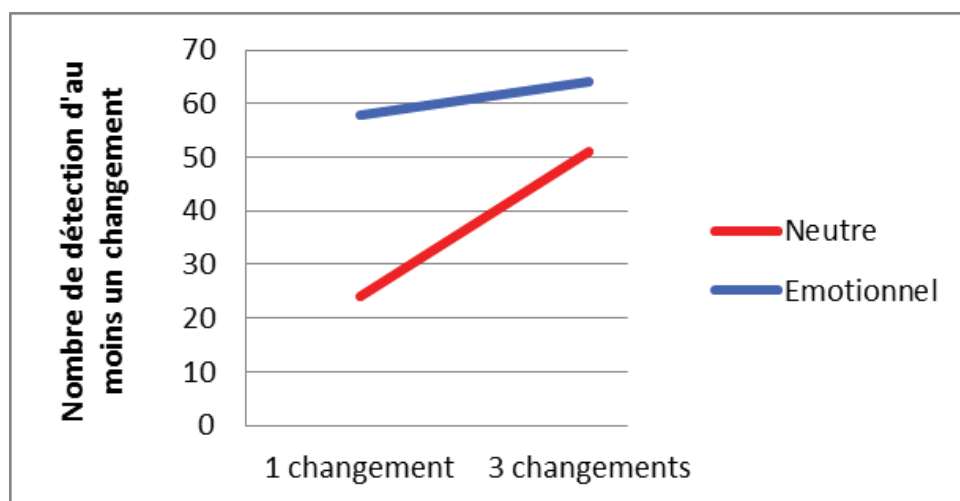


Figure 4 : Nombre de détection d'au moins un changement en condition 1 ou 3 changements.



Nous ne mettons pas en évidence de différence significative entre les moyennes des temps de réponse pour les changements de grande amplitude « 3 changements » (TR moyen= 5038 ms) et pour les changements de faible amplitude « 1 changement » (TR moyen= 5363 ms), ( $T(30) = -0.575, p = 0.57$ ).

#### **4. DISCUSSION**

Notre étude avait pour objectif de tester si la saillance émotionnelle des objets changés était un facteur influençant la détection des changements dans le paradigme de cécité au changement. Les nombres de bonnes réponses des sujets sont plus élevés pour les changements émotionnels que les neutres, quelle que soit l'amplitude du changement. En revanche, même si les sujets détectent plus rapidement les changements émotionnels que les neutres, les résultats ne sont pas significatifs. Dans notre étude, nous avons également observé des détections deux fois plus élevées pour les changements émotionnels en comparaison avec les neutres dans la condition 1 changement.

Dans le test de Stroop émotionnel, les sujets sains présentent des temps de réaction plus longs pour les mots à valence émotionnelle négative en comparaison avec les mots à valence émotionnelle positive ou neutre (Beck et al., 2001). Les caractères plaisants ou déplaisants de la valence émotionnelle des objets auraient ainsi un retentissement différent sur la cécité au changement. Ainsi, les temps de réponses pour les objets émotionnels plaisants et déplaisants pourraient être différents, ce qui pourrait expliquer les résultats non significatifs pour les temps de réponses. On pourrait supposer qu'il existe une difficulté de désengagement pour les objets désagréables, résultat similaire à ce que l'on peut retrouver chez les sujets présentant un état de stress post traumatique (Pineles et al., 2007).

Le nombre de bonnes réponses augmente dans la condition 3 changements et l'écart de performance s'estompe entre les détections de changements émotionnels et neutres. Ceci peut s'expliquer soit par le fait que la force du signal dépasse le seuil d'alerte dans la condition 3 changements par rapport à la condition 1 changement, rendant les changements plus détectables, soit par le fait que les sujets utiliseraient une stratégie consistant à rechercher les changements en analysant l'image par quadrant dans un sens horaire par exemple. La probabilité de détection des changements augmenterait ainsi avec le nombre de changements. En revanche, l'absence de différence significative entre les moyennes des temps de réponse des conditions « 1 changement » et « 3 changements » pourraient être expliquée par un nombre trop faible de scènes présentées.

L'objectif de cette étude était d'évaluer l'impact de la saillance émotionnelle sur l'exploration visuelle, dans la cécité au changement. La saillance émotionnelle augmente les performances de détection et cet effet s'estompe avec l'amplitude du changement. Il apparaît donc que les changements survenant sur des objets dits émotionnels sont mieux détectés que les changements survenant sur des objets dits neutres. Pour conclure sur l'impact de la saillance émotionnelle sur les temps de réponse, il serait intéressant de contrôler des facteurs tels que la valence positive ou négative des objets, mais aussi d'y ajouter une mesure implicite de détection grâce à l'enregistrement de mouvement oculaire.

# **ETUDE 2 : IMPACT DE LA SAILLANCE COGNITIVE SUR L'EXPLORATION VISUELLE DANS LA SCHIZOPHRENIE**

**Dissociation entre une réponse implicite et explicite lors d'une tâche de cécité au  
changement (Neuropsychologia Mars 2015)**

## 1. INTRODUCTION

Les patients atteints de schizophrénie présentent des difficultés évidentes pour filtrer l'information pertinente perdue au milieu d'un flux entrant d'informations lors de tâches quotidiennes comme suivre une conversation ou regarder la télévision (Place & Gilmore, 1980). En ce qui concerne la littérature traitant de ce trouble attentionnel, il est montré que les patients atteints de schizophrénie pouvaient être capturés par l'apparition d'informations même si celle-ci étaient non pertinentes, et cela au dépend d'informations pertinentes. (Giersch et al., 2013a). Par exemple, le masquage visuel est fréquemment utilisé pour étudier les étapes précoces du traitement visuel dans la schizophrénie, avec une précision de l'ordre de la milliseconde. Plusieurs études ont montré que lors de l'irruption soudaine d'un masque après une cible, l'identification de la cible pour des patients atteints de schizophrénie était perturbée pour des intervalles cible-masque n'altérant pas les performances des sujets contrôles (pour une revue voir Green et al., 2011). De même, Ducato et al. (2008) ont utilisé un paradigme de capture attentionnelle pour mesurer la capacité à localiser une cible au-dessus ou en dessous d'une croix en présence de distracteurs (Ducato et al., 2008). Contrairement au groupe contrôle, les temps de réponse des patients atteints de schizophrénie ne sont pas diminués lorsque la cible apparaît du même côté de la croix, ce qui démontre les difficultés des patients à ignorer les informations non pertinentes (distracteurs). Comme dernier exemple, Lalanne et al. (2012) ont montré, à partir d'une tâche de détection asynchrone impliquant l'irruption asynchrone de deux cibles, que les sujets contrôles anticipaient l'apparition de la deuxième cible, alors que l'attention des patients atteints de schizophrénie était capturée par la première cible (Lalanne et al., 2012).

Afin de contrôler les procédures expérimentales, la littérature fait particulièrement référence à des expériences utilisant des formes géométriques ou des stimuli abstraits. Cependant,

améliorer la compréhension des performances de patients dans des environnements visuels complexes, proches de la vie quotidienne marquerait une avancée en précisant notamment comment les anomalies de la perception visuelle influencent le comportement des patients dans des environnements complexes.

A partir de ce point de vue, le paradigme de cécité au changement offre l'intéressante possibilité d'étudier la sélection de l'information visuelle à partir de stimuli écologiques, comme par exemple des scènes naturelles (Felsen & Dan, 2005). Le paradigme de cécité au changement est défini par les surprenantes difficultés à repérer un changement (par exemple une addition ou un déplacement d'objet) dans une scène, si ce changement survient après une brève interruption comme un mouvement oculaire, un masque ou un distracteur. (pour une revue, voir Rensink, 2000b). Selon Rensink et collaborateur, le paradigme de cécité au changement est en lien avec les théories sur l'exploration visuelle et plus particulièrement sur celles affirmant que l'extraction d'une faible quantité d'informations est nécessaire pour comprendre une scène (Rensink et al., 1997).

Si l'attention des patients atteints de schizophrénie est capturée par l'irruption d'une information visuelle, ils pourraient détecter rapidement l'apparition soudaine d'un changement, même si cette détection était atténuée par un flicker. Ceci aurait pour conséquence une diminution de l'effet de cécité au changement. Cette hypothèse est en lien avec les arguments de Frith et Shallice, qui affirment que l'attention des patients capture chaque détail d'une scène sans tenir compte de l'image dans son intégralité (Frith, 1992; Shallice 1985). Cette hypothèse semble d'autant plus intéressante qu'elle pourrait permettre de distinguer les effets d'un déficit cognitif spécifique de ceux d'un déficit attentionnel généralisé non spécifique, ce qui reste un défi permanent dans la littérature sur la

schizophrénie. Pour palier ce manque, plusieurs stratégies ont été mises au point afin d'isoler une fonction cognitive précise (pour une revue, voir Silverstein, 2008), avec par exemple l'utilisation de méthodes conduisant à mettre en évidence de meilleurs résultats chez des patients que chez des sujets sains (Knight, 1984). Cette approche a été récemment proposée pour tester les effets attentionnels d'intoxication alcoolique aigue. Les résultats montrent une surprenante amélioration des performances lors d'une tâche de cécité au changement chez des sujets sous influence de l'alcool (Colflesh & Wiley, 2013).

Le paradigme de cécité au changement offre également la possibilité d'enregistrer à la fois une réponse motrice explicite et une réponse implicite en prenant en compte les mouvements oculaires. En raison de la confusion générée par le déficit attentionnel généralisé dans la schizophrénie, plusieurs études ont utilisées la distinction entre une réponse implicite et explicite pour mesurer des différences plus subtiles en ce qui concerne les processus de traitement de l'information dans la schizophrénie (Lalanne et al., 2012). De plus, l'utilisation d'une mesure implicite permet d'éviter un biais décisionnel, comme cela est démontré dans la littérature (Giersch et al., 2009; Giersch et al. 2013b).

Dans cette étude, nous avons étudié la sélection de l'information visuelle dans la schizophrénie à partir de stimuli écologiques et d'un paradigme de cécité au changement. Les performances des patients et des sujets contrôles ont été mesurées grâce à l'enregistrement d'une réponse motrice et des mouvements oculaires. En raison de la sensibilité à l'apparition soudaine d'une information observée dans la schizophrénie, notre principale hypothèse est que les patients seraient plus attirés par certains éléments d'une scène, ignorés par les sujets contrôles. Ainsi, nous supposons que les patients seraient plus efficaces dans la détection d'un changement que les sujets contrôles.

## **2. METHODE**

### **2.1 Participants**

#### **2.1.1 Patients**

Seize patients atteints de schizophrénie ont été recrutés à partir de l'Etablissement Public de Santé Mentale de Lille Métropole, de l'Etablissement Public de Santé Mentale du Val de Lys, de l'association AREV et du service de Psychiatrie Générale du CHRU de Lille.

Les critères d'inclusion ont été : un âge compris entre 18 et 50 ans, un diagnostic de schizophrénie selon le DSM-IV (American Psychiatric Association, 1994) et une vision normale ou corrigée.

Les critères d'exclusion comprenaient des antécédents de maladie neurologique ou de traumatisme cérébral survenu dans les 6 mois.

Tous les patients étaient traités par antipsychotiques et étaient cliniquement stable au moment du test. Les symptômes de schizophrénie ont été mesurés grâce à la PANSS : the Positive and Negative Syndrome Scale (PANSS) (Kay et al. 1987).

Le comité éthique du CHRU de Lille a approuvé la réalisation de cette étude. Un consentement écrit a été obtenu pour chacun des participants. Les patients n'ont pas reçu de rémunération pour cette étude.

#### **2.1.2 Contrôles**

Seize sujets contrôles appariés en âge et en sexe avec les patients ont été recrutés. Les sujets contrôles ne présentaient pas de trouble psychiatrique de l'axe 1 du DSM IV selon le test du MINI et aucune médication n'était relevée.

## **2.2 Le paradigme de cécité au changement :**

Nous avons utilisé pour cette tâche 33 environnements différents qui représentaient des scènes complexes d'intérieurs ou d'extérieurs en 3D. Nous avons créé ces environnements grâce à un logiciel d'architecture L'Architecte 3D Expert (Mindscape, France). Parmi les 33 environnements, on retrouvait 6 jardins ou scènes d'extérieur, 6 salles de bain, 6 chambres à coucher, 6 salons, 6 cuisines et 6 garages. Pour chaque environnement, nous avons sélectionné 3 images selon différents points de vue nous permettant d'avoir un total de 99 scènes.

Pour créer la tâche de cécité au changement, nous avons modifié 0, 1 ou 3 objets de chaque scène à partir de l'ensemble de 99 scènes nous permettant d'obtenir 297 stimuli. (Figures 1a et 1b). Les objets changés étaient sémantiquement congruents avec le contexte de la scène. Leur taille était comprise entre 2 et 4 degrés d'angle visuel. Les changements étaient soit des substitutions, des rotations ou des changements de couleur.

A partir de ces stimuli, nous avons créé 3 différents sets de 99 stimuli différents (33 environnements selon 3 points de vue). Chaque ensemble comprenait 33 stimuli sans changement, 33 stimuli avec 1 changement et 33 stimuli avec 3 changements répartis selon un ordre aléatoire. Chaque participant a vu un seul d'ensemble de stimuli parmi les 3 disponibles. Le choix d'un des 3 ensembles de stimuli a été contrôlé et équilibré parmi les participants.





*Figure 1a: Exemple de cuisine avec 1 changement.*



*Figure 1b: Exemple de jardin avec 3 changements.*

Nous avons ensuite créé un paradigme dit de “flicker” afin de créer un effet de cécité au changement. Chaque stimulus a été présenté pendant 240 msec et entrecoupé d’un masque visuel présenté pendant 80 msec pour une durée totale de 10240 msec (Figure 2).

Le masque a été construit à partir d’une scène texturée à l’aide du modèle de Portilla et Simoncelli (2000), il a été présenté en niveau de gris (Portilla & Simoncelli, 2000).

## **2.3 Equipement**

L'équipement est composé d'un ordinateur PC connecté à un second ordinateur portable et à l'oculomètre. Les stimuli ont été présentés sur un écran LG 17 pouces placé à 60 cm des participants. La présentation des stimuli a été contrôlée par l'intermédiaire de l'ordinateur portable. L'ordinateur PC a permis de contrôler la calibration et les mouvements oculaires.

La présentation des stimuli a été programmée grâce au logiciel Presentation®, permettant notamment un enregistrement des temps de réponses.

Nous avons enregistré les positions oculaires par l'intermédiaire d'un oculomètre iViewX Hi-Speed (SensoMotoric Instruments) muni d'une caméra. L'oculomètre nous a permis d'enregistrer le nombre et la durée des fixations au niveau de zone d'intérêt (zone de changement). Les données ont par la suite été analysées grâce au logiciel Begaze®.

## **2.4 Procédure**

Afin de réaliser la calibration de l'oculomètre, il a été demandé aux participants de fixer successivement 8 marqueurs sur l'écran de présentation. Une méthode de réflexion de la partie centrale de la pupille a été utilisée pour calibrer la zone d'exploration en mesurant l'intersection entre l'axe optique et l'écran.

La tâche expérimentale de cécité au changement dure approximativement 20 minutes. Chaque scène est précédée d'une croix de fixation de 500 msec. Les participants ont reçu comme consigne de ne pas bouger pendant la durée totale de l'enregistrement, leur tête était maintenue par une mentonnière. Ils ont été informés que les scènes pouvaient contenir un ou plusieurs changements, l'instruction étant de presser un bouton réponse (barre espace) dès qu'un changement était détecté.

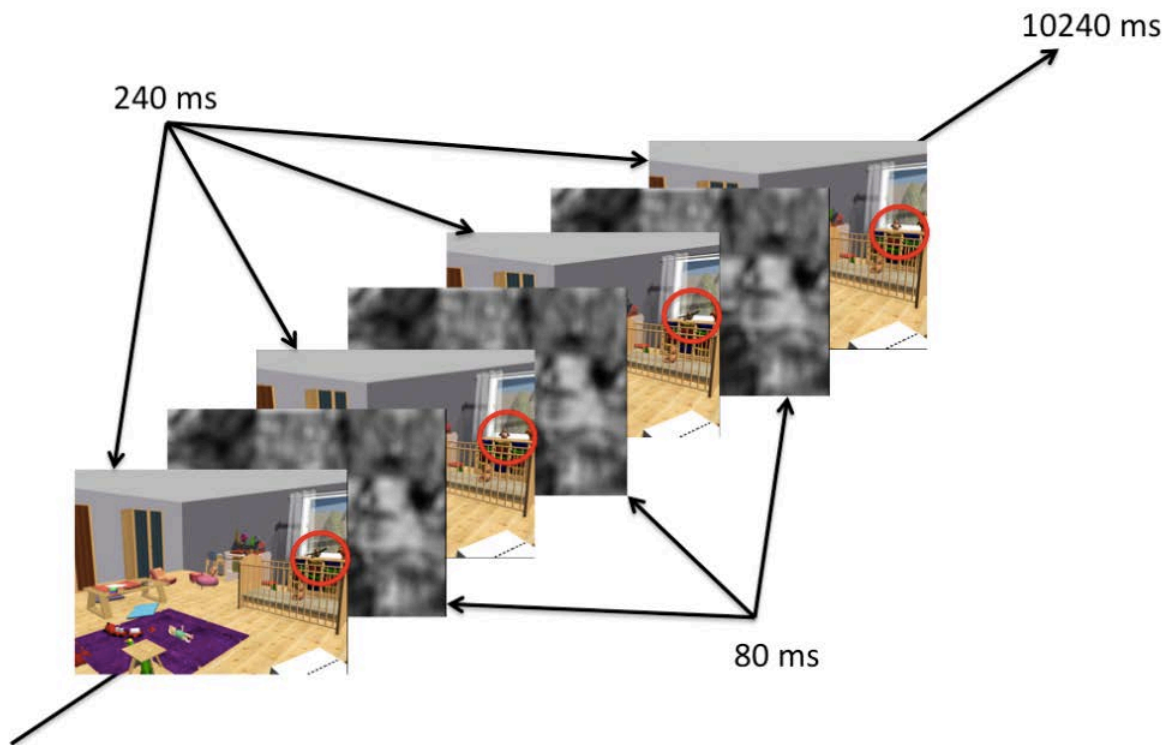


Figure 2: Paradigme de flicker.

## 2.5 Analyse des données

Les données ont été analysées grâce au logiciel STATISTICA, version 7.1 (StatSoft Inc.).

### 2.5.1 La réponse explicite

La réponse explicite correspondant à une réponse comportementale a été mesurée grâce au temps de réponse et par un indice de sensibilité au changement (D prime) basé sur la théorie de détection du signal (Green & Swets, 1966).

L'indice de sensibilité permet d'intégrer le nombre de détections correctes mais également le nombre de détections oubliées et les fausses alarmes (ou fausses détections). Il permet ainsi d'évaluer la capacité de discriminer un signal dans un ensemble de bruit.

$$D' = Z(\text{taux de bonne réponse}) - Z(\text{taux de fausse alarme})$$

Ici, le taux de bonne réponse représente le nombre de scènes contenant un changement pour lesquelles un changement a été rapporté, et le taux de fausse alarme représente le nombre de scène sans changement pour lesquelles un changement a été rapporté.

Pour les deux variables (temps de réponse et sensibilité au changement), nous avons réalisé des ANOVAs à mesures répétées avec l'amplitude du changement (0, 1 et 3 changements) comme variable intragroupe et les groupes (patients/contrôles) comme variable intergroupe. Le seuil de significativité a été défini pour un risque  $\alpha = 5\%$ .

### **2.5.2 La réponse implicite**

Nous avons mesuré la localisation et la durée des fixations. Toutes les fixations hors du champ d'exploration ont été exclues.

La variable principale était la latence moyenne avant la 1ère entrée (LPE) en zone d'intérêt (ZI). Cette variable correspond à la durée totale jusqu'à ce que le participant réalise une première fixation en zone d'intérêt. Les zones d'intérêt sont les régions comprenant les changements. Elles ont été préalablement déterminées grâce au logiciel Begaze. Les zones d'intérêt ont une taille comprise entre 2,5 et 4,5 degrés d'angle visuel.

Afin de s'assurer que les différences de mesures ne soient pas le résultat de capacités d'exploration visuelle basale mais plutôt le résultat de la sensibilité au changement, nous avons calculé une correction de la LPE, que nous avons nommé : latence corrigée (LC).

Pour cela, dans les conditions 1 et 3 changements, nous avons calculé un ratio entre la LPE en ZI pour les stimuli cibles comprenant des changements et la LPE en ZI pour les stimuli contrôles ne comprenant pas de changement. Les ZI des stimuli contrôles sont les régions qui contenaient des changements lorsque les stimuli sont utilisés en tant que cible dans les autres sets. Ainsi, les conditions contrôles contiennent trois ZI étant donné le nombre de changement dans les stimuli cibles.

$$Lc = \frac{\text{LPE en ZI(c)}}{\text{LPE en ZI (non c)}}$$

Lc: Latence corrigée

LPE en ZI(c): latence avant la 1<sup>ère</sup> entrée en zone d'intérêt pour les stimuli contenant des changements (1 ou 3)

LPE en ZI (non c): latence avant la 1<sup>ère</sup> entrée en zone d'intérêt pour les stimuli ne contenant pas de changement

Le ratio doit être interprété de la façon suivante : plus le ratio est bas, moins les participants sont perturbés pour détecter le changement, à l'inverse plus le ratio est élevé, plus les participants sont perturbés pour détecter le changement.

Nous avons réalisé des ANOVAs à mesures répétées sur la latence corrigée avec l'amplitude du changement (0, 1 et 3 changements) comme variable intragroupe et les groupes (patients/contrôles) comme variable intergroupe. Le seuil de significativité a été défini pour un risque  $\alpha = 5\%$ . Nous avons également utilisé un test de corrélation de Pearson lorsque cela était approprié.

Un des 16 patients a été exclu de l'étude en raison d'une incapacité à réaliser la tâche. Le temps de réponse d'un autre patient n'a pas pu être pris en compte à cause d'un problème de compréhension des consignes. Vingt-neuf des 297 ont été finalement retirés des fichiers d'analyse pour les deux groupes en raison d'une trop grande difficulté à détecter les changements (temps moyen de détection supérieur à 4000 msec).

### 3. RESULTATS

Les caractéristiques des groupes telles que l'âge, le sexe, les scores à la PANSS et les traitements sont répertoriées dans le tableau ci dessous.

Tableau 1: Caractéristiques cliniques et démographiques des patients atteints de schizophrénie et des sujets contrôles

<b>Caractéristiques</b>	<b>Groupe; moyenne (ESM) Patients n=15</b>	<b>Contrôles n=16</b>
Age, année	30.27 (1.53)	27.88 (1.53)
Sexe, nbre. masculin: féminin	12: 3	13: 3
Antipsychotique, mg équivalence chlorpromazine	622.67 (150.15)	-
Benzodiazepine, mg équivalence diazepam	32.34 (9.74)	-
Score de la PANSS		-
Symptômes positifs	23.05	-
Symptômes négatifs	29.94	-
Psychopathologie générale	49.4	-
Total	102.4	-

PANSS = Positive and Negative Syndrome Scale  
ESM = erreur standard de la moyenne

### 3.1 La réponse explicite

#### 3.1.1 Le temps de réponse (TR)

Les sujets contrôles ont été plus rapides que les patients avec  $TR_{\text{contrôles}} = 5173$  msec (esm contrôles = 163) et  $TR_{\text{patients}} = 5819$  msec (esm patients = 174). Cette différence était significative :  $(F(1, 28) = 7.33; p < 0.02)$  (Figure 3).

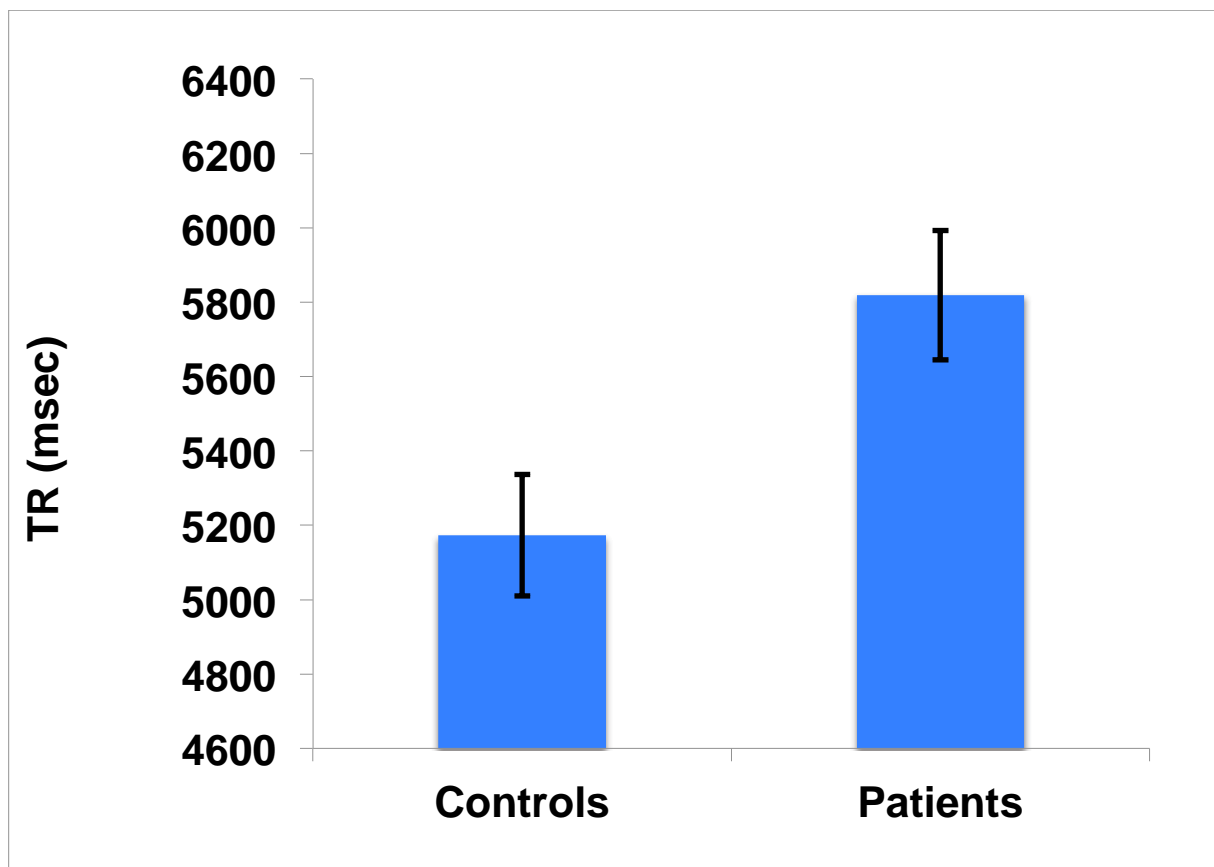


Figure 3: Moyenne des temps de réponse (msec) en fonction des groupes. Les barres d'erreur indiquent l'erreur standard de la moyenne.

De plus, nous avons mis en évidence un effet majeur de l'amplitude des changements sur le temps de réponse :  $(F(1, 28) = 13.103; p < 0.002)$ . Les changements de grande amplitude (3

changements), sont détectés plus rapidement que les changements de faible amplitude (1 changement) avec un TR3 = 5184 msec (esm3 = 132) et TR1 = 5808 msec (esm1 = 160).

Nous n'avons pas observé d'interaction significative de l'effet du groupe et de l'effet de l'amplitude du changement sur les temps de réponse : ( $F(1, 28) = 0.32, p = 0.57$ ).

### 3.1.2 La sensibilité au changement (D prime) selon la réponse motrice

Les sujets contrôles ont de meilleures capacités à détecter les changements que les patients : ( $F(1, 28) = 8.6049; p < 0.007$ ), avec un D prime contrôles = 2.20 (esm contrôles = 0.10) et un D prime patients = 1.76 (esm patients = 0.10) (Figure 4).

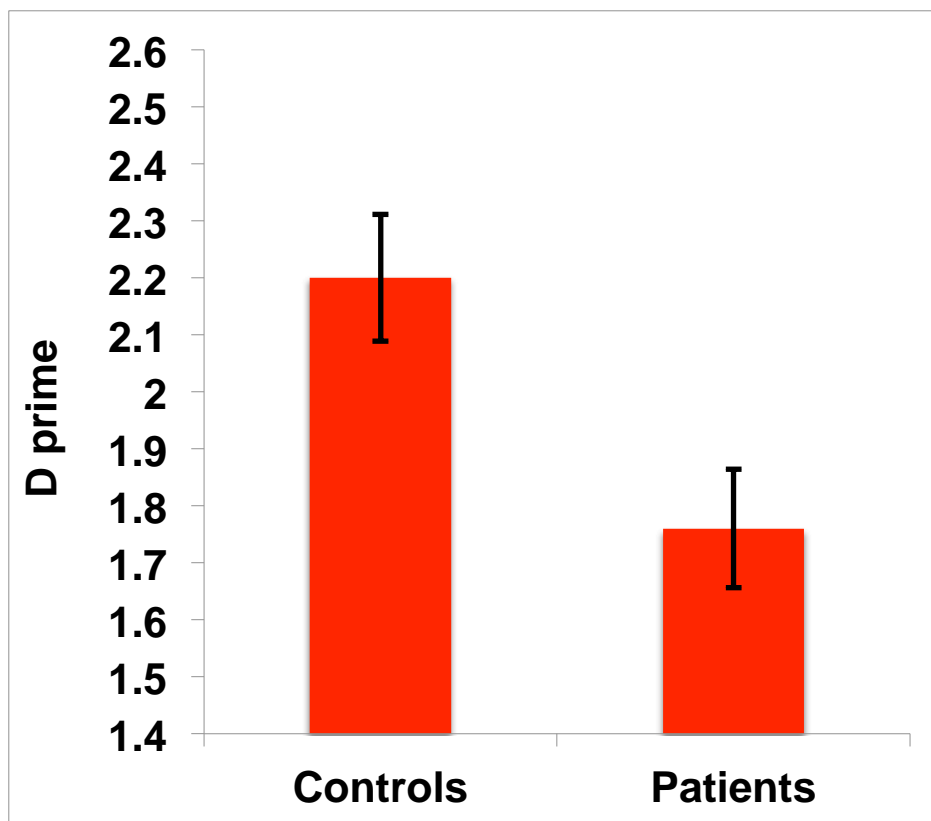


Figure 4: Moyenne des D prime en fonction des groupes. Les barres d'erreur indiquent l'erreur standard de la moyenne.



De plus, nous avons mis en évidence un effet important de l'amplitude du changement sur les performances mesurées par le D prime : ( $F(1, 28) = 229.57; p < 0.0001$ ). Les changements de grande amplitude (3 changements) sont mieux détectés que les changements de faible amplitude (1 changement) avec un  $D_{\text{prime}3} = 2.39$  ( $esm_3 = 0.09$ ) et un  $D_{\text{prime}1} = 1.57$  ( $esm_1 = 0.07$ ).

Cependant, nous n'avons pas observé d'interaction significative de l'effet du groupe et de l'effet de l'amplitude du changement sur la sensibilité au changement : ( $F(1, 28) = 2.74, p = 0.11$ ).

### **3.2 La réponse implicite : latence corrigée**

Les yeux des patients se sont dirigés plus rapidement vers les changements que les yeux des sujets contrôles : ( $F(1, 29) = 4.9557; p = 0.03$ ), avec une latence corrigée :  $L_{\text{contrôles}} = 1.23$  ( $esm_{\text{contrôles}} = 0.08$ ) et  $L_{\text{patients}} = 0.99$  ( $esm_{\text{patients}} = 0.08$ ) (Figure 5).

Dans le groupe patient, la latence corrigée, dans la condition 1 changement, est  $L_{\text{patients}} = 1.04$  ( $esm_{\text{patients}} = 0.12$ ), alors que dans la condition 3 changements, la latence corrigée est  $L_{\text{patients}} = 0.94$  ( $esm_{\text{patients}} = 0.10$ ).

Dans le groupe contrôle, la latence corrigée, dans la condition 1 changement, est  $L_{\text{contrôles}} = 1.38$  ( $esm_{\text{contrôles}} = 0.11$ ), alors que dans la condition 3 changements, la latence corrigée est  $L_{\text{contrôles}} = 1.08$  ( $esm_{\text{contrôles}} = 0.06$ ).

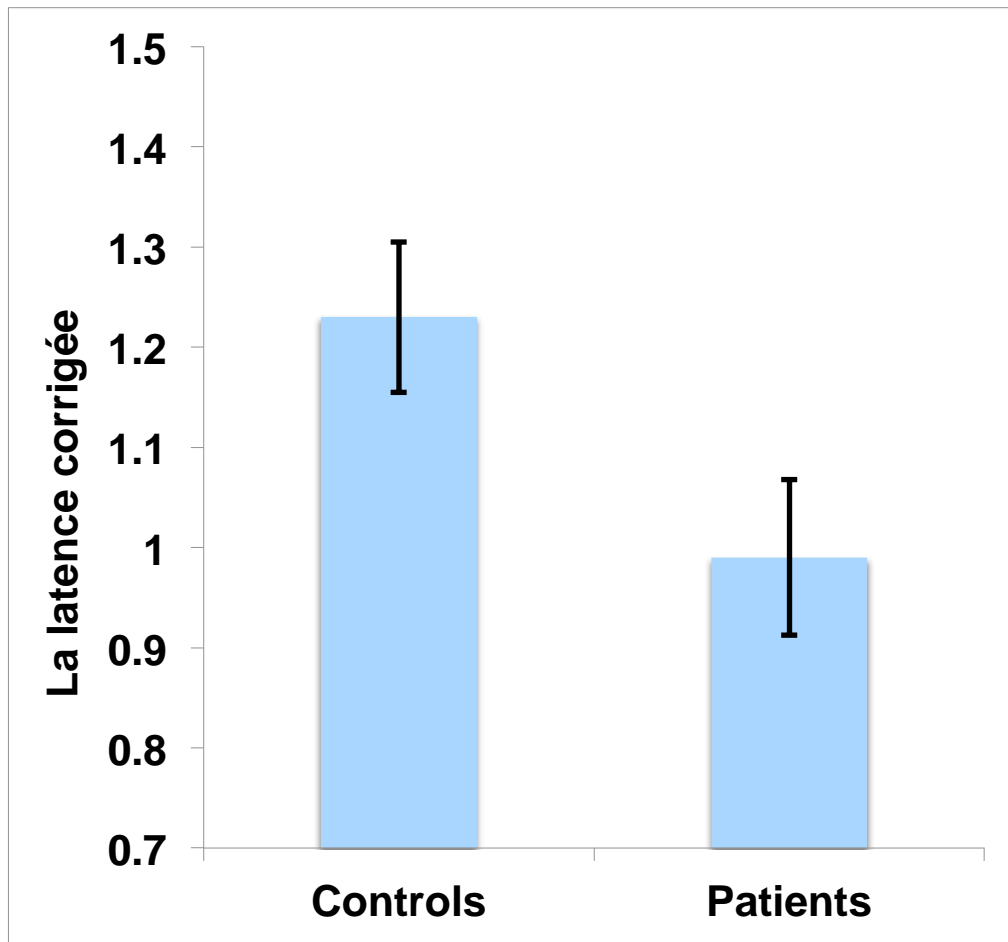


Figure 5: Moyenne des latences corrigées pour les groupes. . Les barres d'erreur indiquent l'erreur standard de la moyenne.

Par ailleurs, nous avons mis en évidence un effet de l'amplitude du changement sur les performances mesurées par la latence corrigée : ( $F(1, 29) = 5.7741; p = 0.023$ ). Cette latence a été plus courte pour les changements de grande amplitude (3 changements), comparée aux changements de faible amplitude (1 changement), avec  $Lc3 = 1.01$  ( $esm3 = 0.05$ ) and  $Lc1 = 1.21$  ( $esm1 = 0.08$ ).

Cependant, nous n'avons pas observé d'interaction significative de l'effet du groupe et de l'effet de l'amplitude du changement sur la latence corrigée : ( $F(1, 29) = 1.49, p = 0.23$ ).

Nous n'avons pas mis en évidence de corrélation entre les temps de réponse, les D prime ou les latences corrigées et les doses journalières d'antipsychotiques, de benzodiazépine, l'âge ou les différentes dimensions de la PANSS.

#### **4. DISCUSSION**

Cette étude avait pour objectif d'évaluer l'effet de l'apparition soudaine d'une information visuelle en utilisant une tâche écologique de cécité au changement pour des patients atteints de schizophrénie. Les résultats montrent que (1) les sujets contrôles sont plus rapides et plus efficaces que les patients pour rapporter explicitement la détection d'un changement (temps de réponse et D prime), (2) les patients sont plus rapides que les sujets contrôles en ce qui concerne la détection implicite des changements (mouvements oculaires), et enfin (3) quelque soit le groupe, augmenter l'amplitude des changements facilitent la détection de ces derniers.

Nos principaux résultats montrent une surprenante dissociation entre des réponses implicites et explicites : les yeux des patients se fixent plus rapidement sur les changements alors qu'ils rapportent les changements plus lentement que les sujets contrôles. Ainsi, les yeux des patients se sont orientés plus rapidement vers l'apparition soudaine d'un changement, même si cette apparition est atténuée par un paradigme de flicker. Nous avons confirmé la sensibilité des patients à l'apparition soudaine d'une information visuelle en utilisant un paradigme qui a permis de mesurer des meilleures performances chez les patients, ce qui de ce fait réduit les effets d'un déficit attentionnel non spécifique. Par ailleurs, l'utilisation d'une réponse implicite nous a permis de contrôler que cet effet n'est pas le résultat d'un biais de décision. Cette meilleure détection des changements peut être associée aux résultats récents de Lalanne et collaborateurs faisant référence à la détection asynchrone (Lalanne et al., 2012). Dans leur expérience, les auteurs présentaient deux carrés distincts, apparaissant séparés d'un intervalle

allant de 0 à 92 msec. Il était demandé aux participants de presser le bouton réponse de gauche si les carrés apparaissent simultanément et de presser le bouton réponse de droite si les carrés n'apparaissent pas simultanément. Les auteurs explorent ainsi l'effet Simon, qui fait référence au fait que les réponses soient biaisées lorsqu'elles surviennent du côté du stimulus cible. Les auteurs ont montré, à partir de l'exploration de processus implicites d'asynchronie, que les patients atteints de schizophrénie étaient très réactifs aux informations fournies par une apparition soudaine, tandis que les sujets contrôles anticipaient des informations ultérieures. Dans notre étude, cette hyperréactivité peut orienter les yeux des patients vers un changement soudain, alors que les sujets contrôles se focaliseraient sur le minimum d'informations nécessaires à la compréhension de la scène, créant ainsi la « grand illusion » comme le prévoient les effets de la cécité au changement (O'Regan, 1992).

Au sujet du paradigme de cécité au changement, plusieurs études ont montré que l'enregistrement seul d'une mesure comportementale peut sous-estimer le niveau de détail des représentations visuelles. Thornton et al. ont ainsi montré que l'absence de détection d'un changement ne signifie pas forcément que le détail n'est pas représenté mais que l'enregistrement d'une mesure explicite peut être insuffisante pour rapporter le changement. (Thornton & Fernandez-Duque, 2004). D'autres études ont comparé le « sensing versus seeing » pour conclure en une conscience du changement qui peut être partielle. (Galpin et al. 2008 ; Rensink, 2004). De plus, Watanabe (2003) a montré que des participants pouvaient rapporter l'intuition d'avoir localisé un changement sans nommer ce dernier. Ces résultats ont été confirmés par une étude en électrophysiologie (Busch et al. 2010). En association avec l'enregistrement d'une réponse explicite, la mesure d'une réponse implicite représente un atout considérable afin de mieux estimer le niveau de traitement des informations visuelles dans un paradigme de cécité au changement. Par ailleurs, cela semble cohérent avec

l'hypothèse d'un délai de réponse entre une détection implicite et explicite qui peut s'expliquer par la nécessité de confirmer le changement avant de presser sur le bouton réponse (Galpin et al. 2008 ; Jensen et al. 2011). Dans notre étude, nous pouvons supposer que les patients ont attendu plus longtemps que les sujets contrôles pour presser le bouton réponse en raison de la présence d'un déficit cognitif important, impliquant notamment la prise de décision, générant ainsi des stratégies de réponse différentes.

Au final, la dissociation entre une réponse implicite et explicite peut être interprétée comme un déficit d'accès à la conscience perceptive et plus particulièrement par un trouble des étapes ultérieures de la perception plutôt que comme une altération des processus visuels de bas niveaux. Dans une étude, Del Cul et collaborateurs ont utilisé des chiffres arabes comme stimuli et ont quantifié leur degré de visibilité afin d'évaluer un seuil d'accès à la conscience (Del Cul et al., 2006). Ils ont montré que l'amorçage subliminal de numéros masqués était identique chez les patients et les sujets contrôles, alors que le temps de réponse pour la perception consciente des stimuli masqués était plus long chez les patients que chez les sujets contrôles. Ils ont ainsi montré que les patients atteints de schizophrénie avaient un déficit d'accès à la conscience, qui n'était pas causé par une altération des processus visuels de bas niveaux mais plutôt par des perturbations situées à des étapes ultérieures de la perception, impliquées dans l'intégration consciente de l'information visuelle. Avant l'étude de Del Cul et collaborateurs, des résultats ont montré un amorçage subliminal intact pour les numéros écrits à la fois en lettres et chiffres (Dehaene et al., 2003). L'absence d'un déficit dans les étapes précoces d'un traitement de « feed-forward » souligne que des réponses non conscientes, telles que les analyses visuelles précoces, peuvent être préservées dans la schizophrénie. Concernant une autre modalité sensorielle, Keri et collaborateurs ont également montré la présence d'un déficit lors de masquage auditif, malgré la conservation de traitement de bas niveau (Kéri et al., 2005). Enfin, une tâche de « clignement attentionnel » ou

« attentional blink » utilisant des mesures électrophysiologiques a montré que le déficit était dû à des déficits de traitement attentionnel et non perceptif, ce qui a permis de conclure que les déficits se situaient dans des étapes ultérieures de traitement visuel (Mathis et al., 2012). Nos résultats sont cohérents avec cette proposition d'un déficit d'accès à la conscience. Les difficultés des patients à rapporter des changements peuvent résulter d'un déficit d'accès à la conscience perceptive, déficit qui ne serait pas en lien avec l'extraction de l'information visuelle mais qui pourrait être généré par des étapes plus avancées dans le traitement de l'information.

Que les yeux des patients détectent plus rapidement peut paraître quelque peu surprenant au vu de la littérature au sujet des mouvements oculaires dans la schizophrénie (pour une revue, voir Toh et al., 2011). Différentes études ont mis en évidence un défaut d'exploration visuelle du monde qui nous entoure dans la schizophrénie (Bestelmeyer et al., 2006; Delerue et al., 2010; Gaebel et al., 1987; Green et al., 2003; Loughland et al., 2002; Tonoya et al., 2002; Williams et al., 2003). Cependant, cette tendance a été contrôlée dans notre étude par l'application d'une correction sur les données des mouvements oculaires, en se référant à une exploration de base pour les scènes ne contenant pas de changement.

Les patients étaient sous traitement pharmacologique durant l'étude, ce qui pourrait constituer une limite à nos résultats. Cependant, nos analyses n'ont pas identifié de corrélation entre nos variables dépendantes et les doses des traitements psychotropes. De plus, il est important de noter que les traitements prescrits dans la schizophrénie devraient engendrer une exploration visuelle plus lente et non pas une amélioration des performances comme retrouvée dans notre étude (Müller et al., 1999).

Notre étude comprend un résultat supplémentaire présent à la fois pour les patients et les sujets contrôles. La mesure de la réponse motrice révèle que les changements sont plus

précisément et plus rapidement détectés dans la condition « 3 changements » que dans la condition « 1 changement » pour les réponses implicites et explicites. Dans la condition « 3 changements », il est possible que la force du signal visuel dépasse un seuil d'alerte du système cognitif, ce qui impliquerait la perception d'au moins 1 changement dans la scène, alors que le signal resterait plus fréquemment sous le seuil dans la condition « 1 changement ». Ainsi, le système indiquerait une certaine tolérance en ce qui concerne la perception de scènes visuelles contenant des changements subtils. Smilek et collaborateurs (2000) ont montré que des gros changements sont plus faciles à détecter que des petits changements (Smilek et al. 2000). Cependant, dans leur expérience, ils ne modifient pas le nombre de changements entre deux scènes A et A' mais la forme globale de l'objet changé. Notre étude complète ces résultats en montrant que l'amplitude des changements est un facteur influençant la cécité au changement.

Notre étude confirme la sensibilité à l'apparition soudaine d'une information dans la schizophrénie à partir de stimuli écologiques grâce à un paradigme qui contourne les effets d'un déficit général non attentionnel. La surprenante dissociation entre les réponses motrices et oculomotrices pourrait être interprétée comme un déficit d'accès à la conscience perceptive dans la schizophrénie. Ainsi, les patients semblent surchargés par des détails visuels mais également incapables d'extraire une information pertinente. Cette double caractéristique pourrait constituer deux axes complémentaires concernant la remédiation du traitement de l'information dans la schizophrénie. Par ailleurs, la présence de ce déficit avec des stimuli environnementaux peut présenter un intérêt pour diverses techniques thérapeutiques, comme par exemple la thérapie cognitive ou des techniques utilisant des environnements virtuels.

**ETUDE 3 : IMPACT DE LA SAILLANCE  
EMOTIONNELLE SUR  
L'EXPLORATION VISUELLE DANS LA  
SCHIZOPHRENIE**



## **1. INTRODUCTION :**

La présence de troubles émotionnels a été évoquée dès les premières descriptions du concept de schizophrénie (Bleuler, 1950). De nombreuses constatations cliniques font état de perturbations en ce qui concerne le vécu ou l'expérience que rapportent les patients au sujet des émotions. Cependant en condition expérimentale, une méta-analyse met en avant que l'expérience de l'émotion serait identique entre les groupes contrôles et les groupes de patients (Cohen & Minor, 2010; Kring & Moran, 2008). Il semblerait alors que les troubles ne se situent pas au niveau de l'expérience des émotions, mais au niveau du traitement de l'information émotionnelle.

Par ailleurs, lors de l'étude des comportements et des interactions sociales, il apparaît que l'impact des émotions est majeur, ainsi la valeur émotionnelle donnée à un objet (ou saillance) provoquerait une augmentation du traitement cognitif par l'intermédiaire de phénomènes attentionnels (Dolan, 2002). La saillance émotionnelle d'un objet peut être définie par sa valence et son activation (Bradley & Lang, 1994). La valence se caractérise par la quantité de l'émotion allant d'une valence négative à une valence positive en passant par un intermédiaire neutre. L'activation est définie par la quantité de stimulation provoquée par l'image. Ainsi la charge émotionnelle d'un objet peut être mesurée à partir de ces paramètres. Lors de l'exploration d'une scène, les objets présents ne portant pas la même charge émotionnelle peuvent avoir une influence différente sur le fait d'être capturé ou non par l'attention. D'après les théories sur les systèmes de traitement de l'information visuelle, seule une quantité limitée d'information serait extraite d'une scène afin de permettre une reconstruction de l'ensemble de l'environnement (Rensink et al., 1997). A partir de ce modèle, il semble évident que le choix de ces quelques objets sélectionnés se fera en fonction de l'importance ou de la pertinence de l'objet dans la compréhension de la scène et que les

objets non pertinents seront rejetés. Par ailleurs, la charge émotionnelle d'un objet, comme nous l'avons décrite précédemment, pourrait influencer la capture de l'attention et ainsi modifier le schéma de capture des informations pertinentes.

Plusieurs travaux ont montré que les patients atteints de schizophrénie rencontraient des difficultés à sélectionner l'information pertinente et à ignorer les distracteurs (Ducato et al., 2008). Nos travaux récents ont montré que ce déficit pouvait s'exprimer par une modification du trajet oculaire à travers une mobilisation de l'attention sur l'apparition de changements même si ceux-ci n'étaient pas pertinents à la compréhension de la scène (Grandgenevre et al., 2015). De plus, plusieurs études, utilisant un paradigme de « clignement attentionnel » ou « attentional-blink », montrent que les patients présentent un déficit plus marqué que les sujets contrôles pour la détection de cibles (Walsh-Messinger et al., 2014). Notons que dans ces études, le facteur de charge émotionnelle n'était pas pris en compte.

Dans la plupart des travaux réalisés avec des patients atteints de schizophrénie, il est difficile d'isoler un déficit cognitif spécialisé. Dans une étude préalable (Grandgenevre et al., 2015), nous avons montré que l'enregistrement d'une réponse implicite permettait de préciser l'origine du déficit et apportait des informations supplémentaires à l'enregistrement d'une réponse explicite seule. L'oculomètre offre la possibilité d'obtenir, lors d'un même paradigme, une réponse implicite par l'enregistrement des mouvements oculaires et une réponse explicite grâce à l'enregistrement d'une réponse motrice.

Le paradigme de cécité au changement permet d'utiliser des stimuli proches de la vie quotidienne en se basant sur des environnements visuels complexes. (Felsen & Dan, 2005).

Selon Rensink et collaborateurs, le paradigme de cécité au changement est en lien avec les théories sur l'exploration visuelle préalablement citées (Rensink et al., 1997). Ce paradigme

permet également de moduler des facteurs comme la pertinence de l'objet changé, ses caractéristiques physiques ou encore sa charge émotionnelle. Dans notre précédente étude, les résultats ont montré une surprenante dissociation entre des réponses implicites et explicites : les yeux des patients se fixent plus rapidement sur les changements alors qu'ils rapportent les changements plus lentement que les sujets contrôles. Ces résultats confirment une sensibilité accrue pour les patients lors de l'apparition soudaine d'une information visuelle. Or, dans cette expérience, les objets changés n'étaient pas pertinents à la compréhension de la scène et leur charge émotionnelle n'était pas contrôlée.

Dans cette étude, nous avons étudié la sélection de l'information visuelle dans la schizophrénie à partir de stimuli écologiques et d'un paradigme de cécité au changement.

En raison de la sensibilité à l'apparition soudaine d'une information observée dans la schizophrénie, nous nous attendons à ce que les patients soient plus attirés par certains éléments d'une scène, ignorées par les sujets contrôles. Cependant, sachant que les objets dits émotionnels engendrent une mobilisation plus accrue des mécanismes attentionnels et qu'il existe dans la schizophrénie des déficits du traitement de l'information émotionnelle, nous pouvons émettre comme hypothèse une inversion des performances. Ainsi, les patients seraient plus efficaces dans la détection d'un changement dit « neutre » que les sujets contrôles. En revanche ils seraient moins efficaces dans la détection d'un changement dit « émotionnel » que les sujets contrôles.

De plus, sachant que pour les patients, les altérations se situeraient plus au niveau du traitement de l'information émotionnelle que de l'expérience émotionnelle, nous pouvons émettre l'hypothèse que les changements dits « émotionnels » soient mieux et plus rapidement détectés que les changements dits « neutres » quelque soit le groupe.

## **2. METHODE**

### **2.1 Participants**

#### **2.1.1 Patients**

Neuf patients atteints de schizophrénie ont été recrutés à partir du service de Psychiatrie Générale du CHRU de Lille.

Les critères d'inclusion ont été : homme ou femme de plus de 18 ans, un diagnostic de schizophrénie selon le DSM-IV (American Psychiatric Association,, 1994) et une vision normale ou corrigée.

Les critères d'exclusion comprenaient des antécédents de maladie neurologique ou de traumatisme cérébral survenu dans les 6 mois et la prise de toxique ou d'alcool le jour du test.

Tous les patients étaient traités par antipsychotiques et étaient cliniquement stables au moment du test. Les symptômes de schizophrénie ont été mesurés grâce à la PANSS : the Positive and Negative Syndrome Scale (PANSS) (Kay et al. 1987).

Le comité éthique du CHRU de Lille a approuvé la réalisation de cette étude. Un consentement écrit a été obtenu pour chacun des participants.

#### **2.1.2 Contrôles**

Neuf sujets contrôles appariés en âge et en sexe avec les patients ont été recrutés. Les sujets contrôles ne présentaient pas de trouble psychiatrique de l'axe 1 du DSM IV selon le test du MINI.

Les critères d'inclusion étaient : homme ou femme de plus de 18 ans, une affiliation à un régime de sécurité sociale, une acuité visuelle normale ou corrigée à la normale.

## 2.2 Stimuli

Les 96 stimuli utilisés étaient des scènes de la vie courante comprenant le changement d'un objet dit « neutre » en un objet dit « émotionnel » (Figure 1). Des volontaires sains ont passé des échelles d'activation et de valence émotionnelle en pré-test afin de sélectionner les objets changés (Self Assessment Manikin, (Bradley & Lang, 1994) (Figure 2). Un objet est neutre si son activation émotionnelle (quantité de stimulation provoquée par l'image) est proche de 1/9 et si sa valence émotionnelle (qualité de l'émotion) est proche de 5/9. Un objet a une charge émotionnelle positive si son activation émotionnelle est proche 9/9 et si sa valence émotionnelle est proche de 9/9. Un objet a une charge émotionnelle négative si son activation émotionnelle est proche 9/9 et si sa valence émotionnelle est proche de 1/9.



*Figure 1 : Exemple de changement d'un objet neutre en un objet émotionnel*

Les 96 stimuli utilisés étaient des cuisines, des salles de bains, des chambres, des garages, des bureaux et des jardins. Sur ces 96 scènes, 32 scènes ne présentaient aucun changement, 32 scènes présentaient un changement d'un objet neutre en un objet neutre et 32 scènes présentaient un changement d'un objet neutre en un objet émotionnel.

Parmi les 32 scènes présentant un changement d'un objet neutre en un objet émotionnel, 16 scènes présentaient un changement d'un objet neutre en un objet à charge émotionnelle positive et 16 scènes présentaient un changement d'un objet neutre en un objet à charge émotionnelle négative. Les objets changés étaient tous des objets d'intérêt mineur (non pertinent) à la compréhension de la scène.

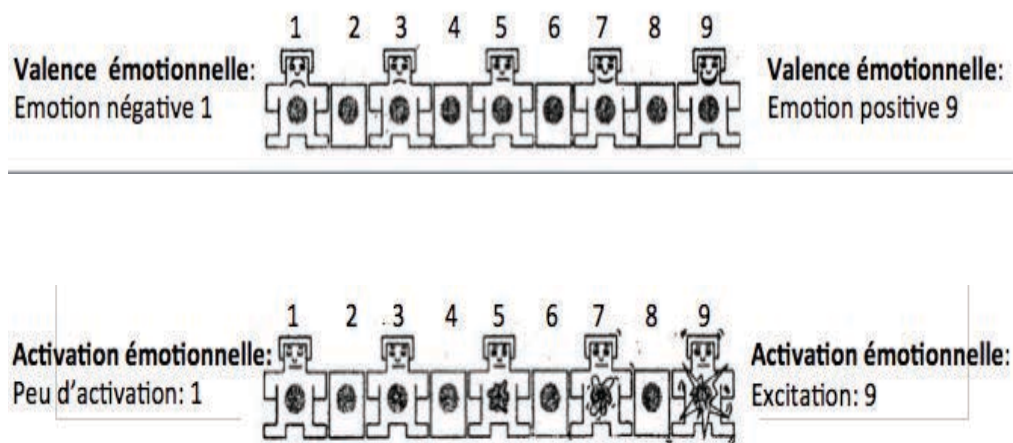
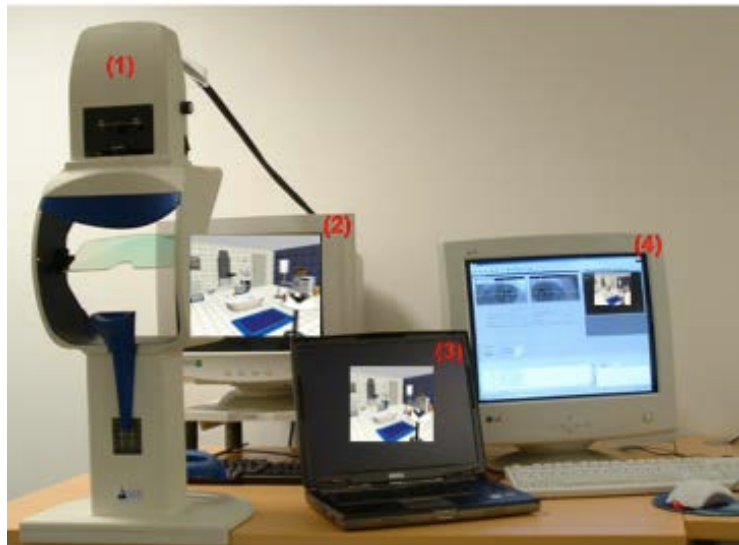


Figure 2 : Echelles d'activation émotionnelle et de valence émotionnelle

## 2.3 Matériel

Les stimuli ont été réalisés à partir du logiciel Architecture® et étaient présentés sur un écran de 17 pouces (2) connecté à un ordinateur PC portable (3) duquel le logiciel Présentation® était actionné. Le logiciel Présentation® permettait la programmation du scénario de présentation des scènes. La réponse motrice était enregistrée par une pression d'un bouton réponse sur un clavier connecté à l'ordinateur PC portable (3) permettant ainsi de mesurer les temps de réponse moteurs par le logiciel Présentation®. Le sujet était assis sur un tabouret, la tête et le menton positionnés contre l'oculomètre (1) et à une distance de 60 cm de l'écran (figure 3). L'oculomètre (1) émettait une lumière infrarouge dont le reflet était envoyé sur la

cornée ce qui permettait de repérer les mouvements des reflets pupillaires et cornéens et ainsi les fixations et saccades oculaires. Les enregistrements oculaires étaient transmis à un autre ordinateur PC fixe (4) pour y être enregistrés. Cet ordinateur PC fixe (4) permettait également d'effectuer la calibration de la caméra aux yeux du sujet. Les données des enregistrements oculaires ont été analysées par le logiciel Begaze®.

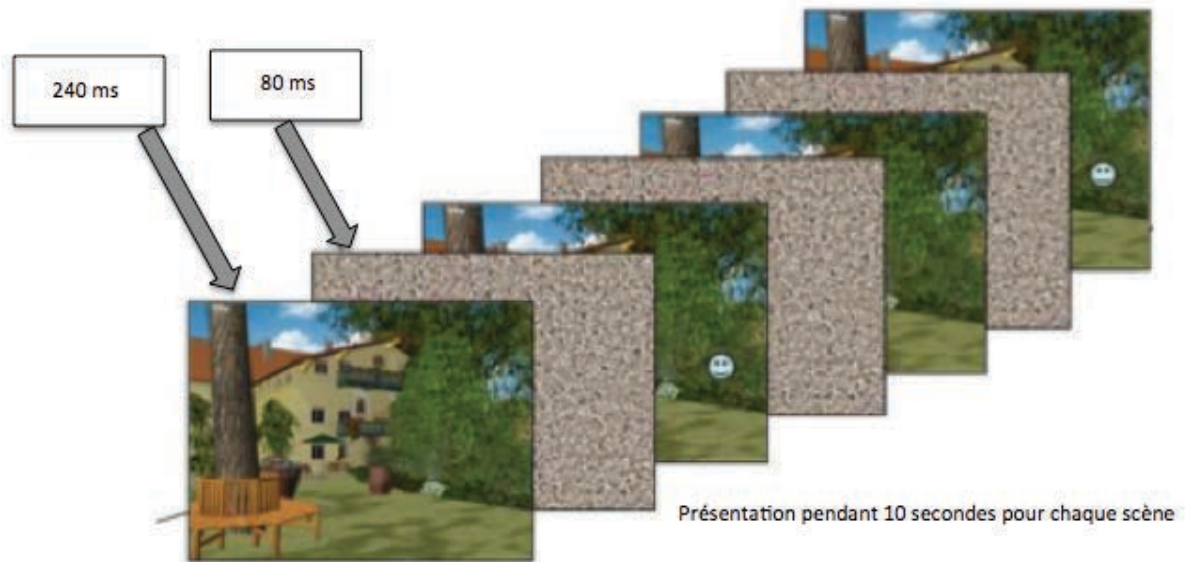


*Figure 3: Matériel employé pour les expériences en exploration visuelle*

## **2.4 Procédure**

Les participants ont passé le test expérimental d'une durée de 30 minutes et durant lequel le sujet était assis sur un tabouret à une distance de 60 cm de l'écran. Le front et le menton du participant étaient positionnés contre l'oculomètre afin de maintenir la tête bien fixe. Les 96 scènes étaient présentées aléatoirement selon le paradigme de cécité au changement par flickering (figure 4). Les stimuli étaient présentés pendant une durée de 240ms, entrecoupés par un masque de 80ms, pour une durée totale de 10 secondes par scène. Le masque était construit à partir d'une scène texturée à l'aide du modèle de Portilla et Simoncelli et était

présenté en niveau de gris (Portilla & Simoncelli, 2000) (figure 5). La consigne était d'appuyer sur un bouton réponse dès la détection d'un changement. Les mouvements oculaires étaient parallèlement enregistrés par l'oculomètre.



*Figure 4 : Scènes présentées par flickering*



*Figure 5 : Masque adapté d'un modèle de Portilla et Simoncelli (2000)*

Après passation du paradigme expérimental, chaque sujet inclus dans l'étude a évalué l'activation émotionnelle et la valence émotionnelle des 128 objets ayant fait l'objet d'un



changement en utilisant les échelles d'activation et de valence émotionnelles (Bradley & Lang, 1994).

## **2.5 Analyse des données :**

Les données ont été analysées grâce au logiciel STATISTICA, version 7.1 (StatSoft Inc.).

Deux des 9 patients ont été exclus de l'étude en raison d'une incompréhension des consignes.

### **2.5.1 Mesure explicite :**

La réponse explicite correspondant à une réponse comportementale a été mesurée grâce au temps de réponse et par un indice de sensibilité au changement (D prime) basé sur la théorie de détection du signal (Green & Swets, 1966).

L'indice de sensibilité permet d'intégrer le nombre de détections correctes mais également le nombre de détections oubliées et les fausses alarmes (ou fausses détections). Il permet ainsi d'évaluer la capacité à discriminer un signal dans un ensemble de bruits.

Ici, le taux de bonnes réponses représente le nombre de scènes contenant un changement pour lesquelles un changement a été rapporté, et le taux de fausses alarmes représente le nombre de scènes sans changement pour lesquelles un changement a été rapporté.

### **2.5.2 Mesure implicite :**

Nous avons mesuré la localisation et la durée des fixations. Toutes les fixations hors du champ d'exploration ont été exclues.

La variable principale était la latence moyenne avant la 1<sup>ère</sup> entrée (LPE) en zone d'intérêt (ZI). Cette variable correspond à la durée totale jusqu'à ce que le participant réalise une première fixation en zone d'intérêt. Les zones d'intérêt sont les régions comprenant les changements. Elles ont été préalablement déterminées grâce au logiciel Begaze. Les zones d'intérêt ont une taille comprise entre 2,5 et 4,5 degrés d'angle visuel.

Afin de s'assurer que les différences de mesures ne soient pas le résultat de capacités d'exploration visuelle basale mais plutôt le résultat de la sensibilité au changement, nous avons calculé une correction de la LPE, que nous avons nommé : latence corrigée (LC).

Pour cela, nous avons calculé un ratio entre la LPE en ZI pour les stimuli cibles comprenant des changements et la LPE en ZI pour les stimuli contrôles ne comprenant pas de changement. Les ZI des stimuli contrôles sont les régions qui contenaient des changements lorsque les stimuli sont utilisés en tant que cible dans les autres sets. Ainsi, les conditions contrôles contiennent trois ZI étant donné le nombre de changement dans les stimuli cibles.

$$Lc = \frac{\text{LPE en ZI(c)}}{\text{LPE en ZI (non c)}}$$

Lc: Latence corrigée

LPE en ZI(c): latence avant la 1<sup>ère</sup> entrée en zone d'intérêt pour les stimuli contenant des changements

LPE en ZI (non c): latence avant la 1<sup>ère</sup> entrée en zone d'intérêt pour les stimuli ne contenant pas de changement

Le ratio doit être interprété de la façon suivante : plus le ratio est bas, moins les participants sont perturbés pour détecter le changement, à l'inverse plus le ratio est élevé, plus les participants sont perturbés pour détecter le changement.

La dispersion des données dans les échantillons ne permettant pas de respecter les conditions de normalité, nous avons donc utilisé des tests non paramétriques. Nous avons réalisé une comparaison des moyennes de temps de réponse, des  $d$  prime et des latences corrigées pour les patients et les sujets contrôles par un test U de Mann-Whitney dans chaque condition.

Par ailleurs, nous avons comparé les moyennes de temps de réponse, des  $D$  prime et des latences corrigées entre les deux conditions (neutre et émotionnelle) par un test de Wilcoxon chez les patients comme chez les sujets contrôles.

Des analyses de corrélations entre les temps de réponse, les  $D$  prime ou les latences corrigées et les doses journalières d'antipsychotiques, de benzodiazépine, l'âge ou les différentes dimensions de la PANSS ont été réalisées par analyse des corrélations de Spearman.

### **2.5.3 Mesure des activations et des valences des objets changés.**

En post test, nous avons demandé aux patients et aux sujets contrôles de donner une valeur d'activation et de valence aux objets changés selon une échelle d'activation et de valence émotionnelles (Self Assessment Manikin, Bradley & Lang, 1994). Deux sujets contrôles n'ont pas répondu au questionnaire.

Le test de Kolmogorov Smirnov a testé la normalité de nos variables. Les comparaisons de moyennes entre les 2 groupes de sujets et les différentes conditions expérimentales (activation et valence) ont été réalisées par des tests  $t$  de Student. Le seuil de significativité a été défini pour un risque  $\alpha = 5\%$ .

### 3. RESULTATS

Les caractéristiques des groupes telles que l'âge, le sexe, les scores à la PANSS et les traitements sont répertoriées dans le tableau ci dessous.

Tableau 1: Caractéristiques cliniques et démographiques des patients atteints de schizophrénie et des sujets contrôles

Caractéristiques	Groupe; moyenne (ESM) Patients n=7	Contrôles n=9
Age, année	40.43 (2.66)	42.44 (3.38)
Sexe, nbre. masculin: féminin	5: 2	6: 3
Antipsychotique, mg équivalence chlorpromazine	851.43 (224.41)	-
Benzodiazepine, mg équivalence diazepam	25 (10.12)	-
Score de la PANSS		-
Symptômes positifs	16.29	-
Symptômes négatifs	17.43	-
Psychopathologie générale	33.86	-
Total	67.58	-

PANSS = Positive and Negative Syndrome Scale  
ESM = erreur standard de la moyenne

#### 1.1 La réponse explicite

##### 1.1.1 Le temps de réponse (TR)

###### 1.1.1.1 Le temps de réponse pour les stimuli neutres :

Nous n'avons pas mis en évidence de différence significative entre les moyennes des temps de réponse moteur pour les stimuli neutres entre le groupe contrôle et le groupe patient avec

TR contrôles = 5950 msec (esm contrôles = 543) et TR patients = 5611 msec (esm patients = 1700).  
(U=31 Z=0,05 p=0,96)

### 1.1.1.2 Le temps de réponse pour les stimuli émotionnels :

Nous n'avons pas mis en évidence de différence significative entre les moyennes des temps de réponse moteur pour les stimuli émotionnels entre le groupe contrôle et le groupe patient avec TR contrôles = 4822 msec (esm contrôles = 705) et TR patients = 4983 msec (esm patients = 1516). (U=17 Z=1,53 p=0,12)

### 1.1.1.3 Le temps de réponse en fonction du groupe :

La comparaison des moyennes des temps de réponse moteur entre les deux conditions neutres et émotionnelles par un test de Wilcoxon ne retrouvait pas de différence significative chez les patients (Z=1,18 ; p=0,24), en revanche les sujets contrôles ont un temps de réponse moteur plus court pour les stimuli émotionnels que pour les stimuli neutres (Z=2,67 ; p < 0,01).  
(Figure 6).

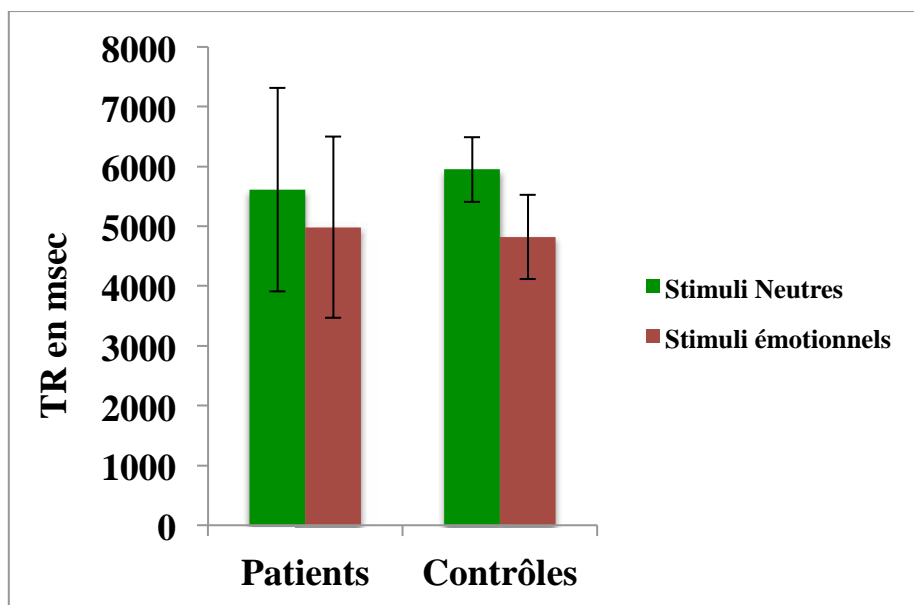


Figure 6: Moyenne des temps de réponse en fonction des stimuli et des groupes. Les barres d'erreur indiquent l'erreur standard de la moyenne.

### **3.1.2 La sensibilité au changement (D prime) selon la réponse motrice**

#### **3.1.2.1 La sensibilité au changement (D prime) selon la réponse motrice pour les stimuli neutres :**

Nous avons mis en évidence une tendance statistique entre les moyennes des D prime pour les stimuli neutres entre le groupe contrôle et le groupe patient avec  $D_{\text{prime}}^{\text{contrôles}} = 1,83$  ( $esm_{\text{contrôles}} = 0,39$ ) et  $D_{\text{prime}}^{\text{patients}} = 1,27$  ( $esm_{\text{patients}} = 0,65$ ). ( $U=15$   $Z=-1,75$   $p=0,08$ ). Les sujets contrôles auraient tendance à mieux détecter les stimuli neutres que les patients. (Figure 7).

#### **3.1.2.2 La sensibilité au changement (D prime) selon la réponse motrice pour les stimuli émotionnels :**

Les sujets contrôles ont de meilleurs capacités à détecter les changements émotionnels que les patients : avec un  $D_{\text{prime}}^{\text{contrôles}} = 2,46$  ( $esm_{\text{contrôles}} = 0,46$ ) et un  $D_{\text{prime}}^{\text{patients}} = 1,51$  ( $esm_{\text{patients}} = 1,02$ ) (Figure 6), ( $U=13$   $Z=-1,96$   $p=0,05$ ) (Figure 7).

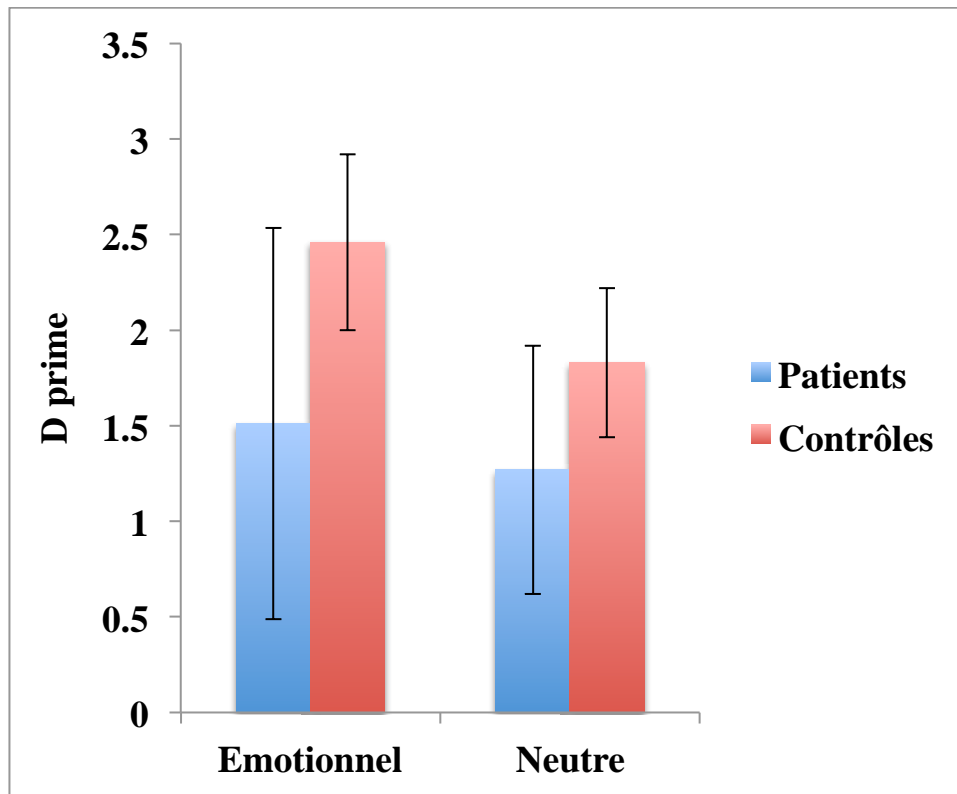


Figure 7: Moyenne des D prime en fonction des groupes et des conditions neutre et émotionnelle. Les barres d'erreur indiquent l'erreur standard de la moyenne.

### 3.1.2.3 La sensibilité au changement (D prime) selon la réponse motrice en fonction des groupes :

La comparaison des moyennes des D prime entre les deux conditions neutres et émotionnelles par un test de Wilcoxon ne retrouvait pas de différence significative chez les patients ( $Z=1,01$  ;  $p=0,31$ ), en revanche les sujets contrôles détectent mieux les stimuli émotionnels que les stimuli neutres ( $Z=2,55$  ;  $p=0,01$ ).

## 3.2 La réponse implicite : la latence corrigée

### 3.2.1 La réponse implicite : la latence corrigée pour les stimuli neutres

Nous n'avons pas mis en évidence de différence significative entre les moyennes des latences corrigées pour les stimuli émotionnels entre le groupe contrôle et le groupe patient avec Lc

contrôles = 1,01 (esm contrôles = 0,30) et  $Lc_{patients} = 0,91$  (esm patients = 0,28). ( $U=23$   $Z=-0,90$   $p=0,37$  ou  $0,40$ ) (Figure 8).

### 3.2.1.2 La réponse implicite : la latence corrigée pour les stimuli émotionnels

Pour la comparaison des moyennes des latences corrigées, nous remarquons une tendance statistique ( $U=15$   $Z=1,75$   $p=0,08$ ) avec une latence corrigée :  $Lc_{contrôles} = 0,82$  (esm contrôles = 0,17) et  $Lc_{patients} = 1,18$  (esm patients = 0,34) (Figure 7), pouvant indiquer que les yeux des sujets contrôles auraient tendance à se diriger plus rapidement vers les changements émotionnels que les yeux des patients (Figure 8).

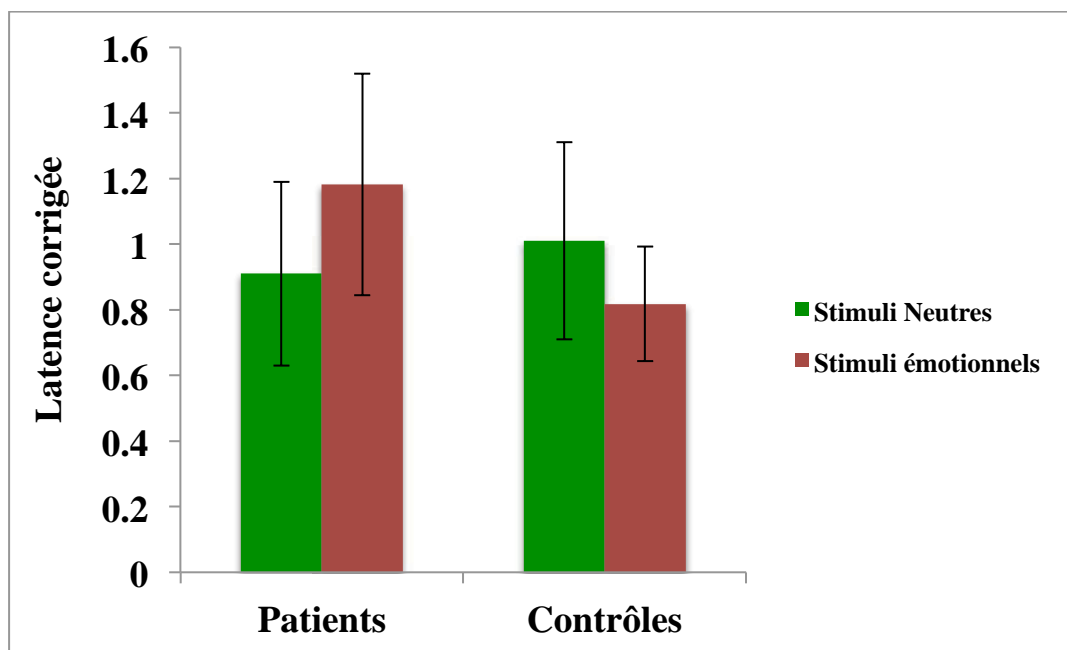


Figure 8: Moyenne des latences corrigées pour les groupes en fonction des conditions neutre et émotionnelle. Les barres d'erreur indiquent l'erreur standard de la moyenne.



### **3.2.1.3 La réponse implicite : la latence corrigée en fonction des groupes :**

La comparaison des moyennes des latences corrigées entre les deux conditions neutres et émotionnelles par un test de Wilcoxon retrouvait une différence significative chez les patients ( $Z=2,03$  ;  $p=0,04$ ). Les yeux des patients se dirigent plus rapidement vers les stimuli neutres que les stimuli émotionnels. On retrouve également une différence significative chez les sujets contrôles ( $Z=2,07$  ;  $p=0,04$ ), cependant, à l'inverse des patients, les yeux des sujets contrôles se dirigent plus rapidement vers les stimuli émotionnels que les stimuli neutres (Figure 8).

Nous n'avons pas mis en évidence de corrélations entre les temps de réponse, les D prime ou les latences corrigées et les doses journalières d'antipsychotiques, de benzodiazépine, l'âge ou les différentes dimensions de la PANSS.

### **3.3 Activation et Valence des objets changés :**

#### **3.3.1 Activation des objets changés en fonction des conditions neutres et émotionnelles :**

Nous avons mis en évidence une tendance statistique concernant la comparaison des moyennes des activations entre les stimuli neutres ( $Act_{neutre}= 3,36$  ;  $esm = 1,93$ ) et les stimuli émotionnels ( $Act_{emo}= 5,2$  ;  $esm= 1,45$ ) pour le groupe patient ( $t(12)= -2,01$  ;  $p=0,07$ ) (Figure 9).

Nous avons mis en évidence une différence significative concernant la comparaison des moyennes des activations entre les stimuli neutres ( $Act_{neutre}= 1,32$ ;  $esm = 0,54$ ) et les stimuli

émotionnels ( $Act_{emo} = 3,56$ ;  $esm = 1,69$ ) pour le groupe contrôle ( $t(12) = 3,34$ ;  $p = 0,006$ ) (Figure 9).

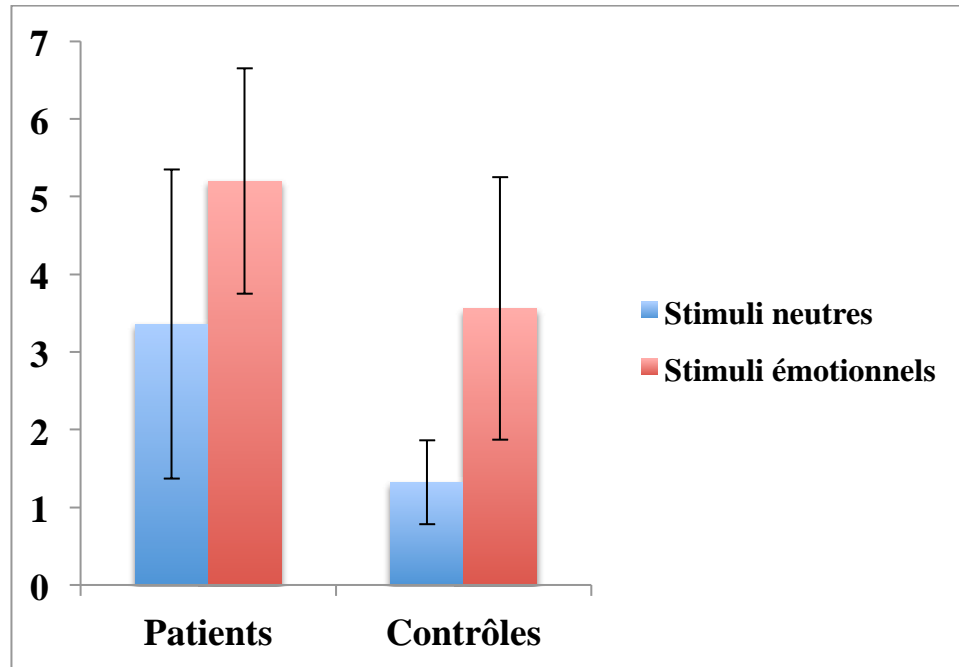


Figure 9: Moyenne des activations pour les groupes en fonction des conditions neutre et émotionnelle. Les barres d'erreur indiquent l'erreur standard de la moyenne.

### 3.3.2 Activation des objets changés en fonction des groupes :

Nous avons mis en évidence une tendance statistique concernant la comparaison des moyennes des activations entre le groupe patient ( $Act_{patients} = 5,2$ ;  $esm = 1,45$ ) et le groupe contrôle ( $Act_{contrôle} = 3,56$ ;  $esm = 1,69$ ) pour les stimuli émotionnels ( $t(12) = 1,95$ ;  $p = 0,08$ ).

Nous avons mis en évidence une différence significative concernant la comparaison des moyennes des activations entre le groupe patient ( $Act_{patients} = 3,36$ ;  $esm = 1,93$ ) et le groupe contrôle ( $Act_{contrôle} = 1,32$ ;  $esm = 0,54$ ) pour les stimuli neutres ( $t(12) = 2,70$ ;  $p = 0,02$ ).

### 3.3.3 Valence des objets changés en fonction des conditions neutres et émotionnelles :

Nous avons mis en évidence une différence significative concernant la comparaison des moyennes des valences entre les stimuli neutres ( $Val_{\text{neutre}} = 5,43$ ;  $esm = 0,59$ ) et les stimuli positifs ( $Val_{\text{positive}} = 6,75$ ;  $esm = 0,77$ ) pour le groupe patient ( $t(12) = 3,62$ ;  $p = 0,004$ ) (Figure 10).

Nous avons mis en évidence une différence significative concernant la comparaison des moyennes des valences entre les stimuli neutres ( $Val_{\text{neutre}} = 5,43$ ;  $esm = 0,59$ ) et les stimuli négatifs ( $Val_{\text{négative}} = 3,38$ ;  $esm = 1,02$ ) pour le groupe patient ( $t(12) = -4,6$ ;  $p = 0,0006$ ) (Figure 10).

Nous avons mis en évidence une différence significative concernant la comparaison des moyennes des valences entre les stimuli neutres ( $Val_{\text{neutre}} = 5,03$ ;  $esm = 0,04$ ) et les stimuli positifs ( $Val_{\text{positive}} = 6,29$ ;  $esm = 0,52$ ) pour le groupe contrôle ( $t(12) = 6,39$ ;  $p < 0,0001$ ) (Figure 10).

Nous avons mis en évidence une différence significative concernant la comparaison des moyennes des valences entre les stimuli neutres ( $Val_{\text{neutre}} = 5,03$ ;  $esm = 0,04$ ) et les stimuli négatifs ( $Val_{\text{négative}} = 3,48$ ;  $esm = 0,78$ ) pour le groupe contrôle ( $t(12) = -5,26$ ;  $p = 0,0002$ ) (Figure 10).

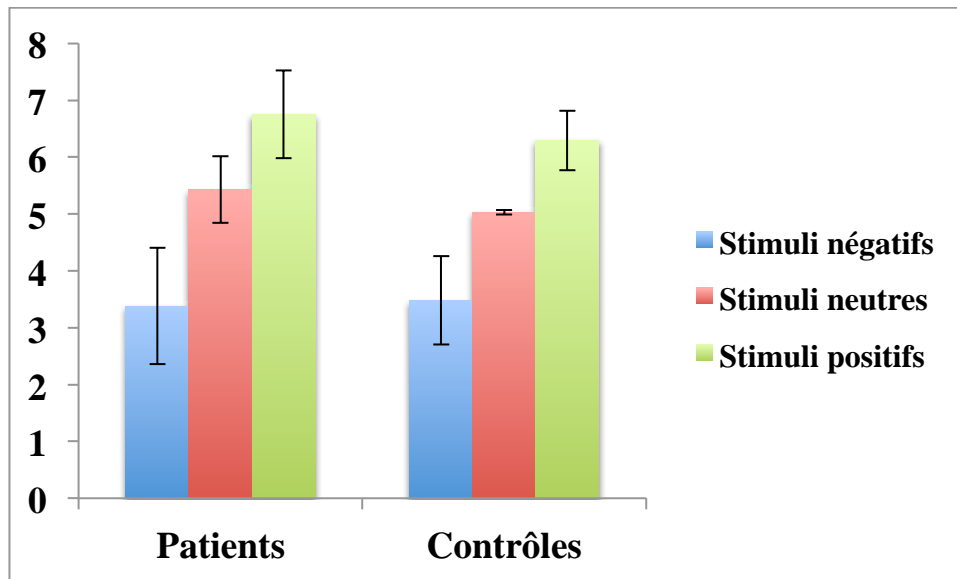


Figure 10: Moyenne des valences pour les groupes en fonction des conditions neutre et émotionnelle positif ou négatif. Les barres d'erreur indiquent l'erreur standard de la moyenne.

### 3.3.4 Valence des objets changés en fonction des groupes :

Nous ne mettons pas en évidence de différence significative concernant la comparaison des moyennes des valences entre les groupes patients ( $Val_{neutre} = 5,43$ ;  $esm = 0,59$ ) et contrôles ( $Val_{neutre} = 5,03$ ;  $esm = 0,04$ ) pour les stimuli neutres ( $t(12) = 1,77$  ;  $p = 0,1$ ).

Nous ne mettons pas en évidence de différence significative concernant la comparaison des moyennes des valences entre les groupes patients ( $Val_{positive} = 6,75$ ;  $esm = 0,77$ ) et contrôles ( $Val_{positive} = 6,29$ ;  $esm = 0,52$ ) pour les stimuli positifs ( $t(12) = 1,33$  ;  $p = 0,2$ ).

Nous ne mettons pas en évidence de différence significative concernant la comparaison des moyennes des valences entre les groupes patients ( $Val_{négative} = 3,38$ ;  $esm = 1,02$ ) et contrôles ( $Val_{négative} = 3,48$ ;  $esm = 0,78$ ) pour les stimuli négatifs ( $t(12) = -0,20$  ;  $p = 0,8$ ).

#### 4. DISCUSSION

Cette étude avait pour objectif de comparer l'effet de l'apparition soudaine d'une information visuelle à caractère neutre avec l'apparition soudaine d'une information visuelle à caractère émotionnel en utilisant une tâche écologique de cécité au changement chez des patients atteints de schizophrénie. Les résultats montrent que (1) les sujets contrôles sont plus efficaces que les patients pour rapporter explicitement la détection d'un changement (D prime) en conditions neutre et émotionnelle, que (2) les sujets contrôles sont plus rapides que les patients en ce qui concerne la détection implicite des changements (mouvements oculaires) dans la condition émotionnelle, mais que cette différence n'est pas retrouvée dans la condition neutre et que (3) les sujets contrôles détectent mieux et plus rapidement les changements survenant sur des stimuli émotionnels que sur des stimuli neutres quelque soit le mode de réponse (implicite et explicite), alors que les patients ne détectent pas mieux les changements survenant sur des stimuli émotionnels que sur des stimuli neutres.

Nos résultats confirment que la charge émotionnelle d'un objet peut avoir un impact important sur l'exploration d'une scène. Cependant, pour des patients atteints de schizophrénie, l'objet portant une charge émotionnelle n'est pas mieux détecté alors que sa présence devrait engendrer une facilitation de l'orientation de l'attention (Dolan, 2002). Ces résultats confirment la présence d'un déficit du traitement émotionnel de l'information comme cela a pu être montré dans des travaux sur la reconnaissance des émotions de visages (Mandal et al., 1998), ou de la prosodie émotionnelle (pour une revue Hoekert et al., 2007). Ainsi, l'attention serait attirée par la présence d'un objet portant une charge émotionnelle, améliorant les performances et la détection oculaire des changements de manière plus significative chez les sujets contrôles que chez les patients.

Une des explications pourrait être que les patients présentent un trouble concernant l'activation émotionnelle d'un objet ou l'attribution d'une charge émotionnelle (valence) donnée à cet objet. Les résultats post-test des activations et des valences émotionnelles montrent que les patients atteints de schizophrénie ne présentent pas d'altération ni pour la discrimination des valences émotionnelles ni pour le degré d'activation entre un stimulus neutre et un stimulus émotionnel. Nos résultats montrent également que le degré d'activation est plus important chez les patients que chez les sujets contrôles et que cette différence n'est pas retrouvée pour les valences. Ces résultats sont cohérents avec l'étude de Pinheiro et collaborateurs dont les résultats montrent un taux similaire de la valence émotionnelle lors de la présentation de mots entre un groupe de patients atteints de schizophrénie et un groupe contrôle (Pinheiro et al., 2012). En revanche, une méta-analyse souligne que l'activation jouerait un rôle plus important que la valence concernant l'influence des stimuli émotionnels sur les processus cognitifs (Llerena et al., 2012). Cette étude met en évidence un niveau d'activation plus important chez les patients que chez les contrôles pour des stimuli émotionnels. Cette différence de niveau d'activation serait expliquée par des difficultés à attribuer des significations affectives à des stimuli neutres, les patients auraient ainsi tendance à augmenter leurs activations émotionnelles. Ces résultats restent discutés au vu de la littérature, en effet Herbener et collaborateurs (2008) ne retrouvent pas de différence concernant les résultats des valences ou des activations d'images issues de l'International Affective Picture System (IAPS, Lang et al., 1998) entre un groupe de patients atteints de schizophrénie et un groupe de sujets contrôles (Herbener et al., 2008).

Ces résultats soulignent donc les difficultés à préciser l'origine du déficit des émotions dans la schizophrénie. Il semblerait qu'il ne s'agisse pas d'un déficit généralisé du traitement émotionnel mais que les déficits puissent se situer uniquement dans certains domaines spécifiques. En effet, ces résultats suggèrent que même si l'activation émotionnelle des

patients semble plus élevée que celle des contrôles, leurs réponses concernant leur expérience et leur discrimination des émotions entre un objet neutre et un objet émotionnel sont comparables à ceux des sujets contrôles. En revanche, lors d'une tâche de détection du changement, les enregistrements de l'exploration visuelle ou d'une réponse motrice rapportent que les patients ne détectent pas plus rapidement les stimuli émotionnels que les stimuli neutres.

Si le déficit ne se situe pas lors du rapport subjectif de l'expérience émotionnelle, il se peut qu'il survienne à des étapes plus précoces du traitement de l'information. Une étude en EEG montre que les patients atteints de schizophrénie comparés à un groupe contrôle présentent une réduction de la réponse neurale immédiate lors de la présentation de vignettes émotionnelles de la vie quotidienne (Kuperberg et al., 2009). Les auteurs précisent ne pas retrouver cette réduction de la réponse lors de la présentation de vignettes neutres. Ils concluent que les patients ne parviennent pas à prendre en compte la saillance émotionnelle des stimuli écologiques, ce qui engendre l'absence de mobilisation des ressources neuronales pour ces stimuli dans les millisecondes suivant leur présentation.

En oculométrie, les études montrent que les patients utilisent des stratégies d'exploration différentes : l'enregistrement de données oculaires mettent en avant moins de fixations, des durées de fixation plus longues, et un évitement des traits saillants du visage quelque soit la valence émotionnelle de ce dernier (Bestelmeyer et al., 2006; Delerue et al., 2010; Loughland et al., 2002). Dans notre étude, lors de l'enregistrement de mesures implicites, les yeux des patients atteints de schizophrénie se portent plus rapidement sur le changement d'un objet neutre que sur le changement d'un objet émotionnel. Or, certaines études utilisant un enregistrement de réponses implicites montrent une facilitation du traitement de l'information lorsque cette dernière porte une charge émotionnelle. Ainsi une étude, réalisée chez des sujets contrôles, évaluant l'accès à la conscience de mots écrits montre que le seuil d'accès à la

conscience est plus bas pour des mots émotionnels que pour des mots neutres même si ces mots n'ont pas été présentés ultérieurement. Ces conclusions impliquent un traitement sémantique non conscient des mots écrits (Gaillard et al., 2006). Nos résultats pourraient laisser croire que les patients atteints de schizophrénie présenteraient un déficit du traitement implicite de l'information émotionnelle. Or, Linden et collaborateurs (2010) montrent que les patients normalisent leurs réponses implicites lors d'une tâche de discrimination émotionnelle de visages, alors que les réponses explicites sont altérées lors de la présentation de visages portant une émotion de colère (Linden et al., 2010). Il semblerait à nouveau que le déficit ne se situe pas au niveau de la discrimination de l'émotion mais qu'il s'agit d'un déficit des processus de mobilisation de l'attention vers l'objet émotionnel. Ainsi, nos résultats poseraient l'hypothèse d'un évitement implicite de l'information émotionnelle, ce qui à notre connaissance n'a pas été montré dans la littérature.

Il est possible d'apporter une interprétation au fait que les patients atteints de schizophrénie portent leur regard plus rapidement sur des changements d'objets neutres et non pertinents à la compréhension de la scène que les sujets contrôles (Grandgenevre et al., 2015), et que cet effet s'inverse dès lors que les objets changés portent une charge émotionnelle forte. Ainsi, selon les modèles de Lim et Pessoa (2008) et Mitchell et collaborateurs (2007), les stimuli émotionnels entrent en compétition avec les autres stimuli face aux phénomènes de capture attentionnelle et de sélection de l'information pertinente (Lim & Pessoa, 2008; Mitchell et al., 2007). Ainsi, un objet émotionnel serait plus facilement et rapidement capté par l'attention si ses caractéristiques propres mobilisent des ressources attentionnelles suffisantes. Lavie et collaborateurs (2014) soutiennent l'hypothèse que le traitement perceptuel a des capacités limitées qui peuvent être surchargées en fonction de la tâche. Ainsi, lors de tâches impliquant



un haut niveau de charge perceptuelle, les informations pertinentes uniquement pourront être portées à la conscience (Lavie et al., 2014).

Ainsi, notre interprétation principale serait que les informations portant une charge émotionnelle engendrent un effet facilitateur sur la mobilisation des ressources attentionnelles chez les sujets contrôles. En revanche, cette charge émotionnelle perturbe la tâche de détection du changement chez les patients en raison d'un effet de concurrence entre les différentes informations du fait d'un déficit de traitement émotionnel dans la schizophrénie.

Enfin, les résultats montrent que les sujets contrôles détectent plus rapidement et mieux les changements émotionnels que les changements neutres et que leurs yeux se déplacent plus rapidement vers les changements émotionnels que vers les changements neutres. Ces résultats confirment nos travaux concernant les facteurs influençant le paradigme de cécité au changement. En effet, la saillance émotionnelle des objets semble favoriser la détection d'un changement survenant sur cet objet chez des sujets contrôles.

L'absence de différence significative concernant l'enregistrement du temps de réponse moteur entre le groupe patient et le groupe contrôle peut paraître surprenant au vue de la littérature montrant généralement des performances moins bonnes chez les patients que chez les sujets contrôles (Dickinson et al., 2007; Fioravanti et al., 2005; Mesholam-Gately et al., 2009; Schaefer et al., 2013). Ces résultats peuvent s'expliquer par la faiblesse de l'effectif testé, mais devant les tendances significatives de plusieurs de nos résultats, il semblerait judicieux de poursuivre le recrutement afin d'améliorer la puissance statistique de nos tests. Les patients étaient sous traitement pharmacologique durant l'étude, ce qui pourrait constituer une autre limite à nos résultats. Cependant, nos analyses n'ont pas identifié de corrélation entre nos variables dépendantes et les doses des traitements psychotropes.

# **DISCUSSION GENERALE**

## **Synthèse des recherches effectuées :**

Nos travaux s'intéressent aux stratégies d'exploration visuelle chez des patients atteints de schizophrénie et plus particulièrement aux facteurs influençant l'exploration de notre environnement. En condition naturelle, de nombreux facteurs jouent un rôle dans la sélection des informations traitées et/ou ignorées. Parmi ces facteurs, on retrouve des caractéristiques physiques, de pertinence ou encore émotionnelles regroupées sous le terme de saillance. Ce choix de l'information sélectionnée est primordial en ce qui concerne les stratégies d'exploration puisque notre système visuel, surchargé par l'afflux d'informations, ne peut en traiter qu'un nombre restreint. En condition expérimentale, la plupart des études évaluant les mécanismes d'exploration utilisent des stimuli abstraits trop éloignés des conditions naturelles. Cela explique notre choix du paradigme expérimental. La cécité au changement se rapproche des conditions naturelles d'exploration en associant la possibilité de présenter des stimuli réalisés en 3D proches des situations écologiques et d'évaluer les capacités d'exploration par l'intermédiaire d'une tâche de recherche visuelle.

Dans un premier temps, nos travaux se sont focalisés sur les facteurs expérimentaux modulant les effets de cécité au changement chez des sujets sains. Des facteurs tels que l'intérêt central ou marginal à la compréhension de la scène, la congruence des objets dans la scène, la couleur, la luminance ou encore le contraste des objets changés ont déjà été testés et ont montré leur influence sur la cécité au changement. Nos travaux ont mis en évidence l'influence de deux nouveaux facteurs : l'amplitude du changement et la charge émotionnelle des objets changés.

Ainsi dans le premier cas, plus la scène contient de changements, plus la détection d'au moins un changement est rapide et précise. Ces résultats peuvent être expliqués soit par des

stratégies d'exploration ne consistant à ne regarder qu'une partie de l'image, soit par la notion d'un seuil d'alerte du système cognitif. Dans cette deuxième hypothèse, on constaterait une certaine tolérance dans la perception des scènes visuelles acceptant de subtiles modifications alors que le seuil se verrait dépasser dans les conditions d'amplitude de changement plus élevées.

Notre seconde étude s'intéressant à la charge émotionnelle des objets changés montre que les participants sont plus performants pour détecter les changements émotionnels que les neutres quelle que soit l'amplitude du changement.

Dans un second temps, nos travaux se sont focalisés sur l'impact de la saillance cognitive sur l'exploration visuelle de patients atteints de schizophrénie en se basant sur les difficultés des patients à se concentrer sur l'information pertinente et à ignorer les distracteurs, ou encore sur leur sensibilité à l'apparition soudaine d'une information même si celle-ci est non pertinente à la compréhension de la scène. Afin de contourner des biais expérimentaux tels que les biais décisionnels et de nous laisser l'opportunité de contourner un déficit cognitif généralisé, nous avons couplé nos enregistrements de réponses motrices à un enregistrement de mouvements oculaires.

Notre expérience mesure ainsi la sensibilité au changement chez des patients atteints de schizophrénie comparés à des sujets contrôles lors de présentations d'environnements contenant des changements non pertinents à la compréhension de la scène mais dont la saillance physique a été contrôlée. Nous avons également intégré la variable amplitude en modulant le nombre d'objets changés par scène. Les résultats mettent en évidence une dissociation entre une réponse motrice et une réponse en oculomotricité : les yeux des patients se fixent plus rapidement sur les changements alors qu'ils rapportent les changements plus

lentement que les sujets contrôles. De plus nous avons confirmé l'influence de l'amplitude des changements sur leur détection quelque soit le groupe.

Dans un troisième temps, nous avons associé au sein d'un même protocole expérimental la présence de stimuli neutres et émotionnels. Ceci nous permettait de coupler une mesure de l'impact de la saillance cognitive à une mesure de l'impact de la saillance émotionnelle sur l'exploration visuelle chez un groupe de patients atteints de schizophrénie, comparés à un groupe de sujets contrôles. Il est à ce jour bien connu que les patients atteints de schizophrénie rencontrent des difficultés en ce qui concerne le traitement de l'information émotionnelle et que ces déficits peuvent engendrer des modifications d'allocation attentionnelle ayant pour conséquence une modification de l'exploration visuelle. Alors qu'ils présentent de meilleurs résultats que les sujets contrôles concernant la détection de changement non pertinent à la compréhension de la scène, nous nous sommes demandés si cet effet persistait lors de la présentation de changement survenant sur des objets à fortes activation ou valence émotionnelles. L'enregistrement des mouvements oculaires montre que les sujets contrôles détectent plus rapidement les changements que les patients atteints de schizophrénie en condition émotionnelle, alors que cela n'est pas le cas en condition neutre. Cependant, nos résultats ne mettent pas en évidence de différence statistiquement significative concernant les moyennes des temps de réponse moteur. En revanche, les résultats montrent que les performances des sujets contrôles sont meilleures pour la détection implicite et explicite des stimuli émotionnels alors que les résultats suggèrent que les patients ne détecteraient pas mieux les changements émotionnels que les changements neutres en réponse explicite et qu'ils détecteraient plus rapidement les objets neutres qu'émotionnels en réponse implicite. Parallèlement à ces résultats, nous avons montré que l'activation émotionnelle des objets présentés était supérieure chez les patients que chez les sujets contrôles quelque soit la

charge émotionnelle de l'objet alors que les valeurs de la valence émotionnelle étaient comparables entre les deux groupes.

### **Limites des recherches effectuées :**

La principale limite à mentionner dans nos travaux est celle liée à la présence et à l'implication des traitements psychotropes. Tous les patients atteints de schizophrénie étaient traités par antipsychotiques et la quasi-totalité prenait également des benzodiazépines. Pour des raisons évidentes de recrutement, il est difficile de n'inclure que des patients sans traitement psychotique. Par ailleurs, la réalisation des tâches comportementales et plus particulièrement en oculométrie nécessite un effort de maintien de posture non négligeable. Il semblerait que la réalisation de cette tâche ne puisse se faire avec des patients non suffisamment stabilisés ou sans traitement. Pour des patients présentant un premier épisode psychotique avant traitement ou chez des patients non traités, il conviendrait de diminuer le temps de passation des différents protocoles.

L'implication des benzodiazépines semble bien documentée dans la littérature. En ce qui concerne le traitement visuel, les travaux de Giersch et Herzog (2004) mettent en évidence un ralentissement des séquences temporelles en cas de prise aiguë (Giersch & Herzog, 2004). Il ne semble pas exister, à notre connaissance, de données sur la prise chronique de benzodiazépine et la dynamique du traitement visuel. Des études ont également montré l'impact des benzodiazépines sur l'intégration perceptuelle des objets visuels (Beckers et al., 2001). De plus, de nombreux travaux se sont intéressés à l'effet des benzodiazépines sur les temps de réponse moteur (Barker et al., 2004). Enfin des travaux ont montré une diminution des performances visuelles chez des patients sous lorazepam lors de la réalisation de tâches explicites et d'amorçages visuels considérés comme implicites (Vidailhet et al. 1999).

Si leur impact semble présent pour certains, d'autres auteurs précisent qu'il est difficile de séparer les effets des benzodiazépines de ceux de la pathologie, de l'état de santé, ou encore de la prise d'un autre traitement (Sakol & Power, 1988; Voshaar et al., 2005). Dans nos travaux, nous n'avons pas mis en évidence de corrélation statistique entre les doses d'antipsychotiques ou de benzodiazépines et les performances des patients, ce qui ne constitue bien évidemment pas une preuve de l'absence d'implication des benzodiazépines.

En ce qui concerne l'oculomotricité, nous pouvons nous attendre, en raison des effets secondaires des psychotropes et notamment des antipsychotiques, à des ralentissements importants des mouvements oculaires. Cependant des études montrent une absence de lien entre les déficits de l'oculomotricité constatés dans la schizophrénie et les traitements (Crawford et al., 1995; Müller et al., 1999). Par ailleurs, il semblerait que les résultats des patients lors de tâche visuelle s'amélioreraient entre la phase aiguë et la phase de stabilisation probablement en raison de l'effet positif des médicaments sur la symptomatologie (Park et al. 2002, 2003). Même si la présence d'effets des antipsychotiques ne peut être exclue, certains de nos résultats sont en faveur d'une amélioration en terme de performance lors de l'enregistrement des mouvements oculaires pour les patients atteints de schizophrénie.

Les effectifs de nos échantillons peuvent constituer une autre limite de nos travaux. Le nombre de participants par groupe a parfois été limité par les contraintes de l'expérience. L'utilisation de l'oculomètre notamment, implique une importante rigueur de la part des participants, qui doivent respecter et tenir une position fixe tout au long de l'expérience. Nous avons choisi un nombre de stimuli importants (100 scènes) dans la deuxième et troisième étude afin d'augmenter la précision de nos résultats, néanmoins ce nombre a pour inconvénient d'augmenter le temps de passation de la tâche. Ces contraintes peuvent

expliquer l'exclusion de plusieurs participants en raison d'enregistrements des mouvements oculaires de mauvaise qualité.

Un faible nombre de patients ont été exclus en raison d'une absence de compréhension des consignes, en revanche nos méthodes statistiques nous ont permis de moduler nos réponses motrices en prenant en compte des paramètres comme les réponses au hasard ou les réponses systématiques. En effet, la mesure de la sensibilité au changement par l'intermédiaire de la théorie du signal nous a permis de prendre en compte les bonnes réponses en considérant les fausses alarmes.

Enfin, même si lors de la création des scènes, notre but était de contrôler les saillances des objets changés, il se peut que certains objets soient plus saillants que d'autres. Cependant, en ce qui concerne la saillance physique, nous avons tenté de contrôler les facteurs de luminance, de contraste et de couleur. En ce qui concerne la saillance cognitive, les objets changés étaient en périphérie de la scène, et ne comprenaient pas les éléments principaux diagnostiques d'une scène. Enfin, la saillance émotionnelle des objets a été contrôlée par des mesures de valence et d'activation pré et post-test.

Par ailleurs, nous savons qu'en fonction de caractéristiques « expertes » des participants, certains objets d'une scène peuvent être traités préférentiellement (Rensink, 2002). Bien que certains objets aient pu contenir une saillance plus importante que les autres, le nombre de stimuli a probablement permis de diminuer cet effet.



## **Implications théoriques :**

### *Une surprenante dissociation de résultats en condition neutre :*

La surprenante dissociation entre l'enregistrement d'une réponse motrice (ou explicite) et l'enregistrement des mouvements oculaires (réponse implicite) lors d'une tâche de détection de stimuli non pertinents à la compréhension de la scène apporte un nouveau regard sur les troubles attentionnels dans la schizophrénie. En effet, l'enregistrement seul d'une réponse explicite montrant que les patients sont plus lents et moins performants que les sujets contrôles dans la détection de l'apparition soudaine d'un changement non pertinent nous aurait amené à la conclusion d'un déficit cognitif généralisé. Or, l'apport de l'enregistrement d'une réponse implicite à travers l'analyse de mouvements oculaires, nous permet de préciser nos interprétations. Ainsi, même si les patients sont plus lents à rapporter la détection des changements, notre étude montre que leurs yeux se placent plus rapidement sur les zones de changement que les sujets contrôles et confirme les hypothèses concernant les difficultés des patients à ignorer un distracteur ((Elahipanah et al., 2010; Fuller et al., 2006; McGhie, 1970; Neale, 1971) ou dit autrement leur sensibilité à l'apparition soudaine d'une information nouvelle non pertinente à la compréhension de la scène (Lalanne et al., 2012).

Ces résultats précisent deux données : d'une part que le choix de l'information traitée dépend de la mobilisation de mécanismes attentionnels qui sont altérés dans la schizophrénie et non d'un défaut des déplacements oculaires et d'autre part que même si les changements sont plus rapidement détectés, les patients présentent des altérations concernant la rapportabilité de ces changements. Concernant les données d'oculométrie, nos résultats pourraient paraître surprenant au vu de la littérature dans la schizophrénie (Bestelmeyer et al., 2006; Loughland

et al., 2002; Phillips & David, 1997), cependant nous avons utilisé un temps corrigé permettant de prendre en compte l'exploration de base des patients et des sujets contrôles. Par ailleurs, certains auteurs ont montré des patterns d'exploration différents lors de l'application d'une consigne particulière. Ainsi, Yarus en 1967 a mis en évidence des patterns de fixation différents lors de tâches d'exploration avec ou sans consigne chez des sujets sains (Yarus, 1967). Une autre étude récente retrouvait cette différence chez les patients atteints de schizophrénie, avec une normalisation de l'exploration visuelle des patients lorsqu'une tâche leur était donnée (Delerue et al., 2010).

Ce paradoxe entre une réponse implicite et explicite nous permet également de répondre à la question du déficit cognitif généralisé. Il existe en effet de nombreux obstacles pour déterminer l'implication d'un processus cognitif spécifique, notamment lors du choix d'une tâche expérimentale mettant en jeu différents processus cognitifs (comme la mémoire de travail, la prise de décision, etc,...) et des facteurs extérieurs comme le manque de motivation, ou encore l'implication des traitements médicamenteux sur les performances mesurées.

Silverstein propose différentes pistes pratiques afin de contourner les résultats aboutissant à la mise en évidence d'un déficit cognitif généralisé (Silverstein, 2008). Une de leurs propositions serait de montrer un différentiel de déficit entre deux tâches : ainsi les patients pourraient présenter des performances différentes entre ces deux tâches et cette différence pourrait être considérée comme un déficit spécifique. Cependant des auteurs suggèrent que cette différence de résultat pourrait être la conséquence d'artefacts psychométriques imputables à la tâche à l'exception de tâches suffisamment appariées (Chapman & Chapman, 1978). En pratique, cela signifierait que le niveau de difficultés des deux tâches doit être semblable et qu'il faudrait s'assurer que la différence entre les deux tâches ne soit pas expliquée par des processus cognitifs multiples.

Par ailleurs, Silverstein discute dans son article de l'intérêt de « stratégies axées sur les processus » et plus particulièrement sur la notion de stratégie de supériorité. La tâche cognitive serait alors conçue afin que l'hypothétique déficit cognitif conduise à de meilleures performances pour les patients que pour les sujets contrôles dans au moins une des conditions de la tâche. Une deuxième stratégie nommée stratégie de supériorité relative, dans laquelle il serait mis en évidence une inversion des performances entre les patients et les sujets contrôles dans au moins deux conditions. Cette méthode a été utilisée et a montré son efficacité dans plusieurs domaines comme ceux de l'inhibition latente, le langage ou la perception visuelle.

Notre tâche expérimentale nous permet donc de remplir les conditions nécessaires à la précision du déficit cognitif. Tout d'abord, elle confirme l'hypothèse d'un déficit au niveau du choix de l'information pertinente et de la sensibilité aux distracteurs en mettant en évidence de meilleures performances chez les patients atteints de schizophrénie. Ensuite, l'inversion des performances entre une réponse implicite et une réponse explicite au sein d'une même tâche nous permet de conclure que le déficit ne se situe pas lors des étapes d'extraction de l'information visuelle mais à des étapes ultérieures du traitement de cette information.

*Cette dissociation résiste-t-elle à une charge émotionnelle ?*

Les troubles de la perception émotionnelle ont largement été décrits dans la schizophrénie (Bleuler, 1930) et semblent avoir pour principale conséquence des difficultés d'adaptation sociale (Larøi et al., 2010). L'origine de ce trouble reste débattu dans la littérature tout comme il existe une divergence concernant les mécanismes de la perception émotionnelle.

Certains soutiennent la thèse d'un processus automatique (Pessoa & Ungerleider, 2004; Vuilleumier, 2005), lors duquel les stimuli émotionnels sont traités par l'amygdale

indépendamment de la disponibilité des ressources attentionnelles. Cette hypothèse s'appuie notamment sur des travaux montrant une activation significative de l'amygdale lors de réponse à des stimuli non attendus ou non conscients. D'autres évoquent l'implication de l'attention dans la sélection de l'information émotionnelle (Lim & Pessoa, 2008; Mitchell et al., 2007). Cette hypothèse est sous-tendue par les modèles faisant référence aux notions de capacité attentionnelle et de mobilisation des ressources en ce qui concerne le traitement de l'information visuelle. La charge émotionnelle d'un objet ne le placerait pas en parallèle d'un traitement attentionnel de l'information mais au contraire, l'objet rentrerait, avec ses caractéristiques propres, en compétition avec les autres stimuli. Dans ce sens, une étude montre que l'activation de l'amygdale lors de stimuli émotionnels peut être perturbée par de fortes contraintes imposées par des tâches cognitives (Pessoa et al., 2005). Pour compléter cette hypothèse, une autre étude montre que, comme pour les stimuli neutres, l'information émotionnelle est sous la dépendance des phénomènes de capacités attentionnelles et d'un contrôle top-down lors de tâches de pertinence (Mitchell et al., 2007).

Nos résultats sont en faveur des théories de compétition entre un objet portant des caractéristiques émotionnelles et un objet neutre. En effet, les résultats chez les sujets contrôles montrent une amélioration des performances de détection lors de la présentation de stimuli émotionnels par rapport aux stimuli neutres. En revanche, les patients se comporteraient comme s'ils donnaient la même importance diagnostique aux objets neutres et aux objets émotionnels. L'exploration visuelle des patients n'est donc pas favorisée par la présence de caractères émotionnels des objets. En se basant sur les théories de l'extraction de quelques informations nécessaires à la compréhension de la scène (O'Regan, 1992), nous nous apercevons que les patients rencontrent de grandes difficultés à graduer l'importance d'un

objet par rapport à un autre objet ou de traiter préférentiellement des objets saillants par leur charge émotionnelle.

Les résultats post-test concernant la discrimination des émotions en évaluant l'activation et la valence des objets présentés nous apportent des éléments d'interprétation supplémentaires. Dans un premier temps, les résultats précisent l'origine du déficit. Les patients différencient les objets neutres des objets émotionnels lors de l'évaluation post-test : les patients relatent une activation émotionnelle et une valence négative ou positive plus importantes pour les objets émotionnels que pour les objets neutres. Cet argument nous laisse penser que la difficulté à attribuer des ressources attentionnelles aux objets se ferait au moment du choix de l'information pertinente lors de tâche d'exploration visuelle. Dans la littérature, il existe des arguments en faveur de la survenue du trouble à des étapes précoces du traitement de l'information (Kuperberg et al., 2009). De plus, la normalisation de nos résultats en post-test confirmerait l'absence de trouble concernant la discrimination des émotions lors de l'évaluation émotionnelle (Pinheiro et al., 2012).

Dans un second temps, nos résultats nous renvoient aux interprétations concernant les ressources attentionnelles mobilisées. Nous avons émis l'hypothèse que les patients, lors de tâches d'exploration visuelle, attribueraient la même importance à tous les objets quelque soit leur saillance cognitive ou émotionnelle. Les informations émotionnelles entreraient ainsi en concurrence avec les autres informations et perturberaient la tâche.

*Un temps de réponse moteur plus long : un biais décisionnel ? Un effet du traitement ? Un déficit d'accès à la conscience ?*

Nos résultats montrent que même si les yeux des patients détectent plus rapidement les changements que les yeux des sujets contrôles, ils sont plus lents à rapporter ces changements. Lors de la réalisation de tâche expérimentale chez des patients atteints de schizophrénie, se pose la question du contrôle des biais expérimentaux et notamment du biais décisionnel. Le biais décisionnel est indépendant des capacités perceptuelles et peut entrer en jeu lorsque le participant doit faire le choix d'une réponse. Une méthode statistique, basée sur la théorie de détection du signal, permet de contrôler ce biais (Green & Swets, 1966). Ce modèle théorique permet d'intégrer le nombre de détections correctes, le nombre de détections oubliées et les fausses alarmes. Il permet ainsi d'évaluer la capacité de discriminer un signal dans un ensemble de bruits. Pour Giersch et collaborateurs, le biais décisionnel ne doit pas être confondu avec l'explication d'une diminution de performance lors de l'enregistrement d'une réponse explicite (Giersch et al., 2013a). Ainsi, nos résultats sont cohérents avec ces conclusions : même si les sujets contrôles rapportent mieux les changements que les patients, les capacités perceptuelles des patients sont meilleures que les sujets contrôles pour la détection d'objets non pertinents.

Dans la plupart des études comparant un groupe de patients à un groupe de sujets contrôles, il est constaté une diminution ou un ralentissement du temps de réponse chez les patients. Une des explications à ces résultats peut être l'administration des traitements aux patients. Nous avons décrit précédemment l'impact possible des traitements psychotropes sur les fonctions motrices et même si nous n'avons pas mis en évidence de corrélation statistique, leurs conséquences sur les temps de réponses ne peuvent être réfutées.

Enfin, la dissociation entre une réponse explicite plus lente chez les patients malgré une réponse implicite plus rapide peut être expliquée par un déficit d'accès à la conscience. Avant nos travaux, cette hypothèse avait déjà été proposée par certains auteurs (Del Cul et al., 2006; Dehaene et al., 2003; Kéri et al., 2005). Ces auteurs mettent en évidence la préservation de capacités non conscientes ou implicites alors que des altérations sont constatées à des étapes plus tardives. Nos résultats confirment cette hypothèse. Le déficit constaté ne se situerait donc pas au moment de l'extraction de l'information visuelle mais à des étapes ultérieures du traitement de l'information en lien notamment avec l'accès à la conscience perceptive.

*Quelles explications donner aux anomalies de l'exploration visuelle ?*

Même si les patients atteints de schizophrénie présentent des patterns d'exploration visuelle différents des sujets sains (moins de fixations, fixations plus longues), les troubles de l'exploration visuelle ne peuvent se résumer à des anomalies purement motrices. Nos travaux mettent en évidence une perturbation des phénomènes d'allocation de l'attention expliquée par une perturbation des capacités de sélection de l'information pertinente. Les ressources attentionnelles sont ainsi anormalement mobilisées en fonction de la tâche (exemple de la discrimination de l'information pertinente) et de la nature des stimuli (exemple des stimuli attentionnels). En interaction à ces altérations attentionnelles, des travaux récents mettent en évidence des anomalies sensorielles de bas niveau : les patients traiteraient toutes les données de la scène sans facilitation de traitement de l'information visuelle. Pour appuyer cet argument, les auteurs ont montré un traitement des informations plus périphériques par l'utilisation préférentielle des fréquences spatiales basses (Laprevote et al, 2010).

## **Perspectives :**

Nos travaux ont permis de mettre en évidence une discordance entre des réponses implicites et explicites dans le champ de l'exploration visuelle chez des patients atteints de schizophrénie. Ils ont également permis de montrer l'influence ou l'absence d'influence de la charge émotionnelle que pouvait porter un objet sur l'exploration visuelle. Ces résultats soulèvent plusieurs questions apportant des pistes de recherche mais également de prise en charge thérapeutique. Parmi ces possibilités de recherche, une étude préliminaire a été conduite chez des patients atteints d'état de stress post-traumatique.

*Quel est l'impact de la saillance émotionnelle et cognitive dans l'état de stress post traumatique ? Résultat d'une étude préliminaire.*

La confrontation brutale à la mort lors d'un évènement traumatisant peut être responsable de l'installation d'un état de stress post-traumatique (ESPT). L'ESPT est caractérisé par plusieurs symptômes dont l'hypervigilance provoquée par des réactions neurobiologiques se déclenchant en cascade principalement au niveau de l'axe hypothalamo-hypophyso-surrénalien. L'hypervigilance dans l'ESPT se traduit par des comportements exagérés de surveillance dans un but de se protéger contre un éventuel danger dans son environnement (American Psychiatric Association, 2000). D'après certains auteurs, en raison de la présence de cette hypervigilance, les patients présentent une amplification de la perception de tous les stimuli engendrant des modifications attentionnelles (Litz & Keane, 1989). La mise en évidence de ces modifications attentionnelles a trouvé des explications à travers différents mécanismes : celui d'un effet facilitateur de l'attention, un défaut de désengagement de l'attention, ou encore un évitement attentionnel du stimuli menaçant (Cisler & Koster, 2010). Afin de préciser ces mécanismes et de les comparer à nos résultats chez des patients atteints



de schizophrénie, nous menons une étude d'exploration visuelle selon le même protocole expérimental que l'étude 3 chez des patients atteints d'ESPT. Nos objectifs sont d'évaluer si, en raison de l'hypervigilance, les patients atteints d'ESPT détectent plus rapidement les objets que les sujets contrôles et de mesurer si charge émotionnelle des objets a un impact sur l'exploration. Dix sujets contrôles et 10 patients atteints d'ESPT ont participé à l'étude. Les résultats préliminaires montrent que la réponse motrice des sujets atteints d'ESPT est plus lente que les sujets contrôles lors de la présentation d'objets émotionnels alors que nous ne trouvons pas de différence statistique lors de l'enregistrement des réponses oculaires (Kiesmann et al. Données personnelles). Nos résultats seraient en faveur d'une altération de l'intégration consciente des informations visuelles portant une charge émotionnelle chez les patients atteints d'ESPT. Ces résultats supposeraient un défaut de désengagement de l'attention lors de la présentation de stimuli émotionnels décrit notamment par Weierich et collaborateurs (2008). Plusieurs études retrouvent des résultats en faveur d'un défaut de désengagement de l'attention (Pineles et al, 2007, 2009, Bardeen & Orcutt, 2011). Bardeen et collaborateurs précisent que la capacité de désengagement attentionnel envers les stimuli émotionnels ferait intervenir des processus de contrôle attentionnel impliquant des traitements de hauts niveaux et des fonctions exécutives. Dans notre étude, nous supposons que les patients présenteraient une altération des processus contrôlés attentionnels dans le traitement et la régulation de l'information émotionnelle visuelle, ce qui pourrait expliquer une détection explicite plus longue pour les changements d'objets neutres en objets émotionnels. Il semblerait pertinent d'augmenter nos effectifs afin de confirmer que les patients ne présentent pas une altération des traitements précoces et automatiques de l'information visuelle émotionnelle, mais que l'altération pour les stimuli émotionnels se situerait à des hauts niveaux d'intégration de l'information émotionnelle.

*Quelles sont les particularités d'exploration visuelle de patients atteints d'autres pathologies psychiatriques comme les troubles thymiques ou les troubles envahissants du développement ?*

A partir de données cliniques, nous avons choisi d'explorer les comportements explicites et implicites de patients atteints d'état de stress post traumatique dans un protocole de cécité au changement. La comparaison des résultats avec le groupe de patients atteints de schizophrénie nous a permis de préciser nos réflexions théoriques. L'apport de sources de comparaison avec des pathologies comme la dépression présentant une modification de la perception des émotions. De même, le recrutement de patients atteints de troubles envahissants du développement et présentant une importante distractibilité et des difficultés à se focaliser sur l'information pertinente nous permettrait d'affiner nos hypothèses.

*Est-il possible d'apporter une preuve anatomo-fonctionnelle des structures impliquées dans le déficit du traitement de l'information pertinente ou émotionnelle ?*

La dissociation entre une réponse explicite et implicite dans la schizophrénie nous a permis de nous désengager d'un déficit cognitif généralisé. En effet, nos résultats mettent en avant que les patients détectent plus rapidement l'apparition d'informations soudaines, non pertinentes à la compréhension de la scène mais qu'ils présentent un retard lors de la rapportabilité. Il serait intéressant de préciser les structures anatomiques ou fonctionnelles impliquées dans les processus de choix de l'information soi-disant pertinente et dans l'accès à la conscience de cette information notamment par l'utilisation de l'imagerie fonctionnelle.

*Serait-il possible de proposer un paradigme expérimental se rapprochant davantage des conditions naturelles d'exploration ?*

Comme nous l'avons vu précédemment, le choix du paradigme de cécité au changement a pour avantage de se rapprocher en milieu expérimental de conditions de la vie quotidienne en travaillant sur des stimuli concrets et en reproduisant les mécanismes d'exploration visuelle. Des auteurs ont réalisé une expérience de cécité au changement en condition in-vivo et ont confirmé les résultats constatés en laboratoire (Simons & Levin, 1998). Dans ce sens, des techniques d'immersion virtuelle en laboratoire (des programmes de conduite automobile virtuelle, par exemple) pourraient permettre de préciser nos données et nos pistes d'intervention.

*Quelles pistes d'intervention thérapeutique peuvent apporter ces résultats en pratique clinique ?*

En ce qui concerne les patients atteints de schizophrénie, des programmes de remédiation cognitive pourraient être appliqués afin de corriger les troubles de l'exploration visuelle. La remédiation cognitive dans ce cadre est alors perçue comme une technique rééducatives ciblées sur les troubles attentionnels ayant pour but une amélioration des performances des patients en fonction de la tâche. Les techniques de remédiation cognitive vont pouvoir agir à partir de deux axes : en agissant sur les processus altérés ou en développement de nouvelles capacités. Ceci aurait pour conséquences une amélioration de la vie quotidienne des patients et une meilleure adaptation aux exigences sociales.

## REFERENCES

- Allen, D. N., Aldarondo, F., Goldstein, G., Huegel, S. G., Gilbertson, M., & van Kammen, D. P. (1998). Construct validity of neuropsychological tests in schizophrenia. *Assessment*, 5(4), 365–374.
- American Psychiatric Association. (1994). *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders* (4th ed.) American Psychiatric Association, Washington, DC
- American Psychiatric Association. (2000). *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders*. (4th ed., text rev.) American Psychiatric Association, Washington, DC
- American Psychiatric Association. (2013). *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders*. (5th ed.) American Psychiatric Association, Washington, DC
- Andreasen, N. C., Paradiso, S., & O’Leary, D. S. (1998). “Cognitive dysmetria” as an integrative theory of schizophrenia: a dysfunction in cortical-subcortical-cerebellar circuitry? *Schizophrenia Bulletin*, 24(2), 203–218.
- Bar, M. (2004). Visual objects in context. *Nature Reviews. Neuroscience*, 5(8), 617–629.
- Bardeen, J. R., Orcutt, H. K. (2011). Attentional control as a moderator of the relationship between posttraumatic stress symptoms and attentional threat bias. *Journal of anxiety disorders*, 25(8) : 1008-18.
- Barker, M. J., Greenwood, K. M., Jackson, M., & Crowe, S. F. (2004). Persistence of cognitive effects after withdrawal from long-term benzodiazepine use: a meta-analysis. *Archives of Clinical Neuropsychology: The Official Journal of the National Academy of Neuropsychologists*, 19(3), 437–454.
- Beck, J. G., Freeman, J. B., Shipherd, J. C., Hamblen, J. L., & Lackner, J. M. (2001). Specificity of Stroop interference in patients with pain and PTSD. *Journal of Abnormal Psychology*, 110(4), 536–543.
- Beckers, T., Wagemans, J., Boucart, M., & Giersch, A. (2001). Different effects of lorazepam and diazepam on perceptual integration. *Vision Research*, 41(17), 2297–2303.
- Bestelmeyer, P. E. G., Tatler, B. W., Phillips, L. H., Fraser, G., Benson, P. J., & St Clair, D. (2006). Global visual scanning abnormalities in schizophrenia and bipolar disorder. *Schizophrenia Research*, 87(1-3), 212–222.
- Bilder, R. M., Reiter, G., Bates, J., Lencz, T., Szeszko, P., Goldman, R. S., Robinson, D., Lieberman, J.A., Kane, J. M. (2006). Cognitive development in schizophrenia: follow-back from the first episode. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 28(2), 270–282.
- Bleuler, E. (1950). *Dementia Praecox or the Group of Schizophrenias* (First). International Universities Press.

- Bleuler, E. (1930). The physiogenic and psychogenic in schizophrenia. *American Journal of Psychiatry*, 87(2), 203–211.
- Bolles, M., & Goldstein, K. (1938). A study of the impairment of “abstract behavior” in schizophrenic patients. *The Psychiatric Quarterly*, 12(1), 42–65.
- Boloix, E. (2007). La représentation des scènes visuelles en mémoire : les apports de la cécité au changement. *L'Année Psychologique*, 107(03), 459.
- Bradley, M. M., & Lang, P. J. (1994). Measuring emotion: the Self-Assessment Manikin and the Semantic Differential. *Journal of Behavior Therapy and Experimental Psychiatry*, 25(1), 49–59.
- Broadbent, D. E. (1958). *Perception and communication*. Pergamon Press.
- Buchanan, R. W., Freedman, R., Javitt, D. C., Abi-Dargham, A., & Lieberman, J. A. (2007). Recent advances in the development of novel pharmacological agents for the treatment of cognitive impairments in schizophrenia. *Schizophrenia Bulletin*, 33(5), 1120–1130.
- Busch, N. A., Dürschmid, S., Herrman, C.S. (2010). ERP effects of change localization, change identification, and change blindness. *Neuroreport*, 31;21(5):371-5.
- Butler, P. D., Silverstein, S. M., & Dakin, S. C. (2008). Visual perception and its impairment in schizophrenia. *Biological Psychiatry*, 64(1), 40–47.
- Cash, T. F., Neale, J. M., & Cromwell, R. L. (1972). Span of apprehension in acute schizophrenics: full-report technique. *Journal of Abnormal Psychology*, 79(3), 322–326.
- Chapman, L. J., & Chapman, J. P. (1978). The measurement of differential deficit. *Journal of Psychiatric Research*, 14(1-4), 303–311.
- Chapman, L. J., & Chapman, J. P. (1973). *Disordered thought in schizophrenia*. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice-Hall.
- Cisler, J.M., Koster, E.H.W.(2010) Mechanisms of attentional bias towards threat in anxiety disorders : an integrative review. *Clinical Psychological Review*. 30 , 203-16.
- Cohen, A. S., & Minor, K. S. (2010). Emotional experience in patients with schizophrenia revisited: meta-analysis of laboratory studies. *Schizophrenia Bulletin*, 36(1), 143–150.
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates.
- Colflesh, G. J. H., & Wiley, J. (2013). Drunk, but not blind: the effects of alcohol intoxication on change blindness. *Consciousness and Cognition*, 22(1), 231–236.
- Crawford, T. J., Haeger, B., Kennard, C., Reveley, M. A., & Henderson, L. (1995). Saccadic abnormalities in psychotic patients. II. The role of neuroleptic treatment. *Psychological Medicine*, 25(3), 473–483.

- Davidson, M., Galderisi, S., Weiser, M., Werbeloff, N., Fleischhacker, W. W., Keefe, R. S., Boter, H., Keet, I. P., Prelipceanu, D., Rybakowski, J. K., Libiger, J., Hummer, M., Dollfus S., Lopez-Ibor, J. J., Hranov, L. G., Gaebel, W., Peuskens, J., Lindefors, N., Riecher-Rossler, A., & Kahn, R. S. (2009). Cognitive effects of antipsychotic drugs in first-episode schizophrenia and schizophreniform disorder: a randomized, open-label clinical trial (EUFEST). *The American Journal of Psychiatry*, *166*(6), 675–682.
- Dehaene, S., Artiges, E., Naccache, L., Martelli, C., Viard, A., Schürhoff, F., Recasens, C., Martinot, M. L., Leboyer, M., Martinot, J.-L. (2003). Conscious and subliminal conflicts in normal subjects and patients with schizophrenia: the role of the anterior cingulate. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, *100*(23), 13722–13727.
- Del Cul, A., Dehaene, S., & Leboyer, M. (2006). Preserved subliminal processing and impaired conscious access in schizophrenia. *Archives of General Psychiatry*, *63*(12), 1313–1323.
- Delerue, C., Lapr evote, V., Verfaillie, K., & Boucart, M. (2010). Gaze control during face exploration in schizophrenia. *Neuroscience Letters*, *482*(3), 245–249.
- Dickinson, D., & Gold, J. M. (2008). Less unique variance than meets the eye: overlap among traditional neuropsychological dimensions in schizophrenia. *Schizophrenia Bulletin*, *34*(3), 423–434.
- Dickinson, D., Ramsey, M. E., & Gold, J. M. (2007). Overlooking the obvious: a meta-analytic comparison of digit symbol coding tasks and other cognitive measures in schizophrenia. *Archives of General Psychiatry*, *64*(5), 532–542.
- Dolan, R. J. (2002). Emotion, cognition, and behavior. *Science (New York, N.Y.)*, *298*(5596), 1191–1194.
- Dominguez, M. de G., Viechtbauer, W., Simons, C. J. P., Van Os, J., & Krabbendam, L. (2009). Are psychotic psychopathology and neurocognition orthogonal? A systematic review of their associations. *Psychological Bulletin*, *135*(1), 157–171.
- Ducato, M. G., Michael, G. A., Thomas, P., Desprez, P., Monestes, J. L., Loas, G., & Boucart, M. (2008). Attentional capture in schizophrenia: failure to resist interference from motion signals. *Cognitive Neuropsychiatry*, *13*(3), 185–209.
- Elahipanah, A., Christensen, B. K., & Reingold, E. M. (2008). Visual selective attention among persons with schizophrenia: the distractor ratio effect. *Schizophrenia Research*, *105*(1-3), 61–67.
- Elahipanah, A., Christensen, B. K., & Reingold, E. M. (2010). Visual search performance among persons with schizophrenia as a function of target eccentricity. *Neuropsychology*, *24*(2), 192–198.
- Evans, J. D., Heaton, R. K., Paulsen, J. S., Palmer, B. W., Patterson, T., & Jeste, D. V. (2003). The relationship of neuropsychological abilities to specific domains of functional capacity in older schizophrenia patients. *Biological Psychiatry*, *53*(5), 422–430.

- Felsen, G., & Dan, Y. (2005). A natural approach to studying vision. *Nature Neuroscience*, 8(12), 1643–1646.
- Fioravanti, M., Carlone, O., Vitale, B., Cinti, M. E., & Clare, L. (2005). A meta-analysis of cognitive deficits in adults with a diagnosis of schizophrenia. *Neuropsychology Review*, 15(2), 73–95.
- Folk, C. L., Remington, R. W., & Johnston, J. C. (1992). Involuntary covert orienting is contingent on attentional control settings. *Journal of Experimental Psychology. Human Perception and Performance*, 18(4), 1030–1044.
- Friedman-Hill, S. R., Robertson, L. C., Desimone, R., & Ungerleider, L. G. (2003). Posterior parietal cortex and the filtering of distractors. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 100(7), 4263–4268.
- Fries, P., Reynolds, J. H., Rorie, A. E., & Desimone, R. (2001). Modulation of oscillatory neuronal synchronization by selective visual attention. *Science (New York, N.Y.)*, 291(5508), 1560–1563.
- Frith, C. D. (1992). *The cognitive neuropsychology of schizophrenia*. Psychology Press.
- Frith, C. D., Friston, K. J., Liddle, P. F., & Frackowiak, R. S. (1992). PET imaging and cognition in schizophrenia. *Journal of the Royal Society of Medicine*, 85(4), 222–224.
- Fuller, R. L., Luck, S. J., Braun, E. L., Robinson, B. M., McMahon, R. P., & Gold, J. M. (2006). Impaired control of visual attention in schizophrenia. *Journal of Abnormal Psychology*, 115(2), 266–275.
- Gaebel, W., Ulrich, G., & Frick, K. (1987). Visuomotor performance of schizophrenic patients and normal controls in a picture viewing task. *Biological Psychiatry*, 22(10), 1227–1237.
- Gaillard, R., Del Cul, A., Naccache, L., Vinckier, F., Cohen, L., & Dehaene, S. (2006). Nonconscious semantic processing of emotional words modulates conscious access. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 103(19), 7524–7529.
- Galpin, A., Underwood, G., Chapman, P. (2008). Sensing without seeing in comparative visual search. *Consciousness and Cognition*, 17(3):672-87.
- Giersch, A., & Herzog, M. H. (2004). Lorazepam strongly prolongs visual information processing. *Neuropsychopharmacology: Official Publication of the American College of Neuropsychopharmacology*, 29(7), 1386–1394.
- Giersch, A., Lalanne, L., Corves, C., Seubert, J., Shi, Z., Foucher, J., & Elliott, M. A. (2009). Extended visual simultaneity thresholds in patients with schizophrenia. *Schizophrenia Bulletin*, 35(4), 816–825.

- Giersch, A., Lalanne, L., van Assche, M., & Elliott, M. A. (2013a). On disturbed time continuity in schizophrenia: an elementary impairment in visual perception? *Frontiers in Psychology*, 4, 281.
- Giersch, A., Wilquin, H., Capa, R. L., & Delevoeye-Turrell, Y. N. (2013b). Combined visual and motor disorganization in patients with schizophrenia. *Frontiers in Psychology*, 4, 620.
- Goldstein, G., Allen, D. N., & Seaton, B. E. (1998). A comparison of clustering solutions for cognitive heterogeneity in schizophrenia. *Journal of the International Neuropsychological Society: JINS*, 4(4), 353–362.
- Graham, L. M. (2008). Effect of emotional valence on detection of change. *Perceptual and Motor Skills*, 107(3), 734–736.
- Grandgenevre, P., Vaiva, G., Boloix, E., Bubrovsky, M., Schwan, R., & Laprevote, V. (2015). Dissociation of explicit and implicit responses during a change blindness task in schizophrenia. *Neuropsychologia*, 71, 11–17.
- Green, D. M., & Swets, J. A. (1966). *Signal Detection Theory and Psychophysics*. John Wiley and Sons.
- Green, M. F., Horan, W. P., & Sugar, C. A. (2013). Has the generalized deficit become the generalized criticism? *Schizophrenia Bulletin*, 39(2), 257–262.
- Green, M. F., Kern, R. S., Braff, D. L., & Mintz, J. (2000). Neurocognitive deficits and functional outcome in schizophrenia: are we measuring the “right stuff”? *Schizophrenia Bulletin*, 26(1), 119–136.
- Green, M. F., Lee, J., Wynn, J. K., & Mathis, K. I. (2011). Visual masking in schizophrenia: overview and theoretical implications. *Schizophrenia Bulletin*, 37(4), 700–708.
- Green, M. J., Waldron, J. H., Simpson, I., & Coltheart, M. (2008). Visual processing of social context during mental state perception in schizophrenia. *Journal of Psychiatry & Neuroscience: JPN*, 33(1), 34–42.
- Green, M. J., Williams, L. M., & Davidson, D. (2003). Visual scanpaths to threat-related faces in deluded schizophrenia. *Psychiatry Research*, 119(3), 271–285.
- Heaton, R. K., Gladsjo, J. A., Palmer, B. W., Kuck, J., Marcotte, T. D., & Jeste, D. V. (2001). Stability and course of neuropsychological deficits in schizophrenia. *Archives of General Psychiatry*, 58(1), 24–32.
- Heinrichs, R. W., & Awad, A. G. (1993). Neurocognitive subtypes of chronic schizophrenia. *Schizophrenia Research*, 9(1), 49–58.
- Heinrichs, R. W., & Zakzanis, K. K. (1998). Neurocognitive deficit in schizophrenia: a quantitative review of the evidence. *Neuropsychology*, 12(3), 426–445.
- Herbener, E. S., Song, W., Khine, T. T., & Sweeney, J. A. (2008). What aspects of emotional functioning are impaired in schizophrenia? *Schizophrenia Research*, 98(1-3), 239–246.



- Hoekert, M., Kahn, R. S., Pijnenborg, M., & Aleman, A. (2007). Impaired recognition and expression of emotional prosody in schizophrenia: review and meta-analysis. *Schizophrenia Research*, 96(1-3), 135–145.
- Hollingworth, A. (2003). Failures of retrieval and comparison constrain change detection in natural scenes. *Journal of Experimental Psychology. Human Perception and Performance*, 29(2), 388–403.
- Hollingworth, A., & Henderson, J. (2000). Semantic Informativeness Mediates the Detection of Changes in Natural Scenes. *Visual Cognition*, 7(1), 213–235.
- Hollingworth, A., Schrock, G., & Henderson, J. M. (2001). Change detection in the flicker paradigm: the role of fixation position within the scene. *Memory & Cognition*, 29(2), 296–304.
- Hori, Y., Fukuzako, H., Sugimoto, Y., & Takigawa, M. (2002). Eye movements during the Rorschach test in schizophrenia. *Psychiatry and Clinical Neurosciences*, 56(4), 409–418.
- Insel, T. R. (2009). Translating scientific opportunity into public health impact: a strategic plan for research on mental illness. *Archives of General Psychiatry*, 66(2), 128–133.
- Jensen, M. W., Yao, R., Street, W. N., Simons, D. J. (2011). Change blindness and inattention blindness. *WIREs Cognitive Science*, 2, 259-546.
- Kahneman, D. (1973). *Attention and effort*. Prentice-Hall.
- Kallimani, D., Theleritis, C., Evdokimidis, I., Stefanis, N. C., Chatzimanolis, I., & Smyrnis, N. (2009). The effect of change in clinical state on eye movement dysfunction in schizophrenia. *European Psychiatry: The Journal of the Association of European Psychiatrists*, 24(1), 17–26.
- Kay, S. R., Fiszbein, A., & Opler, L. A. (1987). The positive and negative syndrome scale (PANSS) for schizophrenia. *Schizophrenia Bulletin*, 13(2), 261–276.
- Keefe, R. S. E., Bilder, R. M., Davis, S. M., Harvey, P. D., Palmer, B. W., Gold, J. M., Meltzer H.Y., Green M. F., Capuano G., Stroup T. S., McEvoy J. P., Swartz M. S., Rosenheck R. A., Perkins D. O., Davis C. E., Hsiao J. K. & Lieberman, J. A. (2007). Neurocognitive effects of antipsychotic medications in patients with chronic schizophrenia in the CATIE Trial. *Archives of General Psychiatry*, 64(6), 633–647.
- Keefe, R. S. E., Eesley, C. E., & Poe, M. P. (2005). Defining a cognitive function decrement in schizophrenia. *Biological Psychiatry*, 57(6), 688–691.
- Kelley, T. A., Chun, M. M., & Chua, K.-P. (2003). Effects of scene inversion on change detection of targets matched for visual salience. *Journal of Vision*, 3(1), 1–5.
- Kéri, S., Kelemen, O., Janka, Z., & Benedek, G. (2005). Visual-perceptual dysfunctions are possible endophenotypes of schizophrenia: evidence from the psychophysical investigation of magnocellular and parvocellular pathways. *Neuropsychology*, 19(5), 649–656.

- Keshavan, M. S., Tandon, R., Boutros, N. N., & Nasrallah, H. A. (2008). Schizophrenia, “just the facts”: what we know in 2008 Part 3: neurobiology. *Schizophrenia Research*, *106*(2-3), 89–107.
- Klingberg, S., Wittorf, A., Sickinger, S., Buchkremer, G., & Wiedemann, G. (2008). Course of cognitive functioning during the stabilization phase of schizophrenia. *Journal of Psychiatric Research*, *42*(4), 259–267.
- Knight, R. A. (1984). Converging models of cognitive deficit in schizophrenia. *Nebraska Symposium on Motivation*. *Nebraska Symposium on Motivation*, *31*, 93–156.
- Kojima, T., Matsushima, E., Nakajima, K., Shiraishi, H., Ando, K., Ando, H., & Shimazono, Y. (1990). Eye movements in acute, chronic, and remitted schizophrenics. *Biological Psychiatry*, *27*(9), 975–989.
- Kremen, W. S., Seidman, L. J., Faraone, S. V., Toomey, R., & Tsuang, M. T. (2000). The paradox of normal neuropsychological function in schizophrenia. *Journal of Abnormal Psychology*, *109*(4), 743–752.
- Kring, A. M., & Moran, E. K. (2008). Emotional response deficits in schizophrenia: insights from affective science. *Schizophrenia Bulletin*, *34*(5), 819–834.
- Kuperberg, G. R., Kreher, D. A., Swain, A., Goff, D. C., & Holt, D. J. (2009). Selective Emotional Processing Deficits to Social Vignettes in Schizophrenia: An ERP Study. *Schizophrenia Bulletin*, sbp018.
- Kurtz, M. M. (2005). Neurocognitive impairment across the lifespan in schizophrenia: an update. *Schizophrenia Research*, *74*(1), 15–26.
- Lalanne, L., van Assche, M., & Giersch, A. (2012). When predictive mechanisms go wrong: disordered visual synchrony thresholds in schizophrenia. *Schizophrenia Bulletin*, *38*(3), 506–513.
- Lang, P.J., Bradley, M.M. & Cuthbert, B.N. (1998). International affective picture system (IAPS): Affective ratings of pictures and instruction manual.
- Landman, R., Spekreijse, H., & Lamme, V. A. F. (2003). Large capacity storage of integrated objects before change blindness. *Vision Research*, *43*(2), 149–164.
- Landragin, F. (2011) De la saillance visuelle à la saillance linguistique. Saillance. *Aspects linguistiques et communicatifs de la mise en évidence dans un texte*, Presses Universitaires de Franche-Comté, *Annales Littéraires de l'Université de Franche-Comté*.67-84
- Laprevote, V., Oliva, A., Delerue, C., Thomas, P., Boucart, M. (2010). Patients with schizophrenia are biased toward low spatial frequency to decode facial expression at a glance. *Neuropsychologia*, *48*(14), 4164-8.
- Larøi, F., Fonteneau, B., Mourad, H., & Raballo, A. (2010). Basic emotion recognition and psychopathology in schizophrenia. *The Journal of Nervous and Mental Disease*, *198*(1), 79–81.

- Lavie, N., Beck, D. M., & Konstantinou, N. (2014). Blinded by the load: attention, awareness and the role of perceptual load. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*, 369(1641), 20130205.
- Leucht, S., Corves, C., Arbter, D., Engel, R. R., Li, C., & Davis, J. M. (2009). Second-generation versus first-generation antipsychotic drugs for schizophrenia: a meta-analysis. *Lancet*, 373(9657), 31–41.
- Levin, S., Yurgelun-Todd, D., & Craft, S. (1989). Contributions of clinical neuropsychology to the study of schizophrenia. *Journal of Abnormal Psychology*, 98(4), 341–356.
- Lim, S.-L., & Pessoa, L. (2008). Affective learning increases sensitivity to graded emotional faces. *Emotion (Washington, D.C.)*, 8(1), 96–103.
- Linden, S. C., Jackson, M. C., Subramanian, L., Wolf, C., Green, P., Healy, D., & Linden, D. E. J. (2010). Emotion-cognition interactions in schizophrenia: Implicit and explicit effects of facial expression. *Neuropsychologia*, 48(4), 997–1002.
- Litz, B.T., Keane, T. M. (1989). Information processing in anxiety disorders : Application to the understanding of post-traumatic stress disorder. *Clinical Psychological Review*. 9, 243-57.
- Llerena, K., Strauss, G. P., & Cohen, A. S. (2012). Looking at the other side of the coin: a meta-analysis of self-reported emotional arousal in people with schizophrenia. *Schizophrenia Research*, 142(1-3), 65–70.
- Loughland, C. M., Williams, L. M., & Gordon, E. (2002). Visual scanpaths to positive and negative facial emotions in an outpatient schizophrenia sample. *Schizophrenia Research*, 55(1-2), 159–170.
- Ludwig, C. J. H., & Gilchrist, I. D. (2003). Goal-driven modulation of oculomotor capture. *Perception & Psychophysics*, 65(8), 1243–1251.
- Mandal, M. K., Pandey, R., & Prasad, A. B. (1998). Facial expressions of emotions and schizophrenia: a review. *Schizophrenia Bulletin*, 24(3), 399–412.
- Mathis, K. I., Wynn, J. K., Jahshan, C., Hellemann, G., Darque, A., & Green, M. F. (2012). An electrophysiological investigation of attentional blink in schizophrenia: separating perceptual and attentional processes. *International Journal of Psychophysiology: Official Journal of the International Organization of Psychophysiology*, 86(1), 108–113.
- Mayer, B., Muris, P., Vogel, L., Nojoredjo, I., & Merckelbach, H. (2006). Fear-relevant change detection in spider-fearful and non-fearful participants. *Journal of Anxiety Disorders*, 20(4), 510–519.
- McGhie, A. (1970). Attention and perception in schizophrenia. *Progress in Experimental Personality Research*, 5, 1–35.
- McGrath, J., Saha, S., Chant, D., & Welham, J. (2008). Schizophrenia: a concise overview of incidence, prevalence, and mortality. *Epidemiologic Reviews*, 30, 67–76.

- McGurk, S. R., Twamley, E. W., Sitzer, D. I., McHugo, G. J., & Mueser, K. T. (2007). A meta-analysis of cognitive remediation in schizophrenia. *The American Journal of Psychiatry*, *164*(12), 1791–1802.
- Mesholam-Gately, R. I., Giuliano, A. J., Goff, K. P., Faraone, S. V., & Seidman, L. J. (2009). Neurocognition in first-episode schizophrenia: a meta-analytic review. *Neuropsychology*, *23*(3), 315–336.
- Minassian, A., Granholm, E., Verney, S., & Perry, W. (2005). Visual scanning deficits in schizophrenia and their relationship to executive functioning impairment. *Schizophrenia Research*, *74*(1), 69–79.
- Mishara, A. L., & Goldberg, T. E. (2004). A meta-analysis and critical review of the effects of conventional neuroleptic treatment on cognition in schizophrenia: opening a closed book. *Biological Psychiatry*, *55*(10), 1013–1022.
- Mitchell, D. G. V., Nakic, M., Fridberg, D., Kamel, N., Pine, D. S., & Blair, R. J. R. (2007). The impact of processing load on emotion. *NeuroImage*, *34*(3), 1299–1309.
- Mulckhuyse, M., van Zoest, W., & Theeuwes, J. (2008). Capture of the eyes by relevant and irrelevant onsets. *Experimental Brain Research*, *186*(2), 225–235.
- Müller, N., Riedel, M., Eggert, T., & Straube, A. (1999). Internally and externally guided voluntary saccades in unmedicated and medicated schizophrenic patients. Part II. Saccadic latency, gain, and fixation suppression errors. *European Archives of Psychiatry and Clinical Neuroscience*, *249*(1), 7–14.
- Neale, J. M. (1971). Perceptual span in schizophrenia. *Journal of Abnormal Psychology*, *77*(2), 196–204.
- Niebur, E., Hsiao, S. S., & Johnson, K. O. (2002). Synchrony: a neuronal mechanism for attentional selection? *Current Opinion in Neurobiology*, *12*(2), 190–194.
- Noe, A., Pessoa, L., & Thompson, E. (2000). Beyond the Grand Illusion: What Change Blindness Really Teaches Us About Vision. *Visual Cognition*, *7*(1), 93–106.
- Norman, D., & Shallice, T. (1986). Attention to Action: Willed and Automatic Control of Behavior. In R. Davidson, R. Schwartz, & D. Shapiro (Eds.), *Consciousness and Self-Regulation: Advances in Research and Theory IV*. Plenum Press.
- Noton, D., & Stark, L. (1971). Eye movements and visual perception. *Scientific American*, *224*(6), 34–43.
- O'Regan J. K. (1992). Solving the "real" mysteries of visual perception: the world as an outside memory. *Canadian Journal of Psychology*. *46*(3): 461-88.
- O'Regan, J. K., & Noë, A. (2001). A sensorimotor account of vision and visual consciousness. *The Behavioral and Brain Sciences*, *24*(5), 939–973.

- Obayashi, S., Matsushima, E., Okubo, Y., Ohkura, T., Kojima, T., & Kakuma, T. (2001). Relationship between exploratory eye movements and clinical course in schizophrenic patients. *European Archives of Psychiatry and Clinical Neuroscience*, *251*(5), 211–216.
- Palmer, B. W., Dawes, S. E., & Heaton, R. K. (2009). What do we know about neuropsychological aspects of schizophrenia? *Neuropsychology Review*, *19*(3), 365–384.
- Palmer, B. W., Heaton, R. K., Paulsen, J. S., Kuck, J., Braff, D., Harris, M. J., Zisook, S., Jeste, D. V. (1997). Is it possible to be schizophrenic yet neuropsychologically normal? *Neuropsychology*, *11*(3), 437–446.
- Palmer, B. W., & Jeste, D. V. (2006). Relationship of individual cognitive abilities to specific components of decisional capacity among middle-aged and older patients with schizophrenia. *Schizophrenia Bulletin*, *32*(1), 98–106.
- Park, S., Püschel, J., Sauter, B. H., Rentsch, M., & Hell, D. (2002). Spatial selective attention and inhibition in schizophrenia patients during acute psychosis and at 4-month follow-up. *Biological Psychiatry*, *51*(6), 498–506.
- Park, S., Püschel, J., Sauter, B. H., Rentsch, M., & Hell, D. (2003). Visual object working memory function and clinical symptoms in schizophrenia. *Schizophrenia Research*, *59*(2-3), 261–268.
- Pessoa, L., Padmala, S., & Morland, T. (2005). Fate of unattended fearful faces in the amygdala is determined by both attentional resources and cognitive modulation. *NeuroImage*, *28*(1), 249–255.
- Pessoa, L., & Ungerleider, L. G. (2004). Neuroimaging studies of attention and the processing of emotion-laden stimuli. *Progress in Brain Research*, *144*, 171–182.
- Phillips, M. L., & David, A. S. (1997). Visual scan paths are abnormal in deluded schizophrenics. *Neuropsychologia*, *35*(1), 99–105.
- Phillips, M. L., & David, A. S. (1998). Abnormal visual scan paths: a psychophysiological marker of delusions in schizophrenia. *Schizophrenia Research*, *29*(3), 235–245.
- Pineles, S. L., Shipherd, J. C., Welch, L. P., & Yovel, I. (2007). The role of attentional biases in PTSD: is it interference or facilitation? *Behaviour Research and Therapy*, *45*(8), 1903–1913.
- Pineles, S. L., Shipherd, J. C., Mostoufi, S. M., Abramovitz, S. M., Yovel, I. (2009). Attentional biases in PTSD: More evidence for interference. *Behaviour Research and Therapy*, *47*(12), 1050-57.
- Pinheiro, A. P., McCarley, R. W., Thompson, E., Gonçalves, O. F., & Niznikiewicz, M. (2012). From semantics to feelings: how do individuals with schizophrenia rate the emotional valence of words? *Schizophrenia Research and Treatment*, *2012*, 431823.
- Place, E. J., & Gilmore, G. C. (1980). Perceptual organization in schizophrenia. *Journal of Abnormal Psychology*, *89*(3), 409–418.

- Portilla, J., & Simoncelli, E. P. (2000). A Parametric Texture Model Based on Joint Statistics of Complex Wavelet Coefficients. *International Journal of Computer Vision*, 40(1), 49–70.
- Rensink, R. A. (2000a). The Dynamic Representation of Scenes. *Visual Cognition*, 7(1), 17–42.
- Rensink, R. A. (2000b). Seeing, sensing, and scrutinizing. *Vision Research*, 40(10-12), 1469–1487.
- Rensink, R. A. (2002). Change detection. *Annual Review of Psychology*, 53, 245–277.
- Rensink, R. A. (2004). Visual sensing without seeing. *Psychological Science*, 15(1), 27–32.
- Rensink, R. A., O'Regan, J. K., & Clark, J. J. (1997). To See or not to See: The Need for Attention to Perceive Changes in Scenes. *Psychological Science*, 8(5), 368–373.
- Rensink, R. A., O'Regan, J. K., & Clark, J. J. (2000). On the Failure to Detect Changes in Scenes Across Brief Interruptions. *Visual Cognition*, 7(1-3), 127–145.
- Sakol, M. S., & Power, K. G. (1988). The effects of long-term benzodiazepine treatment and graded withdrawal on psychometric performance. *Psychopharmacology*, 95(1), 135–138.
- Schaefer, J., Giangrande, E., Weinberger, D. R., & Dickinson, D. (2013). The global cognitive impairment in schizophrenia: consistent over decades and around the world. *Schizophrenia Research*, 150(1), 42–50.
- Seaton, B. E., Allen, D. N., Goldstein, G., Kelley, M. E., & van Kammen, D. P. (1999). Relations between cognitive and symptom profile heterogeneity in schizophrenia. *The Journal of Nervous and Mental Disease*, 187(7), 414–419.
- Shakow. (1950). Some psychological features of schizophrenia. *Feelings and emotions* In: ML Reymert, editors. New-York: Mc Graw Hill, pp. 383-390.
- Shallice, T. (1988). *From neuropsychology to mental structure*. Cambridge University Press.
- Silverstein, S. M. (2008). Measuring specific, rather than generalized, cognitive deficits and maximizing between-group effect size in studies of cognition and cognitive change. *Schizophrenia Bulletin*, 34(4), 645–655.
- Simons, D. J., & Ambinder, M. S. (2005). Change Blindness. *Current Directions in Psychological Science*, 14(1), 44–48.
- Simons, D. J., & Levin, D. T. (1998). Failure to detect changes to people during a real-world interaction. *Psychonomic Bulletin & Review*, 5(4), 644–649.
- Simons, D., & Rensink, R. (2005). Change blindness, representations, and consciousness: Reply to Noë. *Trends in Cognitive Sciences*, 9(5), 219–219.

- Smilek, D., Eastwood, J. D., & Merikle, P. M. (2000). Does unattended information facilitate change detection? *Journal of Experimental Psychology. Human Perception and Performance*, 26(2), 480–487.
- St Germain, S. A., Kurtz, M. M., Pearlson, G. D., & Astur, R. S. (2005). Driving simulator performance in schizophrenia. *Schizophrenia Research*, 74(1), 121–122.
- Stirk, J. A., & Underwood, G. (2007). Low-level visual saliency does not predict change detection in natural scenes. *Journal of Vision*, 7(10), 3.1–10.
- Streit, M., Wölwer, W., & Gaebel, W. (1997). Facial-affect recognition and visual scanning behaviour in the course of schizophrenia. *Schizophrenia Research*, 24(3), 311–317.
- Takahashi, S., Tanabe, E., Yara, K., Matsuura, M., Matsushima, E., & Kojima, T. (2008). Impairment of exploratory eye movement in schizophrenia patients and their siblings. *Psychiatry and Clinical Neurosciences*, 62(5), 487–493.
- Theeuwes, J. (1992). Perceptual selectivity for color and form. *Perception & Psychophysics*, 51(6), 599–606.
- Theeuwes, J. (1994). Stimulus-driven capture and attentional set: selective search for color and visual abrupt onsets. *Journal of Experimental Psychology. Human Perception and Performance*, 20(4), 799–806.
- Thomas, P. (2009). Schizophrenia and bipolar disorders: clinical dimensions. *L'Encéphale*, 35 Suppl 5, S142–145.
- Thornton, I. M., Fernandez-Duque, D. (2002). Converging evidence for the detection of change without awareness. In J. Hyönä, D. P. Munoz, W. Heide, & R. Radach (Eds.). *The Brain's eye: Neurobiological and clinical aspects of oculomotor research: Progress in brain research* (Vol. 140, pp. 99–118). Amsterdam: Elsevier Science.
- Toh, W. L., Rossell, S. L., & Castle, D. J. (2011). Current visual scanpath research: a review of investigations into the psychotic, anxiety, and mood disorders. *Comprehensive Psychiatry*, 52(6), 567–579.
- Tonoya, Y., Matsui, M., Kurachi, M., Kurokawa, K., & Sumiyoshi, T. (2002). Exploratory eye movements in schizophrenia: effects of figure size and the instruction on visual search. *European Archives of Psychiatry and Clinical Neuroscience*, 252(6), 255–261.
- Treisman, A. (1964). Monitoring and storage of irrelevant messages in selective attention. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 3(6), 449–459.
- Treue, S. (2003). Visual attention: the where, what, how and why of saliency. *Current Opinion in Neurobiology*, 13(4), 428–432.
- Treue, T., & Martinez-Trujillo, J. C. (2003). Cognitive physiology: moving the mind's eye before the head's eye. *Current Biology: CB*, 13(11), R442–444.

- Triesch, J., Ballard, D. H., Hayhoe, M. M., & Sullivan, B. T. (2003). What you see is what you need. *Journal of Vision*, 3(1), 86–94.
- Twamley, E. W., Doshi, R. R., Nayak, G. V., Palmer, B. W., Golshan, S., Heaton, R. K., Patterson, T.L., Jeste, D. V. (2002). Generalized cognitive impairments, ability to perform everyday tasks, and level of independence in community living situations of older patients with psychosis. *The American Journal of Psychiatry*, 159(12), 2013–2020.
- Van Os, J., & Kapur, S. (2009). Schizophrenia. *Lancet*, 374(9690), 635–645.
- Vidailhet, P., Danion, J. M., Chemin, C., Kazès, M. (1999). Lorazepam impairs both visual and auditory perceptual priming. *Psychopharmacology*, 147(3), 266-73.
- Voshaar, R. C. O., Verkes, R.-J., van Luijtelaar, G. L. J. M., Edelbroek, P. M., & Zitman, F. G. (2005). Effects of additional oxazepam in long-term users of oxazepam. *Journal of Clinical Psychopharmacology*, 25(1), 42–50.
- Vuilleumier, P. (2005). How brains beware: neural mechanisms of emotional attention. *Trends in Cognitive Sciences*, 9(12), 585–594.
- Wallis, G., & Bulthoff, H. (2000). What's Scene and Not Seen: Influences of Movement and Task Upon What We See. *Visual Cognition*, 7(1-3), 175–190.
- Walsh-Messinger, J., Ramirez, P. M., Wong, P., Antonius, D., Aujero, N., McMahon, K., Opler, L. A., Malaspina, D. (2014). Impairment in emotional modulation of attention and memory in schizophrenia. *Schizophrenia Research*, 157(1-3), 63–69.
- Watanabe, K. (2003). Differential effect of distractor timing on localizing versus identifying visual changes. *Cognition*, 88(2):243-57.
- Weierich, M. R., Treat, T.A., Hollingworth, A. (2008). Theories and measurement of visual attentional processing in anxiety. *Cognition and Emotion*, 22, 985–1018.
- Wilk, C. M., Gold, J. M., McMahon, R. P., Humber, K., Iannone, V. N., & Buchanan, R. W. (2005). No, it is not possible to be schizophrenic yet neuropsychologically normal. *Neuropsychology*, 19(6), 778–786.
- Williams, L. M., Loughland, C. M., Green, M. J., Harris, A. W. F., & Gordon, E. (2003). Emotion perception in schizophrenia: an eye movement study comparing the effectiveness of risperidone vs. haloperidol. *Psychiatry Research*, 120(1), 13–27.
- Woodberry, K. A., Giuliano, A. J., Seidman, L. J. (2008). Premorbid IQ in schizophrenia: a meta-analytic review. *American Journal of Psychiatry*, 165(5), 579-87.
- Yarbus, A. L. (1967). *Eye Movements and Vision* (1st ed.). Plenum Press.



# **ANNEXES**

## **Dissociation of explicit and implicit responses during a change blindness task in schizophrenia**

**Pierre Grandgenevre<sup>1,2\*</sup>, Guillaume Vaiva<sup>1,2</sup>, Emmanuelle Boloix<sup>2</sup>, Maxime Bubrowszky<sup>1,2</sup>, Raymund Schwan<sup>3,4,5,6</sup>, Vincent Laprevote<sup>3,4,5,6</sup>**

<sup>1</sup> Pôle de Psychiatrie, CHRU Lille, Lille, F-59000, France

<sup>2</sup> Laboratoire Sciences Cognitives Sciences Affectives (SCALab), UMR 9193 CNRS, Université Lille, Lille, F-59000, France

<sup>3</sup> CHU Nancy, Centre d'Investigation Clinique CIC-INSERM 9501, Nancy F-54000, France

<sup>4</sup> CHU Nancy, Maison des Addictions, Nancy F-54000, France

<sup>5</sup> Centre Psychothérapeutique de Nancy, Nancy F-54000, France

<sup>6</sup> EA7298, INGRES, Univ. Lorraine, Vandoeuvre-lès-Nancy F-54000, France

**Neuropsychologia May 2015**

**Abstract:**

**Background:** Patients with schizophrenia are abnormally disturbed by information onsets, which may result in a disadvantage in filtering relevant information. The paradigm of change blindness offers the interesting possibility of studying sensitivity to the sudden irruption of visual information with ecological stimuli in schizophrenia. An increased attentional capture by the irruption of visual information would suggest better performance in patients than in healthy controls. This approach has the advantage of circumventing a non-specific general attentional deficit in schizophrenia.

**Methods:** Sixteen patients with schizophrenia and 16 healthy controls were asked to detect changes in 99 scenes with 0, 1 or 3 changes. We measured the participants' speed and accuracy in explicitly reporting the changes via motor responses and their capacity to implicitly detect changes via eye movements.

**Results:** Although the controls were faster and more efficient in explicitly reporting changes, the patients' eyes shifted more quickly toward the changes. Regardless of the group, increasing the magnitude of change improved the performance.

**Conclusions:** The better capacity of the patients to shift their eyes toward changes confirmed the capture by the sudden irruption of visual information in schizophrenia while avoiding the effects of general attentional deficits. However, the striking dissociation between this implicit response and the capacity to explicitly report changes could be interpreted as a deficit in access to conscious perception.

**Keywords:** schizophrenia, change blindness, eye tracking, implicit response

## **1. Introduction**

Patients with schizophrenia exhibit clear disadvantages in filtering relevant information in a flow of sensorial input during everyday life activities, such as following conversations or watching television (Place and Gilmore, 1980). In the substantial literature regarding these attentional troubles, studies with various experimental paradigms have shown that the attention of patients may be captured by the sudden irruption of visual information, even if irrelevant, thus losing relevant information (Giersch et al., 2013a). To cite only a few examples, backward masking is frequently used to study the earliest stages of visual processing in schizophrenia, allowing control over timing at the millisecond level. Several studies have shown that the sudden irruption of a mask after the target impairs patients' identification of the target at intervals that do not affect the performance of normal controls. (for a review, see Green et al., 2011). Similarly, Ducato et al. (2008) used an attentional capture paradigm to measure the capacity to locate a target either above or below a cross in the presence of distractors. Unlike the control group, response times of patients with schizophrenia were not reduced when the target always appeared on the same side of the cross, demonstrating the difficulty of patients to ignore irrelevant information (distractor). As a last example, Lalanne et al. (2012) showed, using an asynchrony detection task involving the asynchronous irruption of two targets, that controls anticipated the second target, whereas the attention of patients with schizophrenia was captured by the first target.

To control the experimental procedures, this literature is primarily based on experiments that involve simple geometric or abstract stimuli. However, an understanding of patients' performance in complex visual environments, such as everyday life, would mark a step forward, particularly to clarify how abnormalities of visual perception influence patients' behavior in complex environments.

From this perspective, the paradigm of change blindness offers an interesting possibility to study the selection of visual information with ecological stimuli such as natural scenes (Felsen and Dan, 2005). The paradigm of change blindness is defined by the failure to notice changes in scenes (e.g., addition or removal) when these changes occur following brief disruptions, such as eye movements, blank intervals or distractors (for a review, see Rensink, 2000). According to Rensink and colleagues, visual search in the paradigm of change blindness relies on the extraction of the essential information necessary to understand a scene (Rensink et al., 1997).

If the attention of patients with schizophrenia is captured by the irruption of visual information, they could rapidly detect the sudden onset of a change, even if dampened by a flicker, thus attenuating the effect of change blindness. This hypothesis is in line with the proposition of Frith and Shakow (Frith, 1992, Shakow, 1950), which assumes that patients' attention captures every detail of a scene without considering the entire picture. This hypothesis is even more attractive because distinguishing a specific cognitive deficit from the effects of non-specific general attentional deficits remains a perennial challenge in the schizophrenia literature. To overcome this shortcoming, several strategies have been devised to isolate precise cognitive function (for a review, see Silverstein, 2008), including the use of a method that leads to better results in patients compared with healthy controls (Knight, 1984). This approach was recently applied to the attentional effects of acute alcohol intoxication, with a surprising increase in change blindness performance in subjects under the influence of alcohol (Colflesh and Wiley, 2013).

Change blindness paradigms also offer the possibility of recording both an explicit motor response and an implicit response caught by eye movements. Because of the confusion

generated by generalized attentional deficits in schizophrenia, several studies have used the distinction between implicit and explicit responses to measure subtle differences in information processing in schizophrenia (for an example, see Lalanne et al. 2012). The presence of an implicit measurement enables the avoidance of decisional bias, as demonstrated in schizophrenia ( Giersch et al., 2009; Giersch et al. 2013b).

In the present study, we investigated the selection of visual information in schizophrenia using natural stimuli as a paradigm for change blindness. The performance of patients and healthy controls was measured using motor responses and eye movements. Because of the sensitivity to sudden onsets observed in schizophrenia, our main hypothesis postulated that the attention of patients would be attracted by the elements of the scene that were ignored by the controls. Thus, we expected that the patients would be more efficient in the detection of changes than the controls.

## **2. METHODS AND MATERIALS**

### **2.1 Participants**

#### ***2.1.1 Patients***

Sixteen patients with schizophrenia were recruited from the Public Mental Health Institute of Lille Metropole, the Public Mental Health Institute of Val de Lys, the Association AREV and the Department of General Psychiatry at Lille University Hospital. The inclusion criteria required an age of 18-50 years, a diagnosis of schizophrenia based on the standard DSM-IV criteria (APA, 1994) and normal or corrected vision. The exclusion criteria included a history of neurological illness or trauma that occurred in the previous six months. All patients had received antipsychotic medication and were clinically stable at the testing time. The

symptoms of schizophrenia were assessed with the Positive and Negative Syndrome Scale (PANSS) (Kay et al. 1987).

The Ethics Committee of Lille University Hospital approved this study. Written consent was obtained from all participants. The participants were not paid for their participation in the study.

### **2.1.2 Controls**

Sixteen age- and gender-matched healthy controls were recruited. The controls were free from DSM-IV axis-I diagnoses according the MINI test, and no medications were reported.

## **2.2 The change blindness task**

We based our change blindness task on thirty-three original environments that represented complex 3D indoor and outdoor scenes. We created these environments using L'Architecte 3D Expert software (Mindscape, France). Of the 33 environments, there were 6 gardens or outdoor scenes, 6 bedrooms, 5 rooms, 5 bathrooms, 5 kitchens and 6 garages. For each environment, we selected 3 images with different points of view, which resulted in 99 scenes.

To create the change blindness task, we modified 0, 1 or 3 objects in each scene so that the initial set of 99 scenes provided 297 stimuli (Figures 1a and 1b). The changed objects were semantically consistent with the contexts of the scenes. Their sizes were between 2 and 4 degrees of visual angle. The changes were substitutions, rotations or color changes.

On this basis, we created 3 different controlled sets of 99 different stimuli (33 environments x 3 points of view); each set contained 33 stimuli with one change, 33 stimuli with 3 changes and 33 stimuli with no change presented in a random order. Each participant saw one stimulus

set among the 3 different sets. The choice of the set was controlled and counterbalanced in patients and controls.



*Figure 1a: Example of a kitchen with 1 change.*



*Figure 1b: Example of a garden with 3 changes.*

We subsequently created a flicker paradigm to create a change blindness effect. Each stimulus was presented for 240 ms and interspersed with a visual mask for 80 ms during a loop of 10,240 ms.

The mask was a grayscale textured scene, which was created using the algorithm of Portilla and Simoncelli (Portilla and Simoncelli, 2000) (Figure 2).



### **2.3 Equipment**

The equipment consisted of a PC connected to a laptop and an eye tracker. The stimuli were presented on an LG 17-inch screen placed 60 cm from the participants and were controlled by the screen of the laptop. The PC monitored gaze calibration and eye movement.

The presentation of the stimuli was programmed using Presentation® software, which enabled the measurement of response time.

We monitored binocular eye position using an iViewX HED (SensoMotoric Instruments) eye tracker with a scene camera. The eye tracker enabled us to record the number and duration of fixations in the area of interest (substitution area). These data were analyzed using Begaze® software.

### **2.4 Measurement procedures**

To calibrate the eye tracker, the participants were asked to successively fixate on 9 markers in the display area. The pupil-center reflection method was used to estimate the gaze points by measuring the intersection between the optic axis and the screen.

The entire change blindness session lasted approximately 20 minutes. Each scene was preceded by a fixation cross for 500 ms. The participants were instructed to remain still during the sessions, and their head was maintained by a chin rest. They were informed that the scenes could contain 0, 1 or 3 changes. They were instructed to press a response button (spacebar) as soon as they detected a change.

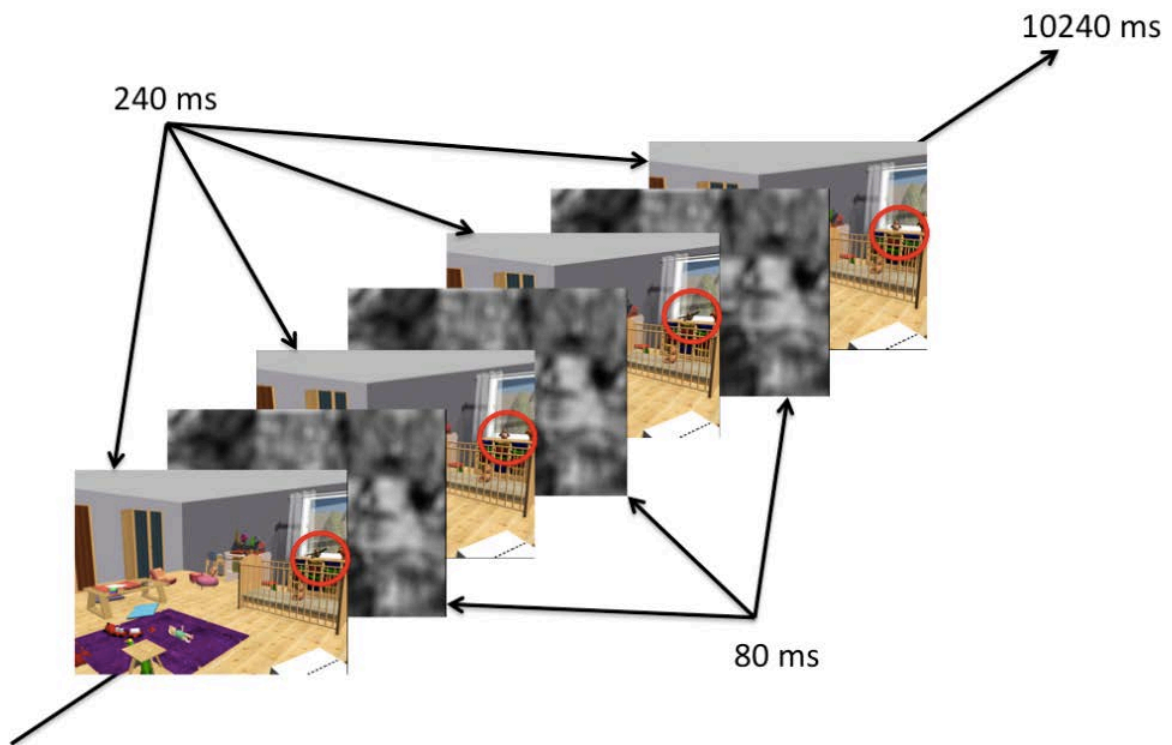


Figure 2: Flicker paradigm.

## 2.5 Data analysis

We conducted the statistical analyses using STATISTICA software, version 7.1 (StatSoft Inc.).

### *The explicit response*

The explicit response of the participants was measured behaviorally by response time and a change in the sensitivity index ( $D'$ ) based on signal detection theory (Green and Swets, 1966). This sensitivity index considers the number of correct detections compared with the missed detections and false alarms; thus, it evaluates the capacity to discriminate the signal against a background noise.

$$D' = Z(\text{hit rate}) - Z(\text{false alarm rate})$$

Here, the hit rate represents the number of change scenes in which a change was reported, and the false alarm rate represents the number of no-change scenes in which a change was reported.

For both variables, we conducted repeated measures ANOVA with the magnitude of change (0, 1, and 3 changes) as the within-subjects factor and the groups (patients/controls) as the between-subjects factor. The significance level was set at  $p < 0.05$ .

### *The implicit response*

We measured the localization and duration of fixations. All fixations outside the recording field were excluded.

The main variable was the mean latency of the first fixation (LFF) in a region of interest (ROI). This variable corresponded to the total duration until the participant first fixed on a ROI. The ROIs were the regions that contained changes. They had been previously determined with Begaze software. The ROI sizes varied between 2.5 and 4.5 degrees of visual angle.

To ensure that the measured difference was not a result of the ability to explore the scene in terms of a difference in basal exploration abilities but rather the sensitivity to change, we applied a correction of the LFF, which is called here the latency ratio (LR).

To do so, for both change conditions (i.e., 1 or 3 changes), we applied a correction of this latency by calculating the ratio of the LFF in the ROI of the target stimuli containing changes to the LFF in the ROI of the control stimuli that contained no change. The ROI of a control stimulus were the 3 regions that contained changes when the stimulus was used as the target

in another set. Thus the control condition contained three ROIs regardless of the number of changes in target stimuli.

$$Lr = \frac{\text{LFF in the ROI(c)}}{\text{LFF in the ROI(no c)}}$$

Lr: latency ratio

LFF in the ROI(c): latency of the first fixation in the ROI of target stimuli that contained changes (i.e., 1 or 3)

LFF in the ROI (no c): latency of the first fixation in the ROI of control stimuli that contained no change

The ratio can be interpreted as follows: the lower the ratio, the less the participants were disturbed to detect the change; conversely, the higher the ratio, the more the participants were disturbed to detect the change.

We conducted repeated measures ANOVA on the latency ratio with the magnitude of change (0, 1, and 3 changes) as the within-subjects factor and the groups (patients/controls) as the between-subjects factor. The significance level was set at  $p < 0.05$ .

We also used Pearson's two-tailed correlations when appropriate.

One of the 16 patients was excluded from the study because of an inability to perform the task. The response time of one other patient could not be recorded because of a problem understanding the instructions. Twenty-nine of the 297 scenes were ultimately removed from the data analysis for both groups because the changes were too difficult to detect (mean detection time higher than 4000 ms).

### 3. RESULTS

Group characteristics, such as age, gender ratio, PANSS scores and treatments, are listed in Table 1.

Table 1: Demographic and clinical characteristics of patients with schizophrenia and control subjects

Characteristics	Group; mean (SEM)*	
	Schizophrenia n=15	Control n=16
Age, yr	30.27 (1.53)	27.88 (1.53)
Sex, no. male: female	12: 3	13: 3
Antipsychotic medication, mg chlorpromazine equivalent	622.67 (150.15)	-
Benzodiazepine medication, mg diazepam equivalent	32.34 (9.74)	-
PANSS score		-
Positive symptom	23.05	-
Negative symptoms	29.94	-
General psychopathology	49.4	-
Total	102.4	-

\*Unless otherwise indicated.  
PANSS = Positive and Negative Syndrome Scale  
SEM = standard error of the mean

### 3.1 The explicit response

#### 3.1.1 Response time

The controls detected changes more rapidly than the patients, with  $RT_{controls} = 5173$  ms (sem controls = 163) and  $RT_{patients} = 5819$  ms (sem patients = 174). This difference was significant: ( $F(1, 28) = 7.33; p < 0.02$ ) (Figure 3).

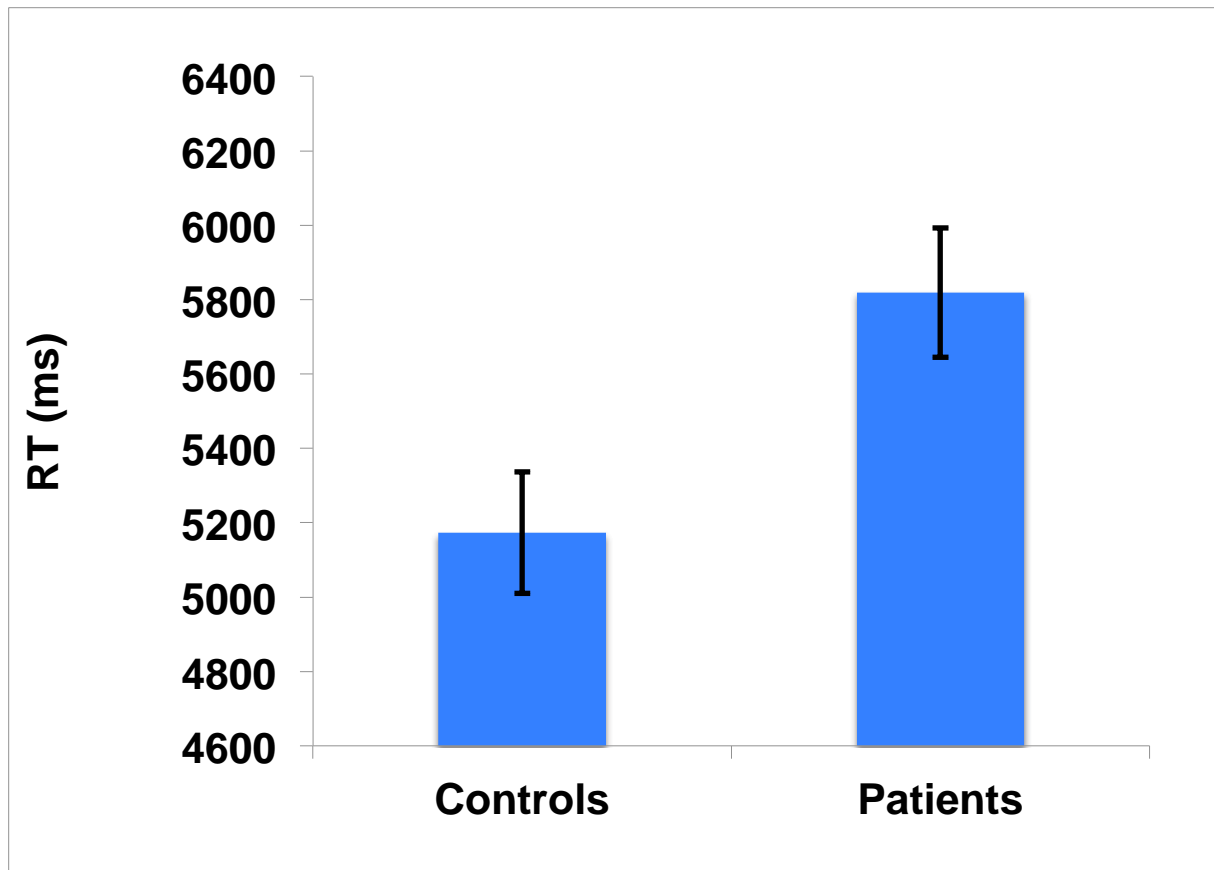


Figure 3: Average response time (ms) for the groups. Error bars indicate the standard errors of the means.

Moreover, we detected a main effect of the magnitude of change on the response time: ( $F(1, 28) = 13.103; p < 0.002$ ). Large amplitude changes ("3 changes") were detected more rapidly than low amplitude changes ("1 change"), with  $RT_3 = 5184$  ms ( $sem_3 = 132$ ) and  $RT_1 = 5808$  ms ( $sem_1 = 160$ ). We did not observe a significant interaction of the effect of group with the effect of the magnitude of change in the response time: ( $F(1, 28) = 0.32, p = 0.57$ ).

### 3.1.2 The sensitivity of the change ( $D'$ prime) according to the motor response

The controls were better able to detect changes than the patients: ( $F(1, 28) = 8.6049; p < 0.007$ ), with  $D'_{\text{controls}} = 2.20$  ( $sem_{\text{controls}} = 0.10$ ) and  $D'_{\text{patients}} = 1.76$  ( $sem_{\text{patients}} = 0.10$ ) (Figure 4).

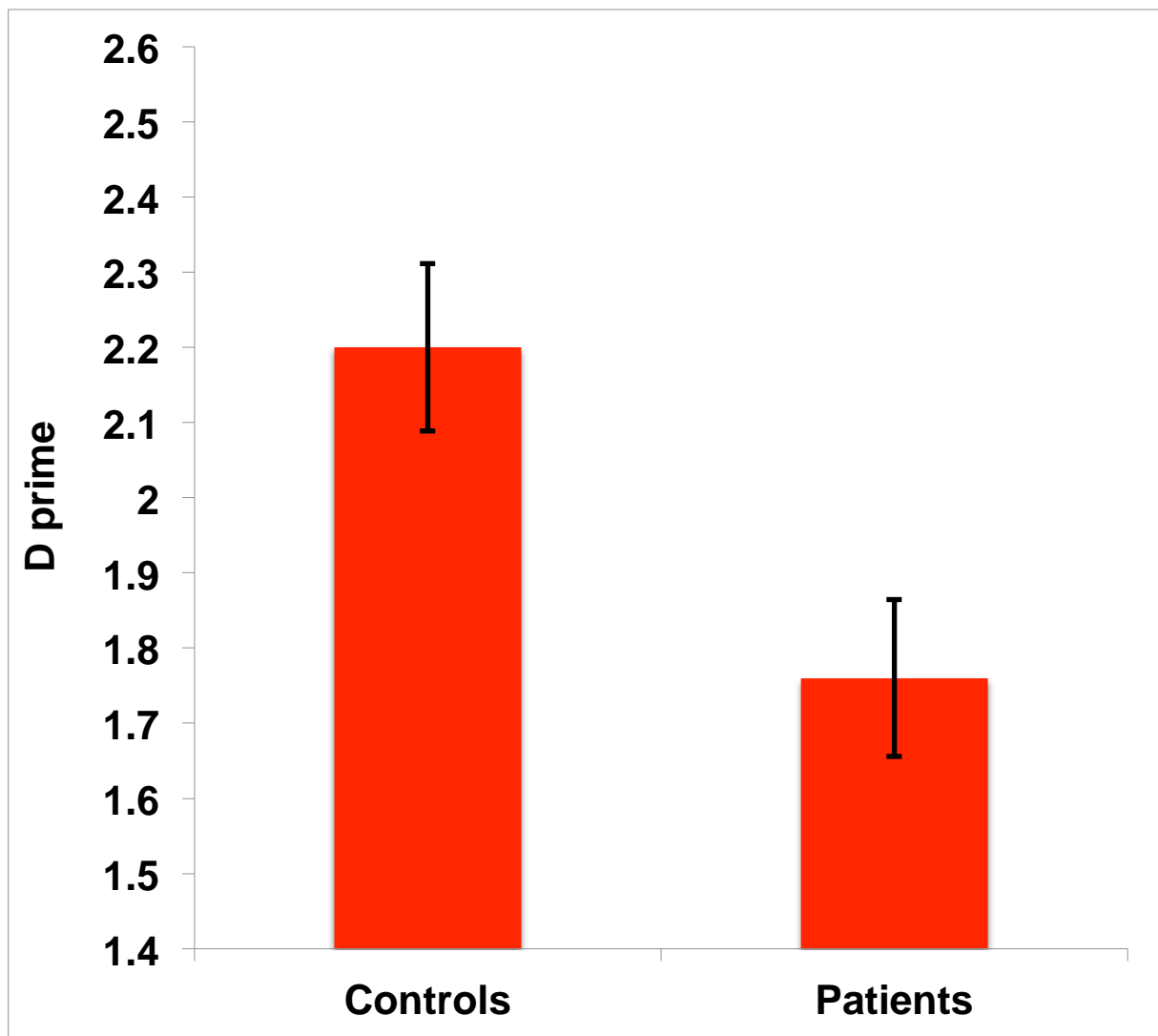


Figure 4: Average *D prime* for the groups. Error bars indicate the standard errors of the means.

Moreover, we detected a main effect of the magnitude of change on performance measured as *D prime*: ( $F(1, 28) = 229.57; p < 0.0001$ ). Large amplitude changes ("3 changes") were better detected than low amplitude changes ("1 change"), with  $D_{prime3} = 2.39$  ( $sem_3 = 0.09$ ) and  $D_{prime1} = 1.57$  ( $sem_1 = 0.07$ ).

However, we did not observe a significant interaction of the effect of group or the effect of the magnitude of change with the sensitivity of the change: ( $F(1, 28) = 2.74, p = 0.11$ ).

### 3.2 The implicit response: latency ratio

The patients' eyes shifted faster toward the changes than the controls' eyes: ( $F(1, 29) = 4.9557$ ;  $p = 0.03$ ), with the latency ratio:  $Lr_{controls} = 1.23$  ( $sem_{controls} = 0.08$ ) and  $Lr_{patients} = 0.99$  ( $sem_{patients} = 0.08$ ) (Figure 5).

Patients' latency ratio in the 1 change condition is  $Lr_{patients} = 1.04$  ( $sem_{patients} = 0.12$ ), whereas it is  $Lr_{patients} = 0.94$  ( $sem_{patients} = 0.10$ ) in the 3 changes condition. Controls' latency ratio in the 1 change condition is  $Lr_{controls} = 1.38$  ( $sem_{controls} = 0.11$ ), whereas it is  $Lr_{controls} = 1.08$  ( $sd_{controls} = 0.06$ ) in the 3 changes condition.

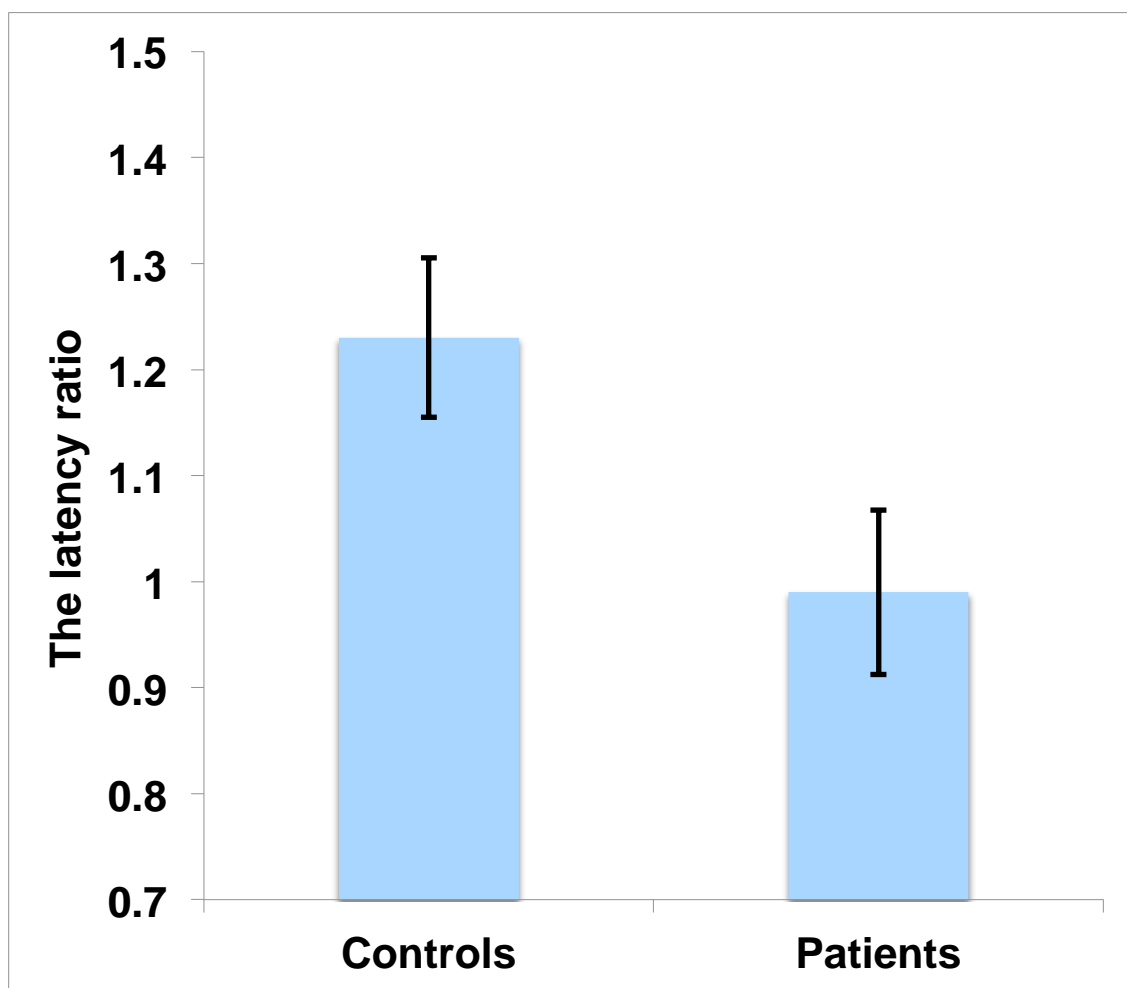


Figure 5: Average latency ratio for the groups. Error bars indicate the standard errors of the means.



Moreover, we detected a main effect of the magnitude of the change on performance measured by the latency ratio: ( $F(1, 29) = 5.7741; p = 0.023$ ). This latency was shorter for changes with a large amplitude ("3 changes") compared with a low amplitude ("1 change"), with  $Lr_3 = 1.01$  ( $sem_3 = 0.05$ ) and  $Lr_1 = 1.21$  ( $sem_1 = 0.08$ ).

However, we did not observe a significant interaction of the effect of group or the effect of the magnitude of change with the latency ratio: ( $F(1, 29) = 1.49, p = 0.23$ ).

We did not identify significant correlations between the response time, D prime or latency ratio and antipsychotic daily dose, benzodiazepine dose, age, or any PANSS dimension.

#### **4. DISCUSSION**

This study aimed to confirm the disrupting effect of the sudden onset of visual information in schizophrenia using an ecological change blindness task. The results demonstrated that (1) the controls were faster and more efficient than the patients in explicitly reporting the detection of a change (response time and D prime), (2) the patients were faster than the controls in implicitly detecting the changes (eyes movements), and (3) regardless of the group, increasing the magnitude of change facilitated the detection of change.

Our main results exhibited a striking dissociation between the explicit and implicit responses: the patients' eyes shifted faster toward the changes despite explicitly reporting the change more slowly than the controls. Thus, the patients' eyes were oriented more rapidly towards the sudden onset of a change, even if this onset was attenuated by a flicker. We confirmed the patients' sensitivity to the sudden onset of visual information with a paradigm that measured a better performance in the patients, which thereby reduced the effects of a non-specific attentional deficit. Moreover, the use of an implicit response enabled us to control that this effect was not the result of a decision bias.

The better detection of changes by patient's eyes parallels the recent findings of Lalanne et al. (2012) based on asynchrony detection. In their asynchrony paradigm, the authors presented 2 spatially separate squares at an interval from 0 to 92 ms, and participants were instructed to press a left response key in the case of simultaneous squares and a right response key in the case of asynchronous squares. The authors explored the Simon effect, which refers to the finding that responses are biased to the side of the target stimulus. They found that patients with schizophrenia were highly reactive to immediate information provided by sudden onsets, whereas healthy controls anticipated further information during the exploration of the implicit processing of asynchrony. In our change detection task, this over-reactivity may orient the patients' eyes towards sudden changes, whereas the healthy controls would anticipate the minimum information necessary to understand the scene, thus creating the "grand illusion" (O'Regan, 1992), which provides the effects of change blindness.

Concerning change blindness, some studies have shown that behavioral methods may underestimate the level of detail in visual representations. Thornton et al. showed that the failure to note a change does not mean that the detail is not represented but that the explicit response is not effective enough to report the change. (Thornton and Fernandez-Duque, 2002). Other studies compare "sensing versus seeing " with the conclusion of a partial awareness of change (Galpin et al. 2008, Rensink, 2004). Moreover, Watanabe (2003) showed that participants reported the intuition of the change location without naming the change. These results were confirmed by a study using electrophysiological measures (Busch et al., 2010). In addition to using an explicit behavioral measure, a measure of implicit response is an interesting tool to better estimate the level of detail processing in a change blindness task. Furthermore, the results are consistent with the hypothesis of a delay between implicit and explicit detection caused by the need for confirmation of the change before

pressing the response button. (Galpin et al., 2008, Jensen et al., 2011). In our study, we can suppose that patients wait longer than controls to press the button due to the presence of a large cognitive impairment implying decision-making, thus generating a different response strategy.

Finally, the surprising dissociation between implicit and explicit responses in schizophrenia can be interpreted as a deficit of access to conscious perception and more particularly as a disturbance in the late steps of perception rather than an alteration in visual low-level processes. In an interesting study, Del Cul et al. (2006) used Arabic digits as stimuli and quantified their degree of visibility to evaluate the threshold duration for access to consciousness. They showed that subliminal priming of masked numbers was identical in patients and controls, whereas the response time for the conscious perception of the masked stimulus was longer in patients compared with controls. Thus, they demonstrated that patients had a deficit of access to consciousness, which was not caused by an alteration in visual low-level processes. It was rather caused by disturbances in the late steps of perception, which are involved in the conscious integration of visual information. Before the study of Del Cul et al, results showed intact subliminal priming for numbers written both in words and in Arabic formats (Dehaene et al., 2003). The absence of a deficit in the early stages of feed-forward processing emphasizes that non-conscious responses, such as early visual analysis, may be preserved in schizophrenia. In an other sensorial modality, Keri et al. also showed the presence of a deficit in auditory masking despite the preservation of low-level processing (Keri et al., 2005). Finally, a task of attentional blink with electrophysiological measures showed that the deficit was due to attentional, not perceptual, processing deficits, and the study concluded that there were deficits in the later stages of visual processing (Mathis et al., 2012). Our results are consistent with the proposition of a deficit in access to consciousness.

The patients' difficulties in reporting changes might have resulted from a deficit in accessing conscious perception, which would not be related to the extraction of visual information but might be generated by later steps in the processing of this information.

The faster change detection by the patients' eyes might appear somewhat surprising given the literature on eye movements in schizophrenia (for a review, see Toh et al., 2011). Various studies have identified a lack of exploration of the visual world in schizophrenia (Bestelmeyer et al., 2006; Delerue et al., 2010; Gaebel et al., 1987; Green et al., 2003; Loughland et al., 2002; Tonoya et al., 2002; Williams et al., 2003). However, this trend was controlled for in our study by the correction applied to the eye movement data, which refers to the basic exploration of a zero change scene.

The patients received treatment during the study, which could constitute a limitation to our findings. However, our analysis failed to identify correlations between our dependent variables and the psychotropic treatment doses. Moreover, it is important to note that the treatments used in schizophrenia might imply slower visual exploration rather than the improvement in performance identified in the current study (Müller et al., 1999).

Our findings included an interesting supplementary result that was present in both the patients and the healthy controls. The measure of motor response revealed that changes were detected more quickly and more accurately in the "3 changes" condition than in the "1 change" condition. In the "3 changes" condition, it is possible that the strength of the visual signal exceeded a warning threshold of the cognitive system, which resulted in the perception of at least 1 change in the scene, whereas the signal remained more frequently under the threshold in the "1 change" condition. Thus, the system would indicate a certain tolerance in the perception of visual scenes consistent with subtle changes. Smilek et al. (2000) show that

large changes are easier to detect than small changes. In their experiments, they do not alter the number of changes between two scenes A and A' but rather alter the global shape of the changes. Our study complements these results by showing that the magnitude of the changes is a factor that influences change blindness.

Our study confirmed the sensitivity to sudden onset information in schizophrenia with ecological stimuli and with a paradigm that avoided the effects of a general non-attentional deficit. The striking dissociation between motor and oculomotor responses could be interpreted as a deficit in access to conscious perception in schizophrenia. Thus, the patients appeared to be overcrowded by visual details but were impaired in the extraction of relevant information. This double characteristic might constitute two complementary goals for remediating information processing in schizophrenia. Moreover, the presence of this impairment with environmental stimuli may be of interest for various therapeutic techniques, like e.g. virtual environment or cognitive therapy.

**Acknowledgements:** We are grateful to the patients and the healthy controls who participated in this study. We offer many thanks to the Public Mental Health Institute of Lille Metropole (Armentières, France), the Public Mental Health Institute of Val de Lys (St Venant, France), and the Association AREV (Arras, France), which contributed to patient recruitment.

**Conflict of interest:** All authors declare that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as potential conflicts of interest.

**Role of the funding source:** The funders were not involved in study design, analyses, manuscript preparation, or decision to submit for publication.

## REFERENCES:

American Psychiatric Association 1994. *DSM-IV: Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders* (4th edition.). Washington, DC: American Psychiatric Association.

Bestelmeyer, P. E. G., Tatler, B. W., Phillips, L. H., Fraser, G., Benson, P. J., St Clair, D. 2006. Global visual scanning abnormalities in schizophrenia and bipolar disorder. *Schizophrenia Research*, 87(1-3), 212–222.

Busch, N. A., Dürschmid, S., Herrman, C.S. 2010. ERP effects of change localization, change identification, and change blindness. *Neuroreport*, 31;21(5):371-5.

Colflesh, G. J. H., Wiley, J. 2013. Drunk, but not blind: the effects of alcohol intoxication on change blindness. *Consciousness and Cognition*, 22(1), 231–236.

Dehaene, S., Artiges, E., Naccache, L., Martelli, C., Viard, A., Schürhoff, F., Recasens, C., Martinot, M. L., Leboyer, M., Martinot, J. L. 2003. Conscious and subliminal conflicts in normal subjects and patients with schizophrenia: the role of the anterior cingulate. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 11;100(23)

Del Cul, A., Dehaene, S., Leboyer, M. 2006. Preserved subliminal processing and impaired conscious access in schizophrenia. *Archives of General Psychiatry*, 63(12), 1313–1323.

Delerue, C., Laprèvote, V., Verfaillie, K., Boucart, M. 2010. Gaze control during face exploration in schizophrenia. *Neuroscience Letters*, 482(3), 245–249.

Ducato, M. G., Michael, G. A., Thomas, P., Desprez, P., Monestes, J. L., Loas, G., Boucart, M. 2008. Attentional capture in schizophrenia: failure to resist interference from motion signals. *Cognitive Neuropsychiatry*, 13(3), 185–209.

Felsen, G., Dan, Y. 2005. A natural approach to studying vision. *Nature Neuroscience*, 8(12), 1643–1646.

Frith, C. D. 1992. *The cognitive neuropsychology of schizophrenia*. East Sussex: Lawrence Erlbaum.

Gaebel, W., Ulrich, G., Frick, K. 1987. Visuomotor performance of schizophrenic patients and normal controls in a picture viewing task. *Biological Psychiatry*, 22(10), 1227–1237.

Galpin, A., Underwood, G., Chapman, P. 2008. Sensing without seeing in comparative visual search. *Conscious Cogn.*, 17(3):672-87.

- Giersch, A., Lalanne, L., Corves, C., Seubert, J., Shi, Z., Foucher, J., Elliott, M. A. 2009. Extended visual simultaneity thresholds in patients with schizophrenia. *Schizophrenia Bulletin*, 35(4), 816–825
- Giersch, A., Lalanne, L., van Assche, M., Elliott, M. A. 2013a. On disturbed time continuity in schizophrenia: an elementary impairment in visual perception? *Frontiers in Psychology*, 4, 281.
- Giersch, A., Wilquin, H., Capa, R. L., Delevoeye-Turrell, Y. N. 2013b. Combined visual and motor disorganization in patients with schizophrenia. *Frontiers in Psychology*, 4, 620.
- Green, D. M., Swets, J. A. 1966. *Signal Detection Theory and Psychophysics*. Melbourne, FL:Krieger R. E.PublishingCo.
- Green, M. J., Williams, L. M., Davidson, D. 2003. Visual scanpaths to threat-related faces in deluded schizophrenia. *Psychiatry Research*, 119(3), 271–285.
- Green, M. F., Lee, J., Wynn, J. K., Mathis, K. I. 2011. Visual masking in schizophrenia: overview and theoretical implications. *Schizophrenia Bulletin*, 37(4), 700–708.
- Jensen, M. W., Yao, R., Street, W. N., Simons, D. J. 2011. Change blindness and inattention blindness. *WIREs Cognitive Science*, 2, 259-546.
- Kay, S. R., Fiszbein, A., Opler, L. A. 1987. The positive and negative syndrome scale (PANSS) for schizophrenia. *Schizophrenia Bulletin*, 13(2), 261–276.
- Keri, S., Kelemen, O., Janka, Z., Benedek, G. 2005. Visual-perceptual dysfunctions are possible endophenotypes of schizophrenia: evidence from the psychophysical investigation of magnocellular and parvocellular pathways. *Neuropsychology*, 19(5):649-56.
- Knight, R. A. 1984. Converging models of cognitive deficit in schizophrenia. *Nebraska Symposium on Motivation*. *Nebraska Symposium on Motivation*, 31, 93–156.
- Lalanne, L., van Assche, M., Giersch, A. 2012. When predictive mechanisms go wrong: disordered visual synchrony thresholds in schizophrenia. *Schizophrenia Bulletin*, 38(3), 506–513.
- Loughland, C. M., Williams, L. M., Gordon, E. 2002. Visual scanpaths to positive and negative facial emotions in an outpatient schizophrenia sample. *Schizophrenia Research*, 55(1-2), 159–170.
- Mathis, K.I, Wynn, J. K., Jahshan, C., Hellemann, G., Darque, A., Green, M.F. 2012. An electrophysiological investigation of attentional blink in schizophrenia: separating perceptual and attentional processes. *Int J Psychophysiol*, 86(1):108-13.
- Müller, N., Riedel, M., Eggert, T., Straube, A. 1999. Internally and externally guided voluntary saccades in unmedicated and medicated schizophrenic patients. Part II. Saccadic latency, gain, and fixation suppression errors. *European Archives of Psychiatry and Clinical Neuroscience*, 249(1), 7–14.

- O'Regan J.K. 1992 Solving the "real" mysteries of visual perception: the world as an outside memory. *Canadian Journal of Psychology*, 46(3):461-88.
- Place, E. J., Gilmore, G. C. 1980. Perceptual organization in schizophrenia. *Journal of Abnormal Psychology*, 89(3), 409–418.
- Portilla, J., Simoncelli, E. P. 2000. A Parametric Texture Model Based on Joint Statistics of Complex Wavelet Coefficients. *International Journal of Computer Vision*, 40(1), 49–70.
- Rensink, R. A., O'Regan, J. K., Clark, J. J. 1997. To See or not to See: The Need for Attention to Perceive Changes in Scenes. *Psychological Science*, 8(5), 368–373.
- Rensink, R. A. 2000. Seeing, sensing, and scrutinizing. *Vision Research*, 40(10-12), 1469–1487.
- Rensink, R. A. 2004. Visual sensing without seeing. *Psychological Science*, 15(1), 27–32.
- Shakow. 1950. Some psychological features of schizophrenia. *Feelings and emotions* In: ML Reymert, editors. New-York: Mc Graw Hill, pp. 383-390.
- Silverstein, S. M. 2008. Measuring specific, rather than generalized, cognitive deficits and maximizing between-group effect size in studies of cognition and cognitive change. *Schizophrenia Bulletin*, 34(4), 645–655.
- Smilek, D., Eastwood, J.D., Merikle, P.M. 2000. Does unattended information facilitate change detection? *J Exp Psychol Hum Percept Perform*, 26(2):480-7.
- Toh, W. L., Rossell, S. L., Castle, D. J. 2011. Current visual scanpath research: a review of investigations into the psychotic, anxiety, and mood disorders. *Comprehensive Psychiatry*, 52(6), 567–579.
- Thornton, I. M., Fernandez-Duque, D. 2002. Converging evidence for the detection of change without awareness. In J. Hyönä, D. P. Munoz, W. Heide, & R. Radach (Eds.). *The Brain's eye: Neurobiological and clinical aspects of oculomotor research: Progress in brain research* (Vol. 140, pp. 99–118). Amsterdam: Elsevier Science.
- Tonoya, Y., Matsui, M., Kurachi, M., Kurokawa, K., Sumiyoshi, T. 2002. Exploratory eye movements in schizophrenia: effects of figure size and the instruction on visual search. *European Archives of Psychiatry and Clinical Neuroscience*, 252(6), 255–261.
- Watanabe, K. 2003. Differential effect of distractor timing on localizing versus identifying visual changes. *Cognition*, 88(2):243-57.
- Williams, L. M., Loughland, C. M., Green, M. J., Harris, A. W. F., Gordon, E. 2003. Emotion perception in schizophrenia: an eye movement study comparing the effectiveness of risperidone vs. haloperidol. *Psychiatry Research*, 120(1), 13–27.



