N°d'ordre NNT :2016LYSE1256

THESE de DOCTORAT DE L'UNIVERSITE DE LYON
opérée au sein de
l'Université Claude Bernard Lyon 1

Ecole Doctorale 476
Neurosciences et cognition

Spécialité de doctorat : Psychologie cognitive

Soutenue publiquement le 28/11/2016, par :
Brice MARTIN

Temps, soi et schizophrénie

Devant le jury composé de :

Coull, Jennifer. HDR- chargée de recherche. Laboratoire des neurosciences cognitives. Université Aix Marseille - CNRS
Présidente du jury.

Pachoud, Bernard. Docteur en médecine. Professeur de psychopathologie. Université Paris 7.
Rapporteur

Farrer, Chloé. HDR – Chargée de recherche. CNRS – CERCO – UMR 5549. Toulouse.
Rapporteur

Van Wassenhove, Virginie. HDR – chargée de recherche. CEA Saclay – Gif sur Yvette.
Examinatrice

Franck, Nicolas. PU-PH. UMR5229-CNRS.
Directeur de thèse

Giersch, Anne. Directeur de recherche. Inserm. U1114. Strasbourg
Co-directrice de thèse

UNIVERSITE LYON 1- CLAUDE BERNARD
ECOLE DOCTORALE NEUROSCIENCES ET COGNITION

Temps, soi et schizophrénie

Thèse en vue de l'obtention du Doctorat de Psychologie Cognitive

Présentée par Brice Martin

Soutenue publiquement le : 28/11/2016

Sous la direction de Monsieur le Professeur Nicolas Franck

Et la co – direction de Madame le Dr Anne Giersch

Rapporteurs :

Chloé Farrer

Bernard Pachoud

Membres du Jury :

Virginie van Wassenhove

Jennifer Coull

Remerciements

A Anne Giersch,

Merci de m'aider depuis tout ce temps, avec patience, disponibilité et exigence,

A construire des châteaux de sable,

Au lieu-dit de l'indéchiffrable,

Sur la plage de la recherche,

Au sable invisible

A Nicolas Franck,

Merci pour la confiance que vous m'accordez depuis maintenant 5 ans.

En capitaine de navire, vous n'hésitez pas à inviter les membres de votre équipage à explorer les territoires qui les intriguent. Vous savez nous encourager à mobiliser notre créativité pour nous orienter dans le labyrinthe de ces terrains énigmatiques propres à la psychiatrie.

Merci aussi de me montrer l'importance de l'action en psychiatrie.

A Chloé Farrer et Bernard Pachoud

Merci de me faire l'honneur de jouer les rôles de rapporteurs de ce travail. Merci pour le temps que vous aurez passé à la lecture de cette thèse, pour vos commentaires et pour votre venue à Lyon à l'occasion de sa soutenance.

A Virginie van Wassenhove

Merci pour l'honneur que tu me fais de participer à mon jury de thèse. Ta présence m'était chère car c'est toi qui m'as initié aux sciences cognitives lors de mon année de master.

A Jennifer Coull

Pour l'honneur que vous me faites de participer à mon jury et l'aide que vous nous avez apportée.

A Agnès Falco, Estelle Etienne et Anabel Benair

Vous avez réalisé votre stage de master 2 en travaillant avec nous sur les études de ce travail. Sans votre aide, je n'aurai pu mener ce travail jusqu'au bout.

A Michel Cermolacce, mon cher collègue marseillais,

Nos rituels téléphoniques du mercredi durant lesquels nous échangeons ensemble autour de questions telles que la phénoménologie psychiatrique, la construction de

nouveaux projets ou l'analyse cinématographique de films comiques (dont nous ne pouvons que taire l'intérêt indéfectible que nous leur portons sous peine de nous voir définitivement interdite l'entrée des cinémas dignes de ce nom) restent des moments précieux pour moi. Merci de l'aide et de la disponibilité que tu m'as apportées dans la cotation des entretiens EASE.

A Josef Parnas,

Vous êtes venu à Lyon, à plusieurs reprises, à la rencontre d'un groupe de cliniciens intéressés par votre travail pour les former. Merci pour votre enseignement auquel nous avons tenté de rendre hommage dans ce travail.

A Chloé Duboc et Aurélie Dubrulle,

Pour votre aide et votre disponibilité dans la réalisation des bilans neuropsychologiques.

A Fabrice Berna,

Pour les échanges que nous avons eus, pour ton accueil sur Strasbourg et pour ton aide dans une partie de cette recherche.

Aux participants des études qui ont accepté de venir nous rencontrer et s'investir dans ce travail

A Elie Péneau.

Ce travail se termine au moment où le tien se termine sur le service. Ces quelques années côte à côte (seule une mince cloison séparait nos bureaux) ont été une source d'enrichissement importante pour moi. Merci pour ta curiosité et ton goût contagieux de la lecture, qui ont probablement contribué à l'élaboration de ce travail.

A Laurent Morin,

Ce travail se termine au moment où le tien s'est terminé depuis peu sur le service. Nos discussions à bâtons rompus au restaurant de la maison de la danse ont certainement contribué à dynamiser mon travail

A Olivier Deleuze,

Pour l'intérêt que tu as fait naitre chez moi pour l'œuvre de Camus, qui m'influence de plus en plus et qui ouvre et conclut ce travail.

A toute l'équipe du SUR,

Pour le plaisir que vous m'offrez à travailler avec vous. Sans la présence de ce plaisir dans le quotidien du travail professionnel, je n'aurais pas eu la disponibilité psychique pour rédiger ce modeste travail.

A Aurélie,

Pour tout le reste. En faire l'inventaire dépasserait de loin la taille de ce travail. Mieux vaut donc le laisser dans l'infini.

A mon frère, Jérémy,

Pour tes encouragements constants et ton honnêteté, qui, je l'espère, infiltre ce travail.

A Salah,

Mon ami depuis tant d'années.

A ma mère,

Pour ton relativisme à toute épreuve, qui m'a aidé à plusieurs reprises à prendre des moments de recul sur ce travail.

A mon père,

Pour le côté fantasque qui était le tien, tout en discrétion, qui, je l'espère (seuls d'autres pourront le dire) imbibe ce travail dans lequel, quelque part, tu résides.

Sommaire

INTRODUCTION 13

PREMIERE PARTIE : LE TEMPS DANS LA CLINIQUE, LA PSYCHOPATHOLOGIE ET LA PSYCHOLOGIE EXPERIMENTALE DES TROUBLES SCHIZOPHRENIQUES 17

A. Le temps dans la sémiologie psychiatrique de la schizophrénie : de Morel au DSM-5 17
1. Le temps dans la sémiologie classique de la schizophrénie : Morel, Kraepelin et Bleuler 17
   a) Bernard Auguste Morel 18
   b) Emile Kraepelin 19
   c) Le groupe des psychoses schizophréniques de Bleuler 22
2. L'école de Berlin 26
   a) L'école de Wernicke, Kleist et Leonhard 26
   b) La classification et la sémiologie de l'école de Berlin 27
   c) Conclusion 29
3. Le temps dans la sémiologie contemporaine des troubles schizophréniques - CIM et DSM 30
   a) Le temps dans la clinique du DSM 30
   b) Conclusion 31
4. Conclusion : l'absence du temps dans la sémiologie de la schizophrénie 31

B. Le temps dans la description phénoménologique de la schizophrénie 33
1. Pourquoi une approche phénoménologique en psychiatrie ? Des limites de l'approche empirique/naturaliste en psychiatrie 33
   a) Limites de l'approche empirique en psychiatrie 33
   b) L'approche phénoménologique en psychiatrie-Quelques repères 38
   c) Niveaux de description en phénoménologie - principaux niveaux de description 43
   d) Conclusion 47
2. Le temps dans la description phénoménologique des troubles schizophréniques 48
   a) Une première description phénoménologique de la schizophrénie: De l'autisme au temps vécu 48
   b) Le temps comme processus constituant : les troubles du soi minimal et les défaillances des synthèses temporelles passives 58
   c) Intérêt et limites des descriptions phénoménologiques 65

C. Temps, sciences cognitives et schizophrénie 70
1. La perception des durées 72
   a) Principaux paradigmes 72
   b) Modèles et bases neurales 73
   c) Résultats dans les troubles schizophréniques 76
   d) Conclusion. Synthèse, intérêt, limites. 78
2. Perception de la simultanéité 82
   a) Principaux paradigmes 82
   b) Principales données chez le sujet normal 83
   c) Modèles et bases neurales : l'exemple du modèle de Pöppel 84
   d) Données dans les troubles schizophréniques 96
   e) Conclusion : synthèse, intérêt, limites 99

3. Simultanéité et anticipation : l'effet Simon. 101
a) Paradigme expérimental 101
b) Principaux résultats chez le sujet normal 102
c) Résultats dans la schizophrénie 103
d) Conclusion : synthèse, intérêt et limite 109
4. Les contraintes temporelles de l'intégration multi sensorielle et la perception de la simultanéité 110
a) Un exemple de paradigme : l'illusion de McGurk et ses contraintes temporelles 110
b) Résultats dans la schizophrénie 115
c) Conclusion : synthèse, intérêt et limites 115
5. Tâche de « preparatory setting » et Hazard function 117
a) Preparatory setting et Hazard function : paradigme de base 117
b) Principales données chez le sujet sain. Facteurs modulant les performances. 119
c) Résultats dans la schizophrénie 124
d) Synthèse : intérêt, limites 126
6. Conclusion 127

DEUXIEME PARTIE: TROIS ETUDES 131

A. 1ère étude. Fenêtres d'intégration temporelle et fenêtres de simultanéité dans les troubles schizophréniques 132
1. Justification et principe de l'étude 132
2. Matériel et méthode 134
3. Analyse des données 138
4. Résultats 141
a) Intégration audio-visuelle à synchronie parfaite ou proche de 0 141
b) Fenêtres de simultanéité 142
c) Fenêtres d'intégration 143
d) Comparaison des deux fenêtres 144
e) Analyse des profils temporels des fenêtres d'intégration temporelle 145
5. Discussion 147

B. 2ème étude – Preparation et orientation temporelle 151
1. Justification et principe de l'étude 151
2. Matériel et méthode 157
3. Résultats 162
a) Analyse générale 162
b) Hazard function 163
c) Impact des essais sans cibles 163
d) Impact des indices attentionnels 164
e) Corrélations avec les mesures neuro cognitives et cliniques 165
4. Discussion 166

C. 3ème étude - Jugement de simultanéité, anticipation temporelle et prior entry 170
1. Justification et principe de l'étude 170
2. Matériel et méthode 173
3. Résultats 177
a) Analyse de l'impact de l'essai précédent sur l'essai actuel 178
b) Analyse des taux de répétition 179
c) Corrélations avec les autres mesures 181

4. Discussion 182

D. Anticipation temporelle implicite et troubles du soi minimal - Retour sur les mesures du soi minimal réalisées dans les études 2 et 3 184

1. Temps et soi minimal. L'échelle EASE 184
   a) Temps et soi minimal 184
   b) L'échelle E.AS.E. (Parnas et al, 2005). 186
2. Retour sur les mesures du soi minimal dans deux des trois études 187
   a) Préparation (Hazard function) et EASE 188
   b) Jugement de simultanéité et EASE 191
3. Discussion 192
   a) Des corrélations entre mesures du soi et mesures du temps 192
   b) Présence et hazard function 194
   c) Jugement de simultanéité, détection des changements de direction et troubles de la conscience. 196

E. Synthèse des 3 études - Discussion générale 199

1. Synthèse des résultats et interprétation. Vers un modèle cognitif des troubles du soi minimal ? 199
2. Perspectives de recherche 202
   a) Etudes des corrélats neuro physiologiques des altérations temporelles 202
   b) Des limites d'une recherche ciblant un objet flou : la « schizophrénie ». Intérêt d'un modèle conceptuel de la schizophrénie pour la constitution des groupes de patients. 204
3. Perspectives thérapeutiques 206

CONCLUSION 207

RESUME / SUMMARY 210

BIBLIOGRAPHIE 214

ANNEXES 233

A. ANNEXE 1. Critères DSM-5 de la schizophrénie (code F20) 233

B. ANNEXE 2. Echelle EASE 234

C. ANNEXE 3. Positive And Negative Syndrome Scale (PANSS) 237

D. ANNEXE 4. Article- Temporal event structure and timing in schizophreni: preserved binding in a longer "now" 239

E. ANNEXE 5. Article – temporal structure of consciousness and minimal self in schizophrenia 253

F. ANNEXE 6. Article - Are patients with schizophrenia impaired in predicting time? 265

G. ANNEXE 7. Article. Predicting and perceiving in time: what is impaired in patients with schizophrenia. 291

A Louise, petit cœur…
A ta petite sœur, déjà dans nos cœurs…

« De qui et de quoi en effet puis je dire : « je connais cela ! ». Ce cœur en moi, je puis l'éprouver et je juge qu'il existe. Ce monde, je puis le toucher et je juge encore qu'il existe. Là s'arrête toute ma science, le reste est construction » (Camus, 1942. Le mythe de Sisyphe)

INTRODUCTION

Pour certains auteurs, la « schizophrénie », telle qu'elle est circonscrite dans les classifications contemporaines (par exemple le DSM), constitue « un concept scientifique vague » (Parnas, 2005), une « entité évasive » (Jansson, 2007). Envisagé sous l'angle de quelques symptômes, essentiellement comportementaux (discours ou comportement désorganisé, hallucinations, diminution de l'expression des affects…), sans cause ou mécanisme physiopathologique unitaire identifié, le diagnostic de schizophrénie s'avère, sous l'apparente simplicité que proposent les systèmes diagnostiques contemporains, souvent fragile, ce dont témoigne la fiabilité inter juge médiocre du diagnostic basé sur ces systèmes diagnostics contemporains (Nordgaard, 2012 ; Jansson, 2002).

Par le souci de mettre de côté un certain nombre d'altérations dont l'identification était soumise de façon excessive à la subjectivité du clinicien, telles la variété des expériences délirantes ou les troubles subtils de la conscience de soi, les classifications contemporaines de la schizophrénie ont sans doute conduit à un appauvrissement de la démarche diagnostique. Elles ne proposent plus qu'une description essentiellement comportementale qui élude donc les particularités du vécu subjectif des patients, pourtant d'une grande importance pour la compréhension de leurs difficultés. Ainsi, la clinique contemporaine ne permet plus de « *traduire qu'une part infime des gestes, des paroles, de toute la façon d'être du malade* » (Minkowski, 1929). Ce problème d'un objet aux contours flous et la mise de côté des particularités du vécu subjectif constituent des problèmes majeurs en psychiatrie, tant pour la réalisation de la tâche diagnostique que pour celle qui nous intéresse ici, celle de

la recherche fondamentale. En effet, comment étudier, par exemple, la structure cognitive d'un objet mal défini sur le plan clinique?

En cherchant à décrire « de l'intérieur » le propre du vécu des personnes touchées par un trouble schizophrénique, la phénoménologie psychiatrique insiste en revanche sur l'importance des altérations du rapport au temps, qui se situeraient au cœur de l'expérience schizophrénique. En effet, Minkowski (1933), Blankenburg (1969/1991), Binswanger (1965/1993), Maldiney (1991) ou Wiggins (1990) pour n'en citer que quelques uns, postulent, en s'inspirant fréquemment du modèle de la conscience intime du temps de Husserl (1928/1964), un vacillement de la temporalité dans l'expérience schizophrénique. Le temps est envisagé dans ces descriptions, plus que comme un contenu de la conscience, comme contenant de la conscience, c'est-à-dire une composante fondamentale de la structure de l'expérience subjective. Par un jeu subtil de processus reliant le juste passé et le juste à venir dans l'acte de perception, le temps détermine normalement une conscience de soi à même de s'éprouver comme stable et continue, ce qui vacillerait dans les troubles schizophréniques. Le temps constituant dans cette approche un élément essentiel de l'expérience subjective, les travaux de phénoménologie postulent en toute logique qu'en s'effondrant, le temps détermine des expériences de désubjectivation dans lesquelles le sujet éprouve la sensation que sa propre expérience n'est plus la sienne (c'est-à-dire un vacillement de la seule chose dont nous soyons en temps normal assurés si on paraphrase Camus). Cette sensation d'une désappropriation de l'expérience personnelle, c'est ce que la phénoménologie contemporaine désigne sous le terme de « troubles du soi minimal » (Parnas, 2011 ; Parnas, 2003). Ainsi, en s'effritant, le temps, moteur de la constitution subjective, serait à l'origine de toute une gamme d'expériences dans lesquelles le sujet se

sent comme étranger à lui-même. Si ces travaux proposent une meilleure délimitation sur le plan conceptuel et psychopathologique des troubles schizophréniques (envisagés comme altération du soi minimal), la description des perturbations supposées du temps dont ils découleraient butte sur différents obstacles. L'un d'eux réside dans la difficulté à pouvoir réaliser une authentique phénoménologie du temps schizophrénique, c'est-à-dire une description directe des processus de constitution temporelle d'une personne touchée par un trouble schizophrénique car « *comment demander une analyse réflexive à une conscience qui se révèle altérée* ?» (Ricœur, 1969).

C'est ici que peut résider l'apport de la psychologie expérimentale, et plus largement des sciences cognitives afin de contourner, au moins dans une certaine mesure, les limites du jugement introspectif, particulièrement critiques pour la question du temps. En effet, la psychologie expérimentale permet d'investiguer des processus dont le sujet n'a pas conscience et dont il ne peut donc faire un rapport verbal. Les travaux récents sur l'altération des jugements de simultanéité et des processus élémentaires d'anticipation temporelle dans les troubles schizophréniques ainsi que les liens qu'il est possible d'entrevoir avec la théorie du codage prédictif de l'information fournissent un premier ensemble de données très encourageant sur le chemin d'une compréhension cognitiviste du temps schizophrénique.

L'objectif de notre travail réside dans l'approfondissement des altérations de la temporalité schizophrénique et de leur lien avec les troubles du soi minimal (considérés comme une dimension centrale et spécifique du vécu schizophrénique). Notre travail se divisera en deux parties. Dans un premier temps, nous réaliserons une revue de la littérature des données (issues de la clinique classique, de la phénoménologie psychiatrique et des sciences

cognitives) qui viennent soutenir l'idée d'une altération de la temporalité dans les troubles schizophréniques. Dans un second temps et dans la continuité de cette revue de la littérature, nous décrirons en 3 chapitres, 3 études de psychologie expérimentale que nous avons réalisées. Chacune d'entre elles a cherché à mieux caractériser les troubles du temps et leurs éventuels liens avec les troubles du soi. La question des liens entre temps et soi sera traitée séparément dans un quatrième chapitre. Une discussion générale clôturera cette partie expérimentale. Nous conclurons notre travail par une réflexion sur l'intérêt d'articuler approche en 1ère et en 3ème personne, notamment dans la recherche expérimentale.

PREMIERE PARTIE
LE TEMPS DANS LA CLINIQUE, LA PSYCHOPATHOLOGIE ET LA PSYCHOLOGIE EXPERIMENTALE DES TROUBLES SCHIZOPHRENIQUES

A. Le temps dans la sémiologie psychiatrique de la schizophrénie : de Morel au DSM-5

Une première étape dans l'étude des liens (éventuels) entre le « temps » et la « schizophrénie » réside dans l'examen de la place réservée au temps dans la sémiologie médicale de la schizophrénie. La sémiologie médicale constitue en effet l'approche descriptive utilisée pour délimiter la clinique de ce trouble et établir son diagnostic. Les descriptions des pathologies mentales proposent d'identifier les caractéristiques des tableaux psychiatriques de la même façon que dans le reste de la médecine. La neutralité de l'observateur est sous-entendue au travers d'une description qui se veut objective et s'assigne comme tâche le relevé des signes et symptômes présents.

Nous allons revenir dans un premier temps sur les descriptions médicales fondatrices de la schizophrénie, dont certaines, comme celles de Bleuler, restent indépassées. Puis nous nous tournerons progressivement vers la sémiologie contemporaine de la schizophrénie : celle du DSM et de la CIM.

1. Le temps dans la sémiologie classique de la schizophrénie : Morel, Kraepelin et Bleuler

a) Bernard Auguste Morel

Morel et la démence précoce

On doit probablement à Bernard Auguste Morel, autour des années 1860, l'une des premières descriptions de la schizophrénie. En effet, même si la paternité de la schizophrénie reste débattue, pour Régis, Morel « aperçut clairement ce processus […] et en traça la première description » (Régis cité par Garrabé, 2003, p. 18). Le terme cependant retenu pour catégoriser le tableau clinique n'était pas à l'époque celui de « schizophrénie » mais celui de « démence précoce », qui constitue donc l'ancêtre de la schizophrénie.

La notion de « démence précoce » est inscrite dans la « théorie de la dégénérescence » et représente « une déviation par rapport au type humain normal transmissible par l'hérédité et qui s'aggrave peu à peu jusqu'à l'extinction de la famille » (Ackerknecht cité par Garrabé, 2003, p. 22). Les descriptions de Morel sont présentes dans deux ouvrages majeurs : le « traité des maladies mentales » (Morel, 1860) et les « études cliniques » (Morel, 1851)

Morel baptise « démence précoce » dans son traité des maladies mentales (1860) une « immobilisation soudaine de toutes les facultés » (Morel cité par Garrabé, 2003, p. 19). Ses caractéristiques cliniques essentielles sont les suivantes :

- La suggestibilité
- Les stéréotypies des gestes et du langage
- La catatonie, les grimaces et les tics « bizarres »
- Le négativisme « *appelé par lui d'un mot bien approchant, le nihilisme* » comme l'illustre la manière étrange de marcher, qu'il compare « *à celle de certains automates mus par un ressort* » (Morel, 1851, p. 257 à 303).

Le pronostic, inscrit dans la théorie de la dégénérescence est sombre. Comme le précise Morel (1851), « *ces aliénés jeunes encore […] se présentent à l'observateur avec toutes les chances de guérison. Mais après un examen attentif on reste convaincu que la terminaison par l'idiotisme et la démence est le triste couronnement de l'évolution* ».

Conclusion

Cette synthétique évocation de la clinique morélienne permet d'entrevoir les prémisses de la clinique de la schizophrénie développée par la suite, notamment par Kraepelin qui lui reprendra le terme de « démence précoce ». Notons qu'*aucune référence au temps* (c'est-à-dire à l'existence de désordres temporels) n'apparait dans la description Morélienne.

b) Emile Kraepelin

Le critère évolutif

Emile Kraepelin a réalisé la première classification solide des troubles psychiatriques. Ce point confère à Kraepelin un rôle immense dans l'histoire de la psychiatrie. Il s'inscrit également dans une perspective de sémiologie médicale neurologique inspirée de l'approche du neuro anatomiste Virchow (Postel, 1970, p.23) qui suppose à la fois la neutralité de l'observateur et la mise de côté du vécu subjectif du patient sur le plan clinique. Kraepelin signalait d'ailleurs que « *l'ignorance de la langue du malade est en médecine mentale une excellente condition d'observation* » (Postel, 1970, p. 23). En s'inscrivant dans la démarche classificatoire propre aux sciences naturelles et à la médecine,

Kraepelin individualise donc des « maladies mentales ». Il s'oppose alors au dogme de la « psychose unique » de Griesinger en vigueur à l'époque et marque l'entrée de la psychiatrie dans un nouveau paradigme (celui, précisément, des maladies mentales (Lanteri Laura, 1998)).

A défaut de disposer de l'accès à une lésion et de critères anatomo cliniques qui permettent d'ancrer réellement l'entité nosographique délimitée dans le champ de la médecine, Kraepelin utilise, comme substitutif à la lésion, le critère de l'évolution, reflet indirect de la lésion : « *la maladie mentale s'individualise et se définit par son évolution* » (Kraepelin, 1899/1970). C'est dans ce contexte que Kraepelin va individualiser les caractéristiques essentielles de la future schizophrénie, pour laquelle il conserve le terme morélien de « démence précoce ». Il s'appuie en grande partie sur les descriptions de Kahlbaum (Postel, 1970, p.11) et de Hecker, deux psychiatres qui lui sont contemporains

Description kraepelinienne de la démence précoce

Au delà du critère évolutif conduisant à un état déficitaire, Kraepelin (1899/1970) retient sur le plan sémiologique les éléments suivants :

- La perte des réactions affectives, c'est à dire le « *détachement de toute chose* » (p. 33) et l' « *affectivité émoussée* » (p. 35). Il s'agit là d'un aspect central de la description kraepelinienne de la démence précoce.
- L'absence de volonté spontanée (p. 35) et la suggestibilité (p. 35), qui se traduisent par des manifestations comme la catalepsise, l'échopraxie, l'écholalie.

- L'existence de « *rires niais et vides* » ; « *certains malades se plaignent même d'être contraints de rire alors que leurs idées ne les y poussent pas le moins du monde* » (p. 30)
- « *Les grimaces, les contorsions, les fines trémulations de la face* » (p.30) qui constituent pour Kraepelin des « *signes de grande valeur* ».
- L'existence de troubles du langage, c'est-à-dire les « *tendances à user d'un langage biscornu, à faire des jeux de mots par assonance, sans souci du sens* » (p.30).
- L'exagération des réflexes rotuliens (p.35).

Kraepelin souligne également une grande quantité d'autres signes, beaucoup plus inconstants (hallucinations, idées délirantes, modification de l'humeur) qu'il considère comme secondaires. « *On voit par exemple des idées délirantes, des hallucinations sensorielles, mais à développement très irrégulier ; elles peuvent même faire complètement défaut ou disparaître, sans que les traits essentiels s'en ressentent, au cours de la maladie ou de sa terminaison.* » (Kraepelin, 1899/1970, p. 33). Par ailleurs, Kraepelin individualise 3 formes en 1899 (la forme hébéphrénique, catatonique et paranoïde en fonction de la dominance de l'émoussement affectif, des perturbations motricess ou des phénomènes délirants).

Conclusion : le temps chez Kraepelin

Si certains soulignent que le système de classification de Kraepelin « *sur lequel repose encore tout notre appareil diagnostic psychiatrique n'est finalement qu'une magnifique nécropole où chaque forme morbide est un sépulcre* » (Postel, 1970, p. 23) compte tenu du pronostic profondément pessimiste associé aux maladies mentales, la richesse des descriptions

Kraepelinienne a eu une influence considérable sur l'établissement de la clinique schizophrénique, qui, à l'heure actuelle, reste assez proche de la description de Kraepelin.

Pour conclure et revenir à l'objectif de l'évocation de ces descriptions, il nous faut souligner que, comme chez Morel, *aucune référence à l'existence de désordres temporels* n'apparait dans la clinique Kraepelinienne de la démence précoce.

c) Le groupe des psychoses schizophréniques de Bleuler

Bleuler et l'introduction du terme « schizophrénie »

C'est à Bleuler que l'on doit la paternité du terme de « schizophrénie » en 1911. Bleuler individualise en réalité un « groupe des schizophrénies » qui comprend « *vraisemblablement plusieurs maladies* » (Bleuler, 1911/1993, p.44) ramassées sous un même terme « *pour des raisons de commodités* » (p.44).

Bleuler cherche à identifier des signes pathognomoniques qui permettent l'affranchissement du critère évolutif Kraepelinien. C'est dans ce cadre qu'il identifie un « groupe de psychoses » caractérisé par une altération de la pensée, du sentiment et des relations avec le monde extérieur d'un type spécifique qu'il situe sur le plan des « signes primaires » (p. 45). En effet, Bleuler distingue « signes primaires » de l'affection, qui la caractérisent de façon spécifique (« *certains symptômes de la schizophrénie sont présents à chaque instant et dans chaque cas* » (p.53)), et « signes secondaires » qui constituent une amplification des troubles primaires ou une tentative de colmatage de ces derniers. Bleuler décrit par ailleurs, plutôt qu'une évolution terminale démentielle systématique, des évolutions beaucoup plus

variées, notamment favorables, même s'il persistera des « *phénomènes résiduels plus ou moins communs* » (p. 40).

Les symptômes fondamentaux (primaires) - altération des fonctions simples (associations, affectivité et ambivalence).

Au premier rang des signes primaires figure ainsi la « schize », ou « scission » (Spaltung) de la pensée c'est-à-dire un « *trouble spécifique des associations* » (p. 53). Le trouble des associations est « *toujours présent* » (p. 53). Sa principale caractéristique réside dans un défaut de représentation de but, qui signe le sceau de la pensée schizophrénique. Déconnectée d'une finalité pratique, le patient schizophrène évolue dans une pensée qui se caractérise par un jeu perpétuel avec des concepts, qui en restent à l'état de concept, c'est-à-dire d'abstractions autonomes, dénuées de toute finalité pratique. Parmi les règles qui caractérisent alors la pensée schizophrénique figurent des processus proches de ceux retrouvés dans le rêve, eux-mêmes déconnectés de toute finalité concrète (associations par assonance, condensations… (p. 71)) qu'illustrent les « bousculades de la pensée » (p. 77), signant l'aspect désorganisé de la pensée schizophrénique, alternant parfois avec des séquences d'appauvrissement de la pensée (barrages) (p. 79).

Les *troubles de l'affectivité* sont à situer également sur le plan des symptômes primaires. Ils se caractérisent par une indifférence affective (« *une indifférence vis-à-vis de tout* » (p.85), y compris, dans certains formes avancées, à l'égard des idées délirantes), une altération de l'homogénéité des affects, ce que signe la parathymie (« *les mots qui doivent exprimer la joie ou la souffrance ne s'accordent ni entre eux, ni au ton de la voix, aux mouvements, au reste*

du comportement »(p. 88)), et un déficit de la modulation des affects (faible modulation des affects en fonction du contenu de l'échange)

Enfin, *l'ambivalence* constitue le dernier aspect de la triade des signes primaires bleulériens. « *On la rencontre généralement même dans les cas légers, et elle est une conséquence si directe du trouble schizophrénique des associations que son absence complète est invraisemblable. C'est pourquoi nous la citons parmi les symptômes fondamentaux* » (p. 100). Bleuler décrit ainsi l'*ambivalence affective* (une même représentation peut être teintée au même instant de sentiments agréables et désagréables), de la volonté (ambitendance) (« *le patient veut en même temps manger et ne pas manger* » (p. 101)) et intellectuelle (« *je suis le docteur A ; je ne suis pas le docteur A* »)

Les symptômes fondamentaux (primaires) - fonctions complexes (l'autisme)

L'altération, spécifique, de certaines fonctions simples se prolonge pour Bleuler dans les troubles des fonctions complexes, qui conservent par conséquent une certaine spécificité. Au premier rang d'elles figure *l'autisme schizophrénique* que Bleuler définit comme un « *détachement de la réalité combiné à la prédominance relative ou absolue de la vie intérieure* » (p. 112). Par cette définition, Bleuler indique l'importance d'un fonctionnement marqué par la prééminence d'une pensée tournée vers l'intérieur avec « *ses propres lois : l'autisme use certes des rapports logiques ordinaires, tant que cela lui convient ; mais il n'est absolument pas lié par eux. En outre, il pense par symboles, par analogies, par concepts incomplets, par associations fortuites* ». Il est assez aisé de voir dans cette description le lien entre trouble des associations et autisme. Un point important réside dans le constat que si

l'ensemble du fonctionnement psychique peut subir le joug de l'autisme, un certain nombre de patients présentent un régime psychique de « comptabilité double » qui se traduit par la co existence d'un monde autistique et d'un monde dans lequel le rapport à la réalité est préservé « *il nous faut donc distinguer une pensée réaliste et une pensée autistiques, et ce côte à côte, chez le même patient* ». « *Les deux formes sont souvent bien distinctes, si bien que le patient peut penser de façon tantôt tout à fait autistique, tantôt tout à fait normale ; dans d'autres cas, elles se mêlent jusqu'à complète interpénétration*» (p. 117).

Les symptômes secondaires

A côté des signes primaires (simples et complexes), Bleuler décrit une gamme de symptômes accessoires, qui constituent une amplification des troubles primaires ou une tentative de colmatage de ces derniers. Si Bleuler met en doute leur valeur diagnostique, il n'en demeure pas moins que « *il n'est pas fréquent que les symptômes fondamentaux soient si fortement développés qu'ils mènent le patient à l'asile. Ce ne sont que les phénomènes accessoires qui lui rendent impossibles de séjourner dans sa famille, ou ce sont eux qui lui rendent la psychose manifeste et amènent à réclamer une aide psychiatrique* » (p. 147). Parmi les symptômes secondaires figurent notamment les hallucinations ainsi que les idées délirantes.

Conclusion

Cette évocation très simplifiée de la clinique bleulérienne nous permet de faire le constat que, là encore, aucune allusion au temps n'est présente dans la description, pourtant d'une

extrême richesse, de Bleuler. Seule, une courte allusion à l'orientation dans le temps est évoquée (p. 106), pour souligner que « *même des schizophrènes présentant un délire aigu sont en grande partie orientés dans l'espace, voire même dans le temps* » (p. 106), à contre courant, au premier abord, de l'idée d'intégrer la problématique du temps à la schizophrénie.

2. L'école de Berlin

Après l'évocation des descriptions cliniques des pères fondateurs de la schizophrénie, dans lesquelles la question du temps n'apparait pas, nous souhaitons maintenant évoquer la sémiologie des schizophrénies telles que la propose l'école de Berlin, autour de Wernicke, Kleist et Leonhard. Il s'agit sans doute d'une des tentatives les plus poussées de sémiologie médicale des troubles schizophréniques, dans laquelle, pourrait on dire, le moindre signe, y compris neurologique, est intégré à la clinique. La question du temps y apparait elle enfin?

a) L'école de Wernicke, Kleist et Leonhard

Wernicke (1848 – 1905), Kleist (1879 – 1960) et Leonhard (1904 – 1987) ont fondé une "école" dont l'objectif consistait à refondre la classification des maladies psychiatriques (en particulier les psychoses), sur une combinatoire caractéristiques de signes et symptômes. « *Karl Leonhard (1904 – 1988) va fonder son travail sur deux principes hérités de Karl Kleist (1879 – 1960). Le premier est une observation clinique extrêmement détaillée de chaque cas, utilisant le minutieux recueil symptomatologique de Wernicke. Le second est celui d'une*

approche longitudinale orientée vers le pronostic déjà utilisé par Kraepelin » (Foucher, 2009, p. 24). Se situant à contre courant des « classifications internationales simplificatrices » (Stöber, p.7, 2009) qui consiste « *à réduire le diagnostic à un ensemble de symptômes psychopathologiques* » (Stöber, p. 7, 2009) cette approche cherche à intégrer un maximum de signes dans la sémiologie, poussée à l'extrême.

Leonhardt identifie « *pas moins de 71 tableaux de psychose* » (Foucher, 2009, p.19). « *Les phénotypes décrits par K. Leonhard sont des descriptions psychopathologiques reposant sur des cas cliniques suivis plusieurs dizaines d'années pendant lesquelles n'est présenté de façon précise que ce qu'il y a de plus important* » (Stöber, 2009, p.11). Le temps y apparait il, ne serait ce que dans l'une de ces descriptions ?

b) La classification et la sémiologie de l'école de Berlin

Si l'on résume sa classification à grand trait, Leonhardt identifie quatre groupes qui comprennent chacun un certain nombre d'entités cliniques.

→*Le groupe des psychoses maniaco dépressives de Kraepelin*

Nous ne le détaillerons pas car il s'éloigne du spectre des troubles schizophréniques

→*Le groupe des psychoses cycloïdes*

Leur déroulement est épisodique. Karl Leonhard le sort du groupe des schizophrénies bleulériennes.

Nous ne détaillerons pas davantage ce groupe compte tenu du caractère épisodique des manifestations décrites qui rompt avec la clinique générale des schizophrénies et du fait qu'aucune allusion au temps n'y apparait.

→*Le groupe des schizophrénies non systématisées*

Elles se caractérisent par une atteinte de l'affect, de la pensée, de la psychomotricité, l'alternance de symptômes aigus (bien contrôlés par le traitement antipsychotique) et des syndromes résiduels qui se développant après les poussées. Leonhardt distingue

- La paraphrénie affective (délire de référence associé à des sentiments d'irritation – persistance d'un vécu de méfiance)
- La cataphasie (pensée incohérente avec déraillements grammaticaux et logiques – persistance après l'accès aigu confusion du langage et de la pensée)
- La catatonie périodique (motricité réactive et expressive qualitativement anormale – persistance d'un ralentissement psychomoteur général avec trouble de la motricité d'expression)

→*Le groupe des schizophrénies systématisées*

Ils forment le noyau des psychoses schizophréniques. Ce groupe se caractérise par une évolution chronique toujours « défavorable » (Foucher, 2009, p. 11). « *La prise en charge sur le long terme dans des établissements (type appartements thérapeutiques) ou des ateliers (type CAT) présente un faible succès d'un point de vue socio – thérapeutique* » (Stöber, 2009, p. 11). Ce groupe comprend :

- La paraphrénie systématisée (6 formes) qui se caractérise par une humeur maussade, des hallucinations corporelles, une attention orientée vers la vie intérieure, un vécu onirique, des idées délirantes peu investies affectivement et un émoussement affectif important.
- La catatonie systématisée (6 formes), marquée par l'existence de parakinésies, une réduction de l'initiative des gestes, des réponses précipitées, un maniérisme, un négativisme, une orientation vers le monde intérieur.
- L'hébéphrénie systématisée (4 formes). Elle est marquée par un émoussement des affects, la présence de rires et sourires immotivés, une perte du ressenti des émotions, un caractère « rouspéteur », un maniérisme associé à un comportement autistique, un émoussement des affects.

c) Conclusion

En conclusion, malgré une sémiologie très raffinée (que nous n'avons faite qu'effleurer) et l'explosion du cadre de la schizophrénie en 71 entités, aucune référence au temps n'apparait, pas même dans l'une de ces 71 entités censées ordonner le groupe des schizophrénies. La liste des 58 symptômes à explorer dont la combinatoire permet de distinguer les différentes entités cliniques ne comprend par ailleurs aucune référence à la question du temps.

3. Le temps dans la sémiologie contemporaine des troubles schizophréniques - CIM et DSM

Si la question du temps n'apparait ni dans les descriptions princeps de la schizophrénie, ni dans les descriptions minutieuses de l'école de Berlin, qu'en est il dans la sémiologie contemporaine des troubles schizophréniques, celle promue par le DSM ?

a) Le temps dans la clinique du DSM

Le DSM (de même que la CIM) renoue ou se situe dans la continuité d'un modèle descriptif médical dont il assure d'une certaine façon l'héritage.

Comme le souligne Postel (1970) à l'occasion des rééditions des « leçons cliniques » de Kraepelin, « *alors que le vaisseau nosographique psychiatrique fait eau de toutes parts, il peut paraitre paradoxal de rééditer une traduction française des leçons cliniques de celui qui en fut le constructeur le plus éminent. Mais c'est encore sur la classification de Kraepelin que repose notre diagnostic des troubles maladies mentales* »

Les descriptions des troubles schizophréniques du DSM

Présenté de façon simplifiée, la clinique du DSM-5 (APA, 2015) retient comme éléments essentiels de la clinique schizophrénique

- Les idées délirantes
- Les hallucinations
- Le discours désorganisé

- Le comportement désorganisé ou catatonique
- Les symptômes négatifs (aboulie ou diminution de l'expression des affects)

Deux parmi ces symptômes doivent être présents pendant une période d'au minimum au mois.

Les critères diagnostic plus précis du DSM-5 (durée des troubles, exclusion d'autres troubles notamment neurologiques…) sont présentés en annexe. L'enjeu réside ici simplement dans l'évocation de la clinique du DSM

b) Conclusion

Là encore, aucune allusion au temps n'est présente dans la sémiologie du DSM-5, qui propose une description très épurée de la schizophrénie.

4. Conclusion : l'absence du temps dans la sémiologie de la schizophrénie

A l'issue de notre brève incursion dans la sémiologie médicale de la schizophrénie, de Kraepelin au DSM-5, nous ne pouvons qu'observer l'absence de toute allusion au « temps ». Il pourrait par conséquent apparaitre non justifié de faire du « temps » un axe central d'investigation plus précis des troubles schizophréniques, étant donné l'absence d'indice clinique justifiant une telle démarche.

Cependant, avant de renoncer à l'intégration de cette thématique, une question se pose : ces descriptions, de Kraepelin au DSM, épuisent elles tout ce qu'il est possible de dire sur la

schizophrénie? Si tel n'est pas le cas comment compléter la richesse et de l'exhaustivité des descriptions évoquées jusqu'à présent ? Est- il même possible d'aller encore plus loin que les descriptions de Bleuler ou de Leonhardt ?

Comme nous allons voir, plus qu'une description toujours plus méticuleuse, au terme de laquelle le temps se révèlerait enfin, c'est à partir d'un changement de la méthode descriptive elle-même que va émerger naturellement la question du temps, ce qui suppose la nécessité d'un complément à l'approche descriptive propres aux sciences naturelles ; ce qui suppose aussi l'existence de limites inhérentes à une description uniquement naturaliste.

B. Le temps dans la description phénoménologique de la schizophrénie

1. Pourquoi une approche phénoménologique en psychiatrie ? Des limites de l'approche empirique/naturaliste en psychiatrie

C'est dans les limites de la description médicale (qui ne permet sans doute pas de tout décrire) que va résider l'intérêt d'intégrer, à ses côtés, d'autres méthodes descriptives, comme celle proposée par la psychiatrie phénoménologique. Ce sont sur les limites de la description médicale que nous revenons maintenant.

a) Limites de l'approche empirique en psychiatrie

Paradoxe le l'expérience psychiatrique

L'objet de la psychiatrie réside dans le *vécu* du malade. La tâche du psychiatre réside donc dans sa description (et sa compréhension). La réalisation de cette tâche s'appuie, dans l'approche clinique classique, sur le recueil de données empiriques basé sur l'étude du « comportement matériel » (Tatossian, 1976) de nos patients c'est-à-dire de ce qui est extérieurement observable (des symptômes). De cela, le psychiatre en fait directement l'expérience par le biais de son appareil perceptif, ce qui rend partageable ces éléments « objectifs ». Cet accès direct au « comportement matériel » du patient est également celui auquel accède le médecin somaticien, qui va par exemple percevoir un ictère au niveau des conjonctives de son patient ou un goitre thyroïdien en palpant le cou de son patient.

Cependant, une différence importante entre somaticien et psychiatre est à souligner : elle se situe au niveau de la valeur diagnostique de la matérialité à laquelle chacun a un accès direct. En effet, cette matérialité n'est que le *signe indirect* d'un vécu pour le psychiatre, dont elle est une expression, alors qu'elle constitue une fin en soi pour le somaticien, constituant *l'objet direct* de son investigation.

Par là se laisse comprendre une première limite de l'approche empirique en psychiatrie car les indices matériels sur lesquels s'appuie le psychiatre sont peu spécifiques d'un vécu donné (un ralentissement psychomoteur peut, en soi, tout aussi bien signer un syndrome dépressif qu'une schizophrénie déficitaire). Un comportement donné n'est pas spécifique d'un vécu donné, vécu qui constitue pourtant l'objet de l'évaluation psychiatrique (Fuchs, 2010). C'est le *« paradoxe de l'expérience psychiatrique »* (Blankenburg cité par Tatossian, 1976, p.24) que de n'atteindre que de façon médiate son objet.

*L'étude de **Jansson et al** (2002) illustre la difficulté à déterminer le diagnostic psychiatrique sur les seuls faits empiriques, ce que signe la difficulté à bâtir des critères ou échelles diagnostiques objectives reproductibles. Cette étude compare le nombre de patients diagnostiqués schizophrènes, dans une cohorte de 155 patients admis en psychiatrie, à l'aide de plusieurs échelles (ICD 9, ICD 10, DSM-4, etc.). Alors qu'il est possible avec certaines d'entre elles de diagnostiquer jusqu'à 108 patients schizophrènes, seuls 14 patients peuvent l'être à l'intérieur de toutes les échelles. Les coefficients kappa (coefficients de corrélation) entre les différentes échelles sont en général faibles (càd inférieurs à 0,6) dans cette étude qui rappelle toute la difficulté à établir le diagnostic de schizophrénie sur la base d'échelles objectives, c'est-à-dire à « voir » la schizophrénie sur la base des seuls signes empiriques.*

Symptôme et trait

Une autre distinction entre symptôme psychiatrique et symptôme somatique concerne l'absence de chaîne causale permettant de relier un symptôme donné à une cause

identifiable, privilège de la physiopathologie. Par exemple, dans le cas de la schizophrénie, aucun examen complémentaire (imagerie, histologie, biologie) ne permet d'attester du diagnostic en identifiant la lésion, l'anomalie morphologie ou fonctionnelle qui détermine les symptômes observés par le clinicien. Ainsi, « *le malheur veut qu'en psychiatrie, nous n'ayons pas de moyen simple pour valider nos regroupements cliniques par des critères de validation extra cliniques […]. Cette démarche classique de découpage nosographique est pourtant essentielle pour l'avancée d'une discipline médicale*» (Foucher, 2009, p. 22)

Par conséquent, alors que le symptôme somatique renvoie à autre chose qu'à lui-même (à une cause), le symptôme psychiatrique ne permet pas de sortir du champ descriptif, c'est-à-dire d'un « tout » dont il constitue un trait. C'est ce « tout » que l'on appelle maladie mentale constituant de ce fait un "mythe" (Ey, 1948/2006) dans le sens où l'étiologie causale des symptômes demeure inconnue alors même que le statut de maladie est posé pour désigner les tableaux en question. C'est donc dans leurs rapports entre eux, et non dans leurs rapports à une cause commune, que les symptômes psychiatriques se situent. C'est dans la considération du « tout » auquel appartient et renvoie chacun des symptômes que ce dernier commence à se livrer. Le symptôme n'est pas détachable du « tout », alors que l'approche empirique, comme nous venons de le voir, *« décompose discursivement les objets naturels en signes caractéristiques ou propriétés, pour les élaborer ensuite inductivement en types, concepts, jugements, théories »* (Binswanger, 1947/1971, p.53). En effet, il existe un ralentissement psycho moteur dépressif, de la même façon qu'il existe un ralentissement psycho moteur schizophrénique. Ces deux ralentissements sont un même signe caractéristique selon l'approche empirique ; pourtant ils sont compris différemment selon qu'ils sont observés dans l'une ou l'autre pathologie. Comme l'énonce Minkowski (1933,

p.209), *« il est impossible de recomposer un tout en se contentant d'en juxtaposer les parties»* et *« chaque état psychologique, du fait qu'il appartient à une personne, reflète et exprime l'ensemble de sa personnalité »* (Minkowski, 1933, p.209). C'est ce « tout » que ne décrit pas l'approche empirique par le morcellement comportemental qu'elle opère.

Echec de la communication et symptôme psychiatrique

Un troisième point illustre un autre niveau de divergence entre symptôme somatique et symptôme psychiatrique : si le symptôme somatique appartient au patient du fait de son appartenance au corps, propriété inaliénable de l'individu, l'appartenance du symptôme psychiatrique au sujet qui le porte (ou le porterait) semble moins évidente. Entre appartenance au patient et projection du médecin, le symptôme psychiatrique semble surtout, comme le souligne Tatossian (1976), émerger de l'interaction entre un médecin et un patient (d'où les fréquentes divergences de point de vue entre les cliniciens). L'émergence du symptôme est alors souvent liée, en particulier dans la pathologie psychotique, à un aspect particulier de cette « rencontre » : celui d'une *incompréhension mutuelle* étant donné qu'est souvent nommé « symptôme » ce qui, en particulier dans le contexte de trouble psychotique, n'est pas reconnu comme tel par le patient. L'exemple de l'hallucination en constitue un des plus évidents. C'est donc parfois l'échec de la communication qui conditionne ce que le médecin nomme symptôme. Est nommé symptôme l'incompréhensible, aspect sur lequel n'a manqué d'insister Karl Jaspers (1922/1933), sur qui nous revenons maintenant.

Conclusion : limites de l'approche empirique en psychiatrie : l'incompréhensibilité

Ces trois points sous tendent les limites d'une démarche descriptive uniquement basée sur un abord médical, empirique. Pour Karl Jaspers, ces trois limites aboutissent, comme les trois affluents d'un même fleuve, à « l'incompréhensibilité » des tableaux ainsi délimités faisant de l'amas de symptômes ainsi accumulés un *"pot-pourri" inextricable d "items » […], labyrinthe bien plus propre à fausser les problèmes qu'à les résoudre* » (Ey, 1960, p.142). Minkowski soulignait également à sa manière que *« les notions que la psychopathologie courante met à notre disposition, ne servent à traduire qu'une part infime des gestes, des paroles, de toute la façon d'être du mala*de (Minkowski, 1929) ». Cette incapacité à décrire et comprendre le vécu notre patient, qui constitue pourtant l'objet de la psychiatrie, explique sans doute la validité limitée du diagnostic en psychiatrie et sa portée modeste car «*à quoi peut-il servir de poser un diagnostic si celui-ci ne permet de dire ni de quoi souffre le malade, ni quel est son état présent […]* ? » (Jaspers, 1922/1933).

Ce constat de l'incompréhensibilité de la description empirique, sous son aspect rigide, constitue cependant une avancée importante car il correspond à un moment crucial pour la psychiatrie classique : celui où elle dresse le bilan de ses résultats empiriques et « *dépose les armes* » (Tatossian, 1976). C'est sur ce terrain que d'autres approches descriptives vont alors se développer, dont la phénoménologie psychiatrique, que Jaspers annonce. C'est à ce niveau de notre présentation que nous nous tournons maintenant vers l'approche phénoménologique, méthode de description complémentaire des troubles psychiques.

b) L'approche phénoménologique en psychiatrie-Quelques repères

La recherche du dépassement de la barrière de l'incompréhensible (c'est-à-dire des limites de la méthode descriptive empirique) implique donc « *d'envisager les troubles mentaux sous un angle tout différent de celui auquel nous sommes habitué* » (Minkowski, 1929). Une modalité de description d'un autre ordre mais complémentaire de l'approche empirique renvoie à l'expérience phénoménologique. La distinction entre *symptôme* et *phénomène* va s'avérer importante pour approcher ce qui distingue ces deux façons de décrire.

Symptôme et phénomène

Il est possible de distinguer deux manières d'appréhender les manifestations psychopathologiques que présente une personne.

D'un côté, et il s'agit là de la démarche diagnostique classique en psychiatrie, il est possible d'appréhender les manifestations que présentent nos patients en décrivant des symptômes et des signes, qui, regroupés ensemble, conduisent à l'hypothèse qu'une maladie est présente. Cette dernière est abordée de façon indirecte et s'apparente à quelque chose « *qui ne se montre pas, qui seulement s'annonce ou se révèle* » (Tatossian, 1976, p.27) à travers ce que nous nommons symptôme. Cette approche correspond à l'expérience empirique, basée sur l'évidence sensorielle et renvoie plus largement à la méthode des sciences naturelles. Elle fragmente son objet selon différentes catégories et « *divise l'évènement psychique morbide en classes, genres, espèces dans un système hiérarchique de particularités* » (Binswanger, 1947/1971). Cette démarche met donc de côté la personne malade en tant que « tout », l'être-malade, c'est-à-dire « *le caractère propre à la vie*

psychique de nos patients » (Binswanger, 1947/1971). De cette délimitation uniquement externe et parcellaire de l'évènement psychique pathologique découle l'incompréhensibilité de telles manifestations sur laquelle nous avons insisté.

D'un autre côté, il est possible d'appréhender les manifestations pathologiques comme « phénomènes ». Par-là peut être désigné tout un ensemble d'expériences que nous faisons en fait régulièrement en présence de nos patients, voire d'autrui, durant lesquelles nous « saute aux yeux » de façon immédiate l'atmosphère schizophrénique dégagée par tel patient, la tonalité mélancolique d'un autre, etc. Ce type de constatations, très intuitives, a été fixé dans le langage par de nombreux auteurs : citons le *« vécu de précoce »* décrit par Rümke (Tatossian, 1976), le *« diagnostic par intuition »* (Minkowski, 1933) ou encore le *« diagnostic atmosphérique »* sur lequel insistait Tellenbach (Tatossian, 1976).

Ces expériences, de nature typiquement phénoménologique, semblent indiquer qu'une autre forme de description du réel est possible, au travers d'une démarche où la réalité n'est plus découpée en symptômes mais appréhendée comme un « tout » et saisie de façon immédiate. Le philosophe Edmond Husserl, père de l'approche phénoménologique, parle *« d'intuition catégoriale »* pour désigner ce mode de connaissance, qui, appréhendant le tout de la manifestation, saisit alors la *« chose elle-même »* dans sa globalité et son originalité**.** Cette « chose elle-même » qui se donne dans l'intuition catégoriale sera dans un premier temps appelée « essence ». Cependant les développements ultérieurs de la phénoménologie psychiatrique, notamment en direction de la philosophie de Heidegger, nommeront **«** être-au-monde » ou « Présence » ce qui renvoie à la forme de l'expérience

elle-même, forme à côté de laquelle semble passer l'approche émpirique des sciences naturelles. . .

C'est ce type d'expérience que cherche à apprivoiser la phénoménologie psychiatrique : cela nécessite d'un côté l'adoption d'une méthode visant à se rendre maître de ce type d'expérience, et de l'autre, corrélativement, à décrire ce « tout », cette globalité, « l'essence », la « Présence » sur lesquels ouvre cette approche. Le rétablissement d'une certaine forme de compréhension de vécus considérés comme jusqu'alors incompréhensibles constitue la visée d'une telle démarche, qui cherche à compléter la démarche naturaliste.

La méthode phénoménologique renvoie alors au « *chemin qui conduit du fait particulier individuel et empirique jusqu'à l'essence pure qui dépasse l'empirique* » (Blankenburg, 1969/1991), méthode vers laquelle nous nous tournons maintenant, désignée classiquement par « méthode des réductions », que Blankenburg (1969/1991) assimile à un « *nouvel organe de l'expérience* » pour le psychiatre et, donc, la base d'une autre méthode descriptive.

L'attitude et les réductions phénoménologiques

« *L'attitude phénoménologique n'est point […] une observation plus attentive, plus subtile seulement que les autres. Elle dépasse d'emblée le plan de l'observation, va en profondeur et tend ainsi vers la vision des caractères essentiels des phénomènes dont se compose la vie, c'est-à-dire vers la vision des essences* » (Minkowski, 1948).

Sans rentrer dans les détails, la méthode phénoménologique comprend trois étapes, classiquement désignées par le terme de « réductions » et formalisées par Husserl. Nous

avons entrevu le sens du terme de réduction dans le précédent paragraphe au sujet de la distinction entre symptôme et phénomène : la réduction suppose de « *laisser tomber quelque chose* » (Husserl cité par Griguer, 1984, p.57) ou encore d' « *exclure ce qui est de trop* » (Husserl cité par Griguer, 1984, p.57) dans l'expérience, obstruant la saisie de l'essence de ce qui est rencontré.

Il est possible de décrire trois niveaux de réduction (Binswanger, 1947/1971 ; Naudin et al, 1998 ; Blankenburg, 1969/1991) caractérisant ainsi un « *procédé par degré ou échelon progressif, qui exige une certaine aptitude* » (Binswanger, 1947/1971, p 88).

- **La « réduction phénoménologique »**

Elle désigne l'abandon de « l'attitude naturelle » c'est à dire la mise hors-jeu de toute théorie pré-donnée face à ce qui est rencontré. Elle laisse donc ouverte la question de savoir à quoi nous avons à faire.

- **La réduction éidétique**

Elle consiste à « passer du fait particulier individuel à l'essence générale » (Binswanger, 1947/1971) en faisant varier par imagination (méthode des variations imaginaire) les traits du phénomène éprouvé afin d'en découvrir l'invariant, à savoir « l'essence ». Ainsi, elle ôte par conséquent la valeur de fait des manifestations de la vie consciente.

- **La « réduction (ou épochè) transcendantale »**

Cette posture vise à dévoiler les processus constituants (ou transcendantaux) de l'expérience, que Husserl nomme « synthèses passives » dans la dernière partie de son œuvre. Elle vise donc à résoudre la question de la constitution du monde. Afin d'y parvenir,

cette réduction consiste maintenant à « laisser tomber » le postulat de l'existence du monde extérieur. Il s'agit d'une étape désignée par le terme d' «épochè ». Elle désigne la position de recul de l'observateur sur la nature du rapport d'intentionnalité qui le relie au monde. C'est tout simplement de ce rapport qu'il est question, d'où la mise de côté de l'existence du monde extérieur (Naudin, 1998).

Ce recul est donc un mouvement réflexif du Soi sur lui-même. C'est, d'une certaine manière, la conscience s'observant elle-même ou l'être se saisissant lui-même réalisant "*un détachement des évidences de l'existence quotidienne se plaçant en dehors du vivre, de l'agir, du penser*" (Blankenburg, 1969/1991). Est dévoilé, par cet acte réflexif, un ego pur, l'activité épurée de la conscience sans que cette conscience soit consciente de. L'abolition soi/monde y est totale. Cette description concerne une démarche personnelle, au cours de laquelle le sujet observe sa propre conscience. En psychiatrie cependant, il s'agit d'examiner la conscience du patient. Pris dans une démarche intersubjective visant à comprendre la structure interne du vécu d'autrui, la possibilité de réaliser cette réduction peut poser question. Nous discuterons ce point ci-dessous.

La notion de relation compréhensive

L'approche phénoménologique appliquée en situation clinique doit permettre l'accès à la perception globale du patient, 'l'atmosphère' telle qu'elle a été décrite plus haut. Il devient en effet possible, en prenant une certaine distance vis-à-vis du formalisme un peu abstrait des « réductions », de synthétiser le type particulier d'expérience à laquelle invite la phénoménologie. Ce type d'expérience peut être nommé « relation compréhensive » ou « expérience pathique » (Charbonneau, 2010). Elle se distingue donc de la relation plus

technique et empirique de l'attitude clinique classique naturaliste, réalisant donc un travail d'accueil particulier de l'autre.

Cette « relation compréhensive » correspond, comme nous l'avons entrevu, à « *un abord non analytique centré sur l'idée que nous faisons toujours une expérience de totalité de ce qui s'éprouve et aussi une expérience de qualité fondamentale. Ces éléments résonnent en nous et le regard réflexif (interne) de ce que nous éprouvons est cette attitude compréhensive* » (Charbonneau, 2010, p.32).

L'abandon de l'attitude naturelle ouvre donc fondamentalement sur l'éprouvé de la situation, l' « *expérience directe de la matière qualitative des évènements* » (Charbonneau, 2010) à même de saisir le sens humain qui s'y révèle. C'est donc à la valorisation des éprouvés des liens à autrui que renvoie cette démarche. Cette disponibilité à accueillir dans son éprouvé autrui est classiquement nommée « pathique » ou encore « aesthesis » (Maldiney, 1991), formulations phénoménologiques de l'empathie, où nous éprouvons ce qui se joue sans médiation. L'éprouvé, dans sa stabilité et sa cohérence est alors éprouvé de « l'air de » du phénomène, ou « direction de sens » de la personne qui nous fait face.

c) Niveaux de description en phénoménologie - principaux niveaux de description

Décrire en phénoménologie

La psychopathologie phénoménologique, basée sur la méthode que nous venons d'ébaucher, se présente avant tout comme une méthode descriptive, description de formes spécifiques de l'expérience, description du « comment » plus du « quoi » ou du « pourquoi » de telle manifestation.

Comme nous l'avons vu, il ne s'agit plus de décrire « de l'extérieur » en suivant la méthode naturaliste, mais de décrire « de l'intérieur » (Minkowski, 1933), « *s'introduire dans au lieu de tirer des jugements sur* » (Binswanger, 1947/1971). Adossé à la méthode des réductions, la « relation compréhensive » proposée par la phénoménologie aboutit à de nouvelles descriptions qui s'appuient sur de nouveaux concepts. Ce niveau descriptif est donc corollaire d'une saisie du tout, ouvrant véritablement les portes d'une compréhension différente d'autrui (Charbonneau, 2010).

Le niveau de l'intentionnalité

Un premier aspect niveau sur lequel peut s'opérer la description phénoménologique est celui de l'intentionnalité. En effet, l'intentionnalité, dégagée comme une caractéristique essentielle de la conscience, désigne le fait que « tout conscience est toujours conscience de quelque chose », c'est à dire cet « "*être toujours à propos de" qui définit la conscience* » (Naudin et al, 1998). Partant de là, il devient possible de décrire le vécu du sujet sur le plan de son rapport intentionnel au monde. L'exemple ci-dessous illustre l'apport de ce niveau descriptif, à travers l'exemple d'une personne présentant une difficulté à distinguer les différentes modalités d'intentionnalité.

Nous rencontrons monsieur F, suivi depuis un an en psychiatrie. Il nous explique que « des fois…heureusement ça dure pas trop…mais je sais plus où je suis…en fait, quand je dis ça…c'est pour dire que je sais plus si je suis en train de percevoir…ou de m'imaginer…et si c'est que je m'imagine, je sais plus si je suis dans un souvenir ou dans une simple rêverie…c'est très angoissant ». Autrement dit, la nature du rapport qui lie sa conscience à son objet semble difficile à identifier pour monsieur F

Le niveau de la « présence »

Les concepts de « présence » et de « monde » élargissent la signification du « vivre humain » au-delà de ce que la conscience peut viser intentionnellement, au delà des activités objectivantes de l'être humain. Il s'agit de la dimension tacite de notre rapport aux choses, qui porte un nom : la **Présence** ou **Dasein** (être-là), chiasme entre le monde et mon instance qui le reçoit, le travaille et le transforme, et qui constitue le propre de l'expérience humaine, sa « situation ». « *Le concept phénoménologique de Présence signifie ainsi que « dans notre rapport quotidien au monde, le sens de soi et le sens de notre immersion dans le monde sont inséparables […]. Nous résidons activement dans les choses* »[1]. (Parnas, 2003). La notion de présence qui lie le sens de soi à la perception du monde, s'oppose donc à une vision qui séparerait le monde du sujet (Binswanger, 1947/1971). On peut encore faire référence à Maldiney (Tatossian, 1976), qui appuie sur le fait que l'apparaitre déborde bien la présentation représentante : « *nous habitons le monde avant de nous y représenter comme sujet en face d'un objet* ». Cet « habiter » enveloppe quantité de situations et de comportements qui ne sont pas d'abord représentatifs mais principalement communicatifs. La « situation » de l'homme dans le monde révèle donc une dimension d'expérience irréductible à ce qu'a produit l'expérience, mais au contraire situé à sa source, car « *ne peut faire l'objet de signification que ce qui a été touché* ». (Maldiney, 1991). Ce niveau descriptif peut là encore éclairer certaines situations cliniques, marquées par une diminution du sentiment de présence.

[1] « the phenomenological concept of presence signifies that in our every day transactions with the world, the sens of self and the sense of immersion in the world are inseparable : «subject and object are two abstract moments of a unique structure which is presence »[…] "we reside actively among the things".

Madame R nous explique que « ben moi…vous voyez…c'est un peu comme si j'étais pas dans le monde…comme si je le sentais pas…j'y suis…sans y être…les choses me touchent pas…un peu comme un poisson qui serait dans l'eau mais qui aurait pas l'impression d'y être…comment pourrait il nager d'ailleurs ? une autre image qui me vient, c'est celle de la vitre…c'est un peu comme si y'avait moi, le monde, et une vitre entre les deux… »

Les existentiaux de la présence/ les processus constituant de l'intentionnalité

La description de la Présence peut être encore approfondie par une saisie de ses éléments constitutifs, tels qu'ils sont décrits ici: "*tout symptôme […] renvoie, au-delà des conditions somatiques du malade, au-delà des vicissitudes pulsionnelles, œdipiennes ou pré-œdipiennes, à la structure de l'être-au-monde, au temps et à l'espace vécu, au rapport avec le corps et avec les autres, au rapport avec la mort*" (Jonckheere, 2009, p.62).

Au sein des éléments constitutifs de la présence (si l'on se situe au niveau du rapport tacite au monde ou de l'intentionnalité (s'il l'on en reste au niveau plus restreint de la conscience) prennent place les processus de temporalisation. « *Ainsi chaque forme de vie pathologique comporte une structure spatio-temporelle particulière, sorte de réduction de la structure du même ordre de la vie en général, c'est-à-dire de la vie normale. Et c'est là la deuxième étape à laquelle aboutit l'analyse phénoménologique des syndromes mentaux* » (Minkowski, 1948). La notion de structure spatio-temporelle concerne particulièrement les troubles schizophréniques, vers lesquels nous nous tournons maintenant. Nous resterons assez proches du modèle de Husserl, c'est-à-dire de l'intentionnalité et de ses processus constituants (dont les processus de temporalisation) compte tenu des liens plus évidents qu'ils permettent d'entrevoir avec les sciences cognitives. Ces liens semblent plus difficiles à élaborer à partir des notions plus globales de présence et d'existentiaux de la présence.

d) Conclusion

A travers ce survol de la démarche phénoménologique en psychiatrie se dégage une forme d'évidence différente mais complémentaire de celle apportée par la méthode empirique (celle de *l'evidence based medecine*). Cette complémentarité constitue un point essentiel car, comme le souligne Tatossian (1976) « *rien ne serait plus dangereux et plus étranger aux réalités de la tâche psychiatrique quotidienne que de conclure de ce qui précède à la nécessité d'un choix entre psychiatrie du symptôme et psychiatrie du phénomène.[…] Il s'agit bien plutôt de deux pôles de la psychiatrie entre lesquels le psychiatre doit situer son action au gré des circonstances* » et dans lesquels Minkowski (1948) entrevoit « *deux sources d'inspiration de la psychiatrie* ».

2. Le temps dans la description phénoménologique des troubles schizophréniques

Nous nous tournons maintenant vers les descriptions phénoménologiques de la schizophrénie. Comme nous allons le voir, elles réservent une place importante aux troubles du rapport au temps et permettent par conséquent d'entrevoir l'intérêt d'approcher la schizophrénie par les concepts du temps.

Compte tenu du nombre important de travaux et de leur complexité, nous allons présenter uniquement deux descriptions: d'un côté, celle qui place l'autisme au cœur de la schizophrénie et l'assimile à un trouble du temps vécu. De l'autre, celle qui situe les troubles du soi minimal comme une constante de la schizophrénie et les considèrent comme l'expression d'une altération de la structure temporelle de la présence.

a) Une première description phénoménologique de la schizophrénie: De l'autisme au temps vécu

Nous allons, pour évoquer un premier modèle phénoménologique de la schizophrénie, faire référence aux travaux d'Eugène Minkowski, l'un des figures fondatrices de la phénoménologie psychiatrique (Tatossian, 1976 ; Charbonneau, 2010). Le « temps vécu » (Minkowski, 1933) constitue son œuvre majeure (Pélicier, 1995).

L'autisme comme symptôme

La description phénoménologique de la schizophrénie chez Minkowski prend comme point de départ l'autisme de Bleuler (1911/1993), que ce dernier considère comme un trouble primaire. Bleuler décrit l'autisme schizophrénique par la « *prédominance de la vie intérieure et le détachement actif du monde extérieur* » (1911/1993). Il propose donc une description

essentiellement comportementale, qui n'évite pas l'écueil du manque de spécificité (et l'ensemble des limites que nous avons précédemment soulignées) qu'il identifie car il précise que l'autisme ainsi délimité se retrouve également dans d'autres manifestations que la schizophrénie (l'hystérie, le rêve, etc.) Ce manque de spécificité, qui passe donc à côté du propre de la manière d'être schizophrénique, constitue, comme nous l'avons vu, ce que vise à dépasser la description phénoménologique. Minkowski en propose une des premières tentatives.

L'autisme comme phénomène : la perte de la catégorie du sentir

Dans un premier temps, Minkowski (1927) va dépasser l'assimilation de l'autisme à un simple refuge dans la vie intérieure et compléter la description bleulérienne en notant qu'il existe également, à côté des manifestations décrites par Bleuler, d'autres symptômes que Bleuler ne décrit pas. Il s'agit de ce que Minkowski appelle les «activités autistiques ». Leur particularité réside dans le fait qu'elles constituent des «actes sans lendemain », qui «jurent avec la situation », des « actes figés, ne cherchant pas à aboutir ».

Un exemple concerne monsieur M qui, lorsque nous allons le chercher en salle d'attente, est assis sur la table basse de la salle d'attente et non sur l'une des chaises prévues à cet effet.

Minkowski entrevoit dans ces activités qui « jurent avec la situation » un trouble essentiel, qui caractérise l'être schizophrène dans ce qu'il nomme la « perte du contact vital avec la réalité » ou perte de la « catégorie du sentir », constituant pourtant la « *source et la mesure qu'aucune opération intellectuelle ne saurait préciser* » (Minkowski, 1933). Par « perte de la catégorie du sentir », Minkowski décrit donc une difficulté du sujet à se connecter à « l'ambiance », à « *savoir où me mettre, quoi dire, que faire et que penser de l'ensemble des*

choses qui m'entourent » (comme pouvait le dire l'un de nos patients) c'est à dire une altération de base qui sous-tend les manifestations autistiques (repli, détachement, activités autistiques). La nouveauté qu'il apporte réside ainsi dans une description qui se place sur le plan de la présence humaine, c'est-à-dire de la manière d'être (il n'est pas possible d'objectiver sous la forme d'un symptôme le « sentir » ou « le contact vital avec la réalité »).

Rationalisme et géométrisme morbide

C'est dans ce cadre et sous l'influence de la philosophie Bergsonienne et du dualisme instinct/intellect que Minkowski va par la suite distinguer « autisme riche » et « autisme pauvre ». L'autisme riche constitue une tentative plus ou moins heureuse de préserver une « apparence humaine », par le surinvestissement de l'intellect, venant suppléer en quelque sorte à ce qui est perdu, en l'occurrence le « sentir ». L'autisme riche aboutit ainsi au « rationalisme morbide » et au « géométrisme morbide », saturation de la vie psychique de facteurs d'ordre spatial au détriment du dynamisme vital. Le propre de ces deux attitudes réside dans le fait que, par elles, le sujet « *comble le vide schizophrénique* », vide lié « *à l'absence d'issue dans le monde ambiant* ». Le sujet replie alors sa vie dans la « *logique et les mathématiques* » (Minkowski, 1927, p.127), oubliant, selon le mot de Pascal, que « *la vie a ses raisons que la raison ne saurait formuler* ». Il rationalise tout jusqu'à l'extrême limite et, « *à la place de la vie apparait une formule abstraite qui détermine une attitude profondément morbide de l'individu* » (Minkowski, 1927, p.131).

Minkowski évoque à ce sujet l'un de ses patients qui lui expliquait la chose suivante : «*je cherche dans une direction bien déterminée, parce que je suis persuadé que tout dans la vie et même les sensations sexuelles se laissent ramener aux mathématiques ; cela m'amène à des formules mathématiques et géométriques ; il y a de la géométrie dans notre corps et c'est à se demander, à ce point de vue, si la forme parfaite pour le corps humain ne serait pas la forme sphérique* ».

Comme nous allons le voir, Minkowski fait reposer cette façon d'être sur une altération du temps vécu, qui en constitue pour lui la charpente.

Conception du temps vécu chez Minkowski

Pour Minkowski (1933), les troubles psychiatriques s'éclairent par la distinction de deux plans d'analyse co-articulés: d'un côté le plan « idéo –affectif », de nature psychologique, constituant « *l'expression secondaire d'une modification de la forme de la vie mentale* » et l'« *essai de traduire dans le langage d'antan* » le bouleversement de cette forme de vie. De l'autre, le plan « structural temporo – spatial » conditionnant à proprement parler la forme de la vie mentale en question. Les aspects temporels de l'expérience vécue occupent ici une place capitale dans le déterminisme de la forme de l'expérience vécue, et de leur analyse résulterait la possibilité d'une compréhension des troubles psychiatriques.

C'est en s'appuyant sur une distinction tripartite (Minkowski, 1929), dans la suite de Pierre Janet, entre « temps quantité », « temps quantité-qualité » et « temps qualité » (temps ou durée vécus) que Minkowski déploie ses analyses et introduit, fait important, la notion de « temps vécu » en psychopathologie.

Le « temps-quantité » est le temps physique. Il renvoie tout simplement au temps des horloges, du chronomètre, et, par conséquent à un temps « mesurable ». C'est un « *temps assimilé à l'espace* », un « temps-espace ».

Le temps « quantité-qualité » est celui évalué, par exemple, lorsque l'on demande à un sujet d'estimer une durée (paradigme encore utilisé aujourd'hui). C'est un temps « *dans lequel il y*

a de la durée et de l'espace » (Minkowski, 1929), c'est une durée mesurable, dont Minkowski (1929) disait, citant la thèse de Bouchard, que les résultats obtenus avec de tels paradigmes restaient malheureusement peu concluants, compte tenu « *des oscillations des appréciations de durée déjà très grandes chez les individus normaux* » rendant compliqué « *d'appliquer ces données à la psychopathologie* ».

Enfin, le temps qualité est synonyme de « durée vécue ». On doit ce dernier concept à Henri Bergson, dont l'œuvre a profondément influencé Minkowski. Que faut- il entendre par « durée vécue » ? Loin de vouloir épuiser la richesse d'un si lourd concept dans un court paragraphe, nous donnons cependant quelques repères ici. Pour Minkowski, le temps physique et son estimation ne résument pas, bien au contraire, le rapport de l'être humain au temps. Ainsi, la désorientation temporelle, telle qu'elle peut être observée dans un certain nombre d'états pathologiques (démence, confusion, paralysie générale), *n'abolit pas tout rapport au temps*. Par exemple, les catégories de l'avant et de l'après restent opposées l'une à l'autre, alors que la capacité à se situer ou à estimer le temps semble abolie, comme l'illustre la possibilité pour certains patients (par exemple dans la paralysie générale) de raconter la chronologie de certains évènements sans savoir où et quand ils se sont déroulés. De cet ordre de constatations découle l'introduction de la notion de « durée vécue » en psychopathologie par Minkowski, qui, plutôt que de renvoyer à l'objectivation spatiale du temps, renvoie davantage au sentiment de « continuité » de l'expérience, à sa « durée », au « sentiment interne de l'écoulement du temps », à « *ce sentiment primitif d'interpénétration des états de conscience, qui ne se laisse plus diviser, qui ne se laisse plus mesurer, qui forme un tout indivisible, qui forme la toile de fond de notre vie* « (Minkowski,

1929). C'est alors par une défaillance du temps vécue que résulte pour Minkowski un nouvel horizon de compréhension des principaux troubles psychiatriques (Minkowski, 1929 ; 1933).

L'altération du temps vécu dans la schizophrénie

Si Minkowski, notamment dans le « temps vécu » (1933), développe avec clarté, richesse et concision l'altération du « temps vécu » dans la manie et surtout la mélancolie (comme subduction morbide dans le temps), le « temps vécu » y étant globalement assimilé à la catégorie du « possible », il se montre beaucoup plus hésitant en ce qui concerne le temps schizophrénique, ne consacrant en réalité à cette question que 5 pages du « temps vécu » (p. 266 à 270). Il reconnait d'ailleurs que le trouble temporel schizophrénique est à la fois plus profond que dans la mélancolie ou la manie, mais surtout « *bien plus difficilement accessible à notre pénétration qu'ailleurs* » (Minkowski, 1933, p.266). Outre le fait que les exemples cliniques du « temps vécu » sont essentiellement tirés de l'expérience du psychiatre allemand Franz Fischer, les indications de Minkowski sur la nature de l'altération du temps vécu schizophrénique restent peut-être trop imprécises. Tournons nous néanmoins vers ces indications.

Minkowski évoque dans la schizophrénie « *une dislocation très profonde du phénomène du temps avec une prévalence du passé* » (1933, p.267). Le « *temps s'effondre* » faisant du temps schizophrénique un temps « statique » dénué de tout dynamisme. En effet, « *touché dans son dynamisme vital, le schizophrène non seulement sent tout s'immobiliser en lui, mais est encore privé de l'organe nécessaire pour assimiler ce qui est dynamisme autour de lui* », d'où sa difficulté à pouvoir se « lier » et assimiler de façon naturelle le dynamisme de

l'environnement dans lequel il est naturellement immergé. « *Il y a trop de mouvement là dedans* » pouvait dire l'un de ses malades au sujet des fluctuations du cours du franc. « *Je cherche l'immobilité et j'ai la tendance en moi à immobiliser autour de moi la vie* » pouvait dire un autre. « *La pierre est immobile, la terre, par contre, tourne, elle ne m'inspire aucune confiance* » racontait enfin un dernier patient (Minkowski, 1929). Situant finalement altération de la « durée vécue » et altération du « sentir » dans la même série, Minkowski positionne alors le rationalisme morbide comme phénomène compensatoire de cette immobilisation de l'être propre au schizophrène, qui sature toujours plus sa vie psychique de facteurs d'ordre spatial, c'est-à-dire immobiles et dénués de tout dynamisme. Dans « *le monde des schizophrènes, […] tout ce qui est devenir et temps semble s'effondrer jusqu'à l'extrême limite pour laisser la place entièrement libre à la spatialité statique, au rationalisme morbide et au géométrisme morbide qui dans bien des cas, les caractérisent* ».

Conclusion : intérêts et limites

L'aspect novateur de l'approche de Minkowski réside sans aucun doute dans l'introduction de la notion de « temps vécu » en psychiatrie, c'est à dire sur l'idée, plus simplement, d'un temps inhérent à l'être, inassimilable à un temps mesurable, physique. Ce sont alors les distorsions de ce « temps vécu » qui sous tendraient un certain nombre d'états psychopathologiques, dont les troubles schizophréniques.

L'introduction de ce paradigme va s'avérer particulièrement féconde pour la psychopathologie, notamment celle tournée vers la schizophrénie, même si cette fécondité est également son talon d'Achille, dans son utilisation trop extensive. En effet, une première

limite tient sans doute à la définition de Minkowski du temps vécu, imprécise car définie en grande partie négativement par rapport au temps physique (« *de quel temps s'agit- il* ?» (Charbonneau, 2010, p 67)). « *Les ambiguïtés conceptuelles et terminologiques sont très nombreuses autour du terme de temps vécu, autant du côté du temps que du vécu »* (Charbonneau, 2010, p.68), confondant d'ailleurs *« vécu » et « éprouvé » ou « senti* ».

Ce manque de contours conceptuels complique l'utilisation extensive de la notion de « temps vécu » à d'autres troubles, que réalise cependant Minkowski (schizophrénie, psychose maniaco dépressive…). Cette utilisation très large du concept trop imprécis de « temps vécu » limite donc la pertinence de son application et a d'ailleurs conduit Minkowski (1929), conscient de cela (« *nous sommes encore loin d'avoir épuisé le problème du temps* », « *les notions que j'ai étudiées sont inachevées et peut être même fausses* ») à tenter l'introduction de nouvelles distinctions (durée vécue-synchronisme vécu et déploiement dans le temps), qui serons reprises directement ou indirectement dans l'évolution ultérieure de la phénoménologie psychiatrique.

Une seconde limite de la notion de « temps vécu » réside dans la description d'un temps qui, malgré la volonté de Minkowski d'en faire un temps inhérent à l'être humain, reste situé sur le plan d'un contenu de la conscience, plus que d'un contenant de la conscience (c'est à dire d'un temps noématique plus que d'un temps noétique). En effet, Arthur Tatossian souligne que toutes les descriptions du temps vécu, malgré leur volonté affichée de dépasser l'assimilation du temps humain à un temps perçu, au temps physique des horloges, décrivent néanmoins un « donné » (un noème, un contenu de conscience). Autrement dit, le « temps vécu », telle une chose concrète, s'arrête (dans le cas de la schizophrénie), se bouche et n'avance plus (dans la mélancolie), est léger (dans la manie)... Ainsi, le temps vécu

révèle un «constitué » mais ne révèle pas les processus génétiques de sa constitution. C'est pourquoi *« la sémiologie temporelle ou plutôt la description du temps, qui porte sur le temps constitué, ne peut être qu'une étape »* et que le temps vécu s'apparente à « *une construction tardive dont les anomalies sont assez périphériques à l'intérêt psychiatrique. Ce qui est en jeu c'est le temps proprement humain le temps psychologique, le temps du sujet* » (Tatossian, p.112).

Cette remarque de Tatossian amène à souligner que si « *les descriptions phénoménologiques […] concernent à travers les données phénoménales les essences phénoménologiques […], le développement de la phénoménologie, chez les philosophes comme chez les psychiatres, en a montré une autre dimension plus profonde, la dimension « constitutive » […]. Au terme de « constitution » qui évoquerait à tort une sorte de production, de création de toutes pièces – car la conscience constitue ce qu'elle rencontre mais comme indépendant d'elle, on peut préférer les termes de « genèse » et de phénoménologie « génétique », en tant que telle explicative. Là est la difficulté du problème phénoménologique du temps* » (Tatossian, 1979, p.111). Ainsi, si « *le temps est constitué par la subjectivité, comme l'espace, les choses ou les états psychiques* », « *ne faisant qu'un avec la subjectivité, il est temps constituant, moteur et milieu de toute constitution* » (Tatossian, 1979, p. 112). Dit plus simplement et de façon imagée, si notre perception consciente s'apparente ce qu'il nous est donné de voir au travers du cockpit d'une voiture, il n'en demeure pas moins que le rythme, le mode de donation de ce qui apparait reste déterminé en premier lieu par le régime du moteur, qui fonctionne en quelque sorte à l'arrière plan. C'est sur ce plan là, celui des processus en jeu dans la constitution même de l'expérience subjective, qu'ouvre une phénoménologie dite génétique (au sens de genèse de l'expérience). C'est vers elle que nous nous tournons, pour

tenter de décrire, plus qu'un temps constitué, un temps constituant, c'est-à-dire un processus constitutif de la subjectivité humaine, c'est-à-dire du Soi à son niveau le plus basique. Si le temps est un processus constitutif de la subjectivité et du soi, ses distorsions peuvent expliquer l'altération de la subjectivité et du soi. C'est donc au travers du dialogue entre temps et soi que les analyses qui vont suivre décrivent le rôle du temps humain et l'impact de ses distorsions dans les troubles schizophréniques.

b) Le temps comme processus constituant : les troubles du soi minimal et les défaillances des synthèses temporelles passives

Schizophrénie et sentiment d'étrangeté

Si, pour certains auteurs comme Minkowski, l'autisme et ses manifestations cliniques constituent le point de départ des analyses phénoménologiques, pour d'autres auteurs, un des aspects essentiels de la schizophrénie réside moins dans les manifestations de l'autisme que dans la présence de toute une série d'expériences qui se caractérisent par une difficulté du sujet à conserver la sensation d'une familiarité de sa propre expérience (Parnas et al, 2003; Cermolacce et al, 2007 ; Nelson et al, 2009) . Ce sentiment peut toucher différentes dimensions de l'expérience du sujet à savoir :

- le vécu corporel (exemple du vécu de désincarnation corporelle)

C'est le cas de madame J qui nous expliquait que « *j'ai parfois l'impression comme si certaines parties de mon corps n'étaient pas à moi, ou n'étaient pas présentes, comme mon œil droit par exemple…* ».

- le rapport du sujet à ses propres pensées (exemple de la perte de l'ipséité de la pensée et de la chosification de la pensée)

Monsieur R nous expliquait que « *ben, des fois, dans ma tête, j'ai des pensées qui viennent et qui ne sont pas les miennes…un peu comme si on me les avait mises de force vous voyez* ».

Monsieur H nous expliquait que « *mes pensée, je sens bien qu'elles sont localisée à gauche de mon cerveau, vers l'avant »* (il nous montre précisément la localisation vécue de ses pensées).

- la perception du sujet de sa présence au milieu de l'environnement qui l'entoure (exemple du sentiment amoindri du soi de base)

C'est le cas de monsieur F qui nous explique que « souvent, j'ai comme l'impression que je ne suis pas là où je suis…un peu comme si je n'existais pas »

- le rapport du sujet à autrui (exemple du vécu de confusion avec sa propre image spéculaire)

C'est le cas de Madame L qui nous explique que « ça m'arrive rarement, mais quelques fois, je ne sais plus de quel côté du miroir je suis…si je suis celle qui regarde le miroir ou si celle que je vois dans le miroir est celle qui regarde le miroir »

La schizophrénie comme altération essentielle du soi minimal. Le soi minimal.

Pour certains auteurs d'inspiration phénoménologique (Parnas et al, 2003 ; Sass, 2014), l'ensemble de ces expériences illustre un trouble essentiel, à savoir l'altération de la « mienneté » de l'expérience, c'est-à-dire du sentiment habituellement implicite d'être le sujet de sa propre expérience (nous n'avons habituellement pas besoin de nous dire que nous pensons pour savoir que nos pensées sont bien les nôtres). Dans chacune des plaintes présentées ci dessus, nous pouvons en effet noter l'expression d'un sentiment de désappropriation de la « mienneté » de l'expérience, la personne ne s'éprouvant plus comme le sujet de l'expérience qu'elle fait d'elle-même ou du monde.

La « mienneté » de l'expérience, c'est-à-dire le sentiment automatique, implicite, d'être le sujet de sa propre expérience est considérée par certains auteurs comme un aspect central de notre sentiment d'exister comme sujet, c'est-à-dire du soi à son niveau le plus basique (ce qu'il est possible d'appeler par conséquent « soi minimal ») (Gallagher, 2000 ; Damasio, 1998 ; Parnas et al, 2016). Cette auto assignation implicite de notre expérience constitue en temps normal un pôle d'une stabilité extrême et inviolable, c'est à dire un invariant de l'expérience humaine. Il se déroule sur le registre de l'expérience en « première personne »

(Damasio, 1998), de façon automatique et non réflexive (Damasio, 1998). Par exemple, lorsque je perçois un arbre, j'ai conscience de l'arbre que je perçois qui m'apparait directement dans mon champ perceptif (perspective en première personne, je perçois l'arbre « du dedans ») tout en évoluant avec le sentiment automatique et implicite d'être celui qui perçoit l'arbre, autrement dit avec le sentiment que cette expérience est la mienne (Warren, 2009 ; Husserl, 1928/1964). Ainsi lorsque je perçois un arbre, je me concentre habituellement sur l'arbre et je ne me dis pas explicitement « je suis bien celui qui perçoit…». Au contraire, même si le 'je' est présent, ces expériences se déroulent naturellement sur un registre en première personne, et sont vécues comme miennes de façon implicite. «*En d'autres termes, dans l'expérience normale, il n'y a pas de distance expérientielle entre vivre une expérience et le sens de soi* » (Parnas et al, 2005). S'en trouve ainsi appuyé un pôle d'appartenance à Soi, toujours là « *quand bien même tout le reste aurait pu changer* » (Tatossian, 1994).

Des études recherchant systématiquement la présence ou l'absence de telles altérations dans la schizophrénie à l'aide d'échelles basées sur des entretiens semi structurés ont montré que ces altérations étaient constantes dans les troubles du spectre schizophrénique (schizophrénie et trouble schizotypique) et disposaient par ailleurs d'une forte spécificité (ils ne sont pas retrouvés par exemple dans les troubles bipolaires) (pour une revue sur le sujet, voir Parnas & Henriksen, 2014). Ils invitent ainsi à redéfinir les troubles du spectre schizophrénique comme troubles du soi minimal, caractéristique essentielle du vécu schizophrénique.

Soi minimal et temporalité : les synthèses temporelles passives de Husserl

La phénoménologie psychiatrique, en particulier celle tournée vers les « processus constituant » du Soi, a fréquemment mis l'accent sur le rôle de la temporalité comme un processus fondamental de la structure du soi minimal. A ce niveau, le temps n'est plus investigué comme un « contenu » de la conscience mais comme une composante clé qui structure la « forme » de l'expérience consciente elle-même et, par conséquent, une composante basique, « ontologique », du rapport à la réalité (Wiggins et al, 2003) ou de l'intentionnalité. Par conséquent, situé à ce niveau, « *il ne s'agit plus de décrire le perçu mais son mode d'apparition* » (Naudin, 1998, p. 120).

C'est à Husserl que l'on doit une description et une schématisation fréquemment reprise par la phénoménologie psychiatrique d'une structure de la temporalité de la conscience (« conscience intime du temps », inneres Zeitbewusstsein). Son analyse s'appuie sur l'étude des objets temporels, c'est-à-dire « *des objets qui ne sont pas seulement des unités dans le temps, mais contiennent aussi en eux-mêmes l'extension temporelle* » (Husserl, 1928/1964, p. 36). C'est le cas, par exemple, d'un son qui dure ou d'une mélodie. En ce qui concerne l'exemple de la mélodie, Husserl note que lorsque nous entendons une note d'une mélodie, nous retenons (rétention) dans notre conscience la note qui vient juste d'arriver avant (et qui pourtant n'existe plus) et anticipons (protention) celle qui va arriver (et qui n'existe pas encore), sans pour autant fusionner les notes (et percevoir par conséquent un accord). Autrement dit, « *quand par exemple une mélodie retentit, le son individuel ne disparait pas tout à fait lorsque cesse le stimulus […]. Lorsqu'un son retentit, le précédent n'a pas disparu sans laisser de trace, sinon nous serions bien incapables de discerner les relations entre sons qui se suivent l'un et l'autre : nous n'aurions à chaque instant qu'un seul son, éventuellement dans l'intervalle de temps entre le tintement de deux sons une phase vide, mais jamais la*

représentation d'une mélodie. D'un autre côté, il ne peut s'agir de faire demeurer les représentations des sons dans la conscience. Si elles y demeuraient en effet sans modification, nous aurions alors, au lieu d'une mélodie, un accord fait de sons simultanés, ou plutôt une cacophonie […] (Husserl, 1928/1964, p. 19-20). Ainsi, «*quand le présent de son, l'impression originaire, passe dans la rétention, cette rétention est alors elle-même à son tour un présent, quelque chose d'actuellement là. Pendant qu'elle est elle-même actuelle (mais non son actuel), elle est rétention du son passé* » (Husserl, 1928/1964, p. 44). La rétention apparait donc comme une modification progressive ; le son s'éloigne comme, du point de vue spatial, je peux moi-même m'éloigner d'un objet tout en le gardant dans mon champ de vision. « *Il s'enfuit dans les lointains de la conscience, à une distance toujours plus grande du présent producteur*» (Husserl, 1928/1964, p. 38), « vers le bas » (Husserl, 1928/1964, p. 42 – 43).

Notons que cet éloignement comporte la possibilité d'être limité à partir du moment où le silence s'instaure. A ce moment, « *plus aucune nouvelle phase de perception ne s'accroche à la dernière, mais une simple phase de souvenir récent, auquel s'accroche à nouveau un souvenir semblable. A lieu ainsi continûment un repoussement vers le passé* (Naudin, p. 124) ». Le champ temporel originaire est « *manifestement limité comme dans la perception* » (Husserl, pp. 45 – 56) étant donné l'existence d'une limite de temps au-delà de laquelle la rétention n'est plus possible.

Ainsi, pour Husserl, « *les processus mentaux ne cessent pas d'exister après s'être produits. Ils sont plutôt retenus, en tant que passés, par la phase présente de la vie mentale. Et de façon similaire, les futurs processus de la vie mentale, avant même de se produire, sont attendus par la phase présente de la vie mentale comme "devant arriver"* » (Wiggins, 1997). Ainsi, si

chaque processus mental vise intentionnellement son propre objet (« toute conscience est conscience de quelque chose »), au delà de cette visée intentionnelle de l'objet sont perçus les processus mentaux futurs de cette même vie mentale, mais également les étapes passées de cette même vie mentale. Par conséquent, toute perception a son halo rétentionnel et protentionnel et l'essence même de la perception est d'avoir non seulement un présent ponctuel sous son regard, accompagné d'un tout juste passé, mais aussi d'aller à la rencontre du nouveau maintenant. Ainsi, « *lorsque nous percevons quelque chose, il est de règle que le perçu demeure présent un certain laps de temps tout en se modifiant* » (Naudin, 1998, p. 114).

Synthèse temporelles passives, urdoxa et soi.

Comme Fuchs (2007) le souligne, « *ces fonctions de synthèse se déroulent au niveau de l'une des couches les plus basiques de la conscience de façon implicite, tacite et automatique* » (je n'ai aucune prise sur la façon de structurer mon expérience consciente d'une mélodie). Les synthèses passives de Husserl sont donc des processus anégoïques (dans le sens où aucun ego n'y prend une part active, aucun sujet n'y est actif), c'est-à-dire qu'ils arrivent d'eux-mêmes « *s'accomplissant dans le dos le l'Ego thématisant, de l'Ego empirique* » (Wiggins et al, 1990). Aucun thème de conscience n'y apparait en Soi et s'y manifeste simplement et silencieusement le mouvement propre de la vie mentale.

Par ailleurs, pour Husserl, ces synthèses passives et automatiques permettent d'assurer une stabilité de la perception du monde. C'est ce que Husserl appelle la « doxa », ou « évidence présomptive » pour désigner l'invariance des traits fondamentaux de soi et du monde qui ne

changent pas quand bien même tout le reste (le contenu) pourrait changer. Par cette invariance des traits fondamentaux de soi et du monde, conditionnée, entre autre, par la stabilité de la structure temporelle de l'expérience consciente, le sujet se reconnait dans l'expérience qu'il fait de soi et du monde, qui lui apparait en permanence familière car donnée sous une temporalité stable (je temporaliserai toujours telle musique qui m'arrive de la même façon, ce qui me permettra par exemple de la reconnaitre). Ainsi, « *les actions de l'homme normal présupposent […] un ordre temporel, spatial et causal que leur vie mentale constitue de façon automatique »* (Wiggins et al, 2003).

Les troubles du soi minimal comme altération de la temporalité de la conscience

Un certain nombre de psychiatres phénoménologues font l'hypothèse d'une segmentation de la temporalité dans la schizophrénie (Binswanger, 1965/1993 ; Blankenburg 1969/1991 ; Fuchs, 2007 ; Tatossian, 1979 ; Wiggins et al, 1990). Cette altération est cependant difficile à décrire (d'où le fait qu'elle en reste à l'état d'hypothèse) car la temporalité husserlienne se situe sur le plan des processus constituant de l'expérience: en effet, si décrire le propre de « ma « temporalité telle que le fait Husserl avec la méthode des réductions est peut être envisageable, décrire le propre de la temporalité d'autrui s'avère une tâche sans doute plus difficile à réaliser (c'est une limite de l'approche phénoménologique du temps schizophrénique que nous discutons ensuite).

L'un de nos patients, qui présentait d'importants troubles du soi minimal, décrivait que « je n'ai pas le sens du temps...je ne sais pas ce que ça veut dire...je suis comme un aveugle, sauf que, pour moi, c'est le temps que je ne sens pas... »

Dans les troubles schizophréniques, l'un des processus essentiel de constitution de la subjectivité – le temps- vacillerait et déterminerait par conséquent les troubles du soi minimal que nous avons évoqués. En effet, « *si ces synthèses cessent de se produire dans ma vie mentale, l'existence qui arrive du monde et de ses objets va cesser pour moi*"(Wiggins et al, 1990). L'invariance des traits fondamentaux de Soi et du monde, conditionnée par la stabilité de la structure temporelle de l'expérience consciente, n'étant plus assurée, le sujet ne se reconnaîtrait plus dans l'expérience qu'il fait de Soi et du monde, qui lui apparaitraient comme étrangers et incompréhensibles. Le sujet pourrait chercher par ailleurs à compenser ces altérations, en reconstruisant de façon active le monde et ses significations (la personne s'engage dans une « reconstruction active »), stratégies illustrées par les phénomènes de rationalisme morbide et le délire.

c) Intérêt et limites des descriptions phénoménologiques

Apports

Des arguments cliniques pour questionner le rôle du temps dans la psychose

Un premier intérêt de ces descriptions réside, bien évidemment, dans le rôle donné à la temporalité pour comprendre l'expérience schizophrénique. C'est là un point important, qui nous fournit donc un matériel clinique et des hypothèses suffisantes pour prolonger l'intérêt porté au temps dans la psychose, ce que ne permettait pas l'approche médicale classique des troubles schizophréniques.

Ces travaux nous apportent donc une base psychopathologique pour justifier d'approfondir, notamment à l'aide des outils de la psychologie expérimentale, la question du temps.

Un modèle temporel des troubles du soi minimal

Un autre intérêt du modèle phénoménologique des troubles de la temporalisation dans la schizophrénie est le rapprochement de la problématique du temps avec celle du soi. Le temps apparait en effet comme un processus constituant de la subjectivité humaine (de l'intentionnalité), qui semble justement vaciller dans l'expérience schizophrénique, comme en atteste les travaux solides sur le soi minimal. Ce point est d'importance car il peut être prolongé dans le design d'une étude de psychologie expérimentale tournée vers l'étude de la temporalité schizophrénique, en incluant, au côté d'une mesure psychophysique du temps, une mesure du soi minimal.

Une conception du temps comme processus constituant de la subjectivité/intentionnalité

Un autre élément intéressant de ces descriptions réside dans la conceptualisation husserlienne de la temporalité, qui apparait comme un processus qui constitue, de façon automatique, l'expérience subjective. Le temps apparait moins comme un contenu de la conscience (il serait par exemple impropre de parler de « perception du temps ») que comme un contenant de la conscience (qui pourrait ouvrir davantage sur la question de la temporalité de la conscience intentionnelle). Ce point sera intéressant à garder en tête lorsqu'il s'agira de discuter des paradigmes expérimentaux utilisé pour explorer le temps.

Limites

Description de l'altération de la temporalité d'autrui

Une limite, formulée notamment par Jean Paul Ricœur (1969), réside dans un questionnement sur la possibilité (ou l'impossibilité) de décrire, par l'approche phénoménologique, la structure interne (c'est-à-dire les processus constituant) de l'expérience d'autrui, qui plus est quand autrui souffre d'un trouble altérant sa subjectivité. En effet, comme le souligne Jean Paul Ricœur, l'utilisation de Husserl pour décrire les processus constituant de l'expérience délirante court un risque « *dénoncé par Minkowski : faire une pathologie de ces catégories (de la conscience) au lieu de montrer les catégories du pathologique, autrement dit de faire une « pathologie de la phénoménologie » au lieu de constituer une « phénoménologie de la pathologie* » (Ricœur, 1969, p. 178). Comme le précise Ricœur, *« c'est qu'en effet, pour toute psychopathologie, la première tâche méthodologique est de rendre compte avant toute chose du statut du pathologique par rapport au normal. Car ce serait partir d'un présupposé que de poser d'emblée le pathologique comme du normal affecté par l'indice de déficience, de manque ou de « ratage ». La phénoménologie doit se placer « avant la distinction même de normal et de pathologique et de penser la ligne de partage elle-même* » (p. 178) et, par conséquent, décrire directement l'objet qui lui fait face. « *Or, le recours à une phénoménologie transcendantale bute sur des difficultés qui lui sont propres et qui mettent en cause la possibilité de considérer le pathologique pour lui-même, sans être enchaîné à une référence au normal, et au normal normatif* » (p. 178) comme implique le fait de partir de la temporalité husserlienne comme un acquis et de décrire à partir de là la temporalité pathologique.

En effet, « *dans une phénoménologie transcendantale, tous les problèmes [étant] ramenés en fin de compte à des problèmes d'ego constituant, tous les problèmes psychopathologiques le sont donc également. Mais on en arrive à ce paradoxe, pour une psychopathologie [des troubles schizophréniques] que de cet ego constituant, on ne pourra, rigoureusement, rien en apprendre : le seul accès à l'ego passe par l'analyse réflexive et la réduction. Or comment demander une analyse réflexive à une conscience qui se révèle altérée (la réduction totale étant déjà, pour la conscience intacte, une limite vers laquelle tend cette conscience au prix d'un travail toujours à parfaire* » (p. 179), à un délirant qui n'a pas accès à son soi […]? », sans parler des capacités de *verbalisation du patient, qui se retrouvent souvent altérées dans les troubles schizophréniques. « Restera une « analyse » de l'extérieur, comme la pratique Binswanger, analyse qui ne peut être scientifique qu'en ne faisant pas de l'ego sa seule référence* » (p. 179) et qui semble purement hypothétique dans la mesure où les altérations de la temporalité schizophrénique ne sont pas décrites directement (comme le fait Husserl pour décrire, par une analyse réflexive, sa temporalisation) mais postulée en supposant une déformation de la temporalité normale telle que Husserl l'a décrite.

Finesse des processus à décrire

Si Husserl propose un modèle temporel de l'intentionnalité, la description des contraintes temporelles précises du présent subjectif (c'est-à-dire de l'espace de temps « épais » qui inclue la rétention, la présentation et la protention) semble difficile à déterminer par une seule méthode introspective. Le présent épais s'étend il sur quelques millisecondes ? une seconde ? plusieurs secondes ?

La subjectivité se décrivant elle-même

Enfin, une dernière limite tient au paradoxe que, si le temps s'avère un processus constituant de base de la subjectivité, comment la subjectivité peut-elle étudier les processus de sa propre constitution sans se nier elle-même ?

Comme le soulignent Buser et Debru (2011, p.71) « *Husserl introduit l'idée d'une genèse passive de la temporalité consciente, plus fondamentale qu'une genèse active. Cette genèse passive met le sujet de la réflexion face à […] un objet qui n'est pas totalement transparent, à un fait que la conscience réflexive ne peut entièrement illuminer* ». Ainsi, « *toute la question est celle de l'impossibilité d'atteindre dans l'immédiateté de l'intuition […] l'impression originaire qui est à la source de tout objet temporel, autrement dit la source même du vivant* ». (Naudin, 1998, p. 126)

De là un constat : « *ou bien le problème de Husserl, la recherche d'éléments originaires qui, sans être eux même véritablement temporels, rendent possible la conscience temporelle est spéculatif, sans solution, et n'a pas d'autre réalité. Ou bien il mérite d'être repris dans un cadre entièrement différent dans lequel il n'est pas entièrement dépourvu de réalité à savoir celui fourni par les neurosciences cognitives d'aujourd'hui, dans lesquelles les processus temporels jouent un rôle important […]et, en particulier comment des phénomènes de type protentionnels sont possibles* » (Buser & Debru, 2011,p. 72).

En suivant donc Buser et Debru, nous nous tournons maintenant en direction des travaux de sciences cognitives qui ont cherché à investiguer le temps schizophrénique.

C. Temps, sciences cognitives et schizophrénie

Si la phénoménologie psychiatrique souligne l'importance des altérations de la temporalité dans les troubles schizophréniques, un certain nombre de limites (au premier rang desquels la difficulté à décrire le temps schizophrénique par une approche introspective) justifient sans doute de se tourner vers d'autres méthodes descriptives. En effet, comme le soulignent Buser et Debru (2011, p. 173), "*le fait saillant sur les plans scientifiques et philosophiques est que la manière dont nous fabriquons cette substance temporelle […] ne nous est pas directement accessible par l'introspection, car il s'agit de processus invisibles* […] ». C'est ici que se situe peut être l'intérêt des sciences cognitives et de ses outils pour tenter de décrire plus finement la temporalité humaine. En effet, en s'appuyant sur la technologie pour explorer de façon scientifique l'esprit, l'approche cognitiviste « *tend à la société un miroir d'elle-même ignoré, bien au-delà du cercle du philosophe, du psychologue ou du penseur* » (Varela, 1996, p. 11).

L'étude scientifique de la perception du temps remonte aux travaux de chercheurs comme Johann Czemak, qui, dès les années 1850, fût l'un des premiers à entreprendre en Allemagne la mesure du plus petit intervalle de temps perceptible par un sujet avec les méthodes émergeantes de la psychophysique. Progressivement ont ensuite émergé les principaux paradigmes qui, actuellement, constituent les « *méthodes et outils grâce auxquels […] le temps psychologique peut être quantitativement évalué*» (Buser & Debru, 2011, p. 179).

S'il« […] *n'est pas simple de se faire une idée complète des différents types d'opérations qui relèvent tous de la perception du temps, on en énumère volontiers trois classes : la*

perception des durées, la perception et la production des rythmes, la perception de l'ordre temporel et de la simultanéité » (Buser & Debru, 2011, p. 180). Nous remarquerons d'emblée que l'ensemble des paradigmes cités reposent sur la réponse subjective des sujets, et nous verrons que nous avons pris le parti ici d'utiliser des mesures données par les sujets à leur insu. Dans un premier temps nous décrivons les mesures explicites de perception temporelle les plus couramment utilisées, et justifions les raisons pour lesquelles nous nous en sommes détournés.

1. La perception des durées

a) Principaux paradigmes

Une première méthode d'exploration du « temps » consiste à évaluer la capacité du sujet à estimer la durée d'un stimulus ainsi que les facteurs pouvant influer sur ce type d'estimation.

L'estimation des durées se décline selon deux types de paradigmes expérimentaux (Grondin, 2010) :

- Ceux dans lesquels le sujet est préalablement informé de la nature de la tâche temporelle à effectuer : il s'agit des paradigmes dits de « timing prospectif ». De multiples variantes existent, résumées dans le tableau ci-dessous.

Tâche	Principe
Estimation verbales	Le participant estime la durée d'un stimulus présenté
production temporelle	Le participant reproduit un intervalle de temps continu
Reproduction temporelle	Le participant reproduit un intervalle de temps continu
Méthode des comparaisons	2 intervalles sont présentés successivement. Le sujet juge si le second intervalle présenté est plus long ou plus court que le premier.
Variante de la méthode des comparaisons	Après chaque intervalle temporel présenté, le sujet doit catégoriser l'intervalle comme « long » ou « court ».

Tableau 1. Principaux paradigmes de timing prospectif

- Ceux dans lesquels le sujet ne reçoit aucune consigne préalable : il s'agit des paradigmes dits de **« timing rétrospectif »** (retrospective timing). Ils mobilisent davantage les fonctions mnésiques (Zakay & Block, 2004). Deux paradigmes sont

classiquement retenus (Grondin, 2010): l'estimation verbale et la reproduction de l'intervalle temporel (interval reproduction). Notons que dans ces paradigmes, la tâche ne peut–être effectuée qu'une fois. Au-delà d'un essai, elle devient prospective.

b) Modèles et bases neurales

Il existe deux grands modèles cognitifs qui cherchent à rendre compte de la perception des durées (Ivry & Schlerf, 2008) :

- **les modèles « dédiés »** d'un côté. Ils postulent l'idée d'un ou de mécanismes (modules) spécifiquement dédiés à la perception du temps (l'hypothèse la plus traditionnelle est celle du « clock model »).

- les modèles **« intrinsèques »** de l'autre. Ils supposent que la perception des durées est codée via des propriétés intrinsèques et ubiquitaires de l'activité neurale.

Modèles dédiés (clock model)

Le modèle dédié le plus classique est le «modèle de l'horloge interne » (« clock model ») (Gibbons, 1977 ; Gibbon et al, 1984). Il est constitué de deux composantes : d'un côté, un « pace maker » génère des pulses ou unités temporelles, sommés progressivement dans un « accumulateur » qui permet de compter ces unités de temps. La quantité de pulses accumulée détermine la durée perçue. Il s'agit donc d'un modèle métrique et linéaire de

perception du temps. Cette horloge peut soit faire référence à une structure spécialisée, soit faire référence à un réseau distribué.

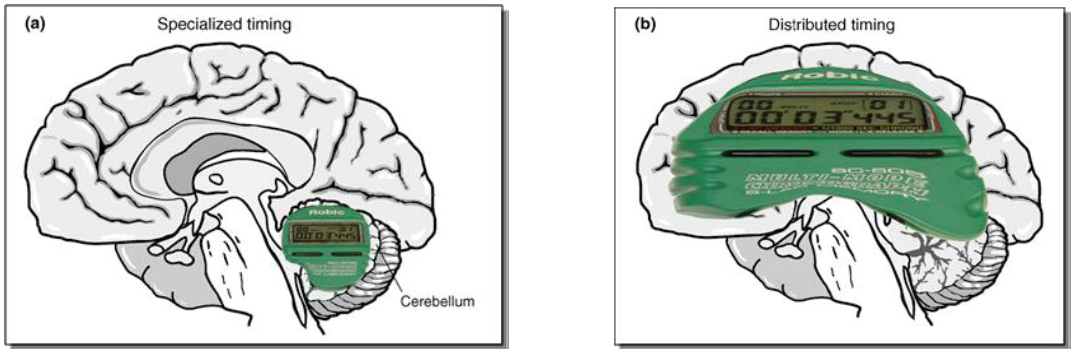


Figure 1. Illustration schématique des modèles dédiés (d'après Ivry et Schlerf, 2008)

Concernant les bases neurales du clock model, plusieurs structures cérébrales ont été proposées. Leur identification repose sur des études lésionnelles, pharmacologiques (Buhusi et Meck, 2007) et d'imagerie fonctionnelle que nous ne détaillerons pas ici (Martin, 2011). Parmi elles figurent le cervelet (Ivry et al, 2002 ; Mangels et al, 1998), les ganglions de la base, où le système dopaminergique joue un rôle important (Harrington et al, 98 ; Rao et al, 2001 ; Malapani & al, 1998), l'aire motrice supplémentaire (A.M.S.) (Macar et al ; 2006) et le cortex pré frontal droit (Harrington et al, 1998). La question de l'implication spécifique de chacune de ces structures dans l'estimation des durées (Specialized timing) ou de la nécessité d'une mise en réseau de ces structures, chacune jouant un rôle de nœud fonctionnel (Distributed timing), fait l'objet de débats. De nombreuses connexions entre ces diverses zones sont en effet assez clairement identifiées (par exemple entre l'A.M.S. et les ganglions de la base via un relais thalamique (Macar et al, 2006)).

Un autre modèle que nous ne ferons que citer a été proposé par Jones et Boltz (1989). Intitulé **D.A.T. (dynamic attending theory),** il part du principe qu'à l'intérieur du flux des évènements (musique, parole, gestes,etc.) existent des régularités physiques. Le propre de ces régularités résiderait dans la cohérence de leur début et de leur fin. La possibilité de prédire leur fin à partir de leur début du fait de cette cohérence déterminerait l'acuité des jugements temporels. La perception de la durée reposerait alors sur la synchronisation d'une rythmicité interne (apportée par la dynamique oscillatoire cérébrale) à celle des évènements extérieurs (Jones et Boltz, 1989)

Modèles intrinsèques

Les modèles « intrinsèques » (Ivry et al, 2008) postulent qu'il n'existe pas de système cérébral spécialisé pour assurer la représentation du temps. Le temps est tout simplement inhérent à la dynamique neurale.

- Dans un premier modèle, défendu notamment par Karmarkar et Buonomano (2007), l'encodage des durées est dépendante de l'état d'un réseau de neurones à un moment donné **(state dependent network).** L'idée de réseaux de neurones est donc centrale dans ce modèle connexionniste : différents états de ce réseau de neurones sont reliés à différentes durées. L'état d'un réseau de neurones correspond dans ce modèle à des patterns d'activité spatiale (quels neurones sont activés où). Juger de la durée d'un stimulus implique alors d'apprendre à reconnaitre ces patterns spatiaux. Le propre de ce modèle est de faire de la perception des durées une perception dépendant du contexte car la représentation d'une durée va être fonction de l'état du réseau, lui-même dépendant de l'ensemble du contexte.

Ce modèle tire donc sa pertinence de l'observation expérimentale de la variation de l'acuité de la perception des durées en fonction de la richesse contextuelle.

- Un autre modèle et d'autres mécanismes pouvant étayer l'idée d'un modèle intrinsèque de la perception des durées réside dans l'idée que la durée peut être encodée au niveau de la magnitude de l'activité neurale. Ce serait alors une sorte de lecteur de l'énergie de l'activité neurale qui estimerait la durée perçue (energy readout). (Pariyadath & Eagleman, 2007).
Par ailleurs, il est également possible d'appuyer la pertinence de ce modèle autour des effets attentionnels : un événement mobilisant beaucoup d'attention augmente l'activité neurale et, par conséquent, la durée perçue (Tse & al, 2004).

c) Résultats dans les troubles schizophréniques

Parmi les arguments qui ont conduit certains auteurs à étudier le jugement de durée dans les troubles schizophréniques figurent :

- le fait que les troubles de la connectivité cérébrale retrouvées dans la schizophrénie (Liang et al, 2006 ; Uhlhaas et al, 2008) pourraient déterminer une désorganisation temporelle du traitement de l'information s'exprimant sur le plan comportemental par une altération du jugement des durées (Carroll et al, 2008).

- L'implication de structures cérébrales communes dans la pathogénie de la schizophrénie et dans la perception du temps (Andreasen, 1999 ; Volz et al, 2001 ; Rao et al, 2001) au premier rang desquelles figurent les circuits cortico-cérébelleux et cortico-striatal.

- L'implication de la dopamine dans la pathogénie de la schizophrénie et la perception des durées (Caroll et al, 2008 ; Penney et al, 2005).

- L'hypothèse que les troubles bien connus des fonctions exécutives et mnésiques (en particulier de la mémoire de travail) pourraient être corrélés à l'altération de l'estimation du temps (Lee & al, 2009).

Voici présentés dans le tableau suivant les résultats des principales études que nous avons retrouvées concernant les troubles de la perception des durées dans la schizophrénie.

étude	Paradigme	Résultat
Tysk, 1983	Estimation verbale	Surestimation des durées
Wahl & Sieg, 1980	Estimation verbale	Variance plus importante, Surestimation des durées
Tracy & al, 1998	Estimation verbale	Influence de la double tâche dans les 2 populations
Tysk, 1984	Production et reproduction temporelle	Variabilité plus importante. Sur et sous estimation
Volz et al, 2001	Méthode des comparaisons	Précision plus faible des patients (seuil plus élevé)
Carroll & al, 2008	Bissection temporelle	Variance plus importante. Pas de sur ou sous estimation
Lee & al, 2009	Bissection temporelle	Sous estimation des durées sur 400/800 ms. Variance plus importante

Penney, 2005	Bissection temporelle	Quelque soit groupe : les stimulis visuels sont estimés plus court que les stimuli auditifs Asymétrie plus importante chez patients (sur estimation de la durée des stimuli visuels,sous estimation de la durée des stimuli auditifs)
Elvevag & al, 2003	Bissection temporelle	Variance plus importante
Elvevag & al, 2003	Généralisation temporelle	Moindre précision des patients
Waters & Jablensky, 2009	Généralisation temporelle	Symptômes 1er rang : sous estimation durée
Davalos & al, 2005	Généralisation temporelle	Moindre précision, sur et sous estimations mélangées

Tableau 2. Principales études sur le jugement de durée dans la schizophrénie

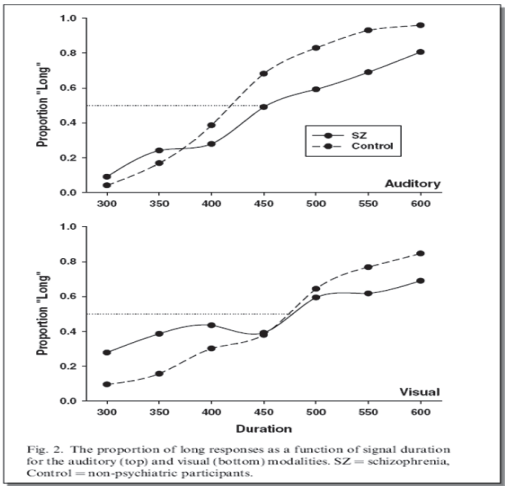


Fig. 2. The proportion of long responses as a function of signal duration for the auditory (top) and visual (bottom) modalities. SZ = schizophrenia, Control = non-psychiatric participants.

Caroll et al *(2008) montrent, dans une tâche de bissection temporelle, une moindre précision des patients (trait plein) dans l'estimation des durées par rapport aux sujets contrôles. En revanche, aucune différence significative n'a été retrouvée au niveau du point de bissection (anomalie qui aurait impliqué une tendance à la sur ou à la sous estimation des durées).*

d) Conclusion. Synthèse, intérêt, limites.

Une conclusion générale se dégage de ces études à savoir une plus grande difficulté dans l'estimation des durées chez les patients sans qu'il soit possible d'identifier s'il s'agit d'une sur ou d'une sous estimation des durées. Ces difficultés se résument donc en une variabilité

plus importante des résultats chez les patients atteints de schizophrénie étant entendu que cette variabilité est déjà importante chez les contrôles (Grondin 2010).

De nombreuses limites sont à pointer dans l'utilisation de ce type de paradigme :

Des biais difficiles à contrôler

La plus importante de ces limites réside dans l'existence de biais difficiles à contrôler. Cela est vrai chez le sujet sain mais devient critique pour les sujets avec une schizophrénie. En effet, l'estimation de la durée dépend d'autres fonctions, notamment mnésiques, attentionnelles ou encore de la valence émotionnelle des stimuli, lesquelles peuvent elles-mêmes être perturbées dans la schizophrénie. Nous nous heurtons ici, en ce qui concerne le domaine spécifique de la perception du temps, à l'intrication des mécanismes ascendants de l'estimation temporelle et des mécanismes descendants (attention, etc.) qui peuvent moduler la représentation du temps. L'absence de contrôle de ces biais dans les troubles schizophréniques complique l'interprétation des données.

A titre d'exemple, en ce qui concerne tout d'abord les processus attentionnels, de nombreuses études indiquent une sous estimation de la durée pour les tâches coûteuses sur le plan attentionnel. Par exemple, en situation de double tâche, la précision de l'estimation temporelle décroit par rapport à la situation de simple tâche (Brown, 2006 ; 2008; Brown & Merchant, 2007). Pour Brown (cité par Grondin, 2010), il s'agit là "*de la découverte la mieux répliquée de toute la littérature sur la perception du temps* ». Une altération de l'attention pourrait donc induire des difficultés à percevoir les durées chez les patients.

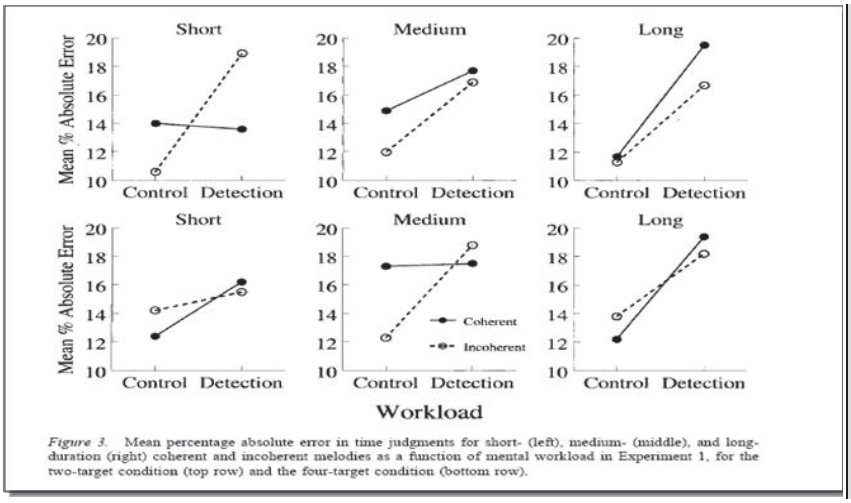


Figure 3. Mean percentage absolute error in time judgments for short- (left), medium- (middle), and long-duration (right) coherent and incoherent melodies as a function of mental workload in Experiment 1, for the two-target condition (top row) and the four-target condition (bottom row).

***Brown et Boltz** (2002) comparent l'estimation de différentes durées de mélodies et de proses (courtes, moyennes, longues) en timing prospectif en augmentant la complexité (incohérence) des stimuli (lignes pointillées) et l'allocation attentionnelle (tâche double de détection) : une plus mauvaise estimation de la durée est retrouvée avec l'augmentation de l'incohérence des stimuli et/ou en double tâche.*

En ce qui concerne l'incidence de la valence émotionnelle des stimuli dans l'estimation des durées, une valence négative des stimuli (visages agressifs) augmente la perception de la durée (Droit-Vollet & al ,2004 ; Grommet et al, 2011). Là encore des perturbations de l'émotion pourraient altérer la perception des durées des patients.

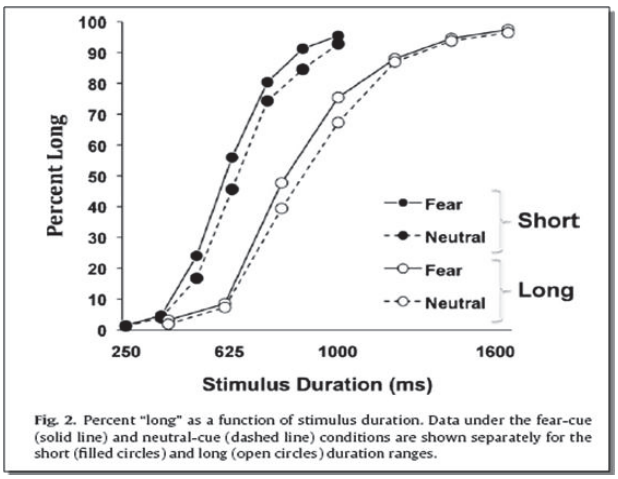


Fig. 2. Percent "long" as a function of stimulus duration. Data under the fear-cue (solid line) and neutral-cue (dashed line) conditions are shown separately for the short (filled circles) and long (open circles) duration ranges.

***Grommet et al** (2011) montrent que l'estimation de la durée de stimuli effrayants (trait plein), quantifiée par une tâche de bissection temporelle, est plus importante que celle de stimuli neutres (trait pointillé), que ce soit pour des durées courtes (250 à 1000 ms) ou longues (400 à 1600 ms).*

Durée et soi

Par ailleurs, rares sont les études qui ont cherché des liens entre la problématique du soi et du temps. Or, comme nous l'avons vu, une des rares justifications cliniques de l'étude du temps dans la schizophrénie réside dans l'hypothèse phénoménologique d'un lien entre temps et soi. Plus largement, la recherche de liens entre perception de la durée et clinique schizophrénique s'avère décevante.

Conclusion : la durée, un objet difficile à investiguer ?

Ces limites, et en particulier la difficulté à contrôler l'ensemble des biais pouvant interférer avec le jugement de durée, constituent des obstacles pour chercher à explorer les éventuels désordres de la temporalité dans la schizophrénie. D'autres approches expérimentales sont également possibles, telle que la perception de la simultanéité, vers laquelle nous nous tournons maintenant. Leur intérêt réside notamment dans le lien possible que l'on peut faire entre ces approches et les concepts phénoménologiques.

2. Perception de la simultanéité

a) Principaux paradigmes

La perception de la simultanéité est évaluée en psychologie expérimentale par la « tâche de jugement de la simultanéité » (SJ pour « simultaneity judgment task), (Vroomen & Keetels, 2010). Elle correspond à l'évaluation de l'espace temporel nécessaire pour que deux stimuli, présentés à des temps variables (SOA pour « stimulus onset asynchrony », qui se réfère au délai entre le moment d'apparition du premier et celui du 2ème stimulus), soient correctement perçus comme asynchrones (Van Wassenhove, 2009).

La tâche la plus classique consiste à demander au sujet de juger explicitement si les deux stimuli présentés sont synchrones ou pas. Une sigmoïde double ou simple, représentant le pourcentage de réponses « simultané » en fonction des SOAs, est en général utilisée pour présenter ces données.

Deux paramètres clés sont en général évalués :

- Le pic de la courbe (taux maximal de réponses simultanées) qui correspond en abscisse au PSS (point of subjective simultaneity). (Vroomen & Keetels, 2010).
- la fenêtre de simultanéité, représentant la gamme de SOA à l'intérieur de laquelle deux stimuli sont perçus comme se produisant ensemble. Cette fenêtre constitue un intervalle de temps discret qui correspond à un moment perceptif élémentaire.

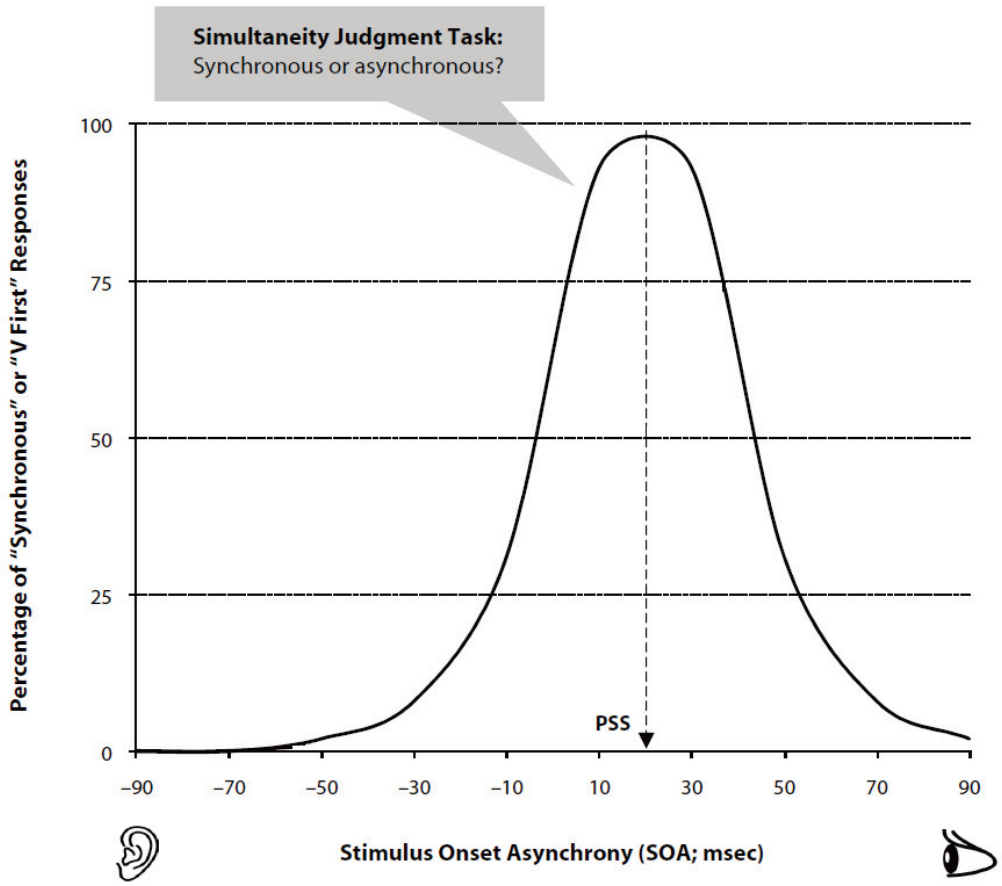


Figure 2. Représentation schématique de la présentation des résultats du jugement de simultanéité (D'après Vroomen & Keetels, 2010). Dans cet exemple, l'un des stimulus est auditif et l'autre visuel. Les valeurs négatives d'asynchronie correspondant au cas où le stimulus auditif est présenté en premier, et les valeurs positives au cas où le stimulus visuel est présenté en premier.

b) Principales données chez le sujet normal

Les données essentielles sur le jugement de simultanéité chez le sujet normal concernent la taille de la fenêtre de simultanéité. Ses valeurs sont variables en fonction de la complexité du stimulus.

Modalité	Seuil de détection de l'asynchronie	Travaux
Auditive	1 à 2 ms	Exner, 1875 cité par van Wassenhove (2009), von Bekesy, 1936
Visuelle	20 Ms	Exner, 1875
Audio visuelle (visage + son)	200 à 300 ms	Conrey & Pisoni 2006; vanWassenhove et al. 2007

Tableau 3. Principales données sur le jugement de simultanéité chez le sujet normal.

c) Modèles et bases neurales : l'exemple du modèle de Pöppel

Quelles sont les modèles et bases neurales de la perception de la simultanéité ? Quelques hypothèses ont été proposées. L'une des plus aboutie est sans doute représentée par le modèle hiérarchique d'Ernst Pöppel (1997 ; 2009). Celui-ci offre une solution à la complexité des propriétés temporelles des signaux que nous avons à traiter, complexité qui le plus souvent ne nous apparaît pas consciemment. Avant de décrire le modèle de Pöppel, nous nous penchons sur ce qui fait la complexité du signal sensoriel.

Des propriétés temporelles complexes et non perçues ?

Une question centrale que pose la perception de la simultanéité est la suivante : *pourquoi perçoit-on comme simultanés des stimuli pourtant objectivement séparés dans le temps (quand bien même cette séparation n'est que de quelques ms)?*

En effet, les évènements qui nous entourent (et leur traitement biologique) sont caractérisés par des propriétés temporelles qui, en réalité**,** *n'apparaissent pas dans l'acte perceptif.* Ces propriétés temporelles objectives non perçues se déclinent sur plusieurs niveaux.

Niveau physique

Si on considère les propriétés physiques des stimuli des l'environnement, en prenant l'exemple du registre audio-visuel, il apparait que le traitement des entrées visuelles se réalise plus précocement que celui des entrées auditives puisque *la vitesse de la lumière est plus rapide que celle du son*. Or, cette différence, liée aux attributs purement physiques des stimuli, n'apparait en général pas dans l'acte perceptif, puisque nous ne percevons pas de décalage entre les composantes auditives et visuelles de l'immense majorité des stimuli qui nous entourent. En effet, hormis quelques cas extrêmes (comme celui de l'éclair et du tonnerre par exemple), les composantes sensorielles qui composent les stimuli de l'environnement ne sont pas perçues comme décalées dans le temps. Par exemple, nous ne percevons pas de décalage entre le mouvement des lèvres d'une personne qui nous parle et le son émis (ce qui est pourtant objectivement le cas).

Niveau biophysique

La transduction du signal auditif est plus rapide que celle du signal visuel (1 ms vs 10 ms) (Celesia, 1976 ; Lakatos et al, 2005). Par conséquent, l'information auditive atteint plus rapidement les structures cérébrales centrales que l'information visuelle d'un même

stimulus et devrait donc être perçue en premier, même dans le cas où les stimuli audio et visuel sont rigoureusement simultanés. Pourtant, aucun « décalage » ne se manifeste dans la perception d'un stimulus caractérisé par une composante audio et visuelle présentées de façon simultanée au sujet (van Wassenhove, 2009 ; Vroomen & Keetels, 2010)).

Niveau neuro anatomique

Chaque neurone thalamo-cortical innerve plusieurs neurones corticaux, et ces neurones ont des axones de tailles différentes. L'information, distribuée spatialement dans le cerveau l'est donc aussi temporellement du fait de cette différence de longueur des axones, ce qui devrait conduire à un décalage dans le traitement de l'information entrante, qui n'apparait pourtant pas dans l'acte perceptif.

Niveau de la dynamique fonctionnelle de l'activité cérébrale

Différents zones cérébrales sont souvent activées en réponse à un stimulus donné. Cette activation est distribuée temporellement, ce qu'il est possible de suivre avec l'imagerie fonctionnelle (IRMf, Meg, etc.). Or, là encore, cette distribution temporelle de l'activité cérébrale ne semble pas s'exprimer dans l'acte perceptif.

Conclusion

Se pose alors la question de savoir comment la complexité objective qui touche à la temporalité physique des stimuli et de celle de leur traitement cérébral est surmontée. En

effet, si cette complexité nous apparaissait, se répercutait dans l'acte perceptif, notre représentation de l'environnement serait elle-même d'une extrême complexité et probablement très coûteuse sur le plan psychique. Pour Pöppel (1997 ; 2009), des mécanismes endogènes, implicites, viennent *simplifier et organiser* la complexité temporelle de l'environnement. L'une de ces simplifications se traduit par la perception simultanée (voire l'intégration) de stimuli pourtant objectivement séparés dans le temps ou traités par le système nerveux selon des temporalités différentes. L'autre par la création d'un lien de continuité entre eux et sur des échelles de temps plus longues.

Ainsi, pour Pöppel (1997) « *la machinerie neuro cognitive est contrôlée par deux systèmes temporels* » vers lesquels nous nous tournons maintenant.

Deux niveaux de réduction de la complexité

Premier niveau : la fenêtre d'intégration temporelle

Un premier niveau de réduction est celui de la fenêtre d'intégration temporelle. Il est hérité de la notion de « moment », introduite par Von Baer (1864, cité par Pöppel, 2009). Il se défini comme un intervalle de temps mesurable à l'intérieur duquel *l'expérience de la durée est impossible.*[2] Mach (1865, cité par Pöppel, 2009) donnera la première base expérimentale à ce concept en montrant que l'estimation de la durée est impossible pour des stimuli audio situés entre 0 et 40 ms. Tout stimulus d'une durée inférieur à 40 ms peut être assimilé à un « point du temps » ou « moment perceptuel» et deux stimuli séparés de moins de 40 ms

[2] « *It's a timeless border between past and future* » (Pöppel citant Von Baer, 2009).

sont donc traités comme co-occurrents. Les notions d'ordre et de durée n'ont donc aucune place à l'intérieur de tels intervalles, que l'on peut donc qualifier d' « atemporels ».

Pöppel reprend et dépasse cette notion de « moment » pour définir un premier niveau de discrétisation de la perception selon des intervalles de temps courts. Ce niveau est défini par des intervalles de temps objectifs *à l'intérieur desquels les différentes informations sensorielles d'un même stimulus sont intégrées ensembles*. Une schématisation de ce premier niveau est représentée ci-dessous.

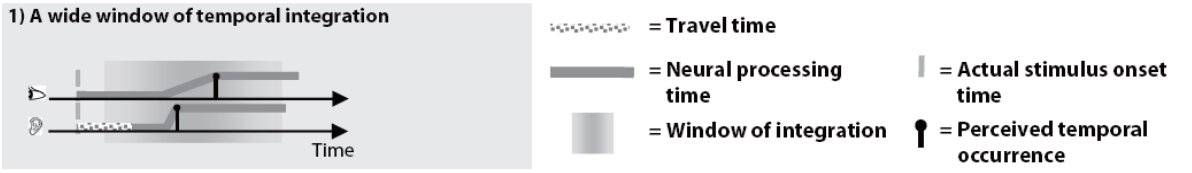
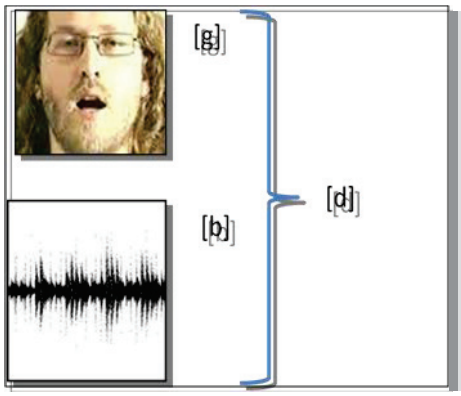


Figure 3. Illustration schématique de la « fenêtre d'intégration temporelle » (d'après Vrommen et Keetels, 2010)

Plusieurs justifications expérimentales fournissent une base objective à ce premier niveau.

Les contraintes temporelles du processus d'intégration multi sensorielle fournissent un premier argument solide quant à l'existence de ce niveau. Dans l'environnement naturel, notre organisme reçoit des informations d'évènements individualisables à travers de multiples canaux sensoriels. Cependant, loin de juxtaposer ces différentes composantes les unes à côté des autres comme des expériences sensorielles isolées, notre système perceptif réalise une intégration, c'est-à-dire une combinaison des informations provenant de différentes modalités sensorielles, aboutissant ainsi à une perception unique, cohérente et *simultanée* des différentes composantes sensorielles d'un évènement. C'est par exemple le cas lorsque nous voyons et écoutons une personne parler. Nous ne séparons pas dans notre

acte perceptif le son du visuel et les jugeons par ailleurs simultanés. Cet aspect de notre perception est désigné sous le terme d'Intégration multi sensorielle (I.M.S.) (Stein & Stanford, 2008). L'illusion de McGurk et McDonald (1976) est ici d'un grand intérêt pour comprendre ce processus.



*Dans **l'illusion de McGurk & McDonald**, un doublage est réalisé. Il consiste à substituer à la bande sonore d'une vidéo dans laquelle une personne prononce une syllabe (par exemple [g]) une bande sonore différente (par exemple [b]): le mouvement articulatoire ne correspond alors plus au son émis. Lorsque cette illusion fonctionne, le sujet ne perçoit ni [g] (c'est-à-dire le mouvement articulatoire) ni [b] (c'est-à-dire la bande sonore), mais un troisième son, [d], reflet de l'intégration audio visuelle dans le domaine du langage.*

Figure 4. Illustration de l'illusion de McGurk et McDonald (1976)

L'illusion de McGurk se traduit par la perception d'un [d] quand le signal visuel correspond à un [g] et le signal sonore à un [b]. En désynchronisant progressivement les modalités auditives et visuelles jusqu'au moment où l'illusion de McGurk disparait, il devient possible d'évaluer expérimentalement les contraintes temporelle de ce processus d'intégration et d'estimer la taille de la « fenêtre d'intégration temporelle », au-delà de laquelle les stimuli ne sont plus fusionnés entre eux et au contraire sont perçus comme asynchrones. En effet, la congruence temporelle des stimuli ne nécessite pas d'être rigoureusement stricte pour que ces derniers soient intégrés ensemble. La fenêtre d'intégration temporelle se définit alors comme l'espace temporel à l'intérieur duquel deux éléments objectivement séparés dans le temps sont intégrés ensemble et au-delà duquel ils ne le sont plus. Cette fenêtre est d'environ 200 ms pour l'intégration audio visuelle (van Wassenhove, 2009).

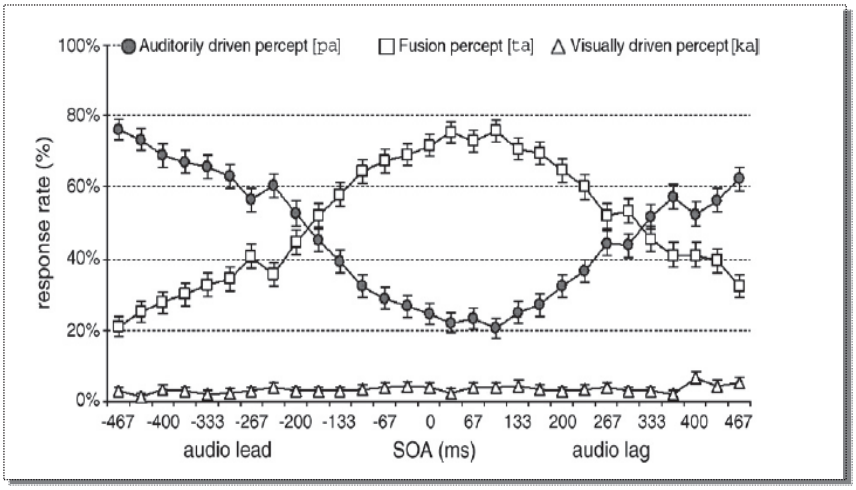


Figure 5. Représentation classique de la fenêtre d'intégration temporelle**.** En abscisse figurent les valeurs de désynchronie entre les deux modalités sensorielles, en ordonnée les taux d'illusion (en clair) et les taux de réponses unimodales (en noire). Il est possible de ne représenter les données qu'en utilisant simplement la courbe claire (illusion). (D'après van Wassenhove, 2007)

Une autre justification expérimentale qui vient illustrer la pertinence du premier niveau du modèle de Pöppel se trouve dans les travaux qui concernent la *perception du langage*. En effet, l'inversion locale, sur des fenêtres temporelles de 50 à 100 ms (Saberi & Perrott, 1999) de la bande sonore d'un enregistrement vocal est sans effet sur la reconnaissance du langage. Par conséquent, *« l'information acoustique est intégrée à l'intérieur d'une fenêtre temporelle* » (van Wassenhove, 2009) fenêtre à l'intérieur de laquelle aucun jugement d'asynchronie (et qui plus est de succession) n'est possible.

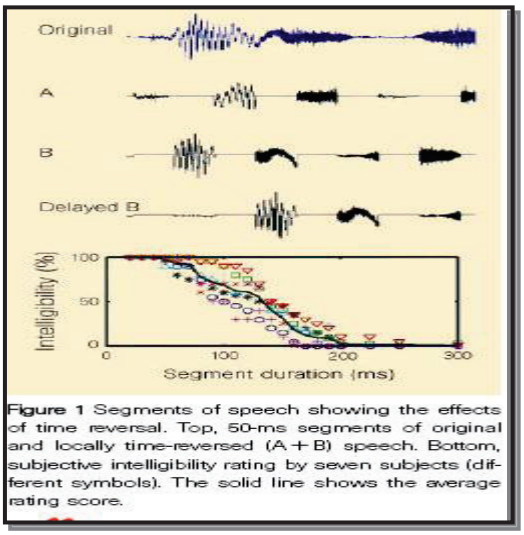


Figure 1 Segments of speech showing the effects of time reversal. Top, 50-ms segments of original and locally time-reversed (A + B) speech. Bottom, subjective intelligibility rating by seven subjects (different symbols). The solid line shows the average rating score.

Saberi et Perrott (1999) montrent que l'inversion, sur des intervalles de 50 ms (bande A et B), de la bande son d'un discours est sans effet sur son intelligibilité (ce qui n'est plus le cas si ce procédé est effectué sur des intervalles de 200 ms).

Deuxième niveau : le présent subjectif

Un deuxième niveau de réduction de la complexité du modèle de Pöppel est représenté par l'espace temporel à l'intérieur duquel les unités élémentaires d'intégration sont « reliées » entre elles. Ce niveau est donc situé sur une échelle temporelle plus large et assure la mise en continuité des « moments ». Il renvoie au « présent subjectif » et touche donc à une dimension qualitative et centrale du phénomène de conscience (que Pöppel nomme « STOBCON » pour « state of being conscious »). Pour Pöppel, ce niveau s'étale sur un intervalle de temps de 2 à 3 secondes sur la base de différentes évidences expérimentales, que nous ne faisons que citer car cet intervalle de temps dépasse la question de la simultanéité. Parmi elles figurent tout d'abord les données issues des travaux sur la perception bistable (dont la dynamique temporelle est caractérisée par un changement automatique de percept toutes les 3 secondes environ (Pöppel, 1997), les tâches de reproduction temporelle (pour lesquelles la précision des sujets est maximale autour de 2/3

secondes et les travaux sur la négativité de discordance (missmatch negativity, MMN), phénomène observé en EEG ou en MEG qui se traduit par l'apparition d'une onde cérébrale négative lorsqu'un stimulus inhabituel (appelé « déviant ») est présenté au milieu d'un train de stimuli identiques. Les études de missmatch négativité (Sams, 1993) indiquent que la largeur la plus importante du phénomène de MMN se produit lorsque l'intervalle entre les stimuli (et donc l'apparition du déviant) est de 3 secondes

L'idée est donc que, « *d'un point de vue métaphorique, toutes les trois secondes le cerveau demande : quoi de neuf ?* » (Pöppel, 1997). Autrement dit, toutes les trois secondes, un mécanisme endogène actualise l'information reçue.

Bases neurales

Quelles bases neurales peuvent sous tendre le modèle hiérarchique de Pöppel ? C'est à Wiener (1958, cité par Pöppel, 2009) que Pöppel reprend l'idée que la détermination endogène et intrinsèque des aspects temporels de la perception est assurée par l'activité oscillatoire cérébrale. Pöppel propose deux niveaux d'activités oscillatoires se superposant aux deux niveaux précédemment décrits.

Les oscillations haute fréquence

D'un côté, le fait que les fenêtres élémentaires (30 à 200 ms) permettent d'intégrer des informations de différents canaux sensoriels suggère l'idée d'un *mécanisme central* (Fink et al, 2006). De l'autre, la périodicité de ce phénomène semble conduire à rechercher un processus lui-même périodique. C'est donc finalement assez naturellement que les

oscillations hautes fréquences (situées dans la bande gamma) sont apparues comme un candidat légitime à la structuration de ce niveau d'intégration. L'idée centrale est qu'après la transduction d'un signal donné d'une modalité donnée, une oscillation d'une période de 30 ms est initiée. La phase d'une telle période est donc contrainte par le 1er stimulus. Un tel mécanisme oscillatoire, sous contrôle d'un élément environnemental, permet l'intégration des informations des différentes modalités à l'intérieur d'une période donnée et chaque période définit alors un nouvel état du système susceptible d'intégrer de nouvelles entrées. La fenêtre d'intégration temporelle ainsi définie résulte donc d'un compromis entre des évènements extérieurs ayant une temporalité propre et un mécanisme interne qui module, qui simplifie, qui intègre à l'intérieur d'une fenêtre temporelle ces évènements.

Quelques preuves expérimentales étayent cette idée :

- La décomposition des potentiels évoqués auditifs selon des composantes oscillatoires de 30 ms (Galambos et al, 1981).

- Le rôle des oscillations gamma dans le liage perceptif. Des enregistrements en MEG chez l'homme suggèrent une activité située dans la gamme des 40 hz (gamma band) responsable du binding des processus neuronaux impliqué dans la perception (Joliot et al, 1994).

- La disparition de cette composante oscillatoire lors de l'anesthésie générale associée à la sensation subjective qu'aucune durée ne s'est écoulée (Madler et Pöppel, 1987)

- Le fait que l'activité cérébrale de la bande de 40 hz produise des ensembles d'informations sensorielles et cognitives réunis dans un intervalle temporel déterminé lui-

même par cette fréquence oscillatoire (Gray et al, 1989). Chaque période oscillatoire représenterait donc une unité de traitement de l'information.

Les oscillations basses fréquences

Le rôle des oscillations basses fréquences serait alors de « relier » entre eux les évènements primordiaux déterminés par l'activité haute fréquence, et cela sur des fenêtres allant jusqu'à trois secondes.

Ce phénomène pourrait être généré à un niveau thalamique (He, 2003) alimentant l'idée de la place importante des structures non corticales dans le fonctionnement cognitif. Cependant, les preuves expérimentales sont encore extrêmement faibles. On doit à Steriade et al (1993) d'avoir introduit cette hypothèse à l'échelle des 2/3 secondes.

Oscillations hautes et basses fréquences

Les travaux de Schroeder et al (2008) confirment une possible organisation hiérarchique entre elles des bandes de hautes et basses fréquences. Cette organisation hiérarchique fait référence au phénomène de « couplage oscillatoire » : chaque phase lente (basse fréquence) serait couplée aux ondes de fréquences plus hautes, ce qui permettrait leur intégration.

Synthèse

Voici résumés les principaux aspects du modèle de Pöppel.

Niveau hiérarchique	Phénoménologie	Arguments expérimentaux	Mécanisme neuronal
1er niveau	Fenêtre d'intégration	Fenêtre d'intégration dans le multisensoriel	Oscillations hautes fréquences
		Perception du langage	
2ème niveau	Présent subjectif	Reproduction temporelle	Oscillations basses fréquences
		Grouping temporel	
		Bistabilité	
		MMN	

Tableau 4. Synthèse du modèle de Pöppel

En conclusion, la question du temps pour Pöppel se caractérise donc par des niveaux « pré sémantiques » (Pöppel, 2009) du traitement temporel de l'information. Il faut entendre par « pré sémantique » des aspects silencieux, automatiques, implicites et endogènes de l'organisation temporelle de la perception, se distinguant d'un niveau sémantique, touchant, lui, au contenu, à l'estimation temporelle explicite de ce qui est perçu (dont, par exemple, la durée perçue). Le temps apparait donc dans cette approche davantage comme un « contenant », un « cadre » de la perception (voire de l'ensemble de l'activité humaine, incluant le domaine moteur par ex) que comme un « contenu » de la perception.

Si ce modèle, et plus particulièrement son premier niveau, offre une base intéressante pour penser la question de la perception de la simultanéité, il reste ambigu quant à l'assimilation de la fenêtre de simultanéité (c'est-à-dire la fenêtre à l'intérieur de laquelle deux stimuli sont jugés explicitement comme simultanés) à la fenêtre d'intégration (c'est-à-dire la fenêtre de temps à l'intérieur de laquelle deux composantes d'un stimulus sont fusionnées ensemble en un néo percept). En effet, sans le défendre explicitement, ce modèle semble postuler que la perception de la simultanéité de deux stimuli est consubstantielle d'une intégration entre eux de ces deux stimuli en une gestalt unique. Est-ce cependant bien le cas ?

d) Données dans les troubles schizophréniques

Peu d'études portent sur la perception de la simultanéité dans la schizophrénie. Les études réalisées l'ont parfois été pour des raisons différentes.

Schwartz et al (1984) envisagent le jugement de simultanéité comme un corrélat comportemental des troubles de la connectivité cérébrale (inter-hémisphérique) documentés dans la schizophrénie en comparant les performances obtenues avec des stimuli homolatéraux et avec des stimuli controlatéraux.

Foucher & al (2007) justifient l'étude de la perception de la simultanéité par la difficulté à étudier le temps par le jugement de durée pour les raisons que nous avons évoquées.

Giersch et al (2009) étudient la perception de la simultanéité avec une double préoccupation :

- Méthodologique d'un côté (éliminer des biais pouvant expliquer les résultats de Foucher et al, que nous allons présenter)

- Clinique et théorique de l'autre, en nourrissant leurs travaux d'une réflexion inspirée par la phénoménologie Husserlienne, rapprochant la fenêtre d'intégration temporelle du présent de Husserl.

Voici présentés ci-dessous les résultats des principales études que nous avons retrouvées.

Des seuils de détection de l'asynchronie plus élevés dans les troubles schizophréniques

Auteurs	Population	Stimuli	Résultats
Schwartz et al, 1984	Non précisé	Visuel, unimodal	Résultats identiques aux contrôles lorsque les stimuli sont présentés dans le même hémi-champ Seuils de détection plus élevés dans les troubles schizophréniques lorsque les stimuli sont présentés dans les deux hémi champs

Auteurs	Population	Stimuli	Résultats
Foucher & al, 2007	30 patients vs 33 contrôles	Unimodal (V; A) Bimodal (AV) Simples (cercle, clics)	Augmentation du seuil de détection de l'asynchronie Différence plus importante en bi modal
Giersch & al, 2009	19 patients appariés	Unimodal (Visuel) Simple Procédure de priming	Seuil de détection de l'asynchronie plus élevé dans la schizophrénie
Lalanne et al, 2012b	18 patients appariés	Visuels	Seuil de détection de l'asynchronie plus élevé dans la schizophrénie

Tableau 5. Principales données sur le jugement de simultanéité dans les troubles schizophréniques

L'augmentation des seuils de détection de l'asynchronie : une perturbation spécifique

Si quelques études identifient de façon concordante des seuils de perception de la simultanéité plus élevés chez les patients, ce résultat a cependant fait l'objet d'études visant à attester de la spécificité de cette altération en éliminant de nombreux biais potentiels.

Il apparait ainsi que l'augmentation des fenêtres de simultanéité chez les personnes avec une schizophrénie:

- n'est pas corrélée à la médication (c'est à dire aux équivalents chlorpromazine) (Foucher, 2007)

- n’est pas imputable à des effets attentionnels (Giersch, 2009). En effet, les patients sont aussi sensibles que les contrôles à la présence de distracteurs intégrés à la tâche de jugement de la simultanéité
- n’est pas lié à une difficulté d’accès à la conscience et, donc, à la tâche de jugement explicite(Giersch et al, 2009).
- n’est pas liée à l’existence des saccades oculaires anormales chez les patients (Lalanne et al, 2012a).
- Se retrouve en général de façon analogue quel que soit le mode de présentation des stimuli (présentation des stimuli les stimuli dans un hémichamp ou de chaque côté) ce qui élimine l’influence des troubles de la connectivité inter hémisphérique (Lalanne et al, 2012b ; Mohr et al, 2008).

e) Conclusion : synthèse, intérêt, limites

Un résultat solide émerge de ces études : l’augmentation du seuil de détection de l’asynchronie des stimuli dans la population des personnes avec une schizophrénie. Les patients touchés par un trouble schizophrénique ont besoin d’un intervalle de temps plus long entre deux stimuli pour les percevoir comme non simultanés par rapport aux sujets contrôles. Ce résultat ne semble par ailleurs pas imputable à des effets attentionnels, médicamenteux, d’accès à la conscience ou à l’existence de saccades oculaires anormales chez les patients.

Quelques corrélations entre augmentation du jugement de simultanéité et désorganisation sont parfois retrouvées (Lalanne et al, 2012 ; Giersch, 2015), mais l'interprétation de cette corrélation reste très difficile à poser.

Par ailleurs, et c'est sans doute là l'un des points les plus importants, si la spécificité de résultat en fait une donnée intéressante, son interprétation reste cependant difficile. En effet, ce seul résultat ne permet pas de savoir si une augmentation des seuils de simultanéité signe une fusion, à un niveau implicite, des évènements à l'intérieur de fenêtres plus longues que les contrôles. C'est ce qui donne sa portée limitée à la tâche de jugement de simultanéité dans la schizophrénie.

Plusieurs tentatives pour répondre à cette question ont été proposées : l'une repose sur l'utilisation de l'effet Simon, l'autre sur la comparaison entre fenêtre de jugement de la simultanéité et fenêtre d'intégration temporelle. Ce sont ces deux approches que nous décrivons maintenant qui, nous allons le voir, vont ouvrir sur la question de la temporalité implicite et l'anticipation temporelle.

3. Simultanéité et anticipation : l'effet Simon.

Est-ce qu'une augmentation des fenêtres de simultanéité signe une fusion des évènements sur des intervalles de temps plus longs ? Une tentative pour répondre à cette question a été entreprise par l'utilisation couplée du jugement de simultanéité avec l'effet Simon, que nous présentons maintenant.

a) Paradigme expérimental

L'effet Simon désigne le phénomène visuo-moteur suivant : lorsqu'une tâche donnée implique des stimuli présentés du même côté que la main utilisée pour répondre, les performances sont plus rapides et plus précises que lorsqu'ils sont présentés du côté opposé à la main utilisée pour répondre (Simon, 1963).

Il est possible d'utiliser cet effet pour explorer certains aspects implicites impliqués dans le jugement explicite de simultanéité, alors même que les stimuli sont présentés de chaque côté de l'écran. L'analyse de l'effet se base sur le fait qu'un effet Simon ne peut émerger qu'en cas de stimuli asynchrone. En effet, si les deux stimuli présentés de chaque côté de l'écran sont simultanés, alors aucun effet Simon n'est logiquement envisageable parce que l'information présentée à droite et à gauche est strictement identique. En revanche, si les stimuli sont asynchrones, un effet Simon est à nouveau observé : un biais peut se produire soit du côté du premier stimulus, soit du côté du second. Un biais du côté du premier stimulus peut être interprété comme le fait que les sujets accordent plus de poids au premier stimulus au moment de la réponse, alors qu'ils accordent plus de poids au second stimulus en cas de biais du côté du second stimulus. Dans tous les cas, l'existence d'un effet Simon pour des stimuli situés en deçà du seuil de détection de l'asynchronie signe que les stimuli ne sont pas fusionnés ensemble, car traités séparément de façon à rendre possible

un effet Simon. Explorer l'effet Simon dans ce contexte permet donc d'approcher le traitement implicite de la structure temporelle des évènements.

Le paradigme de base se déroule classiquement de la façon suivante

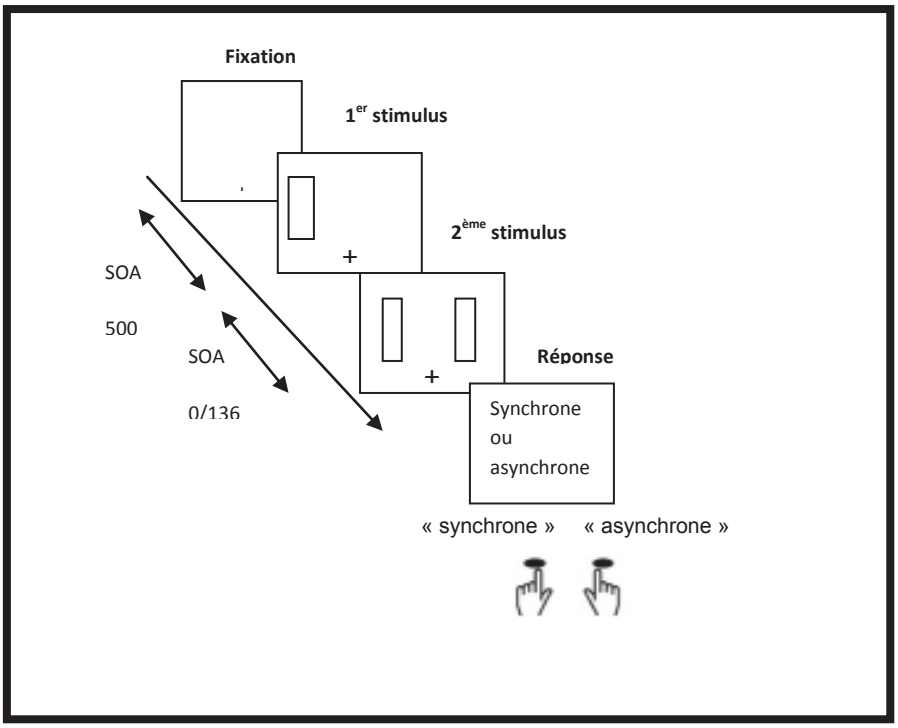


Figure 6. Effet Simon et jugement de simultanéité: déroulement de la tâche

b) Principaux résultats chez le sujet normal

Appliqué au jugement de simultanéité, l'effet Simon révèle un biais de réponse du côté du second stimulus, y compris pour des valeurs de SOA situés en deçà du seuil de perception explicite de la simultanéité. Ces résultats montrent que les deux stimuli ne sont pas fusionnés dans le temps, même pour des asynchronies sous le seuil de perception.

c) Résultats dans la schizophrénie

Principaux résultats

L'utilisation de l'effet Simon dans les troubles schizophréniques se justifie donc, comme nous l'avons souligné, comme un moyen d'approfondir la signification d'une augmentation des seuils de détection explicite de la simultanéité dans la schizophrénie. Signifie t elle une fusion des évènements ou pas ?

Quelques études récentes (Lalane, 2012 a et b) indiquent

- Une persistance de l'effet Simon chez les patients, y compris pour des stimuli situé au niveau et en dessous du seuil de détection de l'asynchronie. Ainsi, les patients présentent bien un biais de réponse en fonction du sens d'apparition des stimuli, y compris pour des SOA situés en deçà du seuil de détection de l'asynchronie.

- Une anomalie particulière chez les patients. Ces derniers présentent en effet une inversion du sens de l'effet Simon pour des asynchronies faibles, situées autour de 17 ms. Ces valeurs d'asynchronie correspondent donc à des SOA situé bien en dessous du seuil de détection de l'asynchronie. Plus précisément, les patients présentent un *biais situé du côté du 1er stimulus* contrairement aux contrôles qui présentent un biais en direction du second stimulus. Ainsi, lorsque deux stimuli sont présentés de chaque côté de l'écran, si les stimuli sont présentés de gauche à droite, il existe un biais qui se traduit par une majoration du taux de réponse « synchrone » (réponse donnée en appuyant sur le bouton de gauche situé par conséquent du côté du

premier stimulus). Si les stimuli sont présentés de droite à gauche, il existe un biais majorant le taux de réponse « asynchrone » (réponse donnée en appuyant sur le bouton de droite là encore situé du côté du premier stimulus). La figure ci-dessous illustre ces différences de biais entre patients et contrôles

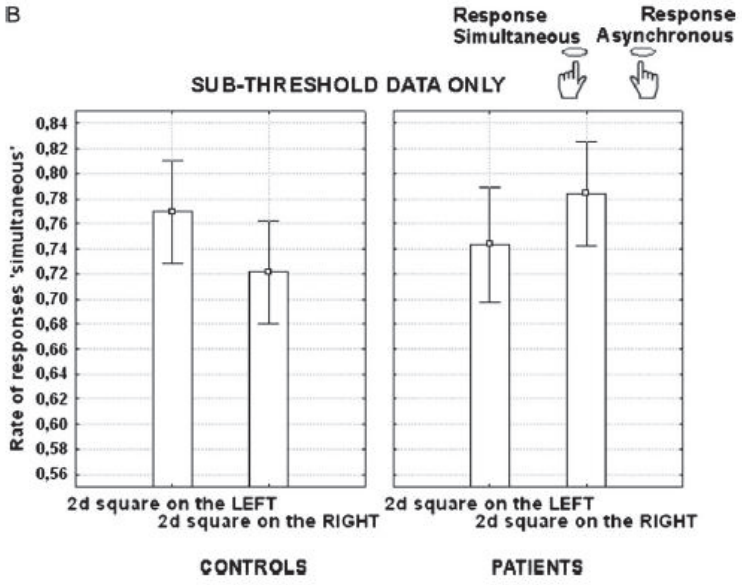


Figure 7. Taux de réponse simultanée en fonction de l'ordre de présentation des stimuli pour des stimuli situés en deçà du seuil de détection de l'asynchronie. Il existe un biais inverse entre patients et contrôles au niveau de l'effet Simon, pour des SOA situés en deça du seuil de perception de la simultanéité. (d'après Lalanne et al, 2012b)

En résumé, la persistance d'un effet Simon pour des valeurs de SOA situés en deçà du seuil de perception de l'asynchronie indique que les évènements perçus explicitement comme simultanés ne sont pas fusionnés ensemble (auquel cas il n'y aurait pas d'effet Simon).

Par ailleurs l'inversion du sens de l'effet Simon pour de très faibles asynchronies indique que patients et contrôles *ne traitent pas l'asynchronie de la même façon* pour des faibles valeurs de SOA.

Une interprétation des résultats en lien avec le codage predictif

Une interprétation proposée par Giersch et al (2013) et Lalanne et al (2012b) et vérifiée par Poncelet et Giersch (2015) chez les volontaires sains réside dans l'existence d'un shift attentionnel chez les contrôles en direction du second stimulus. Il s'agit là d'une donnée à priori contre intuitive si l'on s'en réfère aux travaux sur la « prior entry » qui montrent que l'attention portée à la localisation spatiale du 1er stimulus AVANT la présentation d'une série de deux facilite la détection d'asynchronie. Ainsi, quels que soient les effets de la prior entry qui se situe AVANT le déroulement de la tâche, il n'en demeure pas moins qu'*au moment où* les personnes donnent leur réponse, un poids plus important est donné chez les contrôles sur le second stimulus, ce qui semble signer un shift attentionnel à la fois au niveau spatial et temporel en direction du second stimulus. Ainsi, un biais en direction du second stimulus dans une séquence de deux évènements suggère l'existence d'un mécanisme qui assigne une priorité au dernier évènement qui va se produire c'est à dire une direction de l'attention vers l'information qui va arriver. Il s'agit d'un phénomène prédictif implicite car l'information se déroule sur une échelle de temps (20 ms) bien trop courte pour que le sujet ait le temps de déplacer son attention. Au moment où le premier stimulus apparaît, l'attention du sujet devrait être sur le premier stimulus, et un déplacement attentionnel nécessite au moins 100 ms (Deubel, 2008). Or Poncelet & Giersch (2015) ont montré que l'attention des sujets sains se porte sur le deuxième stimulus d'une série de 2 dès 75 à 100 ms après la présentation du premier stimulus. Ceci suggère une anticipation de la série de deux stimuli à l'avance. Ceci n'est pas surprenant au regard du fait que les tâches impliquent la présentation de deux stimuli à chaque essai. L'interprétation de cet effet est cohérente avec l'existence des mécanismes cérébraux dédiés à la vérification continuelle de l'apparition d'une nouvelle

information qui n'est pas uniquement tournée vers l'espace, mais également vers le temps. Nous allons y revenir mais la théorie du codage predictif offre un cadre pour situer ces résultats.

En revanche, chez les patients, ce shift attentionnel ne semble pas se produire pour des stimuli de faible SOA. Leur stratégie pourrait consister en une forme de traitement séparé des deux stimuli. Le traitement initial du 1er stimulus expliquerait le biais vers le 1er plutôt que le 2ème stimulus aux asynchronies courtes. Cette difficulté à shifter vers le second stimulus disparait pour des SOA plus importants.

Notons pour conclure, afin d'assoir la spécificité de cette altération, que ces difficultés semblent indépendantes des propriétés spatiales des stimuli. En effet, en utilisant des connecteurs reliant les cibles entre elles afin de faciliter leur regroupement dans l'espace, Lalanne et al (2012a) retrouvent des résultats identiques. Cela suggère que le biais anormal des patients en direction du premier stimulus persiste même quand les difficultés de groupement spatial sont allégées par la procédure expérimentale et que, par conséquent, les résultats de l'effet Simon couplé au jugement de simultanéité indiquent avant tout une difficulté d'ordre temporel.

Nous y faisions allusion, les travaux sur le predictive coding fournissent un cadre théorique et physiologique pour situer les processus impliqués dans l'effet Simon. Le codage predictif s'inscrit dans l'hypothèse du « cerveau Bayésien ». Cette hypothèse, postule que notre cerveau infère, à partir des entrées sensorielles, des représentations du monde extérieur. A

son tour, ces représentations peuvent être utilisées pour anticiper les entrées sensorielles. De ces anticipations peut résulter un effet de surprise liée à l'erreur de prédiction quand celles-ci sont violées ou, inversement, un allègement du coût psychique engagé dans la perception si les prédictions ne sont pas violées. En effet, il n'est pas la peine de représenter ou de transmettre ce que l'on peut prédire. Ainsi, le codage prédictif permet de gagner du temps et de simplifier l'architecture et le traitement des données (Rao & Ballard, 1999; Friston, 2010).

Pour Karl Friston, le codage prédictif s'inscrit dans une réflexion beaucoup plus large qui inclue notamment un principe important : celui de la « minimisation de l'énergie libre » (free energy) (Friston, 2010). Ce principe est basé sur l'idée que « tout système auto-organisé en équilibre avec son environnement doit minimiser son énergie libre », c'est-à-dire limiter le coût cérébral qu'engage ses différentes activités (dit simplement, l'objectif du cerveau serait d'en faire le moins possible et de s'économiser). Ainsi, pour Friston, les états de l'organisme doivent donc être de basse entropie et les agents biologiques doivent se prémunir autant que possible de la surprise. Dans le domaine de la perception, le principe conduit à optimiser les inférences perceptives. L'agent infère ou représente, de façon implicite, les causes de ses entrées sensorielles selon les principes de l'inférence Bayésienne optimale.
La formalisation de ce problème invite à assigner à chaque niveau d'inférence causale
une aire spécifique et utiliser un algorithme bidirectionnel de passation de messages avec :

- Les connections descendantes (top down) implémentent le modèle prédictif (forward model): la prédiction du niveau n, sur la base des connaissances au niveau n+1.

- Les connections ascendantes (bottom up), issues des couches supérieures du cortex, transmettent l'erreur de prédiction: la différence entre l'entrée reçue et sa prédiction

Parmi les bases expérimentales souvent évoqués à l'appui de cette théorie figurent les travaux sur la « mismatch negativity ». Ce phénomène que nous avons déjà évoqué désigne le fait qu'après plusieurs répétitions, la présentation d'un son déviant, inattendu, évoque une réponse cérébrale à la nouveauté. D'autres réponses cérébrales sont également évoquées par des stimuli inattendus ou qui violent une règle (MMN auditives à différents niveaux, visuelles, somatosensorielles, ELAN, N400, P3a et P3b).

Inversement, dans le paradigme de « Repetition Suppression », l'activation cérébrale diminue lorsqu'une image est répétée (Miller & Desimone, 1991; Naccache & Dehaene, 2001)

De nombreuses données récentes militent en faveur de l'hypothèse du codage prédictif plus que d'une simple habituation, notamment le fait qu'une réponse auditive est évoquée en EEG par l'absence d'un son attendu.

Replacé dans le cadre de cette théorie, il est assez aisé de voir les conséquences pour le fonctionnement du prédictive coding que pourrait entrainer l'altération de l'anticipation temporelle comme le postule l'interprétation de l'effet Simon. Plus que dans la création de prédictions (porté par les connexion descendantes), c'est la capacité d'ouverture même vers les entrées sensorielles à venir qui pourrait être altérée dans les troubles schizophréniques, rendant vaines l'existence de prédictions.

d) Conclusion : synthèse, intérêt et limite

En conclusion, les travaux sur l'effet Simon indiquent qu'une augmentation de la fenêtre de perception de la simultanéité ne signifie pas nécessairement une fusion des évènements dans le temps. Par ailleurs, ils suggèrent indirectement l'existence de mécanismes élémentaires d'anticipation temporelle situés à l'intérieur de la fenêtre de perception explicite de la simultanéité et l'existence d'une possible altération de la capacité d'anticipation implicite de personnes touchées par une schizophrénie sur des échelles de temps très fines (de l'ordre d'une dizaine de millisecondes). L'altération de l'anticipation à un niveau très élémentaire reste cependant une interprétation de ces résultats, justifiant de la valider à l'aide de paradigmes complémentaires. De plus l'absence de fusion des événements dans la fenêtre temporelle chez les patients, alors qu'ils présentent une altération marquée de la capacité à distinguer explicitement les asynchronies, suggère une dissociation entre réponses explicites et implicites. C'est ici que se situe l'intérêt des travaux sur les contraintes de l'intégration multi sensorielle vers lesquels nous nous tournons maintenant.

4. Les contraintes temporelles de l'intégration multi sensorielle et la perception de la simultanéité

a) Un exemple de paradigme : l'illusion de McGurk et ses contraintes temporelles

De l'intérêt des paradigmes multi sensoriels pour comprendre la signification des fenêtres de simultanéité

Nous avons vu que la schizophrénie amène à se poser la question du traitement de l'information à l'intérieur des fenêtres de simultanéité, parce que ces fenêtres sont élargies. Le domaine de l'intégration multi sensorielle, que nous avons évoqué et défini lorsque nous avons présenté le modèle de Pöppel, est particulièrement bien adapté pour tester l'hypothèse qu'une augmentation des fenêtres de simultanéité ne signifie pas nécessairement une fusion des évènements. On retrouve ce type de questionnement sur les liens entre simultanéité et intégration multisensorielle chez Foucher et al. (2007) dont le point de départ réside justement dans l'étude des déterminants (potentiellement temporels) des problèmes d'intégration multi sensorielle chez les patients (la démarche se situe donc en sens inverse de la notre).

L'étude de Foucher (2007) prend comme point de départ un questionnement sur les déterminants des troubles de l'intégration multisensorielle (binding) dans la schizophrénie (De Gelder…) en interrogeant le rôle de la temporalité. En effet, est ce le processus lui-même d'intégration multisensorielle qui est altéré dans la schizophrénie ou les altérations de l'intégration multisensorielle sont elles tout simplement liées à une augmentation de la fenêtre de simultanéité, ce qui conduirait à intégrer ensemble des stimuli qui ne le sont pas chez les sujets contrôles ? Foucher (2007) retrouve dans son étude une augmentation des seuils de détection de l'asynchronie, en condition unimodale et multimodale dans la schizophrénie, ce qui plaiderait en faveur d'un déterminisme temporel des troubles de l'intégration multi sensorielle.

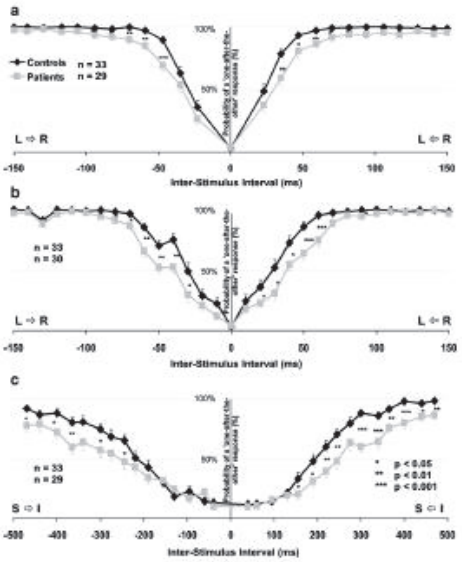


Figure 8. Répartition du jugement d'asynchronie en fonction du SOA (d'après Foucher, 2007)

	Patients	Controls
Visual	37±15 ms	27.5±8 ms
Auditory	42.7±16 ms	30.5±17 ms
Bimodal	265±86 ms	203±51 ms

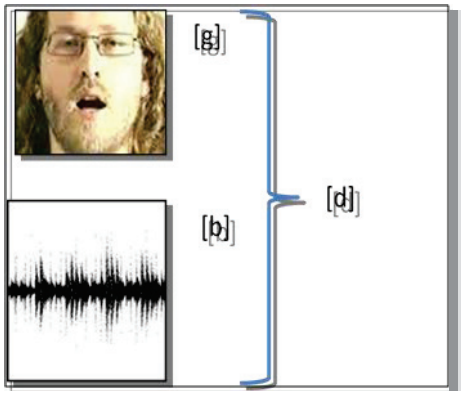
Tableau 6. Estimation des fenêtres de simultanéité en condition uni et bi modale (d'après Foucher, 2007)

De la même façon que pour l'effet Simon, cette approche expérimentale qui assimile contraintes temporelle du jugement explicite de simultanéité aux contraintes temporelles de l'intégration multi sensorielle bute en réalité sur l'absence d'évaluation stricto sensu des fenêtres d'intégration temporelle, c'est-à-dire des fenêtres à l'intérieur desquelles les informations visuelles et auditives sont automatiquement intégrées et permettent l'émergence d'un percept unique. C'est ici que réside l'intérêt majeur des paradigmes multisensoriels sur lesquels nous revenons maintenant.

L'intégration multi sensorielle

Dans l'environnement naturel, notre organisme reçoit des informations d'évènements individualisables à travers de multiples canaux sensoriels. Cependant, loin de juxtaposer ces différentes composantes les unes à côté des autres comme des expériences sensorielles isolées, notre système perceptif réalise une intégration, c'est-à-dire une combinaison des informations provenant de différentes modalités sensorielles, aboutissant ainsi à une perception unique et cohérente d'un évènement. C'est par exemple le cas lorsque nous voyons une personne parler et que nous l'écoutons en même temps. Cet aspect de notre perception est désigné sous le terme d'Intégration Multi Sensorielle (I.M.S.) (Stein et al, 2008). Etudier la signification d'une augmentation des fenêtres de simultanéité (et le fait qu'elle puisse signifier une fusion des évènements entre eux) peut ainsi reposer sur l'utilisation de paradigmes expérimentaux tels que ceux basés sur l'illusion de McGurk & McDonald (1976). Nous l'avions évoquée lorsque nous avons présenté le modèle de Pöppel et y revenons de façon plus approfondie.

L'illusion de McGurk et McDonald



*Dans **l'illusion de McGurk & McDonald**, un doublage est réalisé. Il consiste à substituer à la bande sonore d'une vidéo dans laquelle une personne prononce une syllabe (par exemple [g]) une bande sonore différente (par exemple [b]): le mouvement articulatoire ne correspond alors plus au son émis. Lorsque cette illusion fonctionne, le sujet ne perçoit ni [g] (c'est-à-dire le mouvement articulatoire) ni [b] (c'est-à-dire la bande sonore), mais un troisième son, [d], reflet de l'intégration audio visuelle dans le domaine du langage.*

Figure 9. Illustration de l'illusion de McGurk et McDonald (1976)

Il existe deux "types" d'illusion de McGurk, c'est-à-dire de résultats perceptifs possibles en fonction de la nature des stimuli et de la modalité sensorielle à laquelle ils sont présentés :

(1) le phénomène de **"fusion"** d'un côté : c'est par exemple le cas lorsqu'un sujet perçoit un [d] devant un visuel [g] associé à une audio [b]. Il s'agit ici à proprement parler d'un troisième percept, différent des entrées auditives et visuelles, réalisant un cas d'intégration strict.

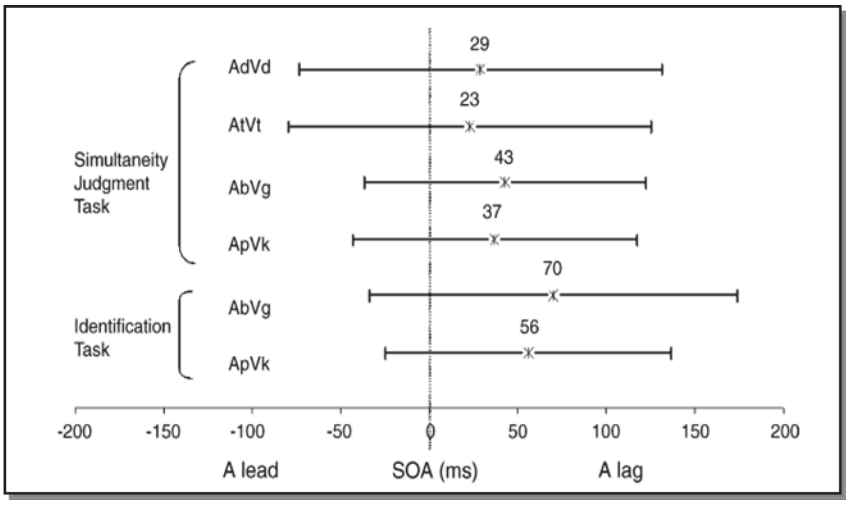
(2) le phénomène de **"combinaison"** d'un autre coté: c'est par exemple le cas lorsqu'un sujet perçoit un [bg] devant un visuel [b] et un audio [g]. Il ne s'agit plus d'un troisième percept à proprement parler comme dans le cas de la fusion, mais d'une juxtaposition des entrées auditives et visuelles.

La fenêtre d'intégration temporelle

En désynchronisant progressivement les modalités audio et visuelle jusqu'au moment où cette illusion disparait, il devient possible d'évaluer expérimentalement les contraintes temporelle de ce processus d'intégration et d'estimer la taille de la « fenêtre d'intégration temporelle », au-delà de laquelle les stimuli ne sont plus fusionnés entre eux. En effet, la congruence temporelle des stimuli ne nécessite pas d'être rigoureusement stricte pour que ces derniers soient intégrés. Il est classique de représenter de telles données sous la forme d'une courbe sigmoïde double (Munhall et al, 96; Van Wassenhove et al, 2007). (cf p.79). La fenêtre d'intégration temporelle se définit alors comme l'espace temporel à l'intérieur duquel deux éléments objectivement séparés dans le temps sont égrés et au-delà duquel ils ne le sont plus. Cette fenêtre est d'environ 200 à 300 ms pour l'illusion de McGurk (Conrey & Pisoni 2006; vanWassenhove et al. 2007). L'établissement de cette fenêtre temporelle ne

nécessite donc aucun jugement explicite temporel, et est sous tendu par *un traitement temporel implicite,* renvoyant à la sensibilitétemporelle du système d'intégration.

L'étape suivante, qui nous intéresse pour répondre à notre question, consiste ensuite à comparer la fenêtre d'intégration temporelle avec la fenêtre de simultanéité, en demandant cette fois au sujet, sur les mêmes stimuli, non pas un jugement sur ce qu'il a entendu mais un jugement de simultanéité. C'est ce qu'ont réalisé Van Wassenhove et al (2007) en comparant la taille des fenêtres explicites de simultanéité et des fenêtres d'intégration implicites.



Van Wassenhove et al (2007) montrent une superposition des fenêtres temporelles explicites de jugement de la simultanéité (lignes supérieures) et des fenêtres d'intégration (lignes inférieures).

Ce résultat plaide en faveur de mécanismes communs au traitement implicite et explicite de la simultanéité. Sont fusionnés ensemble les stimuli perçu comme synchrones et ne sont plus fusionnés ensemble les stimuli perçus comme asynchrones. Ce résultat, obtenu chez des volontaires sains uniquement, semble donc aller à l'encontre des résultats obtenus avec l'effet Simon.

b) Résultats dans la schizophrénie

Quelques travaux ont étudié les troubles de l'intégration multi sensorielle dans la schizophrénie, en utilisant notamment l'illusion de McGurk. Les résultats sont contradictoires car certaines études retrouvent une altération du processus d'intégration multi sensorielle (De Gelder et al, 2002; Pearl et al, 2009; Ross et al, 2007) alors que d'autres non (Surguladze et al, 2001).

Aucune étude n'a en revanche étudié les contraintes temporelles de ce processus dans la schizophrénie, et cherché à le comparer avec la perception de la simultanéité. C'est ici que réside l'intérêt que nous avons porté à ce type de paradigme, pour répondre notamment à la signification de l'augmentation des fenêtres de simultanéité. Nous présenterons une étude dans la partie expérimentale.

c) Conclusion : synthèse, intérêt et limites

En résumé, l'étude des contraintes temporelles de l'intégration multi sensorielle et sa comparaison avec les fenêtres de simultanéité semble indiquer une correspondance entre perception de la simultanéité et fusion des évènements, un résultat allant à l'encontre du point de vue issu de l'effet Simon.

Cependant, si quelques données indiquent une altération du processus d'intégration multisensorielle dans la schizophrénie, aucuns travaux touchant directement à la question des contraintes de ce processus n'ont été retrouvés. C'est ici que réside l'intérêt que nous avons porté à ce type de paradigme et d'une étude que nous avons réalisée et que nous présenterons dans la deuxième partie de ce travail.

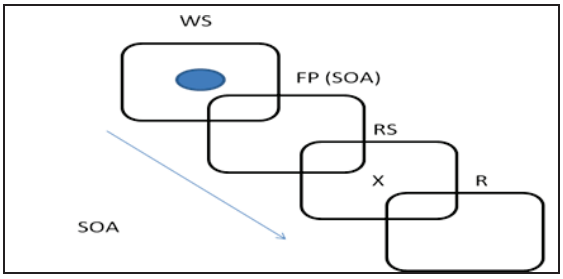
Nous avons utilisé une autre approche pour répondre à la deuxième question de notre thèse. Les travaux sur l'effet Simon avaient en effet soulevé la question de la signification d'une augmentation des fenêtres de simultanéité. En identifiant un biais de réponse des patients du côté du 1er stimulus, pour des asynchronies très faibles, ils suggéraient indirectement l'existence d'une possible altération de la capacité d'anticipation implicite de personnes touchées par une schizophrénie sur des échelles de temps très fines (de l'ordre d'une dizaine de millisecondes). L'altération de l'anticipation à un niveau très élémentaire reste cependant une interprétation de ces résultats. En outre, des défauts d'anticipation à l'échelle de quelques ms pourraient avoir une portée limitée. Ceci justifie l'utilisation de paradigmes complémentaires, étudiant directement l'anticipation sur des échelles plus longues, ce qui nous amène aux travaux sur la « hazard function » que nous présentons maintenant

5. Tâche de « preparatory setting » et Hazard function

a) Preparatory setting et Hazard function : paradigme de base

Comme nous l'avons souligné, les travaux sur l'effet Simon posent, outre la question de la fusion des évènements entre eux, celle des mécanismes élémentaires d'anticipation temporelle. En effet, l'inversion de l'effet Simon pour des stimuli de faible SOA (une dizaine de millisecondes) est interprétée comme une altération de mécanismes d'anticipation élémentaires. Est il possible d'évaluer plus directement l'anticipation implicite dans les troubles schizophréniques, et ce sur des durées plus longues ?

Cette question nous a conduit à nous intéresser aux paradigmes de préparation temporelle (« preparatory setting ») à des délais variables (variable foreperiods) et à l'évaluation d'un processus clé : la « hazard function ». Dans ce type de paradigme, ce qui est évalué est la capacité du sujet à moduler son état de préparation et donc d'anticipation relatif à l'arrivée d'un stimulus. Le stimulus cible apparait à un délai plus ou moins long après un point de fixation central. La consigne de base délivrée au sujet consiste à lui demander d'appuyer aussi rapidement que possible sur une touche après l'apparition de la cible. Les performances du sujet sont évaluées par l'intermédiaire du temps de réaction (TR).



Paramètre	Abréviation
WS	Signal d'alarme
FP	Délai
SOA	Durée du délai
RS	Cible
R	réponse
TR	Temps de réaction

Figure 10. Représentation schématique du paradigme de « preparatory setting » utilisé étudier la hazard function

Le résultat essentiel de cette tâche est le suivant et se trouve désigné sous le terme de « hazard function ». En général, au sein d'une série de stimuli qui apparaissent selon un délai variable, plus le stimulus tarde à venir et plus le sujet répond rapidement (ce qui se traduit par une diminution du temps de réaction). Ce constat suppose donc le recours à un paradigme dans lequel des stimuli (RS) de délai (FP) *variables* (variable foreperiods) sont délivrés au sujet.

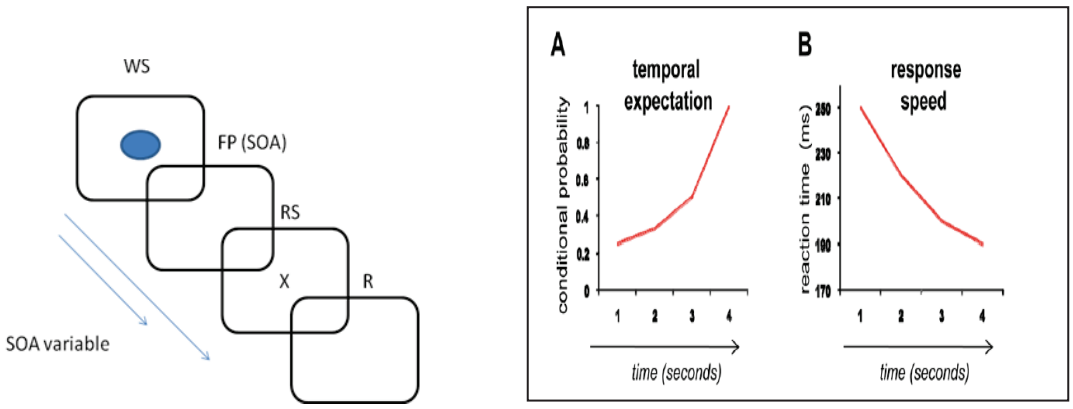


Figure 11. Représentation classique de la hazard function. Sur la courbe de gauche est représentée l'augmentation de la probabilité d'apparition de la cible en fonction du délai. Sur celle de droite, les temps de réaction des sujets en fonction de ces mêmes délais (D'après Coull (2009))

Ce processus exogène et automatique bien connu constitue le déterminant le plus important des performances du sujet (Woodrow, 1914 ; Drazin, 1961, Zahn et al, 1963, Niemi & Näätänen 1981). Autrement dit, la variation du délai (FP) constitue la variable essentielle du processus de préparation. Ce constat a conduit certains à renommer le délai (FP) par le terme d'« intervalle de préparation » (Niemi & Näätänen, 1981). La diminution du temps de réaction en fonction de la FP est désignée par le terme de hazard function (ou « préparation »). Une interprétation classique de la diminution du temps de réaction avec l'augmentation de la FP dans une procédure intra bloc (tous les essais sont mélangés à

l'intérieur d'un même bloc expérimental, et les différents délais sont utilisés dans un ordre randomisé) réside dans l'idée que *« la nature unidirectionnelle du flux temporel contient elle-même un pouvoir prédictif : plus on attend un évènement prévu (par ex le coup de pistolet signalant le départ d'une course) plus grande est la probabilité qu'il arrive dans le moment qui suit* » (Coull et al, 2014), et ce d'autant qu'il ne s'est pas produit précédemment (phénomène de préparation). Une des traductions de cette attente réside ainsi dans la diminution du temps de réaction. Un certain nombre de paramètres peuvent cependant impacter la hazard function.

b) Principales données chez le sujet sain. Facteurs modulant les performances.

Un certain nombre de paramètres modulent les performances des sujets (TR). Parmi eux figurent (Correa, 2006).

- Des facteurs dit « exogènes » ou automatiques, sur lesquels le sujet n'a aucune prise
- Des facteurs dit « endogènes » ou stratégiques, grâce auxquels le sujet peut moduler la prédiction de l'arrivée du stimulus.

Facteurs « exogènes »

- *La présence d' « essais surprise »* (« catch trials »).

Cette procédure manipule la probabilité d'apparition de la cible. Elle consiste à inclure un certain nombre d'essais dans lesquels aucune cible n'est présentée, à la surprise du sujet. En d'autres termes, sur quelques essais, alors que le sujet s'attend à voir

apparaitre une cible, aucune cible n'apparait. Outre le fait que cette procédure limite le risque de réponses par anticipation, le résultat majeur lié à son utilisation réside dans l'augmentation du temps de réaction pour les délais longs (Drazin, 1961; Correa, 2006) et une perte des bénéfices de la hazard function. Une hypothèse classique pour expliquer ce résultat réside dans l'induction d'un effet de « dispreparation ». La probabilité subjective de la cible attendue diminue lorsque le délai devient long. Le sujet modifie alors son état de préparation (en d'autre terme, le sujet assimile le fait qu'il ne sert peut-être à rien d'attendre car il se peut qu'aucune cible n'apparaisse).

- *Les effets séquentiels*.

Les effets séquentiels désignent l'impact du traitement de l'essai précédent sur le traitement de l'essai actuel. Le principal résultat réside dans le fait que les temps de réaction sont augmentés lorsque, sur l'essai précédent, la cible était présentée selon un délai plus long que l'essai actuel (Granjon et al, 1979). L'inverse n'est en revanche pas vrai (les temps de réaction ne sont pas plus longs lorsque le délai précédent est plus court que le délai de l'essai actuel). Parmi les interprétations possibles figurent la possibilité de phénomènes exogènes de conditionnement entre précédent essai et essai actuel. Il n'est cependant pas possible d'exclure une participation endogène (stratégique) liée à l'utilisation par les participants de la durée précédente pour élaborer une attente concernant la durée du délai suivant. (Niemi & Näätänen, 1981)

- D'autres facteurs peuvent moduler les temps de réaction des sujets (Niemi et Näätänen, 1981 ; Correa et al, 2006) : type de tâche, proportion relative de chaque

délai, nature du signal d'alarme, fluctuation de la préparation motrice. Nous ne rentrons pas dans ces détails afin de ne pas alourdir notre propos d'une part et compte tenu du fait que nous nous sommes peu intéressés à ces variables par la suite.

Facteur exogène	Effet sur le temps de réaction
Hazard function (repreparation)	Diminution du temps de réaction avec augmentation de la durée de l'intervalle en procédure intra bloc.
Présence d' « essais surprise »	disparition de la hazard function (dispreparation)
Effets séquentiels	Augmentation du temps de réaction si le délai précédent est plus longs. Inverse non vrai.
Autres facteurs	Augmentation ou diminution des temps de réaction.

Tableau 7. Principaux facteurs exogènes pouvant modifier les temps de réaction sur une tâche de preparatory setting

Preparatory setting et impact des facteurs « endogènes » ou stratégiques : l'effet d'orientation temporelle

Est-ce que l'anticipation temporelle peut être modulée de façon volontaire, stratégique ? Si les participants sont explicitement informés du délai qu'ils ont à attendre, peuvent ils utiliser ces indices pour impacter leurs performances (et donc leur temps de réaction) ? La réponse à cette question centrale pour la compréhension des processus d'anticipation temporelle est abordée par les procédures dites « *d'orientation temporelle de l'attention* » (Coull et Nobre, 1998). L'orientation temporelle de l'attention fait référence aux processus qui permettent une préparation spécifique sur la base d'une information ayant une valeur prédicitive qui concerne les intervalles de temps à venir. En d'autres termes elle fait référence à la capacité endogène d'attendre de façon sélective un intervalle de temps particulier (Coull et nobre,

1998 ; Correa, 2006). L'effet de tels indices est classiquement désigné par le terme d'« effet de validité » (validity effect) ou « effet d'orientation temporelle » (temporal orienting effect).

La tâche utilisée en général se caractérise par la présentation d'un indice (par exemple un cercle plein ou vide, indiquant respectivement le délai court ou long à venir). La cible arrive ensuite après le délai indiqué par l'indice. Le sujet répond ensuite le plus rapidement possible. La séquence des évènements est représentée dans la figure ci-dessous.

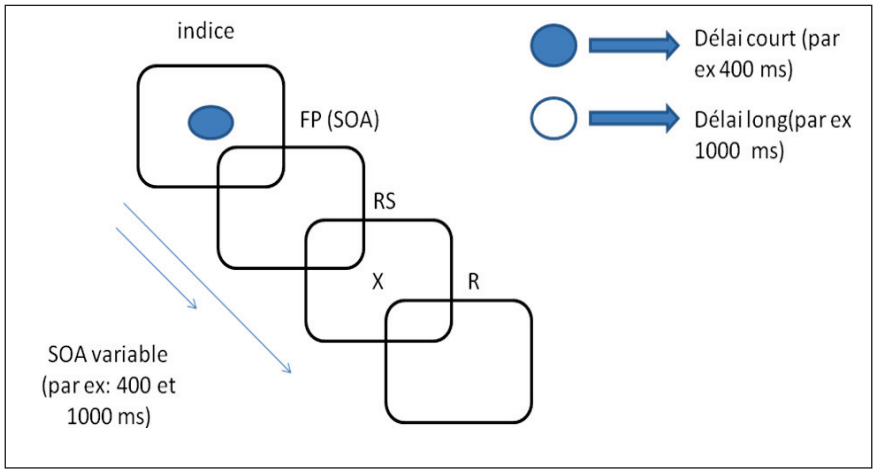


Figure 12. Dans la tâche d'orientation temporelle, un indice précédent la cible et indiquant son délai d'apparition est présenté au sujet.

Différents travaux ont cherché à explorer les caractéristiques et l'impact de tels indices. Quelques résultats sont à retenir (Coull et Nobre, 1998 ; Correa, 2006) :

- Les temps de réaction *sont plus courts en présence d'un indice valide qu'en présence d'un indice neutre* mais cette règle *se vérifie uniquement pour les délais courts*. L'interprétation de ce résultat, en particulier l'absence d'effet d'orientation temporelle pour les délais longs, peut être attribuée au processus de repréparation (hazard

function), c'est-à-dire à la réorientation de l'attention temporelle de l'intervalle court à l'intervalle long. Le processus de repreparation est « *engagé quand les participants réalisent que la cible n'est pas apparue à l'intervalle court, de façon qu'ils réorientent leur attention vers l'intervalle plus long. Ainsi, les participants sont préparés de façon similaire à l'onset de la cible tardive, que l'indice indique un délai court ou long* ». (Coull et al, 2014)

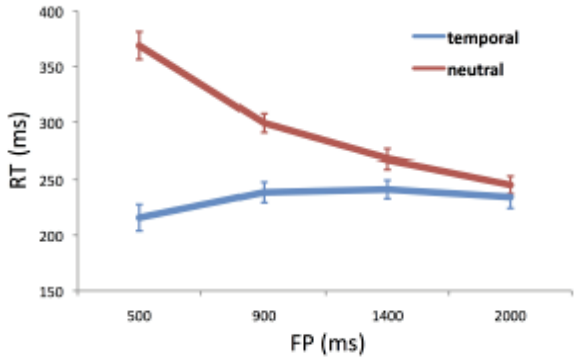


Figure 2: RTs for temporal and neutral conditions as a function of FP.

Figure 13. Temps de réaction en présence d'indices valides ou neutres. En présence d'indices valides (courbe en bleu) les temps de réaction pour des délais courts sont améliorés. Ce n'est pas le cas pour les délais longs. (D'après Coull et al, 2014)

- Si la tâche comprend des essais surprise à hauteur de 25%, une amélioration des temps de réaction en présence d'indices valides se produit pour les intervalles courts et longs (Correa et al, 2004). L'interprétation logique de l'apparition d'un effet pour les délais long en présence d'essais surprise réside dans le fait que la présence des essais surprise induit une dispreparation et annule donc les effets de préparation (hazard function). Les indices peuvent alors avoir le même « poids » en condition délai court qu'en condition délai long. Seule, par conséquent, la condition avec 0% d'essais surprise gomme l'effet d'orientation temporelle pour les intervalles longs.

c) Résultats dans la schizophrénie

Un certain nombre d'études, pour la plupart remontant aux années soixante, ont évalué les effets de différents délais sur les temps de réaction. La majorité des études indique l'absence d'altération de la hazard function (Huston et al, 1937 ;Knehr, 1954 ; Rosenthal et al, 1960 ; Zahn et al, 1963 ; Zahn et al, 1965), à l'exception de l'étude de Tizard et al (1956). Dans cette dernière étude, les délais utilisés étaient de 1, 2, 4, 7,5, 15 et 25 secondes. Les temps de réaction augmentaient jusqu'à 4 secondes et diminuaient seulement au-delà de 4 secondes. La figure suivante compile les résultats de 4 des études citées précédemment.

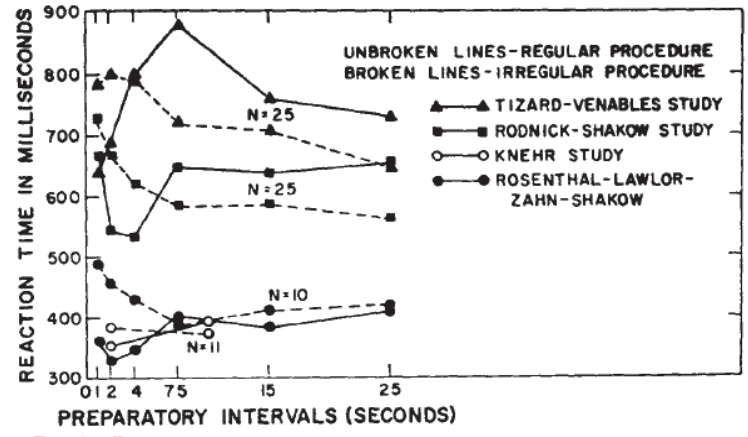


FIG. 1 Reaction time of schizophrenic subjects during regular and irregular procedures in four separate studies

Figure 14. Temps de réaction en fonction de l'intervalle de preparation (FP) dans des populations de personnes touchées par une schizophrénie. 4 études sont représentées sur cette figure. En dehors de l'étude de Tizard (triangles) les patients semblent présenter une hazard function.(D'après Rosenthal, 1960)

Au-delà des ces résultats, il est important de noter que les délais utilisés dans ces études sont des délais longs (de 1 à 25 secondes). Nous n'avons retrouvé aucune étude cherchant à évaluer la hazard function pour des délais situés en deçà de la seconde.

Effet des catchs trials

Nous n'avons pas retrouvé d'étude à ce sujet

Effets séquentiels

Quelques études indiquent une plus grande sensibilité des patients à l'intervalle précédent (Zahn et al, 1963 ; Zahn et al, 1965).

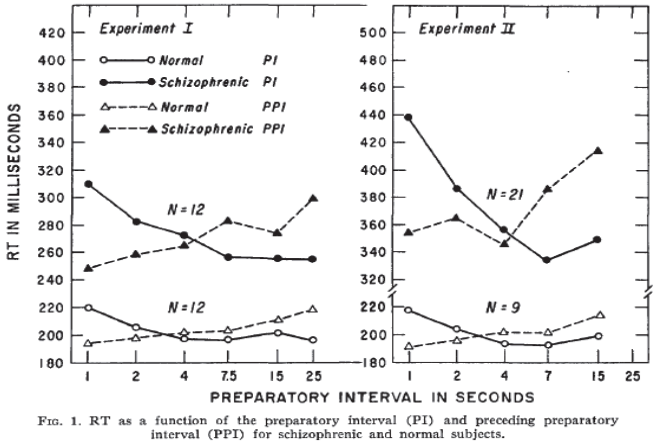


FIG. 1. RT as a function of the preparatory interval (PI) and preceding preparatory interval (PPI) for schizophrenic and normal subjects.

L'étude de Zahn et al (1963) indique un impact significativement plus important de la FP précédente sur la FP actuelle chez les patients

Figure 15. Temps de réaction en fonction de l'intervalle de préparation (courbes pleines) et de l'intervalle de préparation précédent (courbes en pointillé). L'écart entre les courbes pleines et pointillé est plus important dans la population de patients que des contrôles (d'après Zahn et al, 1963)

Effets de l'orientation temporelle (indices valides)

Nous n'avons pas retrouvé d'études évaluant l'effet des indices valides chez les personnes touchées par une schizophrénie

d) Synthèse : intérêt, limites

Si l'intérêt de ce paradigme réside dans une étude directe de l'anticipation implicite du sujet sur des périodes de 500 ms à plusieurs secondes au travers du phénomène de hazard function (ce que ne permettent pas les travaux sur l'effet Simon), ce processus ne semble pas altéré dans la schizophrénie.

Cependant, les délais utilisés sont généralement très longs (au-delà de la seconde) et les résultats parfois contradictoires. Par ailleurs, aucune étude à notre connaissance n'a cherché à étudier la capacité des patients à utiliser des indices valides, et l'effet d'une procédure incluant des essais surprise. L'étude de l'impact de ces deux paramètres est cependant importante pour mieux caractériser le processus d'anticipation chez les patients pour différentes raisons. En effet, des effets de dispreparation plus important chez les patients pourraient signer une fragilité plus grande de l'anticipation temporelle. Par ailleurs, l'altération de la capacité des patients à utiliser les indices valides pourraient, là encore, rendre compte d'une autre forme de fragilité du processus d'anticipation, plus attentionnelle.

6. Conclusion

En résumé, à l'issue de notre revue de la littérature sur les troubles de la temporalité schizophrénique, il apparait que la sémiologie médicale des troubles schizophréniques ne permet pas de trouver de justification à l'étude de la question du temps dans les troubles schizophréniques.

En revanche, en dépassant le plan de la description purement comportementale pour décrire le vécu subjectif de nos patients, la phénoménologie psychiatrique postule que les troubles de l'expérience du soi minimal, caractéristiques des troubles schizophréniques, constituent l'expression directe d'une altération des processus de temporalisation de l'expérience. Dans cette conception, très inspirée des travaux de Husserl sur la temporalité normale, le temps est considéré comme un processus qui constitue, de façon automatique, l'expérience subjective, lui donnant sa forme et sa stabilité. Ainsi, le temps apparait moins comme un contenu de la conscience (il serait par exemple impropre de parler de « perception du temps ») que comme un contenant de la conscience (la temporalité de la conscience intentionnelle). Par conséquent, si ce temps vacille, c'est en même temps tout l'expérience subjective qui s'effondre, comme dans le cas des troubles schizophréniques. Si ce modèle apparait séduisant, il n'en demeure pas moins qu'il se heurte à un certain nombre de limites, au premier rang desquelles la difficulté à pouvoir réaliser une authentique phénoménologie du temps schizophrénique d'un côté, et les limites du processus introspectif propre à la phénoménologie pour décrire les soubassements de son propre fonctionnement (ce qui reviendrait à se nier soi-même). Dépasser ces limites implique l'utilisation d'approches complémentaires, comme les sciences cognitives.

Si les sciences cognitives nous font changer de plan descriptif pour retourner à une approche positiviste, la revue des travaux sur le temps enseigne que le jugement de durée n'est que peu « praticable »pour étudier le temps schizophrénique. En revanche, les travaux sur la simultanéité indiquent de façon convaincante une augmentation des fenêtres temporelles dans la schizophrénie. L'interprétation de l'augmentation de ces fenêtres reste encore débattue. Les travaux sur l'effet Simon indiquent en effet la persistance de cet effet pour des stimuli situés en deçà du seuil de perception de la simultanéité, ce qui invite à considérer qu'une augmentation des fenêtres ne signe pas une fusion des évènements à l'intérieur de la fenêtre. Cette dissociation entre fenêtre subjective et processus implicites demandait à être confirmée, et les paradigmes tournés vers l'étude des contraintes temporelles de l'intégration mutlisensorielle semblent adaptés pour évaluer ce problème et répondre à cette question.

Par ailleurs, les travaux sur l'effet Simon semblent indiquer un traitement différent des stimuli sur des intervalles de temps courts (une dizaine de millisecondes) marqué par un défaut d'anticipation élémentaires chez les patients. Là encore, la validation de cette interprétation pourrait passer par l'utilisation de paradigmes qui étudient directement l'anticipation élémentaire. C'est ici que se situe la tâche d'orientation temporelle, dont nous avons vu que son utilisation dans la schizophrénie aboutissait à des résultats contradictoires, n'utilisait que des délais très longs, et n'avait pas pris en compte différents facteurs impliqués dans la modulation du temps de réaction en fonction de l'intervalle de préparation (et notamment les effets de l'incertitude liés à l'utilisation d'essais surprises ainsi que l'impact d'indices attentionnels).

Enfin, l'hypothèse phénoménologique d'un lien consubstantiel entre temporalité et soi n'a jamais été testée. L'émergence de méthodes cliniques de mesure des troubles du soi de base semble intéressante à coupler aux investigations cognitive du temps, dans une optique neuro phénoménologique, en cherchant à corréler mesure clinique du soi et mesure expérimentale du temps.

C'est sur la base de ces éléments que nous avons choisi de réaliser trois études que nous allons maintenant présenter successivement, dans la seconde partie de ce travail:

- L'une touche à l'étude des contraintes temporelles de l'intégration multi sensorielle. Elle vise à répondre à la question qu'a soulevée l'effet Simon: est ce que l'augmentation des fenêtres de simultanéité signifie une fusion des évènements ?

- La deuxième repose sur l'utilisation de la tâche d'orientation temporelle, couplée à des mesures du soi minimal. Elle vise à répondre à la question suivante : est ce que les perturbations de l'anticipation temporelle postulées par les résultats de l'effet Simon se retrouvent dans des tâches évaluant directement l'anticipation temporelle ? Ces troubles, s'ils sont retrouvés dans ces tâches, sont-ils corrélés aux troubles du soi ?

- Enfin la troisième touche à l'étude de l'effet Simon mais explore la sensation de continuité à plus grande échelle, avec une tâche de jugement de simultanéité pour laquelle seront analysés non les résultats sur des essais isolées les uns des autres mais ceux relatifs à l'influence de chaque essai sur celui à venir, autrement dit l'influence de l'essai N-1 sur l'essai N. Des mesures du soi minimal y seront également réalisées. Cette étude vise à répondre à la question suivante : est ce que les altérations de l'effet Simon sont susceptibles de déterminer des altérations sur de plus grandes échelles de

temps que celles qui le caractérisent? Ces altérations sont elles corrélées aux troubles du soi minimal ?

Nous allons les présenter successivement et discuter, pour conclure ce travail, l'ensemble de ces résultats.

DEUXIEME PARTIE: TROIS ETUDES

Nous présentons maintenant 3 études que nous avons réalisées.

Nous serons rapides dans leur justification, car ces dernières ont été soulignées dans la conclusion de notre revue de la littérature. De même, nous nous contenterons de rappels brefs en ce qui concerne les différents paradigmes utilisés, que nous avons également présentés. Enfin, toujours dans un souci de concision, nous soulignerons uniquement les principaux résultats de ces études, en renvoyant le lecteur aux publications de ces travaux présentées en annexe pour plus de détails. Nous consacrerons une partie distincte aux mesures du soi, réalisées dans deux des trois études pour nous centrer ainsi, dans un premier temps, sur les résultats des tâches temporelles. Chacune de ces études a fait l'objet d'une publication ou fait l'objet actuellement d'une soumission.

A. 1ère étude. Fenêtres d'intégration temporelle et fenêtres de simultanéité dans les troubles schizophréniques

1. Justification et principe de l'étude

Comme nous l'avons vu dans les études au cours desquelles le sujet doit décider si deux stimuli présentés à l'écran sont simultanés ou asynchrones, il est possible d'observer une réponse implicite du sujet, c'est à-dire un effet Simon, même quand les stimuli sont jugés synchrones : la persistance d'un effet Simon pour des stimuli situés en deçà du seuil de détection de l'asynchronie suggère que l'augmentation des fenêtres de simultanéité *ne signe pas une fusion des évènements perçus explicitement comme simultanés.* Pour rappel (cf p. 90 – 91), l'effet Simon correspond à la tendance à répondre du côté du stimulus présenté à l'écran ; aucun effet Simon ne peut survenir si les stimuli sont fusionnés dans le temps, parce que dans ce cas l'information est parfaitement symétrique des deux côtés de l'écran. Un effet Simon ne peut apparaître que si l'asynchronie a été traitée. Ces résultats suggèrent une dissociation entre le traitement automatique et subjectif des événements dans le temps : le traitement automatique permet de distinguer des évènements dans le temps qui ne le sont pas subjectivement. Par ailleurs, comme nous l'avons également souligné dans notre revue de la littérature, une façon de valider cette interprétation consiste à utiliser des informations multi sensorielles. Celles-ci sont intégrées en un percept unique qui peut être identifié. Ce phénomène persiste jusqu'à un seuil d'asynchronie qui peut être mesurée et représente une mesure implicite : le sujet n'effectue pas de jugement explicite sur le temps mais évalue simplement s'il a ou non perçu l'illusion. Cette mesure peut être comparée à la capacité du sujet de détecter consciemment une asynchronie entre les informations. C'est cet objectif que nous avons poursuivi dans une étude, publiée en 2013.

Pour cela, nous avons utilisé l'illusion de McGurk que nous avons présentée précédemment. L'illusion de McGurk & McDonald consiste à substituer à la bande sonore d'une vidéo dans laquelle une personne prononce une syllabe (par exemple [ga]) une bande sonore différente (par exemple [ba]): le mouvement articulatoire ne correspond alors plus au son émis. Lorsque cette illusion fonctionne, le sujet ne perçoit ni [ga] (c'est-à-dire le mouvement articulatoire perçu visuellement) ni [ba] (c'est-à-dire la bande sonore), mais un troisième son, [da], reflet de l'intégration audio-visuelle dans le domaine du langage. Dans l'étude sur laquelle nous allons revenir, nous avons comparé la taille des fenêtres de simultanéité et d'intégration de cette illusion en désynchronisant les modalités auditives et visuelles de cette illusion selon une large gamme d'asynchronies de l'ordre de quelques dizaines de millisecondes jusqu'à des aynchronies plus importantes de l'ordre de la seconde. Pour rappel (cf pages 101-102), en désynchronisant progressivement les modalités auditives et visuelle jusqu'au moment où l'illusion disparait, il devient possible d'évaluer expérimentalement les contraintes temporelles du processus d'intégration et d'estimer la taille de la « fenêtre d'intégration temporelle » (T.W.I. pour Temporal Window of Integration), au-delà de laquelle les stimuli ne sont plus fusionnés. La fenêtre d'intégration temporelle se définit alors comme *l'espace temporel à l'intérieur duquel deux éléments objectivement séparés dans le temps sont intégrés et au-delà duquel ils ne le sont plus*. Cette fenêtre est d'environ 200 à 300 ms pour l'illusion de McGurk (Conrey & Pisoni 2006; vanWassenhove et al. 2007). Cette fenêtre se réfère à un aspect implicite du rapport au temps car à aucun moment il n'est demandé au sujet de jugement temporel explicite. La fenêtre de simultanéité de son côté, est obtenue en demandant cette fois ci au sujet, sur les mêmes stimuli, non pas un jugement sur ce qu'il a entendu mais un jugement de simultanéité. La taille de la fenêtre de

simultanéité correspond alors à *l'intervalle de temps à l'intérieur duquel les signaux auditifs et visuels sont perçus comme synchrones*. Il s'agit cette fois ci d'une mesure temporelle explicite car il est demandé au sujet d'estimer directement le temps.

Ce type de paradigme permet par conséquent d'évaluer directement la fenêtre de temps à l'intérieur de laquelle deux évènements sont fusionnés et d'estimer dans un second temps si la taille des fenêtres de simultanéité est superposable à celle qui caractérise la fusion des évènements entre eux en proposant aux sujets une tâche de jugement de la simultanéité sur la même gamme de stimuli. Une superposition des deux fenêtres signifierait que l'augmentation des fenêtres de simultanéité est associée à une fusion des évènements sur des intervalles de temps plus larges pour les patients (un résultat qui contredirait l'interprétation classique de l'effet Simon). En revanche, une dissociation de ces deux fenêtres signerait qu'une augmentation des fenêtres de simultanéité de signifie pas nécessairement une fusion des évènements sur des intervalles de temps plus longs et validerait l'hypothèse issue des travaux sur l'effet Simon.

Nous évoquons ici l'une des deux études présentée dans l'article de 2013.

2. Matériel et méthode

Participants

Deux groupes de personnes avec une schizophrénie, et deux groupes de contrôles appariés sur l'âge, le sexe et le niveau d'étude, ont participé à notre étude. Le fait que deux groupes de patients et deux groupes de contrôles aient participé à l'étude est lié au fait que les premiers résultats ont montré des difficultés considérables des patients sur les jugements de simultanéité, ce qui a conduit à élargir les asynchronies utilisées et, par conséquent, constituer un second groupe de participants.

Le diagnostic de schizophrénie a été posé en suivant les critères du DSM-4. Chaque patient a complété une PANSS (Positive And Negative Syndrome Scale), (Kay et al, 1987) afin d'évaluer la sévérité de chaque dimension de leur maladie. Chaque participant a signé un formulaire d'information et de consentement. Sont présentés ci-dessous les principales caractéristiques des groupes de patients et contrôles.

	Patients (n= 13)	**Contrôles (n=13)**
Age	*35 (+/- 7,5)*	*33 (+/- 8,9)*
Sexe (H/F)	*10/3*	*10/3*
PANSS : symptômes positifs	*14,8 (+/- 4,2)*	
PANSS : symptômes négatifs	*19,6 (+/- 8,4)*	
PANSS : psycho patho gale	*35,1 (+/- 15)*	
PANSS : total	*63,8 (+/-31,6)*	
Médication : anti psychotiques typiques (1ère génération) / atypiques (2ème génération)	*25%/75%*	

Tableau 8. Caractéristiques cliniques du 1er groupe de patients (n=13) apparié à un groupe contrôle en fonction de 'âge, du sexe et du niveau d'étude

	Patients (n= 13)	**Contrôles (n=13)**
Age	*39 (+/- 8,6)*	*44,2 (+/- 8,8)*
Sexe (H/F)	*7/6*	*7/6*
PANSS : symptômes positifs	*17 (+/- 6,1)*	
PANSS : symptômes négatifs	*28,2 (+/- 11,3)*	
PANSS : psycho patho gale	*40,7 (+/- 10,6)*	
PANSS : total	*85,8 (+/-25,4)*	
Médication : anti psychotiques typiques (1ère génération) / atypiques (2ème génération)	*46%/54%*	

Tableau 9. Caractéristiques cliniques du 2ème groupe de patients (n=13) apparié à un groupe contrôle en fonction de 'âge, du sexe et du niveau d'étude

Les différentes expériences se sont déroulées dans une pièce au calme. Les stimuli visuels ont été présentés sur un écran PC de 15 pouces et les stimuli audio par l'intermédiaire d'un

casque audio, à un niveau sonore confortable. Les participants se situaient à environ 80 cm de l'écran et donnaient leurs réponses en pressant les touches du clavier de l'ordinateur.

Stimuli

Film des visages

Trois visages (deux femmes, un homme) ont été filmés. Ils prononçaient soit la syllable [ba] soit la syllable [ga].

Elaboration des illusions

Les vidéos ont ensuite été traitées avec un logiciel de montage vidéo de façon à doubler un visème donné (c'est-à-dire un visage silencieux en mouvement prononçant une syllabe) avec un phonème non congruent. Ainsi, la vidéo de la syllabe [ba] a été doublée par le son [ga]. D'un autre côté, chaque vidéo de la syllabe [ga] a été doublée par le son [ba]. Ce doublage permet d'aboutir aux illusions de McGurk, qui résultent de la fusion ou de la combinaison (cf p. 101) entre eux du contenu non congruent des deux modalités (auditives et visuelles).

Lorsque le visème [ba] est associé au phonème [ga], l'illusion aboutit à la perception du son [bga] : l'illusion s'appelle ici une « combinaison ». Dans la deuxième situation, lorsque le visème [ga] est associé au phonème [ba], l'illusion aboutit au son [da] : l'illusion s'appelle ici une « fusion ».

Visème	Phonème	Illusion
[ba]	[ga]	[bga] = combinaison
[ga]	[ba]	[da] = fusion

Tableau 10. Illusions obtenues en associant entre eux visèmes et phonèmes non congruents

Création des désynchronies (SOA : 'Stimulus Onset Asynchrony')

Une gamme d'asynchronies (SOA) entre les modalités auditives et visuelles des stimuli a ensuite été élaborée en décalant la bande audio de la bande video. Les asynchronies ont couvert une gamme allant de -960 ms (le signe « - » signifie que la composante auditive précède la composante visuelle à +1440 (le signe « + » signifie que la composante visuelle précède l'auditive). La gamme des SOA était -960 -560, -240, -80, 0, +80, +160, +240, +320, +400, +480, +560, +720, +1040, +1440 (une gamme de SOA située en -440 ms et + 440 avait été utilisée dans un premier temps avec un premier groupe de patient, mais les premiers résultats ont indiqué des difficultés très importantes dans le jugement de la synchronie chez les patients, qui a nécessité d'élargir la gamme des SOA utilisés). Cette asymétrie dans la gamme des SOA est liée au fait que l'illusion se produit encore pour des valeurs d'asynchronies dans la condition où c'est la composante visuelle qui précède la composante auditive, valeurs qui ne permettent plus d'intégration multi sensorielle lorsque c'est la composante auditive qui précède le visuel [mettre référence]

Procédure

Deux tâches successives ont été proposées sur les mêmes stimuli : une tâche d'identification de la syllabe perçue (visant à évaluer l'intégration multi sensorielle et ses contraintes temporelles, c'est-à-dire le degré maximal de désynchronie qui permet encore l'intégration multisensorielle) et une tâche de jugement de simultanéité (visant à évaluer les fenêtres de simultanéité, c'est-à-dire le degré de désynchronie qui peut être consciemment perçu).

Tâche d'identification

La tâche d'identification comprenait deux séries distinctes de stimuli : Audio [ba]+Visuel [ga] (fusion) d'un côté et Audio [ga]+Visuel [ba] (combinaison) de l'autre. Chaque bloc contenait 8 essais par SOA pour un total de 125 essais par bloc. Une procédure à 3 choix forcés (3 – AFC) a été proposée. La consigne consistait à demander aux participants « ce qu'ils avaient entendu en écoutant et en regardant le visage qui parle ». Dans le bloc de qui présentait les stimuli de la fusion (audio [ba] + visuel [ga]), ils avaient le choix entre BA (A), DA (fusion, illusion), GA (V). Dans le bloc qui présentait ceux de la combinaison (audio [ga] + visuel [ba]), les participants avaient le choix entre BA (V), BGA (illusion, combinaison) ou GA (A). Ils répondaient en appuyant sur une touche du clavier correspondant à chacune de ces illusions

Tâche de jugement de la simultanéité

Dans la tâche de jugement de la simultanéité, les mêmes stimuli ont fait l'objet cette fois ci d'un jugement de simultanéité. Les sujets devaient juger si le mouvement des lèvres était simultané avec le son ou pas et répondaient en appuyant sur l'une des deux touches dédiées (procédure à deux choix forcés – 2 AFC).

Un bloc supplémentaire ne contenant que des paires congruentes a été ajouté pour contrôler l'effet de l'incongruence sur l'estimation de la simultanéité.

3. Analyse des données

3 paramètres ont été analysés

- *les taux d'illusion*

Les mesures d'intégration audio visuelle, c'est à dire les taux d'illusion de McGurk (fusion "da" et combinaison "bga") ont été estimées pour chaque individu de deux manières :

- La première a consisté à prendre en compte le taux d'illusion maximal sans prise en considération du SOA (MAX).
- La seconde consiste à prendre le taux d'illusion obtenu lors d'une synchronie parfaite des stimuli.

En effet, rappelons que le taux maximal d'illusion n'est en général pas observé pour des valeurs de SOA nulles, d'où l'intérêt de ces deux méthodes.

Dans les deux cas, les valeurs individuelles ont été moyennées pour chaque population puis comparées avec un t test.

- *les fenêtres d'intégration temporelle* : elles correspondent à la taille de la fenêtre temporelle à l'intérieur de laquelle les sujets perçoivent l'illusion.

La quantification des fenêtres d'intégration (T.W.I.) a été réalisée en moyennant les fenêtres d'intégration des sujets de chaque population. Ces fenêtres ont ensuite été comparées dans les deux populations par une analyse de variance sur mesures répétées (Anova : groupe * TWI).

La quantification de chaque fenêtre a nécessité la création de courbes de tendances (nécessitant d'effectuer une régression sur les données initiales) à partir desquelles ont été extraites, pour chaque sujet, une valeur de la fenêtre d'intégration. Une double sigmoïde asymétrique permet alors de représenter la relation entre les SOA et le taux de réponse du

sujet. Une sigmoïde correspond ainsi à la situation où le signal visuel et présenté avant le signal auditif, et l'autre à la situation inverse (signal auditif avant le signal visuel).

Cette fonction permet de dériver deux SOA qui correspondent à 75% de réponses fusionnées, combinées ou synchrones (0% correspondant au taux minimal du sujet et 100% au taux maximal du sujet). L'un des SOA est négatif, lié au fait que le signal auditif précède le signal visuel. L'autre SOA est positif, et correspond à un signal visuel précédant le signal auditif. Pour chaque sujet, la fenêtre d'intégration temporelle (T.W.I.) a été établie comme la différence entre ces deux valeurs de SOA.

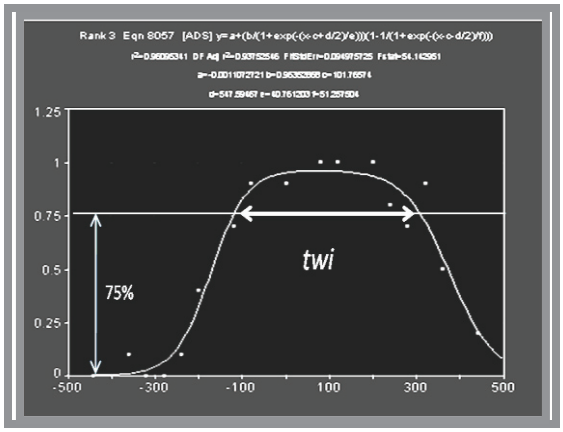


Figure []. Principe de la quantification de la fenêtre d'intégration temporelle *(ici sur la base d'une régression de type ADS). Une double sigmoïde représente les taux de fusion/combinaison en fonction des soa. Le fenêtre d'intégration en quantifiée comme l'intervalle de temps situés en les deux SOA comprenant les taux d'illusion supérieurs à 75%.*

- *les fenêtres de simultanéité*

La quantification de la fenêtre de simultanéité a suivi la même méthodologie que la fenêtre d'intégration.

- *Comparaison des fenêtres d'intégration et de simultanéité*

La comparaison des fenêtres d'intégration et de simultanéité a nécessité la comparaison, à l'intérieur de chaque groupe, de la moyenne de la taille des fenêtres d'intégration et de simultanéité par une Anova sur mesures répétées.

4. Résultats

a) Intégration audio-visuelle à synchronie parfaite ou proche de 0

Afin d'augmenter la puissance statistique de ces analyses, des données issues des deux groupes des patients et de contrôles ont été incluses.

En ce qui concerne les taux d'illusion, une ANOVA sur mesures répétées à 2 facteurs à été réalisée avec comme variable dépendante le taux d'illusion et comme facteurs le groupe (patient/contrôles) et le type d'illusion (fusion/ combinaison). Aucune interaction significative entre taux d'illusion (variable dépendante), groupe (1er facteur) et type d'illusion (2ème facteur) n'était significative. Aucune différence entre les populations n'a été retrouvée (F1, 24 =0, 089, p = 0,767).

Afin d'éliminer tout biais dans nos mesures, une ANOVA à 3 facteurs a été réalisée avec le taux d'illusion comme variable dépendante et le groupe, le type de méthode paramétrique utilisé (taux de fusion ou combinais maximal ou à SOA = 0) et le type d'illusion comme facteurs. Cette analyse montre un effet significatif du type de méthode (F1,24) 33,6 ; p < 0,0001) mais aucune interaction de la population avec la méthode (F1,24) 0,60, p = 0,446). A l'intérieur de chaque population, un t test comparant le taux d'illusion en fonction de la méthode montre un taux d'illusion plus important lorsque c'est le taux maximal d'illusion qui est pris en considération (Max), ce qui semble logique et rappelle une donnée bien connue, à savoir que la synchronie naturelle ne détermine pas un taux optimal d'illusion comme nous l'avons déjà souligné [mettre réf].

Les résultats sont présentés dans la figure ci-dessous.

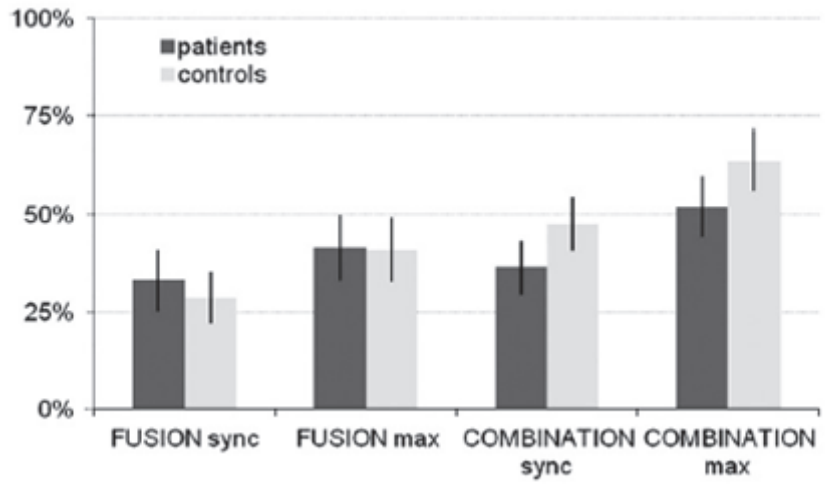


Figure 16. Comparaison des taux de fusion et de combinaison selon deux méthodes (Sync, Max) entre patients (n = 26) et contrôles (n= 26). Aucune différence significative n'est à noter entre patients et contrôles quelque soit la méthode utilisée et quelque soit l'illusion. D'après Martin et al, 2013

Nous avons également réalisé des analyses de sous groupe n'incluant que les sujets ayant eu une illusion. Là encore, nous n'avons retrouvé aucune différence significative entre patient et contrôle en ce qui concerne les taux d'illusion.

Dans la suite des analyses, les données ont été analysées en ne tenant plus seulement compte des réponses observées à synchronie parfait ou proche de 0, mais en tenant compte de l'ensemble des SOA. Par ailleurs, la suite des analyses ne concernent que les données issues du second groupe (large gamme d'asynchronies).

b) Fenêtres de simultanéité

Une ANOVA sur mesures répétées a été réalisée pour les taux de réponse simultanées avec comme facteurs le groupe et les SOA. Une analyse a été réalisée d'une part dans le cas de la

fusion, et d'autre part avec la combinaison. Une interaction entre taux de réponses simultanées, groupe et SOA a été observée dans tous les cas (fusion et combinaison). Des t-tests post hoc réalisés sur la base de ce résultat montrent des différences significatives dans le profil temporel des patients et des contrôles en fusion ($t_{1,14} = 5,443$; $p<0,0001$) et dans la combinaison ($t_{1,14} = 3,12$, $p<0,007$) y compris pour les stimuli congruents. Ces résultats indiquent des fenêtres de simultanéité plus larges pour les patients que pour les contrôles, un résultat tout à fait attendu (comme nous l'avons vu dans notre revue de la littérature) et qui apparait également clairement sur les courbes ci-dessous.

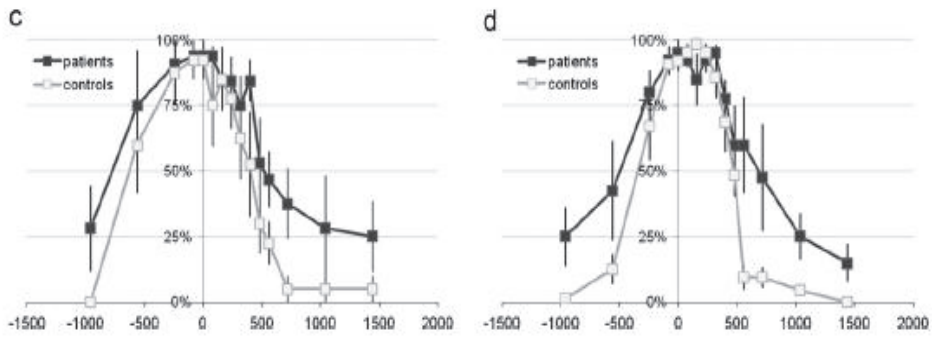


Figure 17. Taux de perception synchrone en fonction des SOA dans deux types d'illusions : la fusion(c) et la combinaison (d). Les courbes grises sont celles des sujets contrôles. Les courbes noires sont celles des patients. D'après Martin et al (2013).

c) Fenêtres d'intégration

Une ANOVA sur mesure répétées concernant les taux de fusion, avec comme facteurs les SOA (1er facteur) et le groupe (2ème facteur) révèle une interaction significative entre taux de fusion, SOA et groupe ($F_{14,42}= 3.95$, $p<0.0001$). C'est également le cas pour les taux de combinaison ($F_{16,144} =30,19$, $p<0,0001$).

Des tests post hoc ont été réalisés et montrent des différences significatives entre patients et contrôle sur la fusion ($t_{1,14}=3,2$, $p<0,007$) et la combinaison ($t_{1,16} =-5,7$, $p<0,0001$). Le

profil temporel est plus étroit pour les patients (la fenêtre d'intégration est plus limitée) pour la combinaison et plus large pour la fusion (la fenêtre d'intégration est plus large pour les patients), comme l'illustrent également les courbes présentées ci-dessous.

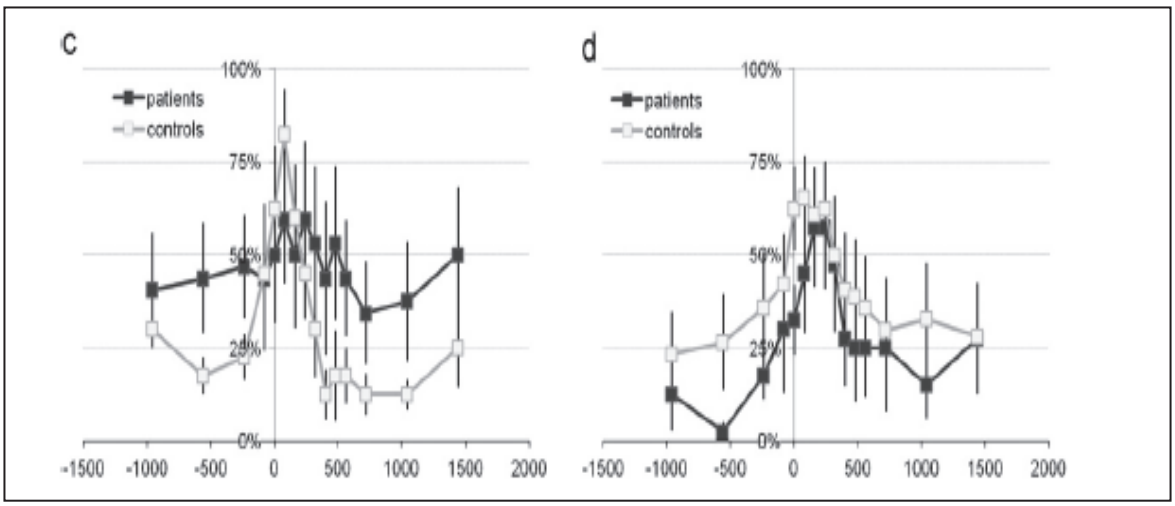


Figure 18. Taux d'illusion en fonction des SOA dans les population de patients et contrôles, dans le cas de la fusion (c) et de la combinaison (d). en gris figurent les courbes des contrôles et en noir les courbes des patients. D'après Martin et al (2013).

d) Comparaison des deux fenêtres

Une interaction entre tâche et SOA a été retrouvée que ce soit dans la fusion [$F(14, 42)= 9.688$, $p<0.0001$] ou la combinaison [$F(14, 56)= 9.245$, $p<0.0001$]. Ce résultat indique des profils temporels différents entre tâche d'intégration et de jugement de la simultanéité dans les deux groupes. Les profils temporels approfondis par des tests post hoc révèlent également des profils différents entre fenêtres d'intégration et fenêtre de simultanéité dans les deux groupes (à l'exception de la combinaison, tâche dans laquelle seuls les contrôles ont des profils proches en implicite et en explicite). Ces résultats indiquent que les contraintes temporelles de l'intégration audio visuelles ne correspondent pas aux fenêtres de perception de la simultanéité, que ce soit chez les patients et les contrôles. Autrement dit, un élargissement des fenêtres de simultanéité entre deux évènements ne signe pas une

fusion de ces évènements dans le temps sur la gamme d'asynchronie correspondant à la fenêtre de simultanéité. Les courbes ci-dessous illustrent ces comparaisons, dans chaque groupe, entre fenêtre d'intégration et fenêtre de simultanéité.

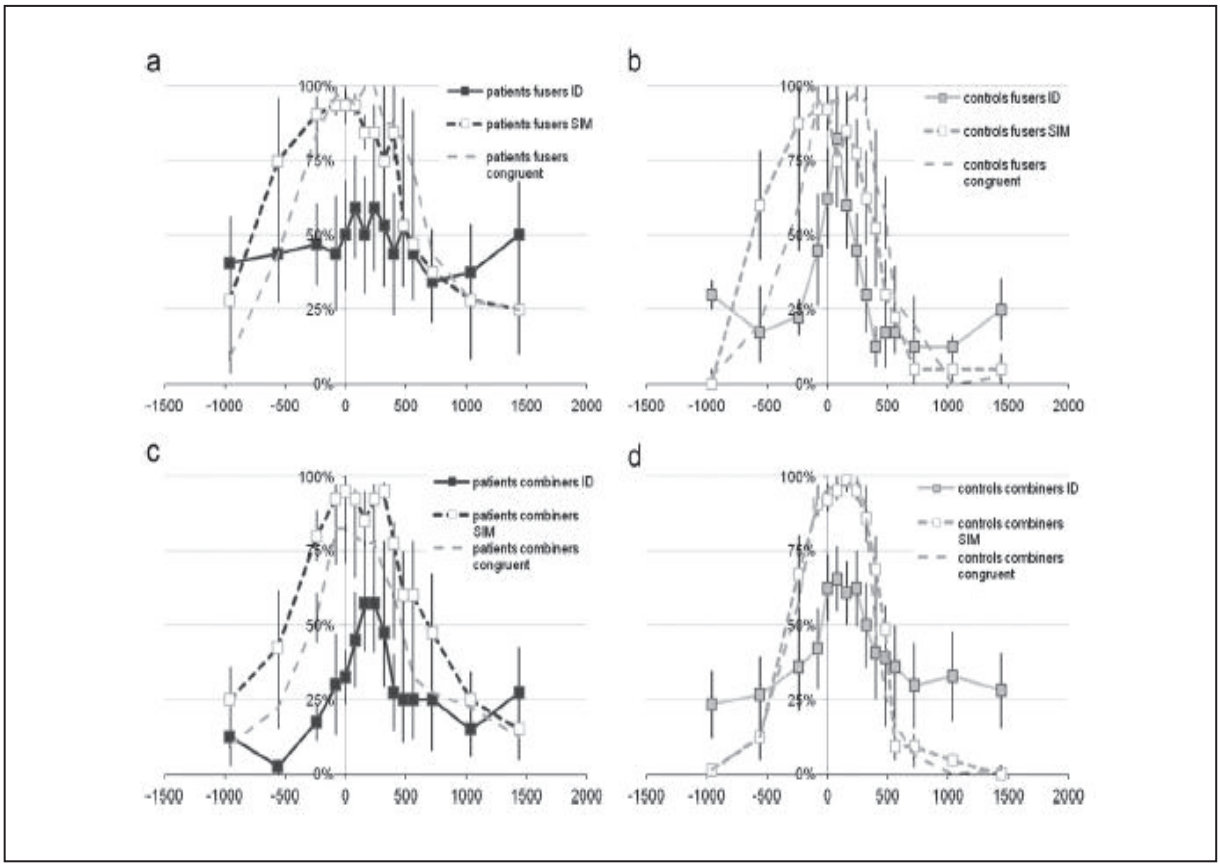


Figure 19. Comparaison des profils temporels chez les patients et les contrôles entre jugement de simultanéité et intégration temporelle sur les tâches de combinaison et de fusion. (a) comparaison des profils sur la fusion pour les patients. (b) comparaison des profils sur la fusion pour les contrôles. (c) comparaison des profils sur la combinaison pour les patients. (d) comparaison des profils sur la combinaison pour les contrôles. D'après Martin et al, 2013.

e) Analyse des profils temporels des fenêtres d'intégration temporelle

Sans rentrer dans l'ensemble des détails de ce type d'analyse, détaillées dans notre article de 2013, il est possible d'aller un plus loin dans l'analyse des fenêtres d'intégration en

évaluant la taille des fenêtres, leurs bornes (c'est dire les valeurs extrêmes de SOA qui permettent encore l'intégration) et la valeur seuil sur laquelle elle est centrée (c'est à dire le SOA pour lequel le taux d'illusion est maximal).

La méthode de quantification de chaque fenêtre a été présentée précédemment (cf p.129), dans la partie de méthodologie. Elle nécessite la création de courbes de tendances (double sigmoïde) à partir desquelles ont été extraites, pour chaque sujet, une valeur de la fenêtre d'intégration. Cette fonction permet de dériver le SOA qui correspond à 75% de réponses fusionnées, combinées ou synchrones (0% correspondant au taux minimal du sujet et 100% au taux maximal du sujet). Pour chaque sujet, la fenêtre d'intégration temporelle (T.W.I.) a été établie comme la différence entre les valeurs de SOA correspondant à 75 % d'illusion pour l'ordre auditif-visuel et pour l'ordre visuel-auditif. La réalisation de ces courbes permet d'obtenir les 4 paramètres que nous avons évoqués: la borne inférieure de la fenêtre, la borne supérieure, le PSE (point médian de la fenêtre) et la taille de la fenêtre.

La quantification des fenêtres d'intégration a été réalisée en moyennant les fenêtres d'intégration des sujets de chaque population, comparées ensuite entre les deux populations par une analyse de variance sur mesures répétées (Anova : groupe * TWI).

Dans les deux cas (fusion et combinaison), la taille de la fenêtre d'intégration diffère entre patients et contrôles. Pour la fusion, la taille de la fenêtre est plus petite pour les patients, ($t_{1,10}$= 3.532, p< 0.005) alors qu'elle est plus grande pour la combinaison ($t_{1,22}$ =3,02 ; p< 0,006). Par ailleurs, il existe une différence significative en ce qui concerne la tolérance des patients aux asynchronies par rapport aux contrôles. Dans le cas de la fusion, les patients présentent une fenêtre plus petite que les contrôles. Cela est lié au fait que les taux de

fusion diminuent très vite quand le signal auditif est présenté avant le signal visuel. Ainsi, pour certaines valeurs de désynchronies dans lesquelles le signal auditif précède le signal visuel, les contrôles présentent encore une illusion quand les patients n'en ont plus ($t_{1,10}=4{,}68$, $p<0{,}001$). Dans le cas de la combinaison, les patients présentent une fenêtre plus large, ce qui est lié à une tolérance plus importante aux désynchronies. Les patients présentent ainsi une persistance des combinaisons quand le signal visuel est présenté avant le signal auditif. Les graphiques ci-dessous illustrent ces résultats.

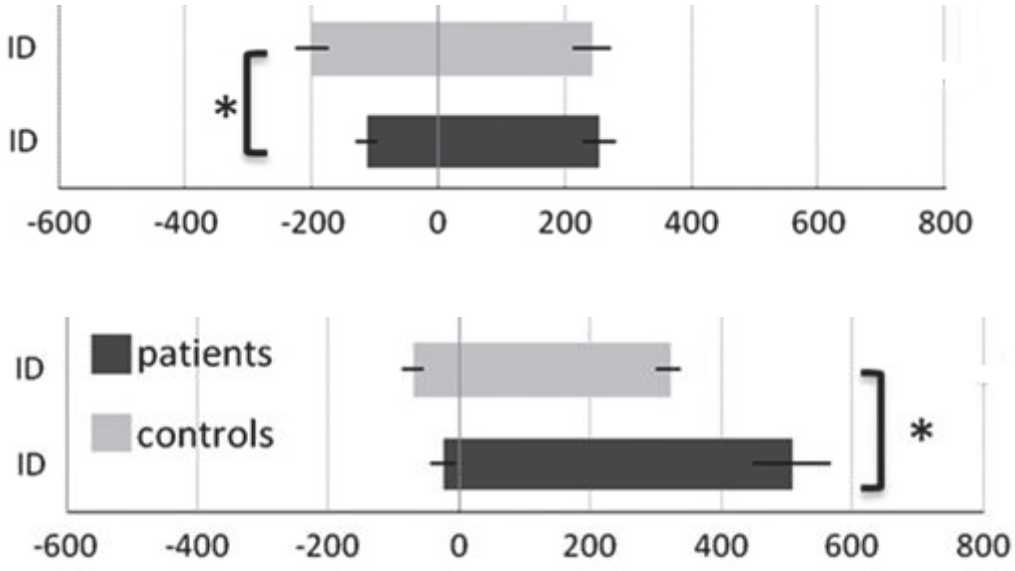


Figure 20 . Comparaison de la taille et des bornes des fenêtres d'intégration temporelle entre patients (en noir) et contrôles (en gris). En haut, la tâche de fusion, en bas, la tâche de combinaison. Le signe « - » signifie que la composante auditive précède la composante visuelle. le signe « + » signifie que la composante visuelle précède l'auditive. D'après Martin et al, 2013

5. Discussion

Un premier résultat réside dans l'existence *de taux d'intégration identiques* entre patients et contrôles, tout du moins quand l'asynchronie entre signaux visuels et auditifs est proche de

0. Ce résultat est important car il permet aisément d'aborder la question qui nous intéresse, à savoir la comparaison des fenêtres d'intégration et de simultanéité.

Les patients présentent une augmentation des fenêtres de simultanéité par rapport aux contrôles : ils ont besoin d'une asynchronie plus importante entre signaux visuels et auditifs pour donner une réponse 'asynchrone'. Ce résultat va dans le sens des données de la littérature sur le jugement de simultanéité. Comme nous l'avons vu dans notre revue de la littérature, l'ensemble des études sur le jugement de simultanéité retrouve des fenêtres plus importantes chez les patients [mettre références].

Si les patients présentent des fenêtres de simultanéité plus importantes que les contrôles, il apparait cependant qu'une augmentation des fenêtres de simultanéité ne *semble pas signer une intégration des évènements dans le temps* sur des échelles de temps plus longues, que ce soit chez les patients ou les contrôles. En effet, patients et contrôles présentent un profil différent entre fenêtres de simultanéité et fenêtre d'intégration. Ce résultat suggère donc une interprétation similaire à celle de l'effet Simon.

De la même façon que pour l'effet Simon, il est alors possible de se questionner sur la structure interne des fenêtres d'intégration. Il apparaît ainsi que, si les patients présentent au premier abord des taux d'intégration comparables aux contrôles, le processus d'intégration semble se produire selon une dynamique différente entre patients et contrôles. Dans le cas de la fusion, la tolérance aux asynchronies négatives (c'est-à-dire à un décalage dans lequel la composante auditive précède la composante visuelle) est plus faible chez les patients. En effet, ces derniers n'intègrent plus des stimuli désynchronisés que les contrôlent continuent, eux, à intégrer encore. Dans la combinaison, la tolérance aux

asynchronies positives (c'est-à-dire aux situations dans lesquelles la composante visuelle du l'illusion précède l'auditive) est beaucoup plus importante pour les patients (autrement dit, les patients intègrent des stimuli dans lesquels le visuel précède l'audio pour des asynchronies plus importantes que les contrôles)

Les modèles prédictifs contemporains de l'intégration multi sensorielle du langage mettent l'accent sur le rôle prédictif de l'information visuelle sur la perception d'une information auditive. En effet, habituellement, le signal visuel précède l'information auditive (Chandrasekaran et al, 2009). L'émission du son [ba] par exemple est en effet précédée de toute une préparation articulatoire (ouvrir la bouche, inspirer, fermer les lèvres…) qui fournit autant d'éléments quant-au son à venir. Ce délai naturel qui sépare et prépare l'émission du son permet au système visuel d'extraire l'information pertinente relative à ce qui va être dit (au travers par exemple des mouvements articulatoire propre à l'émission du son [ba]) à même de prédire la nature du signal audio qui va arriver (Arnal et al., 2009, 2011; van Wassenhove et al., 2005). Il est en effet presque possible de prédire, avant que le son n'arrive, quel phonème va arriver.

Ces données pourraient expliquer nos résultats, au moins pour la combinaison. Dans le cas de la combinaison, les patients tolèrent davantage les désynchronies positives que les contrôles (visual lead), ce qui suggère qu'ils ne sont pas guidés visuellement de la même façon que les contrôles. Les patients pourraient avoir besoin de davantage d'information visuelle pour catégoriser un phonème donné et pourrait la relier sur des échelles de temps plus longue à l'info auditive. Ainsi, les différences observées dans le profil temporel et les fenêtres d'intégration temporelle suggèrent que l'extraction de l'information visuelle chez les patients est moins robuste que chez les contrôles. Ce résultat se situe dans la continuité

d'autres travaux qui indiquent une altération de l'intégration audio visuelle chez les patients lorsque le signal auditif est bruité (Ross et al, 2007).

La théorie du predictive coding (codage prédictif) du traitement du langage offre un cadre théorique permettant de situer ces résultats. Ainsi, plus qu'un déficit d'intégration audio visuelle, c'est la force de la prediction visuelle qui semble altéré chez les patients, les patients n'utilisant pas l'information visuelle pour prédire le contenu du signal auditif à venir. La théorie du predictive coding consiste à appliquer la théorie statistique de Bayes au fonctionnement cérébral. Elle postule que toute fonction cognitive nécessite l'intégration et l'échange des informations sensorielles entrantes et des attentes, nommées « à priori » (priors). Ainsi, notre perception implique une interprétation des signaux sensoriels et cette interprétation repose sur une intégration des signaux afférents, en provenance directe du traitement sensoriel, avec les signaux « en retour » (respectivement bottom up et top down). Les connexions en retour pourraient inclure les attentes concernant l'entrée du signal et seraient basées sur les éléments contextuels de la perception. Au niveau de l'activité neurale, certains travaux contemporains concernant le traitement du langage indiquent que lorsque le signal auditif est correctement prédit par le visème, la prédictibilité du visème se traduit au niveau des potentiel évoqués auditifs par une diminution des latentes de l'onde M100. S'il est possible d'interpréter les résultats des patients comme un défaut d'activité top down liée à une moindre utilisation de l'information prédictive fournie par le visème, cette hypothèse serait sans doute renforcée par l'étude des corrélats neuro physiologiques comme l'étude de latences des potentiels évoqués auditifs.

B. 2ème étude – Preparation et orientation temporelle

1. Justification et principe de l'étude

Une altération des processus implicites d'anticipation dans la schizophrénie ?

Comme nous l'avons souligné à plusieurs reprises, les travaux sur l'effet Simon couplé au jugement de simultanéité retrouvent une inversion de l'effet Simon dans la population des sujets touchés par une schizophrénie, et ceci pour des asynchronies très faibles (de l'ordre de la dizaine de millisecondes), contrairement aux sujets contrôles. Il est possible d'interpréter cette inversion comme une absence de déplacement attentionnel vers le second stimulus. Ce déplacement est présent chez les contrôles qui, eux, anticipent en permanence l'arrivée d'un nouveau stimulus une fois le premier des deux stimuli apparu. Ainsi, un biais en direction du second stimulus dans une séquence de succession de deux évènements suggère l'existence normale d'un mécanisme qui assigne une priorité au dernier évènement qui se produit. Il a été proposé que ce phénomène est sous-tendu par un mécanisme prédictif élémentaire qui dirige l'attention vers l'information qui va arriver, ce qui semble altéré chez les patients. Par ailleurs, les résultats concernant l'étude des contraintes temporelle de l'intégration multi sensorielle et plus précisément ceux touchant à la dynamique interne des fenêtres d'intégration peuvent être interprétés de façon proche, à savoir comme une difficulté des patients à utiliser l'information visuelle pour prédire le son qui va arriver. Ces deux interprétations ouvrent donc sur la question de l'anticipation temporelle implicite, dont les altérations sont postulées pour interpréter certains résultats. Cependant, aussi séduisantes qu'apparaissent ces interprétations, l'anticipation temporelle n'est pas directement évaluée dans ces paradigmes.

Par ailleurs, si nous ne les avons pas cités dans notre revue de la bibliographie sur le temps afin de ne pas l'alourdir, plusieurs données de la littérature suggèrent l'importance des phénomènes d'anticipation en perception, et la possibilité d'altérations chez les patients. C'est le cas par exemple des travaux sur l'apprentissage séquentiel. Ce dernier désigne un type d'apprentissage « non intentionnel » (Marvel et al, 2007), qui se produit « sans conscience explicite » de l'apprentissage lui-même. Ce type d'apprentissage est considéré par de nombreux auteurs comme fondamental pour l'activité humaine car il sous tendrait la capacité à pouvoir relier implicitement les évènements que nous percevons, situés dans une continuité relative les uns par rapport aux autres. Cette aptitude serait alors fondamentale pour la perception du son, de la parole, pour la motricité ou encore pour la cognition sociale (Marvel et al, 2007).

Une manière classique d'évaluer l'apprentissage implicite est la « tâche du temps de réaction sérielle » (ou S.R.T. pour Serial Reaction time Task). Son principe est simple. Il s'agit d'un paradigme d'apprentissage visuo-moteur dans lequel des stimuli sont présentés sous la forme de séquences répétées. Les participants pressent une touche qui correspond à chaque stimulus. Après plusieurs présentations d'une séquence donnée (dont l'aspect non randomisé n'est pas perçu par le sujet), une séquence de stimuli randomisés est soudainement présentée. Cette séquence se traduit normalement par une augmentation du temps de réaction (T.R.). La différence entre le T.R. obtenu à l'issue de la présentation de séquences répétées et de stimuli randomisés constitue la mesure de l'apprentissage séquentiel implicite.[3]

[3] Une variante de ce paradigme est souvent utilisée : elle consiste à mélanger stimuli séquentiels non randomisés avec stimuli séquentiels randomisés. Elle offre plusieurs avantages : elle permet de mesurer l'apprentissage séquentiel sur l'ensemble de la session et constitue par ailleurs un procédé plus écologique.

Des études existent dans la schizophrénie et indiquent un déficit d'apprentissage implicite.

Elles suggèrent que les patients schizophrènes auraient une plus grande difficulté à détecter et ou bénéficier d'une séquence répétitive (Marvel et al, 2007 ; Exner et al (2006)). Si ces tâches ne concernent pas nécessairement le temps, les résultats suggèrent néanmoins un déficit sur des processus liés à l'anticipation de séquences répétitives.

Par ailleurs, les études sur le *binding temporel* semblent indiquer que les patients sous estiment l'intervalle temporel subjectif séparant une action, comme celle d'appuyer sur un bouton, de ses conséquences, par exemple un son apparaissant après un délai variable (Franck et al, 2005 : Haggard et al, 2003).

Enfin, les données sur le « *monitoring de l'action* » et plus précisément sur les « forward models » suggèrent également la possibilité d'une altération des mécanismes élémentaires de prédiction temporelle. L'essentiel de ces modèles réside dans la proposition que le sentiment d'agentivité, c'est-à-dire le sentiment d'être l'acteur de l'action, est basé sur des processus nous permettant de préparer l'action et de transposer nos intentions en action. Parmi les composantes ou processus impliqués dans l'action motrice figure la "copie d'efférence". Par copie d'efférence est désigné le processus suivant : lorsqu'un programme moteur est planifié (par exemple « attraper la bouteille qui me fait face ») est générée une « copie d'efference » qui prédit de façon automatique le résultat sensoriel de l'action (« ma sensation lorsque je vais toucher la bouteille au moment où je vais la toucher »). Une des conséquences pour le sujet de l'intégrité de ce type de processus touche au sentiment d'être l'agent de l'action motrice. En effet, la prédiction sensorielle issue de la copie d'efférence est comparée avec le retour sensoriel réel, résultat de l'action arrivée à son terme. Lorsque la

prédiction sensorielle correspond au retour sensoriel réel, le sentiment d'être l'acteur de l'action est en général renforcé (Frith, 2005). Ces processus reposeraient sur un vaste réseau impliquant le lobe pariétal inférieur, l'aire motrice supplémentaire et l'aire ventrale pré motrice.

Il a été proposé que la copie d'efférence était perturbée dans la schizophrénie (Franck et al, 2001 ; Farrer et al, 2004). Comme conséquence, les patients ne bénéficient plus d'une bonne concordance entre résultats prédit et réel de l'action. Il en résulte une fragilisation du sentiment d'être à l'origine de l'action, pouvant conduire à une thématisation délirante, à savoir celle d'être contrôlé par un agent extérieur. Ces données ne concernent cependant que la motricité. Si ces données ne mettent pas directement en cause les aspects temporels, il est possible que l'un des aspects particulièrement perturbés dans la schizophrénie soit la prédiction temporelle (Graham-Schmidt et al, 2016 ; Giersch et al 2016).

Par conséquent, il semble nécessaire, dans la continuité de ces travaux, d'utiliser une approche expérimentale qui investigue aussi *directement* que possible l'anticipation temporelle à un niveau implicite. C'est ici que réside, selon nous, l'intérêt d'un paradigme qui a attiré notre attention et que nous avons présenté dans notre revue de la littérature: celui qui consiste à étudier le processus de préparation ('hazard function') et les paramètres en jeu dans sa modulation. Nous en rappelons ici les grands principes.

Preparation et orientation temporelle

Comme nous l'avons souligné dans notre revue de la littérature, plus un sujet attend un évènement censé se produire selon un délai variable, plus la probabilité de son apparition

augmente et plus le sujet répondra rapidement (Correa et al, 2006 ; Coull et al, 2013). Ce phénomène est considéré comme implicite, parce que la tâche ne requiert pas du sujet qu'il réponde au délai d'apparition de la cible. Le sujet doit seulement réagir à la cible, indépendamment de son délai d'apparition. Le principe de base de la tâche expérimentale utilisée pour explorer ce processus consiste à demander au sujet d'appuyer sur une touche dès qu'une cible apparait, en lui présentant, de façon randomisée, un cible dont le délai d'apparition après un point de fixation («stimulus onset asynchrony » ou SOA) est variable (variable foreperiod). Dans cette tâche, il est observé une diminution du temps de réaction qui est fonction du délai d'apparition des stimuli Plus le délai d'apparition de la cible est long, et plus le sujet répond rapidement, ce qui signe ce qu'il est classique d'appeler la « hazard function ». La « hazard function » permet donc d'envisager, sous un angle original, l'étude des processus d'anticipation temporelle implicites.

Hazard function, essais surprises et indices temporels

Comme nous l'avons vu en détail, il est possible de moduler l'effet d'attente, d'anticipation temporelle, en intégrant, dans le bloc de stimuli présentés, une certaine proportion d'«essais sans cibles » encore appelés « essais surprise » (catch trials), c'est-à-dire une proposition d'essais dans lesquels aucune cible n'apparait. L'introduction d'un certain nombre « d'essais surprise » compromet en effet la possibilité d'utiliser l'effet de l'anticipation, étant donné qu'existe une certaine probabilité (de 25%, de 50%...) qu'aucun stimulus n'apparaisse. Ce phénomène peut être désigné sous le terme de « dispréparation » (Correa et al, 2006).

Enfin, et afin de d'intégrer la distinction entre processus d'anticipation temporelle explicites et implicites, il est possible d'introduire également des indices explicites qui précèdent l'apparition des cibles et qui indiquent le délai d'apparition du stimulus à venir (court, long…). Il a en effet été démontré (Coull et al, 2013) que la présence d'indices temporels explicites facilitait la capacité des sujets à prédire le moment d'apparition des cibles et diminuait par conséquent les temps de réaction, en particulier pour les délais courts. L'intérêt d'intégrer des indices explicites réside dans le fait d'évaluer, à l'intérieur de la même tâche expérimentale, à la fois un processus prédictif implicite (la hazard function) et explicite (indiçage explicite) et d'approcher les différents facteurs (endogènes et exogènes) à même d'impacter l'aisance du sujet à se préparer et anticiper l'arrivée d'une cible.

Hazard function et schizophrénie

Quelques travaux, remontant pour l'essentiel aux années 60, ont cherché à explorer les performances des patients sur des tâches proches . Les résultats, obtenus en général avec des groupes composés d'un nombre de patients très limité (souvent une dizaine de personnes), sont contradictoires : certains travaux retrouvent en effet une amélioration des temps de réaction pour les délais longs chez les patients (Huston et al, 1937 ;Knehr, 1954 ; Rosenthal et al, 1960 ; Zahn et al, 1963 ; Zahn et al, 1965)] et, d'autres, une absence d'amélioration Tizard et al (1956 . Par ailleurs, aucune étude n'a étudié l'intrication de cette tâche avec l'inclusion d'essais surprises ou d'indices explicites, paramètres pourtant cruciaux dans les performances des sujets. Enfin, la plupart des études utilisent des délais longs, voire très longs (au minimum de l'ordre de la seconde et au maximum de la minute), abordant l'anticipation sur des délais pour lesquels de nombreuses stratégies volontaires (comme le

comptage) peuvent venir biaiser le processus d'accumulation implicite du temps, stratégies plus difficiles à mobiliser sur des périodes de temps plus courtes. Enfin, aucune étude n'a cherché à corrélée performance temporelle et troubles du soi minimal en incluant par conséquent une réflexion issue de la psychopathologie. Notre étude était destinée à pallier à ces lacunes.

2. Matériel et méthode

Participants

Les participants de cette étude se répartissaient en deux groupes: un groupe de 28 patients avec une schizophrénie et un groupe de 24 contrôles. Les contrôles ont été recrutés au sein du service universitaire de réhabilitation de Lyon. Le groupe des patients était comparable au groupe contrôle en terme d'âge, de genre et de niveau d'éducation. Cette étude a bénéficié de l'accord préalable d'un C.P.P (comité de protection des personnes de Lyon). Chaque participant signait un formulaire d'information et de consentement pour participer à l'étude. Le diagnostic psychiatrique a été posé par l'un des médecins psychiatre du service en suivant les critères du DSM-5. Les caractéristiques plus précises de chacun des groupes sont présentées ci-dessous.

	Patients	*Contrôles*
Genre M/F	*23/5*	*18/6*
Age (moyenne +/- SD)	*31,0 (+/- 7,9)*	*30,6 (+/-8,4)*
Niveau d'éducation (moyenne +/- SD)	*12, 6 (+/- 1,9)*	*13,6 (+/-1,8)*
Medication (typique, atypique, pas de medication)	*0/25/3*	
Equivalent chlorpromazine	*289 mg/day*	
PANSS: symptômes positifs (moyenne +/- SD)	*15,2 (+/- 5, 5)*	
PANSS: symptômes négatifs (moyenne +/- SD)	*20,8 (+/-8,2)*	
PANSS: psychopathologie générale (moyenne +/- SD)	*38,9 (+/-11,7)*	
PANSS: score total (moyenne +/- SD)	*74,1 (+/-22,3)*	

Tableau 11. Caractéristiques des groupes patients et contrôles

Stimuli

Les stimuli étaient présentés au centre d'un écran, à l'exception de la cible. Cette dernière apparaissait soit à droite, soit à gauche du centre de l'écran. Le déroulé de chaque essai se présentait de la manière suivante: un point de fixation (symbole « + ») apparaissait sur un fond noir. Ensuite, un indice pouvant, ou non, contenir une information sur le délai d'apparition de la cible apparaissait durant 100 ms puis l'écran restait vide pour un délai variable de 400 ms ou 1000 ms, jusqu'à l'arrivée de la cible. C'est ici que se situe le SOA, variable fondamentale de cette tâche, qui représente le délai entre le début d'apparition de l'indice et le début d'apparition de la cible. Ensuite, la cible était affichée à l'écran pour une durée de 100 ms puis remplacée par un écran vide jusqu'à que le participant donne sa réponse. Le participant recevait comme instruction d'appuyer sur le bouton correspondant à l'emplacement de la cible (un bouton situé à droite pour une cible située à droite, et un

bouton situé à gauche pour une cible située à gauche). Ensuite, l'essai suivant commençait après un délai situé aléatoirement entre 1600 et 2000ms.

L'indice était composé de deux cercles concentriques, et indiquait, ou non, la longueur du SOA entre le point de fixation et la cible, selon le mode d'affichage des cercles. Quand le cercle intérieur était renforcé (c'est-à-dire que son épaisseur était augmentée), cela indiquait que la cible allait apparaitre rapidement (après seulement 400 ms). Si, en revanche, c'était le cercle externe qui était mis en valeur (en apparaissant avec une épaisseur augmentée), cela signifiait que la cible allait apparaitre au délai long (après 1000 ms). Quand les deux cercles étaient renforcés, l'indice était neutre, il ne donnait aucune information sur le délai d'apparition de la cible. La cible était soit la lettre « X » soit le symbole « + » (cette manipulation était destinée à éviter un caractère trop répétitif au test). Les deux cibles apparaissaient avec une probabilité de 50% chacune.

Le résumé du déroulement de chaque essai est présenté dans la figure ci dessous.

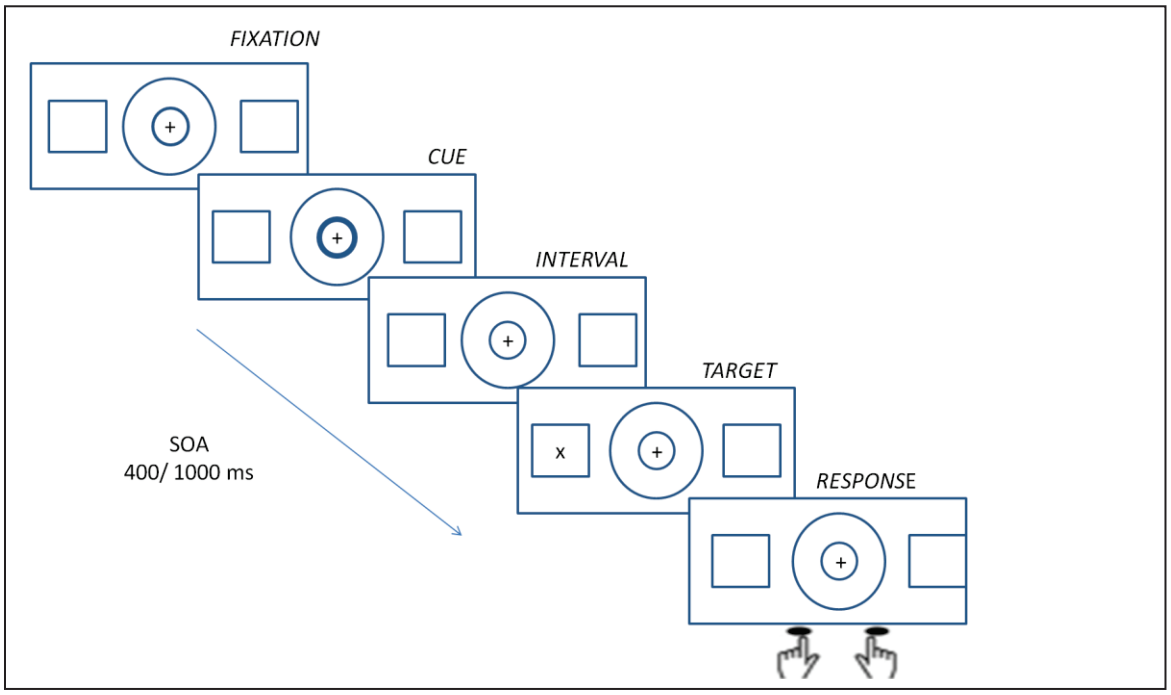


Figure 21. Déroulé des évènements dans un essai

Procédure

Les participants ont reçu comme consigne de répondre *aussi rapidement et précisément que possible* à l'apparition de la cible en appuyant sur l'une des deux touches dédiées et en utilisant, le cas échéant, les indices permettant d'anticiper l'apparition de la cible. Les participants répondaient en appuyant sur une touche située à droite si la cible apparaissait à droite et à gauche si la cible apparaissait à gauche de l'écran. Ils réalisaient donc une tâche visuelle basée sur le recueil du temps de réaction (RT).

Les sujets ont bénéficié d'un apprentissage sur 64 essais avant de réaliser la tâche elle-même, composée de 4 blocs de 120 essais chacun. Dans deux de ces blocs, la cible apparaissait dans tous les cas : c'est la condition « 100% cibles ». Dans deux autres blocs, la cible n'apparaissait pas dans 25% des cas : c'est la condition « 75%cibles ».

Par ailleurs, nous avons manipulé la présence ou l'absence d'indices. En effet, chacun des 4 blocs était divisé en deux séries d'essais : dans l'une des séries, l'indice était valide et informatif, c'est à dire qu'il indiquait la durée d'attente avant l'apparition de la cible. C'est la condition "indice attentionnel". Dans l'autre série, l'indice était neutre (les deux cercles apparaissaient alors en gras). Dans cette condition, le sujet ne pouvait donc pas utiliser d'indice pour moduler son état de préparation : c'est la condition « indice neutre ». Tous les participants réalisaient un bloc « indice attentionnel » puis « indice neutre » puis un autre bloc dans l'ordre inverse. L'ordre de ces deux blocs (indice attentionnel/neutre) était randomisé entre les participants. Le même ordre s'appliquait pour les blocs avec et sans essais surprises. Tous les participants ont effectué deux blocs sans essais surprises (100%

cible) et deux blocs avec essais surprises (75% cibles). L'ordre de passation de ces blocs avec ou sans essai surprise a été randomisé entre les participants. L'ensemble de ces conditions est résumé de façon synthétique dans la figure suivante.

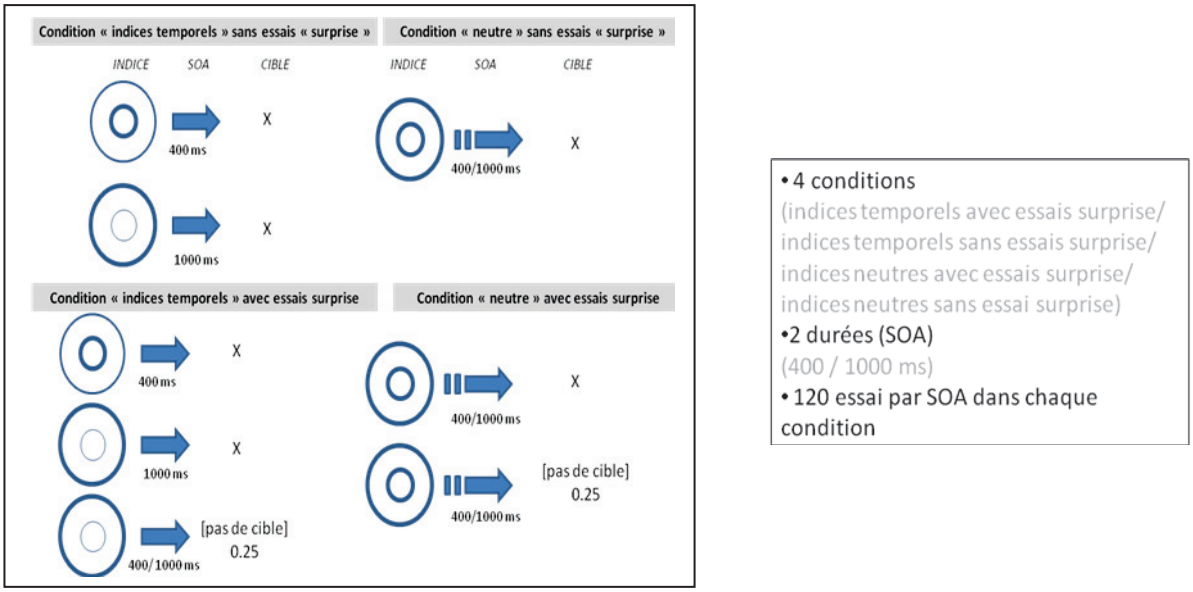


Figure 22. Résumé des différentes conditions et paramètres de la tâche.

Autres mesures réalisées

Parmi les autres mesures réalisées figurent

- une évaluation neuropsychologique complète. Elle incluait une mesure de la vitesse de traitement (sous score GZ de l'épreuve du D2), de l'attention et du contrôle attentionnel (épreuve du D2, TMT A et B, test de Stroop), du raisonnement logique (matrices), de la planification (test des commissions), de la mémoire visuelle (BVMT) et de la mémoire épisodique verbales (RL/RI, RBMT). Le principe de ces différents test est présenté en annexe.

- une évaluation du soi minimal, basée sur l'échelle EASE (exploration of anomalous self experience). Cette échelle évalue les troubles du soi minimal dans la schizophrénie. Nous y reviendrons en détail dans la quatrième partie de ce chapitre, consacrée aux liens entre soi, temps et troubles schizophréniques. Nous ne soulignerons ici que sur les seuls éléments de l'EASE en jeu dans l'interprétation des résultats temporels. Les scores obtenus par les patients à cette échelle sont présentés en annexe.

3. Résultats

Les temps de réaction moyennés sur les sujets ont été analysés avec une analyse de variance (ANOVA), avec comme facteurs les SOA (400 vs 1000ms), les indices (attentionnels vs neutres) et la proportion d'essais surprise (100% cible vs 75% cible). La variable catégorielle était bien entendu le groupe. Les essais avec des réponses inférieures à 150 ms et supérieures à 1000 ms ont été exclus des analyses (moins de 3% des données ont été enlevées de cette manière).

a) Analyse générale

En prenant en considération l'ensemble des données, nous avons retrouvé une interaction significative entre temps de réaction, SOA, probabilité d'apparition de la cible et groupes [$F(1, 48) = 4,52$; $p = 0,038$]. Aucune interaction avec la présence des indices attentionnels n'a été retrouvée. Par conséquent les résultats suivants ont été moyennés sur les conditions attentionnelles et neutres.

Afin d'aller plus loin dans l'analyse de ces données, nous avons décomposé l'interaction à l'aide d'analyses post hoc, de type tukey.

b) Hazard function

Une première analyse post hoc montre qu'en condition 100% cibles, les temps de réaction décroissent entre les délais courts et longs pour les deux groupes (d'environ 14ms chez les patients $p<.001$ et d'environ 11ms chez les contrôles $p<.001$)

c) Impact des essais sans cibles

En revanche, dans la condition avec essais surprise (c'est-à-dire lorsque les cibles n'apparaissaient que dans 75% des cas), les temps de réaction restent stable entre 400 et 1000 ms chez les contrôles (une différence de 2ms a été observée, $p>.9$) mais augmentent de façon significative chez les patients de 400 à 1000 ms (d'environ 10ms, $p<.005$).

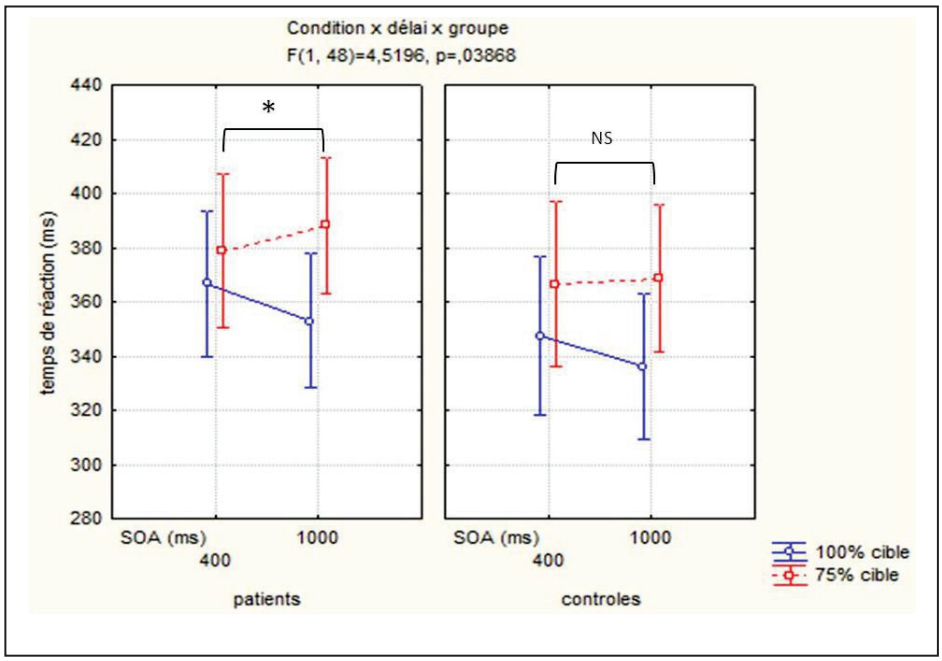


Figure 23. Temps de réaction dans les populations de patients et contrôles en fonction des délais d'apparition de la cible et des deux conditions 75% cible et 100% cible.

d) Impact des indices attentionnels

Il existait une interaction significative entre délai et indices attentionnels (F[1, 48]=10.6, p<.005) dans chaque groupe, mais aucune interaction avec le groupe. L'interaction entre SOA et indices était significative dans le groupe contrôle (F[1, 22]=8, p<.01) et un test post hoc montrait que les temps de réaction étaient plus rapides de 11 ms au SOA court en présence plutôt qu'en l'absence d'indice attentionnels (p<.005). Dans le groupe de patients, l'interaction entre SOA et indices attentionnels tend vers la significativité (F[1, 26]=2.9, p=.098). Un test post hoc de Tukey a montré des résultats similaires aux contrôles, c'est-à-dire des temps de réaction plus rapides à 400 ms en présence d'indices attentionnels (d'environ 8 ms, p<.01).

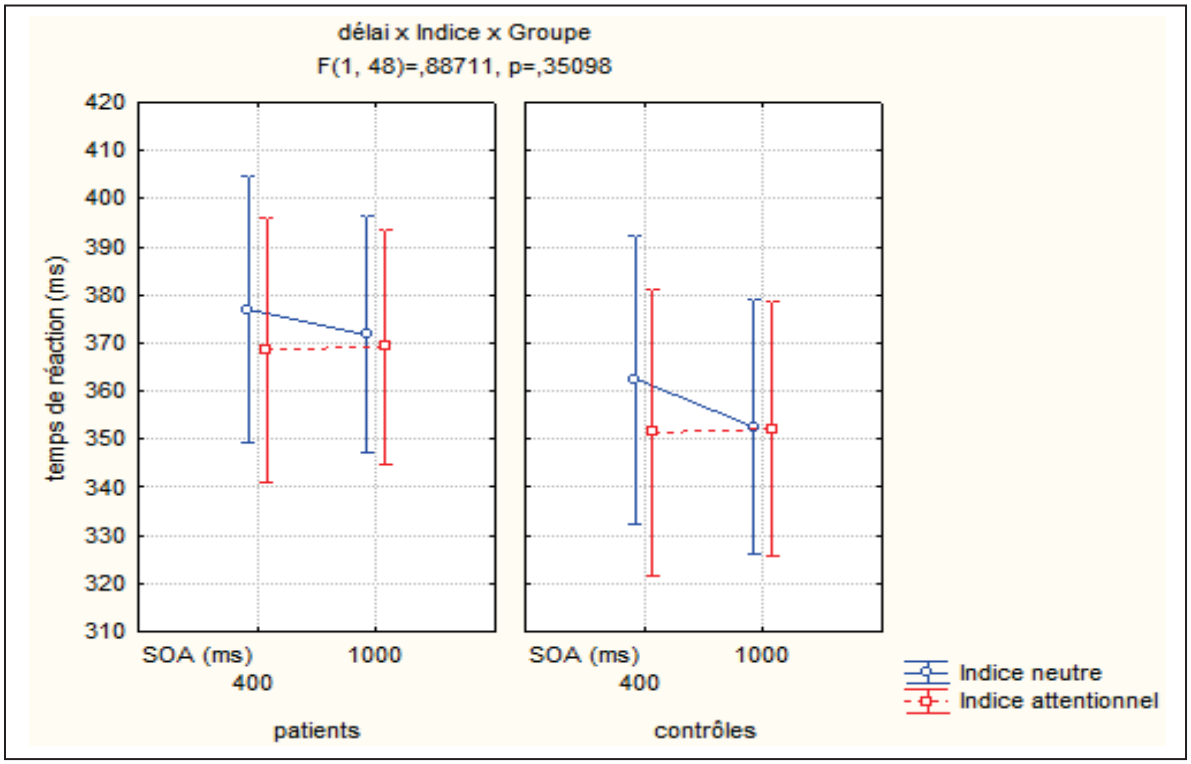


Figure 24. Temps de réaction dans les groupes de patients et de contrôles en fonction du SOA et des conditions « indices neutres » (en bleu) et « indices attentionnels » (en rouge)

e) Corrélations avec les mesures neuro cognitives et cliniques

Afin d'éliminer des biais dans les performances différentielles des patients avec les contrôles, tous les patients de l'étude ont bénéficié d'un bilan neuro cognitif.

Le paramètre principal corrélé aux scores neuro cognitif était la pente de la hazard function. Cette dernière a été calculée par la soustraction de la moyenne des temps de réaction pour les délais longs de celles obtenue pour les délais courts pour chaque sujet, en condition neutre et en présence de 100% de cibles d'une part, et en condition neutre et en présence de 75% de cibles d'autre part (parce que le phénomène de préparation est en général plus clair en condition neutre).

La pente (hazard function) n'était pas corrélée aux bilans cognitifs.

Corrélation avec les scores de PANSS

Aucune corrélation avec les scores de la PANSS n'a été relevée.

Corrélation avec les mesures du soi minimal

Une corrélation entre 2 des 5 sous échelles de l'EASE et la pente de la hazard function des patients a été retrouvée.

- Une corrélation entre le sentiment de présence et la pente de la hazard function de a été retrouvée (R = -0,4 ; p = 0,03). La pente de la hazard function était celle en condition indices neutres et en présence de 100% d'essais avec une cible.
- une corrélation entre le score de réorientation existentielle et l'intensité du phénomène dispréparation a été retrouvée. (r= - 0,4, p = 0,04). Le phénomène de dispréparation a été calculé par la soustraction de la moyenne des temps de réaction pour les délais longs de celles obtenue pour les délais courts pour chaque sujet, en condition neutre et mais, cette fois ci, avec 75% de cible (et 25% d'essais surprise).

Nous reviendrons sur ces résultats avec plus de détail et des analyses plus poussées dans le quatrième chapitre de cette partie consacré au soi.

4. Discussion

Nos résultats indiquent que lorsqu'une cible est présentée soit après un délai de 400 ms, soit après un délai de 1000ms, les temps de réponse sont plus rapides pour les délais longs que les délais courts, que ce soit chez les patients ou les contrôles. Cet effet est observé lorsque les sujets sont certains qu'une cible va apparaitre (condition « 100% cibles »).

Lorsqu'un indice valide est présenté au début de l'essai, les temps de réaction diminuent également dans les deux groupes quand le délai entre l'indice et la cible est de 400 ms. Ces résultats répliquent les données de la littérature. Ils suggèrent au premier abord une préservation du processus de préparation (la hazard function) chez les patients et les contrôles, c'est-à-dire une préservation de la capacité à assimiler de façon implicite l'écoulement du temps pour prédire l'arrivée d'une cible. Bien que le bénéfice au niveau du

temps de réaction soit relativement limité (moins de 20ms), il est hautement significatif, à la fois chez les patients et les sujets contrôles (notons aussi qu'il est faible parce que nous avons moyenné les effets sur la condition avec et sans indice attentionnel). Ce qu'apporte ici notre étude réside dans l'observation d'une préservation de ces effets de préparation pour des délais situés en deçà de 1000 ms.

Cependant, même si la hazard function semble au premier abord préservée chez les patients dans les blocs sans essais surprise, ce processus semble plus fragile chez les patients. En effet, nos résultats indiquent que, lorsque l'apparition de la cible est incertaine (bloc 75% cibles contenant 25% d'essais surprise), les patients augmentent leurs temps de réaction pour les délais longs, ce qui diffère des résultats observés chez les contrôles. De plus, la corrélation entre les scores de perturbation du soi minimal (score à l'échelle EASE) et la pente (hazard function) indique que plus les patients sont altérés au niveau du soi minimal et plus leur temps de réaction sur les délai longs est altéré, ce qui suggère que la sévérité de la pathologie est en jeu dans le traitement du temps. Cette hypothèse est renforcée par une analyse en sous groupe qui montre que la patients avec un haut score de présence ne présentent pas de hazard function (nous reviendrons plus précisément sur cette analyse dans la partie consacrée aux liens entre temps et soi minimal).

Nous pouvons également remarquer l'absence de différence significative entre patients et contrôles en ce qui concerne l'impact des indices attentionnels. Cela semble indiquer que les patients utilisent les indices explicites pour moduler leur état de préparation. Les patients sont donc en mesure d'utiliser les indices valides pour améliorer leurs performances. Ce

résultat est en accord avec des données récentes de la littérature qui suggèrent une préservation de la capacité des patients avec une schizophrénie à utiliser des indices explicites pour améliorer leurs performances (Langdon, 2016).

En conclusion, ces résultats suggèrent une difficulté des patients à utiliser une information prédictive (le passage du temps) pour moduler leurs performances à l'arrivée d'un stimulus. En effet, l'augmentation des temps de réaction pour les délais longs en condition 75% cible et la corrélation entre pente (hazard function) et trouble du soi suggèrent que les patients présentent une fragilité dans le traitement automatique impliqué dans l'intégration de l'écoulement du temps lui-même. Ce résultat est dans la continuité des études présentées jusqu'à présent, que ce soit celles sur l'effet Simon ou sur les fenêtres d'intégration temporelle (Giersch et al, 2013; Lalanne et al 2012b; Martin et al, 2013). C'est essentiellement la capacité des patients à être tournés vers le stimulus à venir qui semble altéré. Il est possible d'envisager là encore ces résultats sous l'angle d'une altération du predictive coding (codage predictif). En effet, comme nous l'avons déjà souligné, la théorie du predictive coding (Friston, 2010), postule que le cerveau prédit en permanence la prochaine entrée sensorielle sur la base de priors. Cela rend possible de détecter un évènement inattendu et de s'ajuster aux changements de l'environnement. Plus qu'un défaut de modulation de type top down lié à une non utilisation d'informations prédictive (priors), les patients semblent altérés à un plus bas niveau, au niveau de l'anticipation temporelle elle-même. La persistance des effets des indices attentionnels, ainsi que la préservation des effets des manipulations de pourcentages d'essais montre que les patients sont capables de prendre en compte ces informations pour moduler leur performance.

Notons donc que le processus de préparation (hazard function) peut être modulé par des indices endogènes, une dimension stratégique préservée chez les patients. Ainsi, aider le patient à utiliser des indices explicite pour compenser leurs difficultés pourrait constituer un axe de remédiation cognitive. Nous discuterons ce point dans la partie consacrée aux perspectives de ces études.

C. 3ème étude - Jugement de simultanéité, anticipation temporelle et prior entry

1. Justification et principe de l'étude

Comme nous l'avons vu, les résultats issus des études sur le jugement de simultanéité/effet Simon, la hazard function et l'intégration multisensorielle convergent vers l'hypothèse d'une altération de l'une des dimensions du predictive coding chez les patients, à savoir la capacité à être tourné vers la prochaine entrée sensorielle. Ces tâches, caractérisées chacune par une succession de stimuli, invitent à une forme d'attente ou d'anticipation. Ainsi, si les patients semblent traiter les informations, ils ne semblent pas les inclure efficacement dans cette anticipation, ce qui pourrait déterminer une rupture du sentiment de continuité de l'expérience.

Ce sentiment de continuité de l'expérience, qui nous intéresse donc tout particulièrement du fait de son expression clinique manifeste dans les troubles du soi minimal, semble cependant se dérouler, sur le plan phénoménologique, sur des échelles de temps beaucoup plus longues que celles explorées jusqu'à présent. En effet, la tâche de jugement de simultanéité teste le lien entre informations successives sur des délais ultra-courts. Par ailleurs, si le phénomène de hazard function permet de tester un effet d'accumulation sur des délais plus longs, il n'explore pas le lien entre les informations. Pour tester l'hypothèse de l'impact d'une altération du prédictive coding sur la sensation de continuité à plus grande échelle, nous avons cherché à explorer la capacité des patients à relier entre eux des évènements sur une échelle de temps plus large que celle de la milliseconde tout en évaluant le fait que ces difficultés puisse être déterminées par une altération à l'échelle de la

milliseconde. Pour cela, nous avons étudié, sur une tâche de jugement de simultanéité, non plus les résultats sur des essais isolées les uns des autres mais l'influence de chaque essai sur celui à venir, autrement dit l'influence de l'essai N-1 sur l'essai N et, plus particulièrement, l'impact d'un changement de direction entre essai N-1 et essai N. En effet, parmi les paramètres susceptibles de déterminer une différence de performances entre l'essai N et N-1 figure le changement de direction entre deux essais. Par exemple, les travaux de Poncelet & Giersch (2015) indiquent que chez les volontaires sains, si deux stimuli successifs sont présentés dans une direction différente par rapport aux stimuli présentés juste avant, il existe un bénéfice en terme de jugement d'ordre temporel sur l'essai N. L'interprétation de ce résultat réside dans l'idée que le 1er stimulus de l'essai N bénéficie d'un effet de *prior entry* déterminé par la direction de l'essai N-1, c'est à dire du second stimulus de l'essai N-1.
Le phénomène de *prior entry* repose sur le phénomène suivant : le traitement *attendu* (du fait par exemple d'un indice explicite ou d'une procédure de priming) d'une modalité sensorielle, de la localisation spatiale d'un stimulus ou de l'une de ses caractéristiques est plus rapide et plus optimale que le traitement d'un même stimulus moins attendu (ou inattendu) (Spence et Parise, 2010). Quand deux stimuli sont présentés successivement, la présence d'un indice attentionnel qui facilite le traitement du premier stimulus permet d'optimiser ce traitement. L'accélération du traitement du premier stimulus permet de mieux percevoir le délai entre le premier et le second stimulus et ainsi de faciliter le jugement d'ordre ou la détection d'asynchronie entre les deux stimuli.

Dans le cadre de la succession des essais dans une tâche de jugements de simultanéité, l'existence d'un effet de prior entry reposerait alors sur le fait que les sujets bénéficient d'une attention située du bon côté au moment de l'arrivée du 1er stimulus de l'essai N, si,

bien évidemment, la direction de l'essai N-1 est inversée. Cela suppose également que, lors de l'essai N-1, les sujets ont bien orienté leur attention du premier vers le second stimulus. Cet effet de prior entry indique donc, s'il est présent, que les sujets ont bien anticipé et suivi les stimuli à l'essai N-1, du premier vers le second. Le schéma ci-dessous résume cette hypothèse.

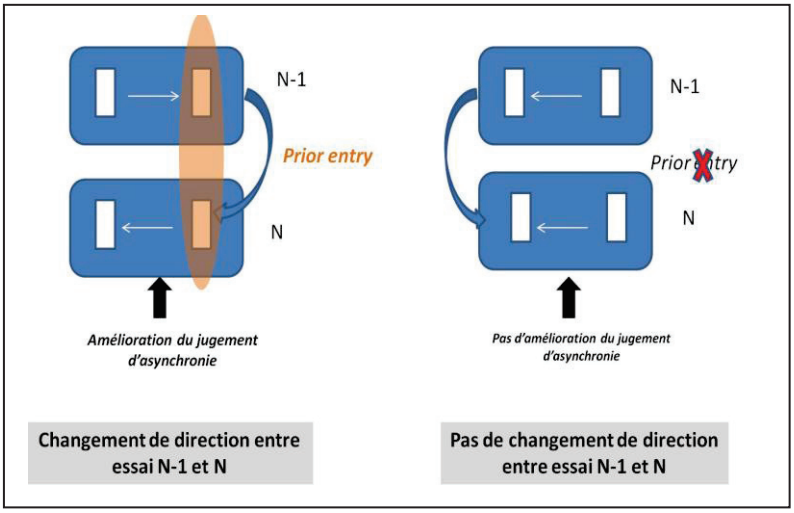


Figure 25. Schématisation du phénomène de prior entry et de ses liens avec le jugement de simultanéité.

Si le predictive coding est systématiquement perturbé, cela pourrait conditionner une difficulté pour les patients à détecter une différence entre l'essai n-1 et l'essai n (seul l'amorçage en cas d'essais identiques devrait persister). Plus encore, quand bien même les patients détecteraient une différence entre l'essai N et N-1, cette détection pourrait ne pas être mise à profit. En effet les études antérieures suggèrent une difficulté des patients à déplacer leur attention du premier vers le second stimulus, et plus généralement à suivre et ordonner les informations. Ceci pourrait se traduire par une difficulté à utiliser la détection d'une différence entre les deux essais successifs pour diriger leur attention vers le 1er des deux stimuli de l'essai N. Ainsi, l'effet de prior entry disparaitrait.

Pour répondre à cette question, nous avons comparé les performances des sujets dans une tâche de jugement de simultanéité à l'essai N avec l'essai N-1 en catégorisant les performances selon que le SOA à l'essai N-1 était identique, plus petit ou plus grand qu'à l'essai N. La question du suivi des informations dans le temps est maintenant travaillée sur une gamme de 4 stimuli (ce qui renvoie à un intervalle de temps de 1 à 2 s) et permet par ailleurs d'entrevoir un lien direct entre jugement de simultanéité et anticipation temporelle, ce qui permet ainsi d'envisager une articulation entre les différentes études présentées jusqu'à présent.

2. Matériel et méthode

Participants

Les participants de cette étude se répartissaient en deux groupes: un groupe de 27 patients avec une schizophrénie et un groupe de 23 contrôles. Les contrôles ont été recrutés au sein du service universitaire de réhabilitation de Lyon. Le groupe des patients était comparables au groupe contrôle en terme d'âge, de genre et de niveau d'éducation. Cette étude a bénéficié d'une validation d'un C.P.P (comité de protection des personnes). Chaque participant signait un formulaire d'information et de consentement pour participer à l'étude. Le diagnostic psychiatrique a été posé par l'un des médecins psychiatre du service en suivant les critères du DSM-5. Les caractéristiques plus précises de chacun des groupes sont présentées ci-dessous.

	Patients	*Contrôles*	*Effet du groupe*
Genre M/F	*22/5*	*16/7*	*CHI 2> 1, ns*
Age (moyenne +/- SD)	*31,4 (+/- 7,7)*	*31 (+/-8,5)*	*F<1, ns*
Niveau d'éducation (moyenne +/- SD)	*12, 7 (+/- 1,9)*	*13,6 (+/-1,7)*	*F[1, 48] = 3, ns*
Medication (typique, atypique, pas de medication)	*1/23/3*		
Equivalent chlorpromazine	*285mg/j*		
PANSS: symptômes positifs (moyenne +/- SD)	*15,2 (+/- 5, 5)*		
PANSS: symptômes négatifs (moyenne +/- SD)	*20,8 (+/-8,2)*		
PANSS: psychopathologie générale (moyenne +/- SD)	*38,9 (+/-11,7)*		
PANSS: score total (moyenne +/- SD)	*74,1 (+/-22,3)*		

Tableau 12. Caractéristiques des groupes patients et contrôles

Equipement

L'expérience, programmée avec Matlab (7.01) s'est déroulé dans une pièce au calme, très faiblement éclairée (0,1cd/m2) sur un PC (Pentium). Les stimuli étaient délivrés sur un écran CRT (21 pouces, avec un taux de rafraichissement de 60 Hz). Les participants répondaient en pressant une touche du clavier. Les participants étaient assis à une distance fixe, de 100 cm de l'écran.

Stimuli

Chaque participant effectuait deux blocs de 180 essais, répartis selon 9 SOA (0, 17, 34, 51, 68, 85, 102, 119, 137 ms). Il y avait 40 essais par SOA. La moitié des essais par SOA (20 essais) étaient présentés de la gauche vers la droite (sens gauche > droite), et la moitié de la droite vers la gauche (sens droite > gauche). Cette condition est la condition « direction ».

La tâche se déroulait de la manière suivante : chaque essai commençait par un point de fixation. Après un délai randomisé situé entre 500 et 700 ms, le premier stimulus (rectangle) apparaissait, suivi du second (un second rectangle). Le second apparaissait soit de façon simultanée (SOA = 0 ms) soit après un SOA variable, précisé ci dessus. Les stimuli restaient affichés à l'écran jusqu'à ce que le sujet donne sa réponse et disparaissaient après la réponse des sujets. Les sujets précisaient s'ils avaient perçu les stimuli comme étant simultanés ou asynchrones. Un délai de 500 ms séparait la réponse des sujets de l'arrivée du nouvel essai. L'ordre de présentation des essais était randomisée. Nous avons pris en compte la durée du SOA précédent (condition « SOA N-1 »). 3 possibilités étaient envisageables : celle dans laquelle l'essai précédent se déroulait selon un délai plus court (condition « SOA N-1 plus court »), celle dans laquelle l'essai précédent se déroulait selon un SOA identique (condition « SOA N-1 identique »), et celle dans laquelle l'essai précédent était plus long (« condition SOA N-1 plus long»).

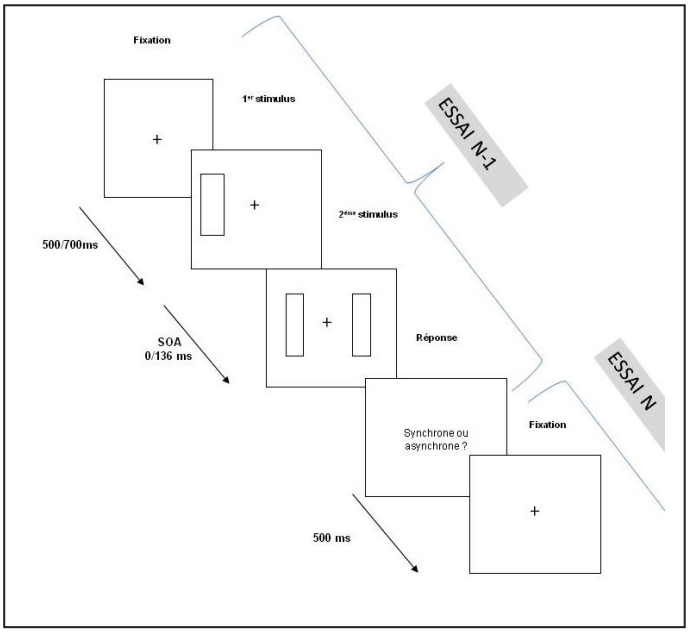


Figure 26. Déroulement d'un essai

Procédure

Les sujets devaient estimer si les stimuli présentés étaient synchrones ou pas. S'ils percevaient les stimuli comme étant synchrones, alors ils appuyaient sur une touche située à gauche. S'ils les percevaient comme asynchrones, alors ils appuyaient sur une touche située à droite.

Autres mesures

Parmi les autres mesures réalisées figurent

- une évaluation neuro psychologique complète. Elle incluait une mesure de la vitesse de traitement (sous socre GZ de l'épreuve du D2), de l'attention et du contrôle attentionnel (épreuve du D2, TMT A et B, test de Stroop), du raisonnement logique (matrices), de la

planification (test des commissions), de la mémoire visuelle (BVMT) et de la mémoire épisodique verbales (RL/RI, RBMT). Ces test sont présentés en annexe.

- une évaluation du soi minimal, basée sur l'échelle EASE. Cette échelle évalue les troubles du soi minimal dans la schizophrénie. Plus particulièrement, l'échelle E.A.S.E permet une évaluation au travers d'un certain nombre d'items des expériences d'altération du flux de la conscience. Nous y reviendrons en détail dans la quatrième partie de ce chapitre, consacrée aux liens entre soi, temps et troubles schizophréniques. Nous n'évoquerons ici que les seuls éléments de l'EASE en jeu dans l'interprétation des résultats temporels. L'échelle est présentée en annexe et sera détaillée dans la quatrième partie de ce travail.

3. Résultats

Nous avons préalablement mesuré l'effet Simon observé pour l'asynchronie de 17 ms, tant pour les patients que pour les contrôles. Il n'y avait pas d'effet Simon chez les contrôles, c'est-à-dire pas de différence au niveau des taux de réponses simultanées en fonction du sens d'apparition des stimuli, c'est-à-dire pas de différences selon que les stimuli étaient présentés de la droite vers la gauche ou de la gauche vers la droite ($F[1,11]=3$, n.s.)

En ce qui concerne les patients, l'évaluation de l'effet Simon à 17ms a permis de retrouver la tendance habituelle des patient à presser du côté du premier stimulus, plus souvent que du côté du second stimulus pour 7% des essais ($F[1,26]=7,7$, $p<.05$). Cet effet n'était pas observé chez les contrôles. La tendance à presser du côté du premier stimulus, reflet de la

difficulté des patients à suivre les stimuli dans le temps, a donc été répliquée, bien que cet effet n'interagisse pas avec le groupe.

Après avoir vérifié l'effet Simon, une analyse de variance (ANOVA) a été réalisée. La variable dépendante était représentée par les taux de réponses « simultané ». Les facteurs de l'analyse de variance étaient les différentes conditions, à savoir la durée du SOA de l'essai précédent par rapport à l'essai actuel (plus court, identique, plus long que l'essai actuel) et la direction de l'essai précédent par rapport à l'essai actuel (identique ou inverse). Enfin, le groupe constituait la variable catégorielle de l'analyse de variance. Cette analyse a fait l'objet dans un second temps d'une décomposition par des tests post hoc (Tukey).

a) Analyse de l'impact de l'essai précédent sur l'essai actuel

Une interaction significative sur les taux de synchronie entre le délai de l'essai précédent (plus petit, équivalent ou plus grand que l'essai N), la direction de l'essai précédent (identique vs. différente) et le groupe (patients vs. contrôles) a été retrouvée [$F(2,98)=3,5$, $p= 0,033$)].

Les analyses post hoc indiquent une amélioration de la détection de l'asynchronie de l'ordre de 8,4% chez les contrôles lorsqu'il existe un changement de direction entre l'essai N-1 et N et que les SOA entre l'essai N-1 et N sont identiques ($p=0,01$ dans l'analyse post-hoc de Tukey) par rapport à la condition dans laquelle il n'existe pas de changement de direction. Cet effet n'est pas retrouvé chez les patients ($p=0,97$ dans l'analyse post-hoc de Tukey) (La différente quant au taux de réponses simultanés entre les deux conditions la différence était

de l'ordre de 1,2% chez les patients). Les patients ne semblent donc pas bénéficier de l'effet du changement de direction.

La figure suivante représente ces résultats.

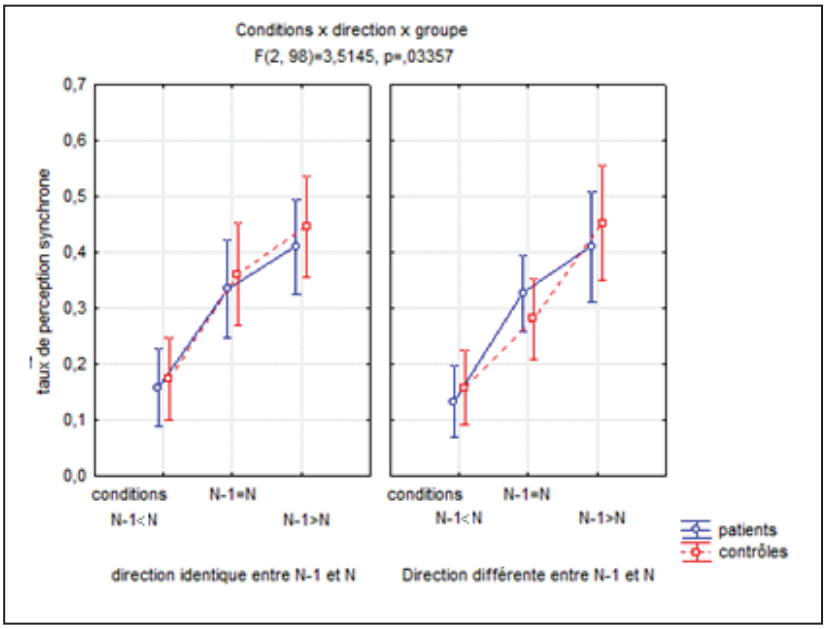


Figure 27. Comparaison des taux de réponses simultanées (en ordonnée) en fonction de l'existence d'une différence de direction entre l'essai N-1 et N (graphiques de gauche et de droite) et des différences de SOA entre essai N-1 et N (en abscisse) dans les groupes de patients (en bleu) et de sujets contrôles (en rouge).

b) Analyse des taux de répétition

Ce premier résultat indique l'existence d'un effet séquentiel chez les contrôles. Il suggère que dans la condition particulière que nous avons isolée (SOA identiques sur deux essais consécutifs, changement de direction entre essai N-1 et essai N), les contrôles répondent davantage « asynchrone » sur l'essai N par rapport à l'essai N-1 que les patients. Cette différence peut cependant être biaisée par l'impact des réponses répétées d'un essai sur l'autre. Ainsi, l'absence de cet effet chez les patients peut être lié à un comportement différent chez les patients que les contrôles à prendre en considération les similarités et différences d'un essai sur l'autre, les patients répétant simplement leurs réponse d'un essai sur l'autre. Nous avons donc cherché à vérifier la

sensibilité au changement de SOA en comparant les taux de réponses répétées quand le SOA sur l'essai précédent était plus petit, identique, ou plus long que celui de l'essai N. Nous avons exclu les stimuli caractérisés par des SOA de 0 ms et ceux situés à l'autre borne de 137 ms. Nous n'avons considéré une différence de SOA entre N- 1 et N seulement si elle n'était pas plus large que 17 ms. De façon additionnelle, nous avons pris en considération le changement dans la direction du stimulus et la réponse donnée (asynchrone/synchrone). Les résultats ont montré une interaction significative entre les groupes et l'ordre des stimuli (identique ou différent). $F[1, 48]=6.5$, $p<.05$. les test post hoc hoc de Tukey ont montré que chez les patients les taux de réponse répétées étaient plus bas lorsque la direction des stimuli changeait d'un essai sur l'autre (70,4%) que lorsque l'ordre restait le même (76,4%, $p<.01$). Ce taux de réponses répétées (en cas de changement de direction entre les deux essais) était plus faible que le taux de réponse répétées chez les sujets contrôles, estimé à 78,6% lorsque le stimulus change de direction entre essai N-1 et N ($p<0,01$ dans l'analyse post-hoc de Tukey) et de 77,0% quand il n'y a pas de changement de direction entre essai N-1 et N ($p<.05$ dans l'analyse post-hoc de Tukey). Le graphique ci-dessous illustre ces résultats.

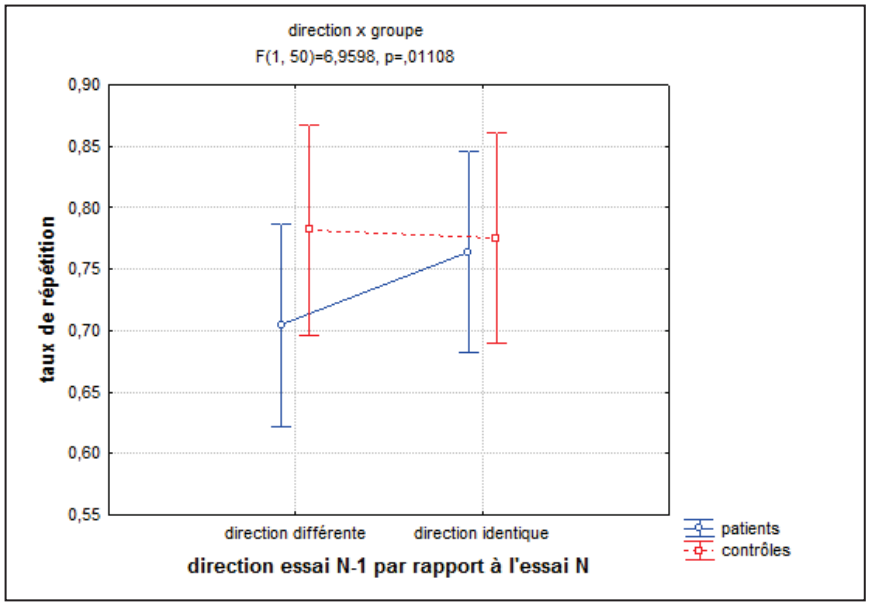


Figure 28. Taux de réponses répétées chez les patients et les contrôles en fonction de la direction de l'essai N-1 (identique ou différente par rapport à l'essai N)

c) Corrélations avec les autres mesures

Aucune corrélation avec les PANSS et les mesures neurocognitives n'ont été retrouvées

En revanche, une corrélation avec le score de conscience de l'EASE a été retrouvée. Nous réservons la discussion sur ce point pour la quatrième partie.

Par ailleurs nous avons également observé des corrélations entre les différents observés (Effet Simon, alternance des réponses, et augmentation des réponses 'asynchrone' quand la direction des stimuli change d'un essai à l'autre). L'amplitude de l'effet Simon a été calculée par la soustraction entre taux de réponses 'simultané' à SOA 17 ms lorsque les stimuli étaient présentés de la gauche vers la droite (réponse du côté du premier stimulus) et taux de réponses 'simultané' quand les stimuli étaient présentés de la droite vers la gauche (réponse du côté du second stimulus). La tendance à alterner les réponses quand l'ordre des stimuli changeait d'un essai sur l'autre a été calculée par la soustraction entre le taux de réponses répétées quand l'essai N-1 et N se déroulaient avec la même direction de présentation des stimuli vs. une direction différente (moyenné sur les conditions dans lesquelles les essai consécutifs partageait le même SOA ou une différence maximale de 17 ms). Finalement, nous avons calculé l'avantage en termes de performance, c'est à dire la diminution du taux de réponses simultanées, quand la direction des stimuli changeait d'un essai sur l'autre, vs. L'absence de changement de direction entre l'essai N et N-1. Chez les patients, plus large était l'effet Simon, c'est à dire le biais en direction du premier stimulus, plus faible était l'avantage fourni par un changement de direction ($N=27$; $r= -0,64$, $p< .001$).

4. Discussion

L'analyse des effets séquentiels chez les contrôles indique que les sujets utilisent l'information de l'essai précédent et la comparent à l'information présente. Quand le SOA de l'essai N est identique à celui de l'essai N-1, les contrôles détectent mieux l'asynchronie de l'essai N quand l'ordre des stimuli diffère d'un essai sur l'autre que lorsqu'il est identique. En d'autres termes, les contrôles bénéficient du changement de direction des stimuli d'un essai sur l'autre pour améliorer leur performance. Cela n'est pas le cas chez les patients. En effet, il n'est pas observé d'amélioration de perception de l'asynchronie dans de telles conditions (SOA identique et changement de direction entre essai N-1 et N). Cela pourrait suggérer que les patients ne retiennent pas ou ne comparent pas l'information d'un essai sur l'autre. Cependant l'analyse du taux de réponses répétées montrent que les patients sont sensibles au changement de direction entre les essais successifs, puisqu'ils alternent leurs réponses dans ce cas, plus que quand la direction est la même d'un essai à l'autre, et plus que les sujets contrôles. Ces résultats suggèrent que les patients identifient donc le changement de direction mais ne l'utilisent pas pour améliorer leur jugement d'asynchronie.

Ces résultats pourraient s'expliquer par le fait que les patients n'ont pas orienté leur attention en direction du second stimulus de l'essai N-1, entravant la possibilité de tout effet de type prior entry. Un rôle du suivi automatique des informations à l'essai N-1 est attesté par la corrélation entre l'effet Simon, qui signe l'altération de ce suivi, et l'incapacité des patients à bénéficier du changement de direction entre les deux essais successifs. Les résultats suggèrent en somme que les patients non seulement ne suivent pas les deux stimuli d'un essai, mais ne suivent pas non plus les 4 stimuli de deux essais successifs (voir

l'article pour une discussion plus complète sur ce point). Ainsi, si le traitement dans la continuité de la série de 4 stimuli semble altéré chez les patients, nos résultats suggèrent qu'il est potentiellement déterminé non par une absence de détection du changement, mais par une défaillances des processus élémentaires d'anticipation en amont de la prior entry, qui implique la capacités à suivre les stimuli. C'est cette étape élémentaire du prédictive coding (celle consistant à être tourné vers les nouvelles entrées sensorielles à venir), plus que celle consistant à détecter les changements, qui pourrait être altérée, altération dont pourraient découler des processus plus intégrés, comme ceux consistant à relier entre eux sur les échelles de temps plus larges une série de stimuli.

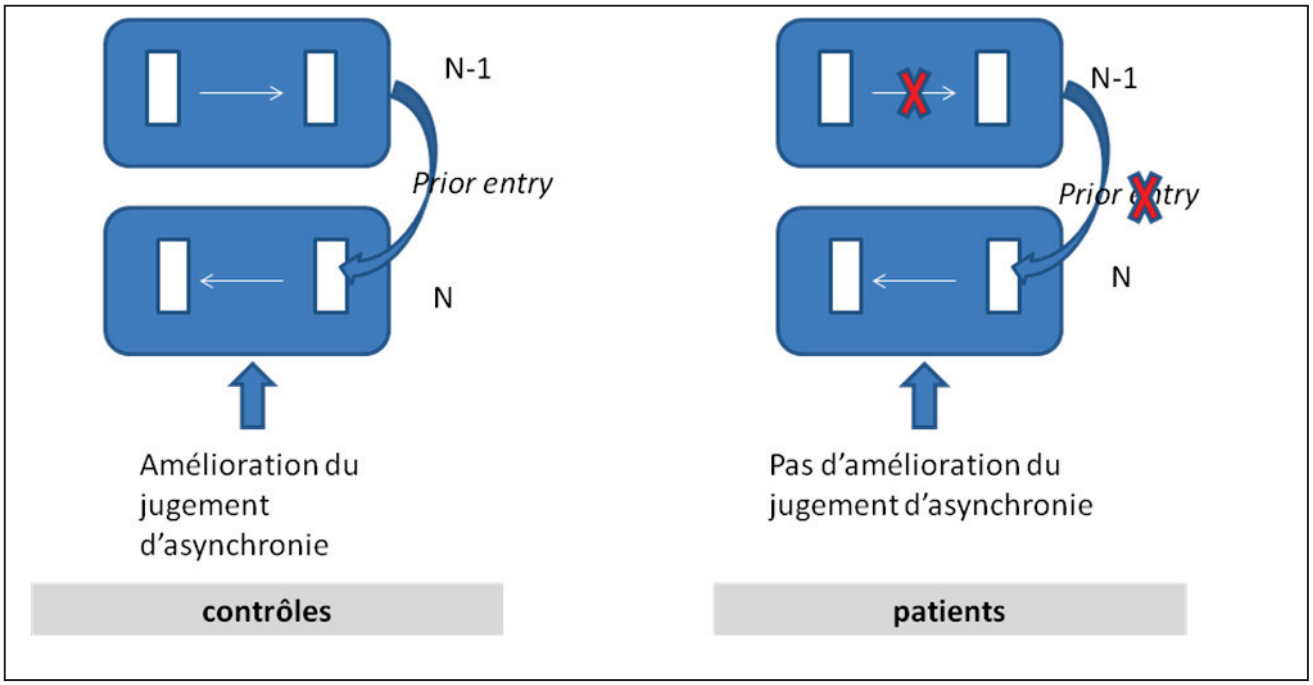


Figure 29. Représentation de l'impact sur l'essai N d'une altération de l'anticipation sur l'essai N-1.

D. Anticipation temporelle implicite et troubles du soi minimal - Retour sur les mesures du soi minimal réalisées dans les études 2 et 3

1. Temps et soi minimal. L'échelle EASE

a) Temps et soi minimal

Arrivé à cette étape de notre travail, plusieurs résultats sur le temps se dégagent. Les patients ont besoin d'un intervalle de temps plus important entre deux stimuli pour les percevoir comme non co occurrents sans pour autant que cela signifie une fusion des évènements situés à l'intérieur d'une fenêtre de simultanéité plus large que les contrôles (étude 1). A l'intérieur et au-delà de ces fenêtres, les différentes études présentées suggèrent que les patients présentent une altération des processus d'anticipation à un niveau implicite, ce qui pourrait conduire à l'hypothèse d'une altération d'une dimension du predictive coding, c'est-à-dire une perturbation de l'orientation automatique de l'attention en direction des évènements à venir (les résultats sur l'effet Simon, l'intégration multisensorielle, la hazard function ou la tâche de jugement de la simultanéité de notre 3ème étude convergent dans ce sens). Il en découle l'hypothèse d'une difficulté des patients à traiter dans le temps les stimuli successifs, c'est-à-dire à anticiper continuellement et de façon stable l'arrivée des nouvelles entrées sensorielles (étude 2), et pour intégrer les informations les unes avec les autres dans le temps (étude 3). Cette altération pourrait conditionner une perte de la sensation stable de la continuité de l'expérience, les patients ayant tendance à traiter les stimuli les uns après les uns plutôt qu'à les anticiper et les situer les uns par rapport aux autres. Cette difficulté est à l'image d'un marcheur qui poserait un pied, puis un autre, sans anticiper le mouvement de balance de l'un vers l'autre, ou celle

d'un auditeur qui traiterait séparément les différentes notes d'une mélodie sans anticiper la note qui va arriver et la lier à celle entendue. Notons que l'indiçage attentionnel semble en revanche préservé chez les patients, ces derniers pouvant utiliser des indices explicites pour moduler leurs performances temporelles.

Ceci étant posé, quelle pourrait être l'expression clinique de ces altérations ? Comme nous l'avons vu, peu de corrélations avec la sémiologie classique (notamment les scores de la PANSS) sont retrouvées dans ces études. C'est ici que la question du soi minimal, que nous avons pour l'instant volontairement mis de côté dans notre partie consacrée aux études de psychologie expérimentale, nous est apparue importante à investiguer. En effet, comme nous l'avons vu dans notre revue de la littérature, certains modèles phénoménologiques contemporains envisagent la schizophrénie sous l'angle d'une altération du soi minimal. . Ces modèles du soi minimal suggèrent que les troubles du soi minimal expriment à un niveau noématique (c'est-à-dire au niveau d'un contenu de conscience que le sujet peut expliciter) une altération de la temporalité qui, elle se situe sur le plan noétique (c'est-à-dire sur le plan des processus de constitution de la subjectivité). Cependant, comme nous l'avons souligné, la méthode phénoménologique semble difficilement en mesure de décrire les processus de constitution temporelle, et trouve là ses limites. C'est ce qui nous avait conduits à nous tourner vers les sciences cognitives, qui semblent indiquer une altération du predictive coding chez les patients. En outre, afin de tester l'hypothèse phénoménologique des liens consubstantiels entre temps et soi minimal nous avons réalisé des mesures du soi minimal dans deux des trois études présentées. Elles s'appuient sur l'échelle EASE (Exploration of Anomaous Self Experience), que nous présentons ci-dessous, avant de revenir sur les corrélations et après avoir rappelé quelques repères sur le soi minimal.

b) L'échelle E.AS.E. (Parnas et al, 2005).

Les « troubles du soi minimal » désignent un ensemble d'altérations ayant comme point commun la sensation d'une altération de la mienneté (ownership) de l'expérience. La personne ne s'éprouve plus comme le sujet de l'expérience qu'elle fait d'elle-même ou du monde, c'est-à-dire que sa propre perspective (ou certaines dimensions la caractérisant) lui apparait comme étrangère. C'est donc sur le registre de la perspective en première personne, sur le plan de « ma » perspective que se situent ces troubles.

En temps normal, la mienneté de l'expérience constitue un pôle inviolable de l'expérience (ce que certains désignent comme « immunité du Je »). Par ailleurs, la sensation que mon expérience (perceptive, motrice…) est bien la mienne s'impose naturellement au sujet de façon pré réflexive. La dimension pré réflexive de la mienneté de l'expérience signifie que le sujet n'a pas besoin de se dire explicitement, par une démarche réflexive, que son expérience en première personne est bien la sienne pour éprouver le fait qu'elle lui appartient. Enfin, l'éprouvé de la mienneté de l'expérience ne nécessite pas le langage (cet éprouvé n'a pas besoin d'être traduit en mots pour être vécu tel quel). Cet éprouvé se situe donc sur un niveau pré langagier.

Les troubles chez les patients peuvent s'exprimer sur différents niveaux de l'expérience, et c'est ce que cherche à explorer l'échelle EASE. L'échelle EASE se présente sous la forme d'un entretien semi structuré des troubles du soi minimal. L'entretien, d'une certaine lourdeur, dure une à deux heures. L'échelle est composée de 57 item répartis en 5 sections (cf annexe). Elle nécessite ainsi une bonne connaissance de la phénoménologie psychiatrique,

ainsi qu'une formation spécifique. En effet, « l'évaluateur doit être intimement familier de l'échelle et de ses distinctions. La source la plus fréquente de non fiabilité réside dans le manque de familiarité concernant ces distinctions » [réf]. L'exploration de chaque item réside dans une « réflexion, mutuellement interactive, entre patient et thérapeute » [réf] et utilise volontiers la technique des variations, par imagination. « Cela signifie que l'évaluateur, dans son enquête pour saisir les expériences du patient, peut en changer certains aspects évoqués, pour en écarter les caractéristiques accidentelles et contingentes » (Parnas, 2012). Elle nécessite en général une double cotation, notamment lorsqu'elle est utilisée dans un contexte de recherche. Chaque item est coté selon un score binaire (0 pour absent, 1 pour présent) pour aboutir à un score global. C'est la méthode la plus fréquente.

A la condition que les cliniciens soient formés et entrainés, la corrélation inter juge est comprise entre 0,6 et 1 [réf]. Aucune structure factorielle n'a pour l'instant été identifiée.

L'échelle est présentée en annexe.

2. Retour sur les mesures du soi minimal dans deux des trois études

Les patients qui ont participé aux études 2 (hazard function et orientation temporelle) et 3 (jugement de simultanéité et prior entry) ont bénéficié d'une mesure du soi minimal.

Ces entretiens ont été filmés, et ont fait l'objet d'une double cotation. La première a été faite par l'auteur de ce travail et la seconde par Michel Cermolacce, psychiatre sur Marseille. Les deux cotateurs ont été formés à la passation de cette échelle par Josef Parnas, son auteur principal. Après une phase d'entrainement entre les deux cotateurs (sur des entretiens de personnes encore non inclues dans l'étude), 20% des premiers entretiens et

10% des derniers ont fait l'objet d'une mesure du coefficient corrélation inter juge, qui s'est avérée excellente (kappa = 0.9)

a) Préparation (Hazard function) et EASE

Analyse générale

Dans l'étude sur la hazard function, nous avons recherché l'existence d'une éventuelle corrélation entre la pente de la hazard function et les troubles du soi minimal. La pente de la hazard function a été calculée pour chaque patient en moyennant, pour chaque délai (400 et 1000 ms) les temps de réaction obtenus en condition sans indices attentionnels et sans essais surprises. La soustraction entre les temps de réaction de ces deux délais donne la pente de la hazard function, qui reflète par conséquent l'amélioration des temps de réaction normalement obtenu sur l'intervalle de temps long (1000ms) et qui traduit la capacité du sujet à assimiler l'écoulement du temps.

Une corrélation entre 2 des 5 sous échelles de l'EASE et les performances des patients a été retrouvée.

En effet, une corrélation entre la sous échelle « présence » (qui explore les altérations de la présence) et la pente de la hazard function a été retrouvée. Plus le score du sentiment de présence augmente, donc plus les symptômes liés à cette dimension sont marqués, et plus la pente de la hazard function est plate (N=25, R= -0,43 ; p=0,03)

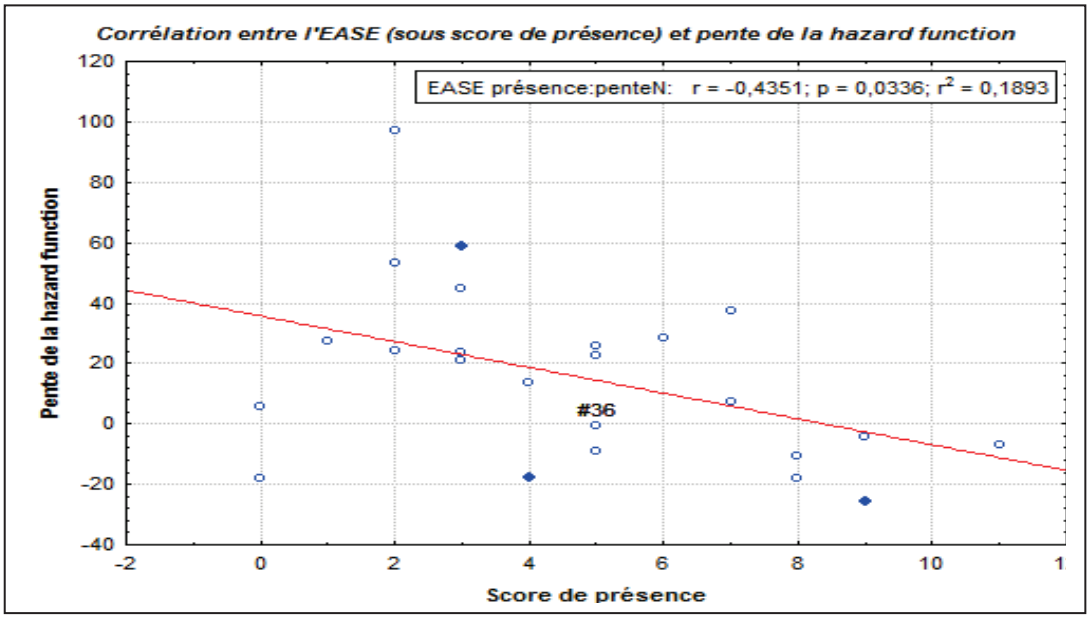


Figure 30. Corrélation entre pente de la hasard function (en ordonnée) et score de présence à l'EASE (en abscisse)

- une corrélation entre le score de réorientation existentielle et l'intensité du phénomène dispréparation a été retrouvée. Plus le score de réorientation existentielle augmente (plus les symptômes sont sévères), et plus le phénomène de dispreparation est important (plus les temps de réponse augmentent entre le délai de 400 et 1000 ms). (N=25, r= - 0,4, p = 0,04).

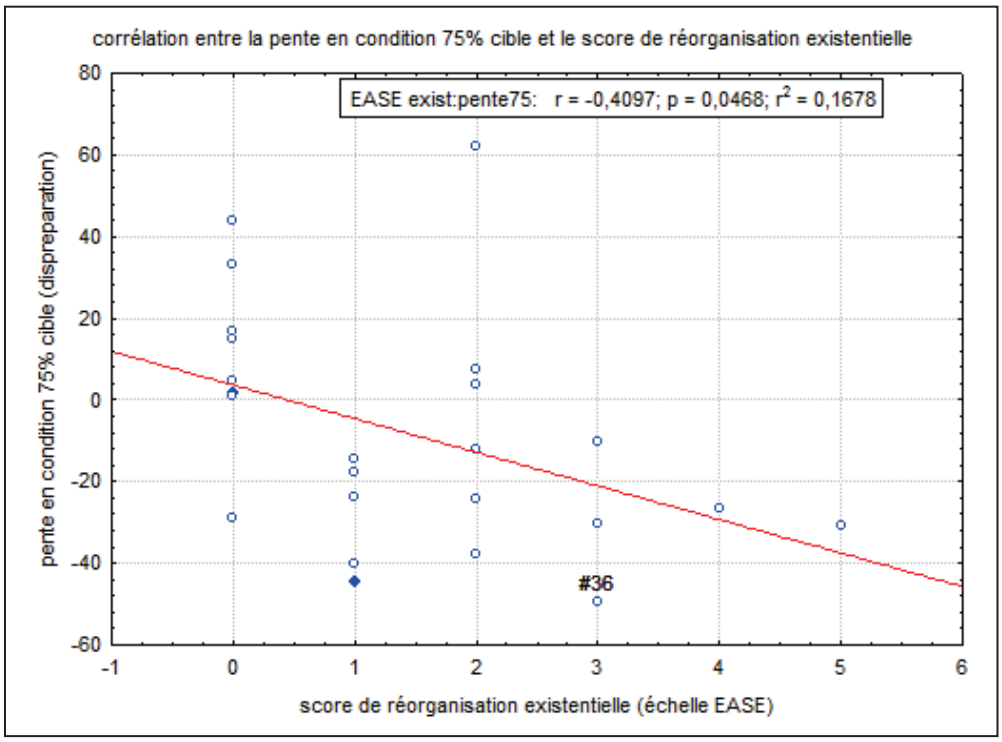


Figure 31. Corrélation entre dispréparation (en ordonnée) et score de réorientation existentielle à l'EASE (en abscisse)

Analyse de sous groupes

Nous sommes allés plus loin dans l'analyse de ces résultats, en réalisant des analyses de sous-groupes pour le score de présence. Un cutoff de 5 pour la présence, a permis de diviser le groupe de patients en deux sous-groupes d'effectifs équivalents (12 avec un score inférieur à 5, et 13 avec un score supérieur ou égal à 5). Nous avons voulu comparer les pentes de la hazard function en condition neutre dans ces deux sous-groupes.

Une analyse de variance a été conduite avec les temps de réaction comme variable dépendante, les SOA comme facteur intra-groupe, et les deux sous groupes définis par les

scores de présence comme la variable catégorielle. Cette analyse retrouve une interaction significative entre SOA et sous-groupes ((F (1,22)=4.7, p<0.05). Les test post hoc montraient une absence de différence entre les temps de réaction pour les deux délai pour les patients qui avaient un score de présence égal ou supérieur à 5, et la persistance d'une hazard function pour les patients présentant un score de présence faible (c'est à dire peu de troubles du sentiment de présence). Ces résultats sont présentés dans le graphique ci-dessous.

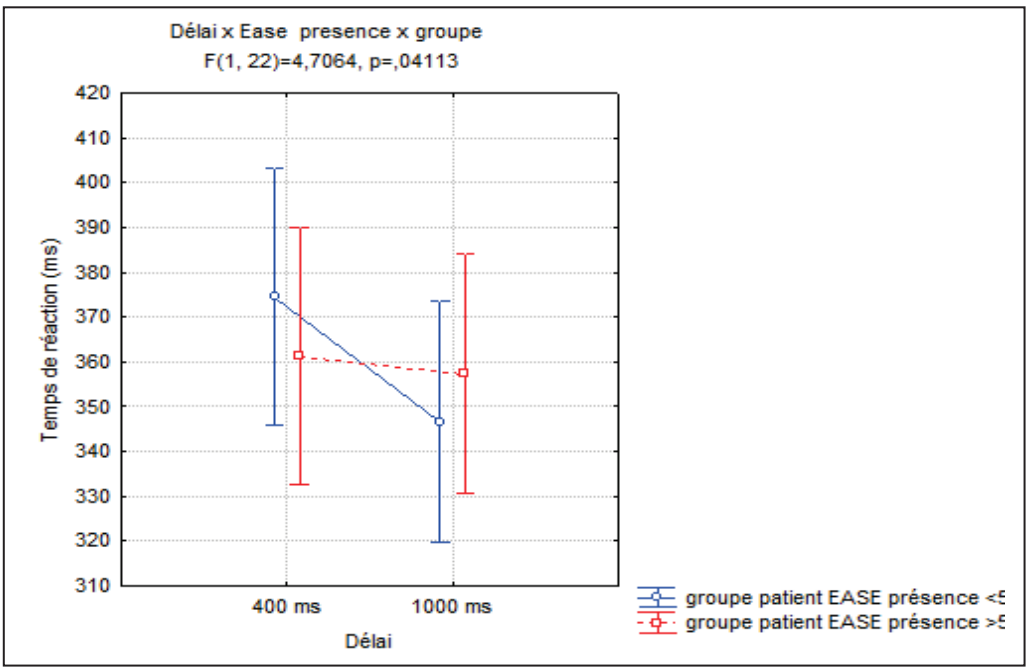


Figure 32. Temps de réaction en fonction du délai dans deux sous groupes de patients déterminés en fonction du score à la sous échelle présence en bleu, les patients (N=12) présentant un score d'altération de la présence <5. En rouge, les patients (N=13) présentant un score d'altération de la présence > ou = 5.

b) Jugement de simultanéité et EASE

Il existe une corrélation, chez les patients, entre le bénéfice de performance apporté par le changement de direction entre les essais successifs et le score 'conscience' de l'échelle ease

(N=23, r=-.55, p<0.01). Moins les patients bénéficient du changement de direction entre les deux essais successifs, plus le score d'altération de la conscience augmente.

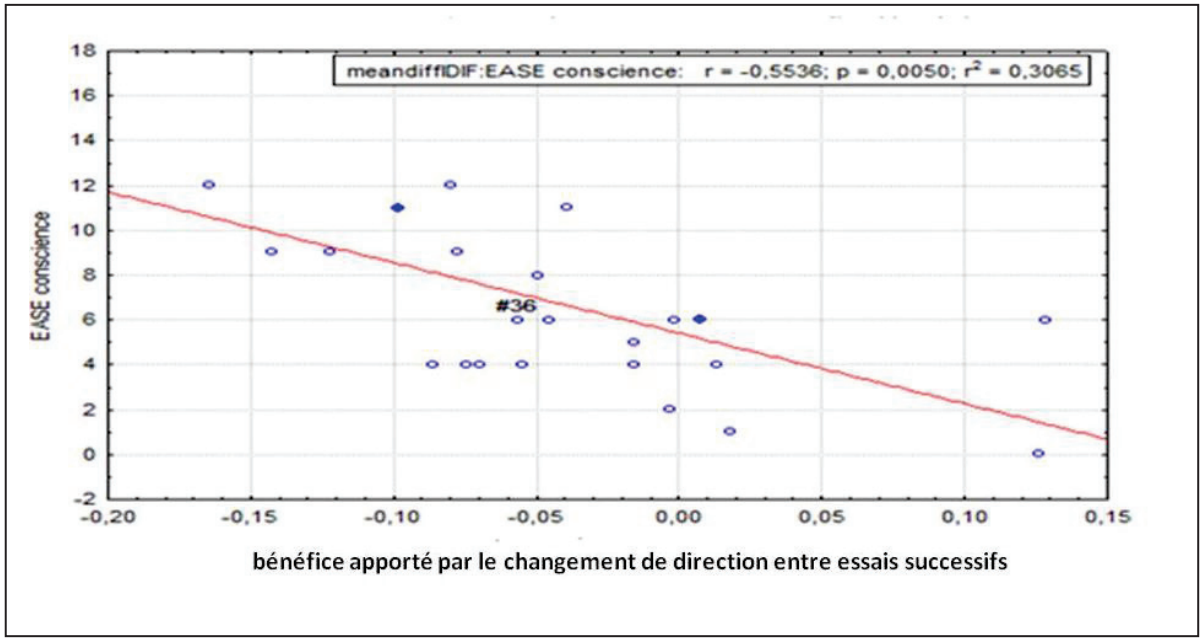


Figure 33. Corrélation entre le score à la sous échelle trouble de la conscience de l'EASE et le bénéfice apporté par le changement de direction entre essais successifs

3. Discussion

a) Des corrélations entre mesures du soi et mesures du temps

Dans les deux études dans lesquelles une mesure des troubles du soi minimal a été réalisée, une corrélation entre performances des sujets sur les tâches temporelles et altérations du soi minimal a été retrouvée.

Tout d'abord, la pente de la hazard function est corrélée aux troubles de la présence (plus la pente de la hazard function est altérée, et plus les troubles de la présence sont importants) ;

il est à noter par ailleurs que l'analyse de sous groupe séparant patients avec et sans altération du sentiment de présence retrouve même une *disparition du phénomène de hazard function* chez les patients avec des troubles de la présence important et une *persistance de la hazard function* chez ceux qui ne présentent que des troubles minimes de la présence.

L'intensité du phénomène de dispreparation est corrélée à la réorganisation existentielle (plus le phénomène de dispreparation est important, et plus ces troubles sont importants).

Enfin, l'absence de bénéfice du changement de direction est corrélé aux troubles du flux de la conscience (moins les sujets utilisent leur détection du changement de direction, et plus ils présentent des troubles du flux de la conscience). Ces résultats documentent pour la première fois les liens entre troubles cognitifs spécifiques et troubles du soi minimal dans la schizophrénie. Aucune étude recherchant l'existence de corrélation entre neuro cognition et soi minimal n'avait pour l'instant retrouvé de corrélations. La plupart de ces études se centraient sur l'évaluation des fonctions cognitives de base (attention, mémorisation, fonctions exécutives) et les liens temps/ soi ont été jusqu'à présent uniquement postulés (que ce soit par la phénoménologie psychiatrique ou les chercheurs en sciences cognitives), mais n'ont pas fait l'objet d'investigation poussée.

Si le lien de causalité entre temps et soi ne peut être prouvé par de simples corrélations, ces dernières ont cependant le mérite d'inviter à se questionner sur les liens entre anticipation temporelle et soi minimal.

b) Présence et hazard function

L'intensité la hazard function est corrélée aux scores de présence : plus la pente de la hazard function est altérée, et plus le score de présence est élevé. Autrement dit, ce résultat suggère que la difficulté des sujets à assimiler l'écoulement du temps pour prédire l'apparition d'une cible est liée aux troubles de la présence.

Le concept phénoménologique de « Présence » s'appuie sur l'observation que nous « habitons » le monde et que, par conséquent, nous sommes immergés dans notre environnement, avant de nous y représenter (« nous résidons dans les choses avant de nous les représenter » (Maldiney, 1991)). Ainsi, « dans nos transactions quotidiennes avec le monde, le sentiment de soi et le sentiment d'immersion dans le monde sont inséparables » (Parnas, 2005). Ce sentiment d'immersion dans notre environnement est corrélatif d'une intégrité du sentiment basique de soi étant donné que ce sentiment d'immersion se donne ou s'exprime au travers d'une perspective en première personne, à travers *ma* perspective. En effet, la conscience de soi est non seulement incluse dans la perception d'un objet distinct de nous, mais en fait partie, « sature » pour ainsi dire la perception assignant au contenu de ma perception le label de sa « mienneté ». Ainsi, « on peut parler d'une présence à soi (normale) lorsque nous sommes directement (de manière non-inférentielle) conscients de nos propres pensées, perceptions, sentiments ou de nos propres douleurs ; ils apparaissent dans un mode de présentation à la première personne qui nous les révèle immédiatement comme étant les nôtres » (Parnas, 2005). Par exemple, lorsque je fais l'expérience de la perception d'un arbre, cette dernière est indissociable de l'expérience d'être celui qui perçoit cet arbre, arbre qui m'apparait certes distinct de moi mais dans ma perspective.

C'est ce défaut de saturation de l'expérience perceptive par le soi qui constitue ainsi l'une des manifestations essentielles de l'altération du sentiment de présence. Le sujet a l'impression que sa propre expérience perceptive ne prend plus son origine en lui, qu'elle n'est plus tout à fait la sienne et qu'il existe un « décalage » entre soi et l'expérience du monde extérieur. Par exemple, le sentiment de "mienneté" de l'expérience perceptive de l'environnement peut devenir subtilement touchée comme dans le vécu de « distance phénoménologique ». Ce que représente ce vécu est décrit dans le paragraphe suivant.

Exemples d'items de la section « troubles de la présence ». Item 2.2.2 : distorsion de la perspective en première personne : distance phénoménologique

Jacques, un patient inclus dans notre étude, nous explique que « c'est difficile à décrire…mais…c'est comme si ce que je perçois…m'arrive avec une seconde de délai…il y a moi qui perçois…et puis il y a la perception qui arrive après…comme si c'était deux choses distinctes…c'est bizarre…ça fait comme si les choses qui m'entouraient se refusaient à moi…mais qu'elle s'accrochaient un peu à moi quand même…mais dans un second temps seulement…un peu comme un baigneur vous voyez qui…sentirait uniquement dans un second temps qu'il est dans l'eau…il nage dans rien puis avec un délai nage dans l'eau…comme si l'eau lui collait pas vraiment à la peau…vous devez vous dire que je suis bizarre docteur… »

Dans le vécu de *« distance phénoménologique »,* que nous venons de décrire, la perception n'est plus « vécue de l'intérieur» mais apparait maintenant comme extérieure, mécanique, autrement dit comme un processus sensoriel détaché du Soi et de toute tonalité affective. Comment se trouble se trouve-t-il lié aux anomalies observés dans le paradigme de préparation ('hazard function') ?

Le processus de preparation (hazard function) est généralement présenté comme permettant au sujet « d'optimiser ses performances » (Coull, 2014). L'exemple de l'athlète attendant le coup de feu est souvent proposé pour illustrer ce phénomène : plus le coup de feu tarde à venir, et plus l'athlète va s'élancer rapidement, car, ayant assimilé de façon automatique l'écoulement du temps, l'augmentation de la probabilité d'apparition de la cible détermine chez lui un temps de réaction plus court. Si cet impact sur les performances du sujet (de l'athlète) est évident, quel pourrait être l'impact de l'absence de hazard function ? A notre connaissance, aucun lien avec le soi n'a été suggéré dans la littérature.

Dans la métaphore de l'athlète, le temps connecte in fine l'athlète à son environnement. Sans assimilation du temps qui passe, le sujet ne pourrait réagir qu'à postériori au coup de feu, traité comme un stimulus isolé, déconnecté de toute forme de continuité, et se produisant d'une certaine façon de novo. Le sentiment d'immersion implicite dans une scène dans laquelle un arbitre va appuyer sur son pistolet, pourrait alors être altéré. Le sujet se sentirait comme extérieur à la scène qu'il est en train de vivre, en l'observant et en y réagissant de l'extérieur, de façon a posteriori, post-dictive, plus que de l'intérieur. C'est là, comme nous l'avons vu, une définition des troubles de la présence.

c) Jugement de simultanéité, détection des changements de direction et troubles de la conscience.

Dans l'étude sur les effets du changement de direction des stimuli sur le jugement d'asynchronie, il apparait que les patients ne bénéficient pas du changement de direction de l'effet N-1 par l'effet N, et n'améliorent pas leur jugement d'asynchronie. Or les résultats chez les sujets sains suggèrent que le bénéfice lié au changement de direction prendrait son origine dans une capacité à lier les stimuli successifs entre eux et à leur suivi attentionnel.

Une corrélation entre des troubles de la conscience et le bénéfice tiré du changement de direction a été retrouvée. Ce bénéfice est estimé par la diminution du taux de réponses 'simultanées' quand les stimuli des essais successifs sont présentés dans un ordre inversé plutôt qu'identique.

Une des caractéristiques phénoménologiques de notre conscience réside dans son « flux », c'est à dire une tendance naturelle à osciller entre quelques moments introspectifs statiques (comme lorsque je prends conscience que je suis en train de penser à telle ou telle chose) et une tendance à changer régulièrement de contenu. Quand bien même le flux de la conscience est de nature saccadée et change quant à son contenu, la conscience de soi reste cependant ininterrompue en tant que flux continu. En d'autre terme, nous sommes toujours conscients de quelque chose, ce qui définit l'intentionnalité. En temps normal, il n'existe pas de distance entre ce flux de pensée (ce dont nous avons conscience) et nous-même. Notre pensée est en quelque sorte « collée » à nous même, sans distance. Notre pensée est donc de nature non spatiale et, selon le mot de Sartre, s'avère « passée sous silence ». Nous ne l'entendons pas. Nous ne la localisons pas dans notre corps (nous ne faisons donc jamais l'expérience de la conscience comme d'une chose localisée sur le plan spatial) tout en ayant le sentiment qu'elle nous appartient, c'est-à-dire tout en ayant le sentiment de sa mienneté.

Ces quelques caractéristiques essentielles notées, il devient possible de décrire quelques changements importants dans les phases précoces de la schizophrénie concernant l'expérience de la pensée propre. Là encore, l'observation centrale réside dans une distanciation du soi du contenu mental, « le contenu mental devenant quasiment autonome » et altéré dans sa mienneté, le sujet faisant l'expérience de ses propres pensées

comme d'un objet extérieur à lui. Les pensées peuvent apparaitre comme venant de nulle part ou être vécues comme spatialisées et être localisées (« j'ai parfois des pensées autonomes qui traversent ma tête en diagonales, de droite à gauche »). Elles sont alors vécues comme des « choses », dans certains endroits du corps. Le flux de la conscience peut s'estomper progressivement ou s'interrompre brutalement comme dans les arrêts de la pensée (item 1.4.) (« ma pensée s'arrête des fois…je me retrouve alors brusquement en plein milieu »). La désappropriation, la désautomatisation du phénomène de penser peut également être vécue sous la forme « d'interférences de la pensée » (item 1.1.), le sujet faisant l'expérience de pensées non contrôlées voire détachées de leur mienneté (perte de l'ipséité de la pensée, item 1.2) et parfois vides de sens, faisant irruption dans la conscience.

Si le sujet perd la capacité à anticiper et relier les stimuli, et les traitent séparément, alors c'est tout le cours de ces phénomènes qui se retrouve altéré. Cette perte du « cours » du traitement de l'information pourrait se traduire par la difficulté à donner sens à la chaine de stimuli traités, dont les rapports réciproques seraient altérés. L'expérience consciente qui en résulterait pourrait, à l'image de quelqu'un qui marcherait en clignant trop longtemps des yeux, se caractérisait par des sensations d'interruption de l'expérience, et, de par sa discontinuité, au sentiment d'étrangeté des contenus psychiques, dont le sens serait altéré par la perte de ses connexions avec l'avant ou l'après.

E. Synthèse des 3 études - Discussion générale

1. Synthèse des résultats et interprétation. Vers un modèle cognitif des troubles du soi minimal ?

En résumé, les différentes études que nous avons présentées suggèrent tout d'abord que l'augmentation des fenêtres de simultanéité chez les patients ne signe pas une fusion des évènements sur des intervalles de temps plus longs. Cette interprétation trouve dans les études utilisant l'effet Simon et celles sur l'intégration multisensorielle deux bases solides.

Par ailleurs, nos différentes études suggèrent une altération des processus élémentaires, automatiques, d'anticipation. Cette hypothèse est soutenue par les résultats obtenus sur l'effet Simon, l'intégration multisensorielle (les anomalies sur les fenêtres de combinaison), la hazard function, et sur les effets des changements de direction entre stimuli successifs. Situé dans le cadre de la théorie du predictive coding, ces résultats suggèrent que les patients, qu'ils constituent ou non de façon adaptée des priors, ne semble pas anticiper efficacement les nouvelles entrées sensorielles, et traitent dans une certaine mesure les stimuli séparément les uns des autres.

Par ailleurs, les résultats de la tâche d'orientation temporelle suggèrent la persistance d'une capacité des patients à utiliser des indices attentionnels, à même de permettre de moduler les effets d'attente.

Nous n'avons pas retrouvé de liens entre ces altérations et la clinique de type DSM. En revanche, différentes corrélations avec les troubles du soi minimal, explorés avec l'EASE, ont été retrouvés : les corrélations entre hazard function et troubles de la présence suggèrent qu'en l'absence d'une hazard function efficiente, la qualité du sentiment d'immersion dans

l'expérience en première personne est altérée. La corrélation entre bénéfice tiré du changement de direction entre séquence de stimuli et les troubles de la conscience suggère qu'en l'absence d'un traitement intégré d'une séquence de stimuli, les sujets font l'expérience d'une désappropriation de leurs contenu de pensée.

Comme nous l'avons enfin discrètement souligné, quelques corrélats neuro physiologiques sous tendant les processus d'anticipation temporelle et le prédictive coding ont été postulés, mettant en avant l'importance de la dynamique oscillatoire reposant sur une connectivité fonctionnelle entre aires cérébrales. Or, de nombreux travaux indiquent des troubles de la connectivité fonctionnelle dans les troubles schizophréniques.

Regroupées, ces données aboutissent à une proposition de modèle cognitif des troubles du soi minimal, qui reste bien entendu à tester davantage. Il est présenté ci-dessous.

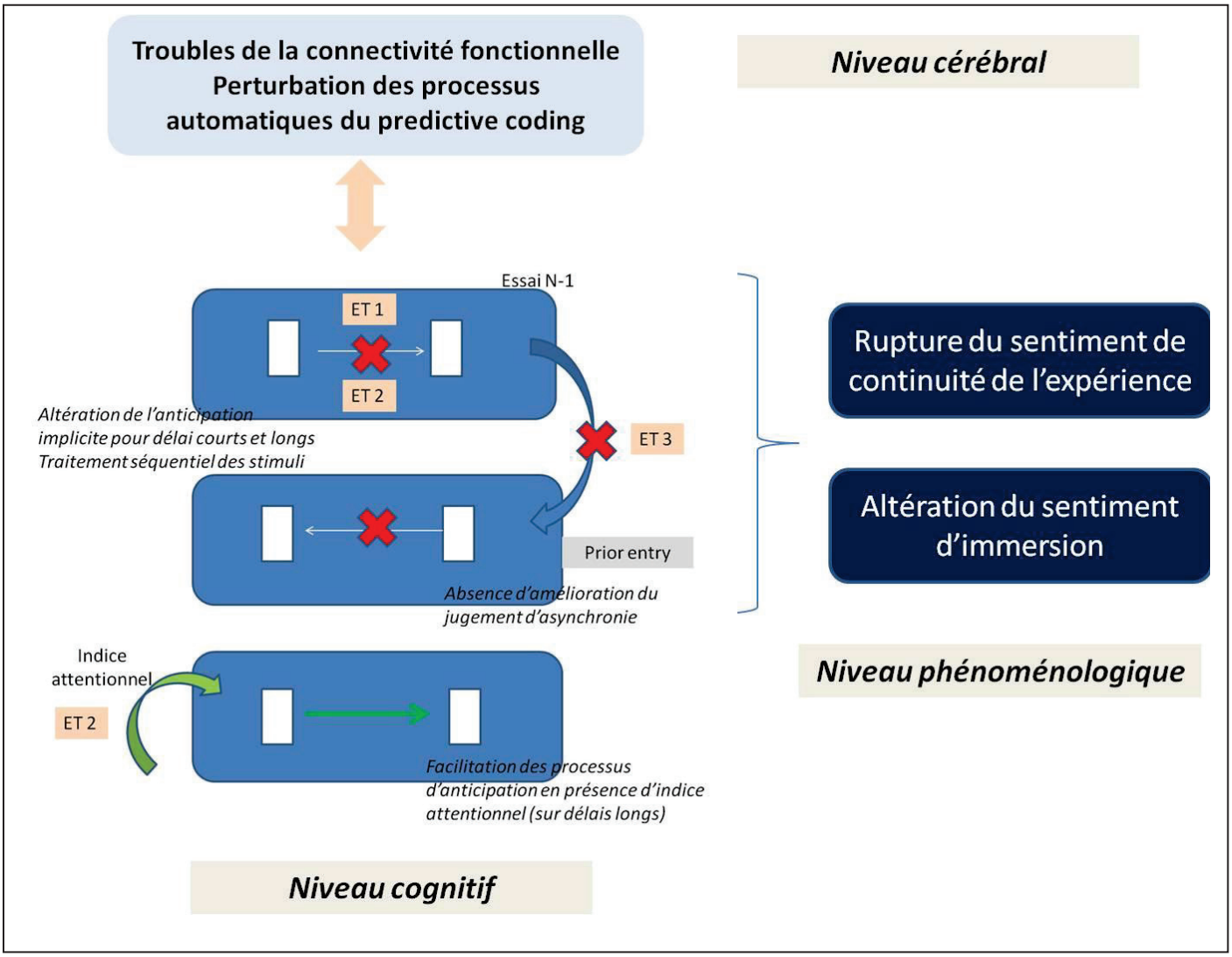


Figure 34. Synthèse des résultats. Perturbations des processus temporels automatiques impliqués dans le predictive coding et leurs liens potentiels avec les troubles du soi minimal

2. Perspectives de recherche

a) Etudes des corrélats neuro physiologiques des altérations temporelles

Une façon de poursuivre ces travaux pourrait consister à identifier avec précision les corrélats neuro physiologiques des déficits d'anticipation élémentaires des patients.

Plusieurs pistes peuvent être explorées, en fonction des tâches utilisées.

Les travaux sur la fenêtre d'intégration temporelle et plus particulièrement sur le rôle prédictif de l'information visuelle (le visème) sur l'information auditive à venir, pourraient être explorés. En effet, en MEG, il a été démontré que lorsque l'on voit son interlocuteur, les latences de la réponse auditive (M100) sont plus courtes qu'en condition auditive seule. Entre en jeu la connectivité fonctionnelle entre aire du traitement de l'information visuelle en mouvement et aires auditives.

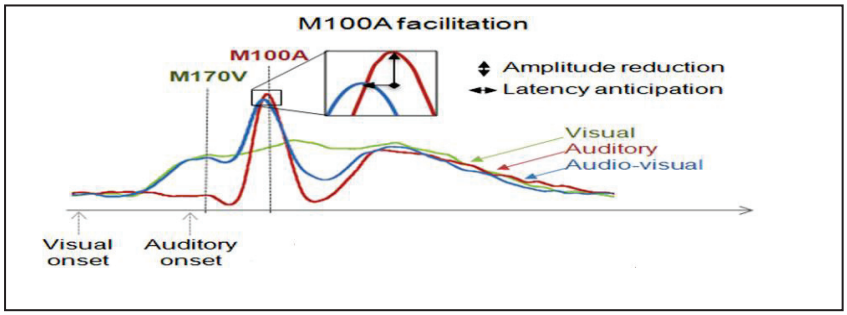


Figure 35. Diminution de la latence et de l'amplitude des potentiels évoqués auditifs en condition mutlimodale (en bleu) par rapport à la condition unimodale (en rouge). D'après Arnal et al, 2009.

La théorie du predicitive coding stipule également que l'activité neurale reflète la différence entre signaux prédits et entrants ce qui se traduit par une activité plus faible lorsqu'un signal est correctement anticipé. Ceci renvoie, comme nous l'avons vu, à un état d'entropie minimale (Friston, 2010). Investiguer la persistance ou la disparation de ces signatures

electro physiologiques dans les troubles schizophréniques pourraient renforcer les hypothèses issues des données comportementales que nous avons présentées autour de l'effet McGurk.

Les hypothèses issues des données comportementales sur la hazard function pourraient également bénéficier d'études en IRM fonctionnelle. En effet, des études récentes indiquent que le cortex pariétal inférieur gauche est davantage activé en présence d'indice temporel qu'en présence d'indices neutres (Coull et al, 2014 ; Davranche et al, 2011). L'augmentation des délais se traduit par ailleurs par une augmentation de l'activité au niveau de l'aire motrice supplémentaire, du cortex prémoteur et du cortex visuel primaire. On observe également une augmentation de l'activité dans le cortex pariétal inférieur gauche et préfrontal droit mais ceci de façon beaucoup plus prononcée en condition neutre que dans la condition avec des indices temporels. Une signature de la hazard function semble ainsi résider dans l'augmentation d'activité dans le cortex pariétal inférieur gauche. La recherche de la présence ou de l'absence de ces signatures cérébrales serait à même de renforcer l'hypothèse d'une altération de la hazard function chez les patients. De même le maintien des signatures liées à la présence des indices serait à même là encore de renforcer l'hypothèse d'une préservation des effets attentionnels dans la schizophrénie.

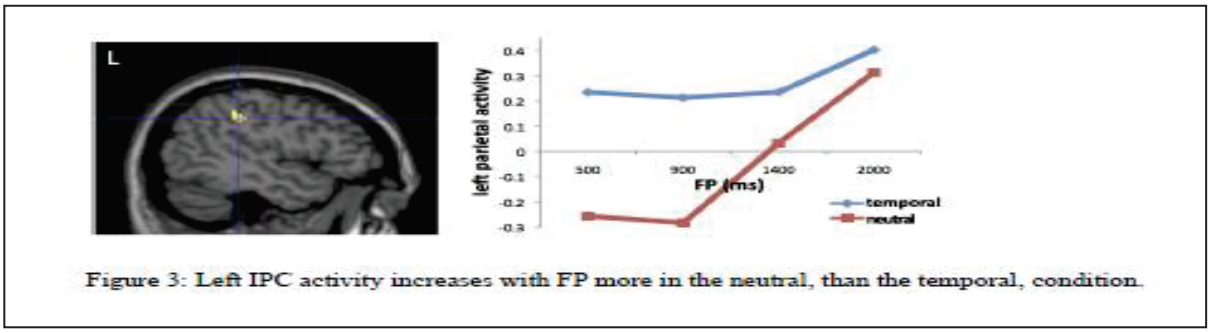


Figure 36. Activité dans le cortex pariétal inférieur gauche en fonction des délais et des conditions (indices neutres ou valides) . D'après Coull et al (2014)

b) Des limites d'une recherche ciblant un objet flou : la « schizophrénie ». Intérêt d'un modèle conceptuel de la schizophrénie pour la constitution des groupes de patients.

Un autre point de discussion, plus général, consiste à questionner la viabilité de la recherche fondamentale sur la schizophrénie compte tenu du flou conceptuel qui entoure cette notion. En effet, comme nous l'avons souligné dans notre revue de la littérature, la notion de « schizophrénie » et son diagnostic selon les critères du DSM-5 sont d'une validité scientifique très limitée étant donné qu'il n'existe pas de corrélation anatomo-clinique permettant de justifier cette catégorie nosographique et que, par ailleurs, le critère évolutif kraepelinien n'est pas opérant pour rendre compte de l'évolution indirecte d'une supposée lésion (les travaux sur le rétablissement indiquent en effet un grand nombre d'évolutions différentes). Cela nous ramène d'une certaine façon à Bleuler, qui parlait bien du « groupe des schizophrénies » et non de « la » schizophrénie, en soulignant qu'il regroupait sous un même terme des troubles probablement différents, « pour des raisons de commodité ».

De façon plus pragmatique, un certain nombre d'études indiquent la fiabilité inter juge limitée du diagnostic de schizophrénie lorsque ce dernier est basé sur les critères du DSM. D'autres études indiquent la multiplication exponentielle du diagnostic de schizophrénie selon le nombre de systèmes diagnostics utilisés. L'ensemble de ces arguments conduit ainsi certains auteurs à estimer « *qu'il ne sert à rien de faire de la rechercher étiologique sur la schizophrénie compte tenu du fait que le concept de schizophrénie est un concept flou, sans validité scientifique* ».

Parmi nos résultats, à prendre avec beaucoup de prudence cependant compte tenu du nombre limité de patients, figure l'existence d'une corrélation entre les scores de troubles du soi minimal et la pente de la hazard function, laquelle est supposée refléter la capacité du sujet à suivre et accumuler le temps. Cette corrélation est observées alors même que la comparaison entre les deux groupes contrôles et patients ne montre aucune différence significative. Plus encore, lorsque le groupe des patients est séparé en deux, avec vs sans troubles du soi minimal, le groupe de patients avec troubles du soi minimal présente une disparition de la hazard function, ce qui n'est pas le cas chez les autres. Malgré le faible nombre de sujets, cette différence apparait significative.

Il est dès lors possible de soulever la question suivante : les patients présentant des scores faibles du soi minimal peuvent-ils réellement être considérés comme souffrant de schizophrénie au même titre que les autres ? Un grand nombre de travaux proposent de considérer les troubles du soi minimal comme spécifiques des troubles du spectre schizophrénique. Ces travaux proposent ainsi une définition beaucoup plus solide sur le plan conceptuel et psychopathologique que la check-list rudimentaire du DSM-5. Ils invitent également à intégrer la question du sens de l'expérience vécue dans la démarche diagnostique, c'est-à-dire une démarche compréhensive, celle de la phénoménologie, celle de la description du vécu. Dépassant la simple description comportementale, se décalant d'une pure approche positiviste, ne s'agirait-il pas là d'une perspective importante pour la recherche, y compris fondamentale, permettant de mieux circonscrire son objet d'étude (la schizophrénie) pour justifier la rigueur méthodologique mobilisée dans la psychologie expérimentale et ensuite étudier des catégories diagnostiques mieux définies ?

3. Perspectives thérapeutiques

Une des applications thérapeutiques des sciences cognitives en psychiatrie réside dans la remédiation cognitive. La remédiation cognitive repose sur l'entrainement des fonctions cognitives déficitaires (approche par stimulation, bottom up) et/ou la découverte de stratégies de compensation (approche par compensation, top down). Comme nous l'avons vu dans l'étude sur la hazard function, si cette dernière semble fragilisée chez les patients, il persiste une possibilité de modulation des déficits d'anticipation par l'utilisation d'indices attentionnels. Il pourrait s'agit là d'une piste pour une remédiation cognitive des troubles du soi minimal envisagés comme expression d'une altération de la temporalité implicite. Restera cependant à évaluer le coût cognitif de la mobilisation de stratégies coûteuses sur le plan attentionnel et/ou la possibilité pour les patients d'automatiser de type de stratégies.

CONCLUSION

A l'issue de ce travail composé d'une revue de la littérature et des résultats des études que nous avons menées, quelques pistes supplémentaires de compréhension des troubles schizophréniques semblent se dégager. Ces pistes se cristallisent dans l'hypothèse que les troubles du soi minimal pourraient constituer tout d'abord l'une des manifestations centrale et verbalisable du vécu schizophrénique, à la condition de se donner les moyens de permettre au patient d'exprimer ce vécu. Par ailleurs ces troubles du soi minimal pourraient ne constituer que l'expression de surface d'une altération plus profonde qui s'avère, elle, difficilement verbalisable : celle des processus élémentaires de temporalisation. Nous avons également tenté de dégager quelques perspectives de recherche qui pourraient se situer dans la continuité de ce travail ainsi que quelques ouvertures dans le domaine de la thérapeutique.

Nous souhaitions conclure par deux questionnements généraux qui parcourent implicitement cette thèse et qui touchent à la question de la recherche en psychiatrie.

De l'intérêt du dialogue entre approche compréhensive et explicative. La bipolarité épistémologique de la psychiatrie ?

Tout au long de ce travail, nous avons cherché à faire dialoguer, de façon sans doute parfois maladroite, démarche compréhensive, ancrée dans la relation (descriptions d'inspiration phénoménologique, EASE…) et démarche explicative, naturaliste (tâches de psychologie

expérimentale, mesures quantitatives…). Ce dialogue entre ce que certains considèrent comme deux pôles de la connaissance nous semble important à nouer dans la recherche en psychiatrie, au risque d'assécher l'une ou l'autre de ces démarches. Nous suivons ainsi Minkowski lorsqu'il estimait que « *le reproche que je fais parfois […] à la psychologie et à la psychiatrie dites scientifiques est qu'elles veulent à tout pris être scientifiques. De ce fait elles évoluent peut être dans un monde en partie restreint, en se privant précisément de ces perspectives dont je viens de parler* » (Minkowski fait référence ici aux perspectives phénoménologiques). (Minkowski, 1959). En effet, « *tôt ou tard, quelles que soient nos connaissances sur l'hérédité, sur le milieu, sur les troubles endocriniens, sur l'histopathologie cérébrale, sur les effets pharmacodynamiques de certains agents médicamenteux, à un moment donné, inéluctablement, entre en jeu une autre optique qui, elle procède directement de la rencontre humaine et du dialogue* » (Minkowski, 1957). Toute proportion gardée et à une échelle qui est la sienne, notre approche a résolument cherché à se situer dans ce souci d'un équilibre entre ces deux pôles. C'est, pour nous, de la rencontre de ces deux approches que nous sont d'ailleurs apparus les effets les plus porteurs et riche de sens de ce modeste travail.

Cette recherche du difficile alliage entre sciences humaines et sciences naturelles se situe sans doute, plus largement, au cœur de la psychiatrie, de son identité. C'est ce que certains appellent la « bipolarité épistémologique » de la psychiatrie (Gauchet & Swain,1980 ; Swain, 1977) que formule à sa façon Henri Ey lorsqu'il estime que « *sollicitée comme au temps d'Hippocrate entre Cnide et Cos, elle [la psychiatrie] doit trouver la ligne de ses progrès dans l'équilibre de ces deux tendances qui sont comme les contraires qu'elle a pour mission de concilier*» (Ey, 1948).

Ainsi, cette définition de la psychiatrie n'offre t elle pas un repère central qui indique l'une des particularités de la recherche en psychiatrie ?

La condition de chercheur

Malgré l'ardeur que nous avons mise dans ce travail à l'étude de la question du temps et de ses éventuelles perturbations dans les troubles dits schizophréniques, étude qui s'est déroulée sur 4 années, force est de constater que le temps n'a pas livré ses mystères. Tout au plus s'est il peut être légèrement dévoilé, en suscitant d'ailleurs, au travers de quelques éclaircies, plus de questions que de réponses, et offrant par la même occasion à la « schizophrénie » le privilège (ou le malheur) de continuer à occuper une place de choix dans le royaume de l'incompréhensible identifié par Jaspers, ou dans l'« univers indéchiffrable » de Camus (Camus, 1942, p.266). Ainsi s'éloigne bien évidemment, malgré tous les efforts entrepris et que nous allons continuer à mobiliser, l'idée de faire du temps l'une de ces « *catégories qui expliquent tout* », ce qui aurait « *de quoi faire rire l'homme honnête* » (Camus, 1942, p.266).

Mais alors, « quelle est cette condition […] où l'appétit de conquête se heurte à des murs qui défient ses assauts ? » (Camus, 1942, p. 265).

Celle du « *pari déchirant et merveilleux de l'absurdité ?* » (Camus, 1942, p. 285).

Celle de « *l'exigence d'une impossible transparence ?* » (Camus, 1942, p. 285).

Celle d'une révolte qui nous réunit ?

Résumé / Summary

Mot clés :

Schizophrénie – temporalité – anticipation – soi – phénoménologie – psychologie cognitive

Résumé :

Les troubles de la temporalité dans la schizophrénie ont fait l'objet de nombreuses descriptions cliniques, notamment de la part de la phénoménologie psychiatrique. Cette dernière considère le temps comme un contenant plus qu'un contenu de la perception c'est-à-dire un processus constitutif essentiel de l'expérience subjective : la conscience est en effet structurée dans le temps. Dans le modèle de Husserl, le temps, assure au travers de processus automatiques de rétention, de présentation et de protention une mise en forme stable et continue de l'expérience. En témoigne l'image de la perception d'une mélodie où chaque note perçue est, au moment même de sa perception, reliée et perçue avec la note précédente qui n'existe plus (rétention) et fait l'objet d'une anticipation vers la note à venir qui n'existe pas encore (protention). Ces processus automatiques déterminent dans ce modèle la capacité du sujet à nouer un sentiment de familiarité avec sa propre expérience, qu'il perçoit comme stable et continue.

L'un des modèles phénoménologiques des troubles schizophréniques postule un vacillement des processus assurant la structuration temporelle de la conscience, qui induit par conséquent le vacillement de l'expérience subjective à son niveau le plus basique et détermine un vécu d'étrangeté du sujet à l'égard de sa propre expérience. Ces approches descriptives trouvent cependant leurs limites dans la mesure où la description des processus de temporalisation d'autrui s'avère difficile d'accès par une méthode introspective. Approcher les processus de temporalisation par les sciences cognitives pourrait permettre de dépasser ces limites. Les travaux récents sur l'altération des jugements de simultanéité (qui ne semble cependant pas signer une fusion des évènements à un niveau implicite et automatique) et des processus élémentaires d'anticipation temporelle (évalués cependant à l'échelle de la milliseconde) dans les troubles schizophréniques ainsi que les liens qu'il est possible d'entrevoir avec la théorie du codage prédictif de l'information fournissent un premier ensemble de données très encourageant sur le chemin d'une compréhension cognitiviste du temps schizophrénique.

L'objectif de notre travail a consisté à valider d'une part l'hypothèse d'une dissociation des capacités conscientes et automatiques de discrimination des événements dans le temps, en utilisant les paradigmes qui explorent les contraintes temporelles de l'intégration multisensorielle (Etude 1). D'autre part, nous avons étudié directement l'anticipation temporelle implicite à l'aide d'un paradigme dédié (en l'occurrence, la tâche d'orientation temporelle, Etude 2). Nous avons également analysé les réponses automatiques des sujets dans une tâche de discrimination des événements dans le temps, pour vérifier ce que les patients peuvent ou non prédire (Etude 3). Nous avons également cherché à tester l'hypothèse d'un lien entre temporalité et soi minimal par la recherche de corrélations entre performances sur les tâches temporelles et mesures d'inspiration phénoménologie

du soi minimal. Cette démarche expérimentale a été accompagnée d'une réflexion théorique sur les liens entre temporalité et soi minimal dans la schizophrénie (étude 4).

Les principaux résultats de notre travail confirment une altération des processus d'anticipation implicite que nous tenterons de situer dans le contexte du codage prédictif de l'information. Nous avons également retrouvé des corrélations entre troubles du soi minimal et performances des sujets. Les implications en termes de recherche (recherche de corrélats neuro physiologiques) et de thérapeutiques (remédiation cognitive) sont discutés en conclusion.

Keywords

Schizophrenia – temporality – prediction – self – phenomenology – cognitive psychology

Summary

Temporality disorders in schizophrenia have been the subject of numerous clinical descriptions, particularly from the psychiatric phenomenology. The latter considers time more as a container than a content of perception, i.e. an essential component of subjective experience: consciousness is indeed structured in time. Husserl describes a tripartite structure of time consciousness, which is seen as an automatic integration of the past, the present, and the future. He gives the example of music. When we listen to a melody, we are conscious of the present note but still have the previous note in mind ("retention") and usually anticipate the note to come. In this model, these automatic processes determine the subject's ability to forge a sense of familiarity with his own mental life, experienced as stable and continuous.

One of the phenomenological models of schizophrenia disorders postulates a breakdown of the temporal structure of consciousness, which consequently induces disturbances of the subjective experience at its most basic level (the level of minimal self) and determines a strangeness experience. These descriptive approaches, however, are limited by the fact that it is difficult to describe the temporal structure of the patients' experience by means of an introspective method. Exploring temporality with cognitive sciences could help to overcome these limitations. Recent works focusing on the alteration of simultaneity judgments and basic temporal predictive processes (however measured at the scale of a millisecond) in schizophrenic disorders and the links it is possible to foresee with predictive coding theory provide a very encouraging first set of data on the way to a cognitive understanding of the patients' experience of time.

The objective of our work was to validate on the one hand the hypothesis of a dissociation between the conscious and automatic discrimination of events in time, using paradigms assessing the temporal constraints of multisensory integration (Study 1). On the other hand, we studied directly implicit time prediction with a dedicated paradigm (in this case, the temporal orienting task, Study 2). We also analyzed the automatic responses of subjects in an event discrimination task in time to check what patients can and cannot predict (Study 3). We finally explored the hypothesis of a link between temporal and minimal self by looking for correlations between performance on temporal tasks and phenomenologically inspired measures of the minimal self. This experimental approach has been accompanied by a theoretical reflection on the relationship between temporality and minimal self in schizophrenia (Study 4).

The main results of our study confirms an alteration of automatic prediction processes that we discuss within the framework of the predictive coding theory. We also found several correlations between the minimal self disturbances and time performance. The implications for research (research of neuro physiological correlates) and therapeutics (cognitive remediation) are discussed in conclusion.

Bibliographie

Andreasen, N. C. (1999). A unitary model of schizophrenia: Bleuler's « fragmented phrene » as schizencephaly. *Archives of General Psychiatry*, *56*(9), 781‑787.

Arnal, L. H., Morillon, B., Kell, C. A., & Giraud, A.-L. (2009). Dual neural routing of visual facilitation in speech processing. *The Journal of Neuroscience: The Official Journal of the Society for Neuroscience*, *29*(43), 13445‑13453. http://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.3194-09.2009

Arnal, L. H., Wyart, V., & Giraud, A.-L. (2011). Transitions in neural oscillations reflect prediction errors generated in audiovisual speech. *Nature Neuroscience*, *14*(6), 797‑801. http://doi.org/10.1038/nn.2810

Association, A. P., Crocq, M.-A., Guelfi, J.-D., Boyer, P., Pull, C.-B., & Pull, M.-C. (2015). *DSM-5 - Manuel diagnostique et statistique des troubles mentaux* (5e édition). Issy-les-Moulineaux: Elsevier Masson.

Binswanger, L. (1971). *Introduction à l'analyse existentielle*. Paris: Editions de Minuit (publication originale 1947).

Binswanger, L. (1993). *Délire*. Grenoble (France): Million (publication originale 1965).

Blankenburg, W. (1991). *La Perte de l'évidence naturelle*. Paris: Presses Universitaires de France - PUF (publication originale 1969).

Bleuler, E. (1993). *Dementia Praecox ou Groupe des schizophrénies*. Paris: Epel Editions (publication originale 1911).

Brown, S. W. (2006). Timing and executive function: bidirectional interference between concurrent temporal production and randomization tasks. *Memory & Cognition*, *34*(7), 1464‑1471.

Brown, S. W., & Boltz, M. G. (2002). Attentional processes in time perception: effects of mental workload and event structure. *Journal of Experimental Psychology. Human Perception and Performance*, *28*(3), 600‑615.

Brown, S. W., & Merchant, S. M. (2007). Processing resources in timing and sequencing tasks. *Perception & Psychophysics*, *69*(3), 439‑449.

Buhusi, C. V., & Meck, W. H. (2007). Effect of clozapine on interval timing and working memory for time in the peak-interval procedure with gaps. *Behavioural Processes*, *74*(2), 159‑167. http://doi.org/10.1016/j.beproc.2006.10.004

Buser, P., & Debru, C. (2011). *Le Temps, instant et durée: De la philosophie aux neurosciences*. Paris: Odile Jacob.

Camus, A. (1942). Le mythe de Sisyphe. Essai sur l'absurde. In *Albert Camus. Oeuvres.* Paris: Gallimard.

Carroll, C. A., Boggs, J., O'Donnell, B. F., Shekhar, A., & Hetrick, W. P. (2008). Temporal processing dysfunction in schizophrenia. *Brain and Cognition*, *67*(2), 150‑161. http://doi.org/10.1016/j.bandc.2007.12.005

Celesia, G. G. (1976). Organization of auditory cortical areas in man. *Brain: A Journal of Neurology*, *99*(3), 403‑414.

Cermolacce, M., Naudin, J., & Parnas, J. (2007). The « minimal self » in psychopathology: re-examining the self-disorders in the schizophrenia spectrum. *Consciousness and Cognition*, *16*(3), 703‑714. http://doi.org/10.1016/j.concog.2007.05.013

Chandrasekaran, C., Trubanova, A., Stillittano, S., Caplier, A., & Ghazanfar, A. A. (2009). The natural statistics of audiovisual speech. *PLoS Computational Biology*, *5*(7), e1000436. http://doi.org/10.1371/journal.pcbi.1000436

Charbonneau, G. (2010). *Introduction à la psychopathologie phénoménologie T. I*. Paris:

MJW Fédition.

Conrey, B., & Pisoni, D. B. (2006). Auditory-visual speech perception and synchrony detection for speech and nonspeech signals. *The Journal of the Acoustical Society of America*, *119*(6), 4065‑4073.

Correa, A., Lupiáñez, J., Milliken, B., & Tudela, P. (2004). Endogenous temporal orienting of attention in detection and discrimination tasks. *Perception & Psychophysics*, *66*(2), 264‑278.

Coull, J. T., & Nobre, A. C. (1998). Where and when to pay attention: the neural systems for directing attention to spatial locations and to time intervals as revealed by both PET and fMRI. The Journal of Neuroscience: *The Official Journal of the Society for Neuroscience, 18(18), 7426-7435*.

Coull, J. T. (2009). Neural Substrates of Mounting Temporal Expectation. *PLOS Biol*, *7*(8), e1000166. http://doi.org/10.1371/journal.pbio.1000166

Coull, J. T., Davranche, K., Nazarian, B., & Vidal, F. (2013). Functional anatomy of timing differs for production versus prediction of time intervals. *Neuropsychologia, 51(2), 309-319. https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2012.08.017*

Coull, J. T., Cotti, J., & Vidal, F. (2014). Increasing Activity in Left Inferior Parietal Cortex and Right Prefrontal Cortex with Increasing Temporal Predictability: An fMRI Study of the Hazard Function. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, *126*, 41‑44. http://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.02.311

Davalos, D. B., Kisley, M. A., & Freedman, R. (2005). Behavioral and electrophysiological indices of temporal processing dysfunction in schizophrenia. *The Journal of Neuropsychiatry and Clinical Neurosciences*, *17*(4), 517‑525. http://doi.org/10.1176/jnp.17.4.517

Davranche, K., Nazarian, B., Vidal, F., & Coull, J. (2011). Orienting attention in time activates left

intraparietal sulcus for both perceptual and motor task goals. *Journal of Cognitive Neuroscience, 23(11), 3318-3330. https://doi.org/10.1162/jocn_a_00030*

de Gelder, B., Vroomen, J., Annen, L., Masthof, E., & Hodiamont, P. (2003). Audio-visual integration in schizophrenia. *Schizophrenia Research*, *59*(2‑3), 211‑218.

Deubel, H. (2008). The time course of presaccadic attention shifts. *Psychological Research*, *72*(6), 630‑640. http://doi.org/10.1007/s00426-008-0165-3

Drazin, D. (1961). Effects of foreperiod, foreperiod variability, and probability of stimulus occurence on simple reaction time. *J Exp Psychol*, (62), 43‑50.

Droit-Volet, S., Brunot, S., & Niedenthal, P. (2004). Perception of the duration of emotional events. *Cognition and Emotion*, (18), 849‑858.

Elvevåg, B., McCormack, T., Gilbert, A., Brown, G. D. A., Weinberger, D. R., & Goldberg, T. E. (2003). Duration judgements in patients with schizophrenia. *Psychological Medicine*, *33*(7), 1249‑1261.

Exner, C., Weniger, G., Schmidt-Samoa, C., & Irle, E. (2006). Reduced size of the pre-supplementary motor cortex and impaired motor sequence learning in first-episode schizophrenia. *Schizophrenia Research*, *84*(2–3), 386‑396. http://doi.org/10.1016/j.schres.2006.03.013

Ey, H. (2006). *Etudes psychiatriques*. Perpignan: CREHEY Cercle de Recherche et d'Edition Henri Ey) (publication originale 1948).

Ey, H., Bernard, P., & Brisset, C. (1960). *Manuel de psychiatrie*. Paris: Masson. Consulté à l'adresse https://www.amazon.fr/Manuel-psychiatrie-Henri-Ey/dp/2294711580

Farrer, C., Franck, N., Frith, C. D., Decety, J., Georgieff, N., d'Amato, T., & Jeannerod, M. (2004). Neural correlates of action attribution in schizophrenia. *Psychiatry Research*,

131(1), 31‑44. http://doi.org/10.1016/j.pscychresns.2004.02.004

Fink, M., Ulbrich, P., Churan, J., & Wittmann, M. (2006). Stimulus-dependent processing of temporal order. *Behavioural Processes*, *71*(2‑3), 344‑352. http://doi.org/10.1016/j.beproc.2005.12.007

Foucher, J. (2009). *35 psychoses : la classification des psychoses endogènes de Karl Leonhard : Synopsis et revue des travaux*. Paris: Books on Demand.

Foucher, J. R., Lacambre, M., Pham, B.-T., Giersch, A., & Elliott, M. A. (2007). Low time resolution in schizophrenia Lengthened windows of simultaneity for visual, auditory and bimodal stimuli. *Schizophrenia Research*, *97*(1‑3), 118‑127. http://doi.org/10.1016/j.schres.2007.08.013

Franck, N., Farrer, C., Georgieff, N., Marie-Cardine, M., Daléry, J., d'Amato, T., & Jeannerod, M. (2001). Defective recognition of one's own actions in patients with schizophrenia. *The American Journal of Psychiatry*, *158*(3), 454‑459. http://doi.org/10.1176/appi.ajp.158.3.454

Franck, N., Posada, A., Pichon, S., & Haggard, P. (2005). Altered subjective time of events in schizophrenia. *The Journal of Nervous and Mental Disease*, *193*(5), 350‑353.

Friston, K. (2010). The free-energy principle: a unified brain theory? *Nature Reviews. Neuroscience*, *11*(2), 127‑138. http://doi.org/10.1038/nrn2787

Frith, C. (2005). The neural basis of hallucinations and delusions. *Comptes Rendus Biologies*, *328*(2), 169‑175.

Fuchs, T. (2007). The temporal structure of intentionality and its disturbance in schizophrenia. *Psychopathology*, *40*(4), 229‑235. http://doi.org/10.1159/000101365

Fuchs, T. (2010). Subjectivity and intersubjectivity in psychiatric diagnosis. *Psychopathology*, *43*(4), 268‑274. http://doi.org/10.1159/000315126

Galambos, R., Makeig, S., & Talmachoff, P. J. (1981). A 40-Hz auditory potential recorded from the human scalp. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, *78*(4), 2643‑2647.

Gallagher, null. (2000). Philosophical conceptions of the self: implications for cognitive science. *Trends in Cognitive Sciences*, *4*(1), 14‑21.

Garrabé, J. (2003). *La schizophrénie. Un siècle pour comprendre*. Paris: Le Seuil.

Gauchet, M., & Swain, G. (1980). *La pratique de l'esprit humain: l'institution asilaire et la révolution démocratique.* Paris: Gallimard.

Gibbon, J. (1977). Scalar expectancy theory and Weber's law in animal timing. *Psychological Review*, *84*, 279‑325.

Gibbon, J., Church, R. M., & Meck, W. H. (1984). Scalar timing in memory. *Annals of the New York Academy of Sciences*, *423*, 52‑77.

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. http://doi.org/10.1093/schbul/sbn016

Giersch, A., Lalanne, L., & Isope, P. (2016). Implicit Timing as the Missing Link between Neurobiological and Self Disorders in Schizophrenia? *Frontiers in Human Neuroscience*, *10*, 303. http://doi.org/10.3389/fnhum.2016.00303

Giersch, A., Lalanne, L., van Assche, M., & Elliott, M. A. (2013). On disturbed time continuity in schizophrenia: an elementary impairment in visual perception? *Frontiers in Psychology*, *4*, 281. http://doi.org/10.3389/fpsyg.2013.00281

Giersch, A., Poncelet, P. E., Capa, R. L., Martin, B., Duval, C. Z., Curzietti, M., … Lalanne, L. (2015). Disruption of information processing in schizophrenia: The time perspective. *Schizophrenia Research: Cognition*, *2*(2), 78‑83.

http://doi.org/10.1016/j.scog.2015.04.002

Graham-Schmidt, K. T., Martin-Iverson, M. T., Holmes, N. P., & Waters, F. A. V. (2016). When one's sense of agency goes wrong: Absent modulation of time perception by voluntary actions and reduction of perceived length of intervals in passivity symptoms in schizophrenia. *Consciousness and Cognition*, *45*, 9–23. http://doi.org/10.1016/j.concog.2016.08.006

Granjon, M., Possamaï, C. A., Reynard, G., & Oberti, D. (1979). Influence of an intertrial interval on sequential effects related to preparatory period duration for reaction time-task. *Perceptual and Motor Skills*, *49*(3), 979–987. http://doi.org/10.2466/pms.1979.49.3.979

Gray, C. M., König, P., Engel, A. K., & Singer, W. (1989). Oscillatory responses in cat visual cortex exhibit inter-columnar synchronization which reflects global stimulus properties. *Nature*, *338*(6213), 334–337. http://doi.org/10.1038/338334a0

Griguer, J. L. (1984). *Approche phénoménologique et psychanalytique de la rencontre avec le psychotique*. Jean Moulin. Faculté de philosophie, Lyon.

Grommet, E. K., Droit-Volet, S., Gil, S., Hemmes, N. S., Baker, A. H., & Brown, B. L. (2011). Time estimation of fear cues in human observers. *Behavioural Processes*, *86*(1), 88–93. http://doi.org/10.1016/j.beproc.2010.10.003

Grondin, S. (2010). Timing and time perception: a review of recent behavioral and neuroscience findings and theoretical directions. *Attention, Perception & Psychophysics*, *72*(3), 561–582. http://doi.org/10.3758/APP.72.3.561

Haggard, P., Martin, F., Taylor-Clarke, M., Jeannerod, M., & Franck, N. (2003). Awareness of action in schizophrenia. *Neuroreport*, *14*(7), 1081–1085. http://doi.org/10.1097/01.wnr.0000073684.00308.c0

Harrington, D. L., Haaland, K. Y., & Knight, R. T. (1998). Cortical networks underlying mechanisms of time perception. *The Journal of Neuroscience: The Official Journal of the Society for Neuroscience*, *18*(3), 1085‑1095.

He, J. (2003). Slow oscillation in non-lemniscal auditory thalamus. *The Journal of Neuroscience: The Official Journal of the Society for Neuroscience*, *23*(23), 8281‑8290.

Husserl, E. (1964). *Leçons pour une phénoménologie de la conscience intime du temps*. Paris: P.U.F. (publication originale 1928).

Huston, P., Shakow, D., & Riggs, L. (1937). Studies of motor function in schizophrenia II Reaction time. *J Gen Psychol*, *11*, 39‑82.

Ivry, R. B., & Schlerf, J. E. (2008). Dedicated and intrinsic models of time perception. *Trends in Cognitive Sciences*, *12*(7), 273‑280. http://doi.org/10.1016/j.tics.2008.04.002

Ivry, R. B., Spencer, R. M., Zelaznik, H. N., & Diedrichsen, J. (2002). The cerebellum and event timing. *Annals of the New York Academy of Sciences*, *978*, 302‑317.

Jansson, L. B., & Parnas, J. (2007). Competing definitions of schizophrenia: what can be learned from polydiagnostic studies? *Schizophrenia Bulletin*, *33*(5), 1178‑1200. http://doi.org/10.1093/schbul/sbl065

Jansson, L., Handest, P., Nielsen, J., Sæbye, D., & Parnas, J. (2002). Exploring boundaries of schizophrenia: a comparison of ICD-10 with other diagnostic systems in first-admitted patients. *World Psychiatry: Official Journal of the World Psychiatric Association (WPA)*, *1*(2), 109‑114.

Jaspers, K. (1933). *Psychopathologie générale*. Paris: Felix Alcan (publication originale 1922).

Joliot, M., Ribary, U., & Llinás, R. (1994). Human oscillatory brain activity near 40 Hz

coexists with cognitive temporal binding. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, *91*(24), 11748‑11751.

Jonckheere, P. (2009). *Psychiatrie Phénoménologique : Tome 1, Concepts fondamentaux*. Argenteuil: Le Cercle Herméneutique.

Jones, M. R., & Boltz, M. (1989). Dynamic attending and responses to time. *Psychological Review*, *96*(3), 459‑491.

Karmarkar, U. R., & Buonomano, D. V. (2007). Timing in the absence of clocks: encoding time in neural network states. *Neuron*, *53*(3), 427‑438. http://doi.org/10.1016/j.neuron.2007.01.006

Kay, S. R., Fiszbein, A., & Opler, L. A. (1987). The positive and negative syndrome scale (PANSS) for schizophrenia. *Schizophrenia Bulletin*, *13*(2), 261‑276.

Knehr, C. A. (1954). Schizophrenic reaction time responses to variable preparatory intervals. *The American Journal of Psychiatry*, *110*(8), 585‑588. http://doi.org/10.1176/ajp.110.8.585

Kraepelin, E. (1970). *Leçons cliniques sur la démence précoce et la psychose maniaco-dépressive*. Toulouse: Privat (publication originale 1899).

Lakatos, P., Pincze, Z., Fu, K.-M. G., Javitt, D. C., Karmos, G., & Schroeder, C. E. (2005). Timing of pure tone and noise-evoked responses in macaque auditory cortex. *Neuroreport*, *16*(9), 933‑937.

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. http://doi.org/10.1093/schbul/sbq107

Lalanne, L., Van Assche, M., Wang, W., & Giersch, A. (2012). Looking forward: an impaired ability in patients with schizophrenia? *Neuropsychologia*, *50*(12), 2736‑2744.

http://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2012.07.023

Langdon, R., Seymour, K., Williams, T., & Ward, P. B. (2016). Automatic attentional orienting to other people's gaze in schizophrenia. *Quarterly Journal of Experimental Psychology (2006)*, 1‑10. http://doi.org/10.1080/17470218.2016.1192658

Lantéri-Laura, G. (1998). *Essai sur les paradigmes de la psychiatrie moderne* (Editions Du Temps). Paris.

Lee, K.-H., Bhaker, R. S., Mysore, A., Parks, R. W., Birkett, P. B. L., & Woodruff, P. W. R. (2009). Time perception and its neuropsychological correlates in patients with schizophrenia and in healthy volunteers. *Psychiatry Research*, *166*(2‑3), 174‑183. http://doi.org/10.1016/j.psychres.2008.03.004

Liang, M., Zhou, Y., Jiang, T., Liu, Z., Tian, L., Liu, H., & Hao, Y. (2006). Widespread functional disconnectivity in schizophrenia with resting-state functional magnetic resonance imaging. *Neuroreport*, *17*(2), 209‑213.

Macar, F., Coull, J., & Vidal, F. (2006). The supplementary motor area in motor and perceptual time processing: fMRI studies. *Cognitive Processing*, *7*(2), 89‑94. http://doi.org/10.1007/s10339-005-0025-7

Madler, C., & Pöppel, E. (1987). Auditory evoked potentials indicate the loss of neuronal oscillations during general anaesthesia. *Die Naturwissenschaften*, *74*(1), 42‑43.

Malapani, C., Rakitin, B., Levy, R., Meck, W. H., Deweer, B., Dubois, B., & Gibbon, J. (1998). Coupled temporal memories in Parkinson's disease: a dopamine-related dysfunction. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *10*(3), 316‑331.

Maldiney, H. (1991). *Penser l'homme et la folie* (3e édition). Grenoble: Editions Jérôme Millon.

Mangels, J. A., Ivry, R. B., & Shimizu, N. (1998). Dissociable contributions of the prefrontal

and neocerebellar cortex to time perception. *Brain Research. Cognitive Brain Research*, *7*(1), 15‑39.

Marvel, C. L., Turner, B. M., O'Leary, D. S., Johnson, H. J., Pierson, R. K., Ponto, L. L. B., & Andreasen, N. C. (2007). The neural correlates of implicit sequence learning in schizophrenia. *Neuropsychology*, *21*(6), 761‑777. http://doi.org/10.1037/0894-4105.21.6.761

McGurk, H., & MacDonald, J. (1976). Hearing lips and seeing voices. *Nature*, *264*(5588), 746‑748.

Miller, E. K., Li, L., & Desimone, R. (1991). A neural mechanism for working and recognition memory in inferior temporal cortex. *Science (New York, N.Y.)*, *254*(5036), 1377‑1379.

Minkowski, E. (1927). *La Schizophrénie*. Paris: Payot.

Minkowski, E. (1929). La notion du temps en psychopathologie (1929). *Evolution Psychiatrique*, *72*(4), 585‑598.

Minkowski, E. (1933). *Le temps vécu : Etudes phénoménologiques et psychopathologiques*. Paris: Presses Universitaires de France - PUF.

Minkowski, E. (1957). Le problème du temps vu par un psychopathologue. *Bulletin de la société française de philosophie*, (1), 145‑180.

Minkowski, E. (1959). Durée et mémoire. *Bulletin de la société française de philosophie*, (numéro spécial), 39‑62.

Minkowski, E. (s. d.). Phénoménologie et analyse existentielle en psychopathologie. *L'évolution psychiatrique*, *4*, 137‑185.

Mohr, B., Pulvermüller, F., Rockstroh, B., & Endrass, T. (2008). Hemispheric cooperation--a crucial factor in schizophrenia? Neurophysiological evidence. *NeuroImage*, *41*(3),

1102‑1110. http://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2007.12.032

Morel, B. A. (1851). *Etudes cliniques sur les maladies mentales* (Grimbot, Nancy-Baillère-Masson). Paris.

Morel, B. A. (1860). *Traité des maladies mentales* (Grimbot, Nancy, Baillère-Masson). Paris.

Munhall, K. G., Gribble, P., Sacco, L., & Ward, M. (1996). Temporal constraints on the McGurk effect. *Perception & Psychophysics*, *58*(3), 351‑362.

Naccache, L., & Dehaene, S. (2001). The priming method: imaging unconscious repetition priming reveals an abstract representation of number in the parietal lobes. *Cerebral Cortex (New York, N.Y.: 1991)*, *11*(10), 966‑974.

Naudin, J. (1998). *Phénoménologie et psychiatrie : Les voix et la chose*. Toulouse: Presses Universitaires du Mirail.

Naudin, J., Azorin, J. M., & Pringuey, D. (1998). Phénoménologie et analyse existentielle. *EMC*, *37-815‑10*.

Nelson, B., Fornito, A., Harrison, B. J., Yücel, M., Sass, L. A., Yung, A. R., … McGorry, P. D. (2009). A disturbed sense of self in the psychosis prodrome: linking phenomenology and neurobiology. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, *33*(6), 807‑817. http://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2009.01.002

Niemi, P., & Näätänen, R. (1981). Foreperiod and simple reaction time. *Psychological Bulletin*, *89*(1), 133‑162.

Nordgaard, J., Revsbech, R., Sæbye, D., & Parnas, J. (2012). Assessing the diagnostic validity of a structured psychiatric interview in a first-admission hospital sample. *World Psychiatry: Official Journal of the World Psychiatric Association (WPA)*, *11*(3), 181‑185.

Pariyadath, V., & Eagleman, D. (2007). The effect of predictability on subjective duration.

PloS One, *2*(11), e1264. http://doi.org/10.1371/journal.pone.0001264

Parnas, J. (2005). Clinical detection of schizophrenia-prone individuals: critical appraisal. *The British Journal of Psychiatry. Supplement*, *48*, s111-112. http://doi.org/10.1192/bjp.187.48.s111

Parnas, J., & Handest, P. (2003). Phenomenology of anomalous self-experience in early schizophrenia. *Comprehensive Psychiatry*, *44*(2), 121‑134. http://doi.org/10.1053/comp.2003.50017

Parnas, J., & Henriksen, M. G. (2014). Disordered self in the schizophrenia spectrum: a clinical and research perspective. *Harvard Review of Psychiatry*, *22*(5), 251‑265. http://doi.org/10.1097/HRP.0000000000000040

Parnas, J., Møller, P., Kircher, T., Thalbitzer, J., Jansson, L., Handest, P., … Bovet, P. (2012). [EASE: Examination of Anomalous Self-Experience]. *L'Encéphale*, *38 Suppl 3*, S121-145. http://doi.org/10.1016/S0013-7006(12)70090-8

Parnas, J., Raballo, A., Handest, P., Jansson, L., Vollmer-Larsen, A., & Saebye, D. (2011). Self-experience in the early phases of schizophrenia: 5-year follow-up of the Copenhagen Prodromal Study. *World Psychiatry: Official Journal of the World Psychiatric Association (WPA)*, *10*(3), 200‑204.

Pearl, D., Yodashkin-Porat, D., Katz, N., Valevski, A., Aizenberg, D., Sigler, M., … Kikinzon, L. (2009). Differences in audiovisual integration, as measured by McGurk phenomenon, among adult and adolescent patients with schizophrenia and age-matched healthy control groups. *Comprehensive Psychiatry*, *50*(2), 186‑192. http://doi.org/10.1016/j.comppsych.2008.06.004

Pelicier, Y. (1995). Vivre le temps: Eugène Minkowski. Préface du « temps vécu ». In E. Minkowski, *Le temps vécu*. Paris: PUF.

Penney, T. B., Meck, W. H., Roberts, S. A., Gibbon, J., & Erlenmeyer-Kimling, L. (2005). Interval-timing deficits in individuals at high risk for schizophrenia. *Brain and Cognition*, *58*(1), 109‑118. http://doi.org/10.1016/j.bandc.2004.09.012

Poncelet, P. E., & Giersch, A. (2015). Tracking Visual Events in Time in the Absence of Time Perception: Implicit Processing at the ms Level. *PloS One*, *10*(6), e0127106. http://doi.org/10.1371/journal.pone.0127106

Pöppel, E. (1997). A hierarchical model of temporal perception. *Trends in Cognitive Sciences*, *1*(2), 56‑61. http://doi.org/10.1016/S1364-6613(97)01008-5

Pöppel, E. (2009). Pre-semantically defined temporal windows for cognitive processing. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*, *364*(1525), 1887‑1896. http://doi.org/10.1098/rstb.2009.0015

Postel, J. (1970). Préface aux leçons cliniques de Kraepelin. In *Leçons cliniques sur la démence précoce et la psychose maniaco-dépressive* (Privat). Toulouse.

Rao, R. P., & Ballard, D. H. (1999). Predictive coding in the visual cortex: a functional interpretation of some extra-classical receptive-field effects. *Nature Neuroscience*, *2*(1), 79‑87. http://doi.org/10.1038/4580

Rao, S. M., Mayer, A. R., & Harrington, D. L. (2001). The evolution of brain activation during temporal processing. *Nature Neuroscience*, *4*(3), 317‑323. http://doi.org/10.1038/85191

Ricoeur, J. P. (1969). *« Délire » de L. Binswanger et le recours à la phénoménologie transcendantale (compte rendu, Questions de méthode).* Thèse de médecine., Marseille.

Rosenthal, D., Lawlor, W. G., Zahn, T. P., & Shakow, D. (1960). The relationship of some aspects of mental set to degree of schizophrenic disorganization. *Journal of*

Personality, *28*, 26‐38.

Ross, L. A., Saint-Amour, D., Leavitt, V. M., Molholm, S., Javitt, D. C., & Foxe, J. J. (2007). Impaired multisensory processing in schizophrenia: deficits in the visual enhancement of speech comprehension under noisy environmental conditions. *Schizophrenia Research*, *97*(1‐3), 173‐183. http://doi.org/10.1016/j.schres.2007.08.008

Saberi, K., & Perrott, D. R. (1999). Cognitive restoration of reversed speech. *Nature*, *398*(6730), 760. http://doi.org/10.1038/19652

Sams, M., Hari, R., Rif, J., & Knuutila, J. (1993). The Human Auditory Sensory Memory Trace Persists about 10 sec: Neuromagnetic Evidence. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *5*(3), 363‐370. http://doi.org/10.1162/jocn.1993.5.3.363

Sass, L. A. (2014). Self-disturbance and schizophrenia: structure, specificity, pathogenesis (Current issues, New directions). *Schizophrenia Research*, *152*(1), 5‐11. http://doi.org/10.1016/j.schres.2013.05.017

Schroeder, C. E., Lakatos, P., Kajikawa, Y., Partan, S., & Puce, A. (2008). Neuronal oscillations and visual amplification of speech. *Trends in Cognitive Sciences*, *12*(3), 106‐113. http://doi.org/10.1016/j.tics.2008.01.002

Schwartz, B. D., Winstead, D. K., & Walker, W. G. (1984). A corpus callosal deficit in sequential analysis by schizophrenics. *Biological Psychiatry*, *19*(12), 1667‐1676.

Simon, J. R. (1967). Choice reaction time as a function of auditory S-R correspondence, age and sex. *Ergonomics*, *10*(6), 559‐564.

Spence, C., & Parise, C. (2010). Prior-entry: a review. *Consciousness and Cognition*, *19*(1), 364‐379. http://doi.org/10.1016/j.concog.2009.12.001

Stein, B. E., & Stanford, T. R. (2008). Multisensory integration: current issues from the perspective of the single neuron. *Nature Reviews. Neuroscience*, *9*(4), 255‐266.

http://doi.org/10.1038/nrn2331

Steriade, M., Amzica, F., & Nuñez, A. (1993). Cholinergic and noradrenergic modulation of the slow (approximately 0.3 Hz) oscillation in neocortical cells. *Journal of Neurophysiology*, *70*(4), 1385‑1400.

Stöber, G. (2009). Préface. In J. Foucher, *35 psychoses. La classification des psychoses de Karl Leonhard* (Books On Demand). Paris.

Surguladze, S. A., Calvert, G. A., Brammer, M. J., Campbell, R., Bullmore, E. T., Giampietro, V., & David, A. S. (2001). Audio-visual speech perception in schizophrenia: an fMRI study. *Psychiatry Research*, *106*(1), 1‑14.

Swain, G. (1977). *Le sujet de la folie : naissance de la psychiatrie*. Toulouse: Privat.

Tatossian, A. (1979a). Aspects phénoménologiques du temps humain en psychiatrie. In Y. Pelicier, *La Folie, le temps, la folie* (p. 111‑142). Paris: Union générale d'éditions.

Tatossian, A. (1979b). *La phénoménologie des psychoses*. Puteaux: Le Cercle Hérméneutique.

Tatossian, A. (1994). L'identité humaine selon Ricoeur et le problème des psychoses. *L'art du comprendre*, *1*.

Tizard, J., & Venables, P. H. (1956). Reaction time responses by schizophrenics, mental defectives and normal adults. *The American Journal of Psychiatry*, *112*(10), 803‑807. http://doi.org/10.1176/ajp.112.10.803

Tracy, J. I., Monaco, C., McMichael, H., Tyson, K., Chambliss, C., Christensen, H. L., & Celenza, M. A. (1998). Information-processing characteristics of explicit time estimation by patients with schizophrenia and normal controls. *Perceptual and Motor Skills*, *86*(2), 515‑526. http://doi.org/10.2466/pms.1998.86.2.515

Tse, P. U., Intriligator, J., Rivest, J., & Cavanagh, P. (2004). Attention and the subjective expansion of time. *Perception & Psychophysics*, *66*(7), 1171‑1189.

Tysk, L. (1983). Estimation of time and the subclassification of schizophrenic disorders. *Perceptual and Motor Skills*, *57*(3 Pt 1), 911‑918. http://doi.org/10.2466/pms.1983.57.3.911

Tysk, L. (1984). A longitudinal study of time estimation in psychotic disorders. *Perceptual and Motor Skills*, *59*(3), 779‑789. http://doi.org/10.2466/pms.1984.59.3.779

Uhlhaas, P. J., Haenschel, C., Nikolić, D., & Singer, W. (2008). The role of oscillations and synchrony in cortical networks and their putative relevance for the pathophysiology of schizophrenia. *Schizophrenia Bulletin*, *34*(5), 927‑943. http://doi.org/10.1093/schbul/sbn062

van Wassenhove, V. (2009). Minding time in an amodal representational space. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*, *364*(1525), 1815‑1830. http://doi.org/10.1098/rstb.2009.0023

van Wassenhove, V., Grant, K. W., & Poeppel, D. (2005). Visual speech speeds up the neural processing of auditory speech. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, *102*(4), 1181‑1186. http://doi.org/10.1073/pnas.0408949102

van Wassenhove, V., Grant, K. W., & Poeppel, D. (2007). Temporal window of integration in auditory-visual speech perception. *Neuropsychologia*, *45*(3), 598‑607. http://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2006.01.001

Varela, F.-J. (1996). *Invitation aux sciences cognitives* (Nouv. éd). Paris: Seuil.

Volz, H. P., Nenadic, I., Gaser, C., Rammsayer, T., Häger, F., & Sauer, H. (2001). Time estimation in schizophrenia: an fMRI study at adjusted levels of difficulty. *Neuroreport*, *12*(2), 313‑316.

Von Bekesy, G. (1936). Low-frequency threshold for hearing and feeling. *Ann Phys-Berlin*,

26, 554‑556.

Vroomen, J., & Keetels, M. (2010). Perception of intersensory synchrony: a tutorial review. *Attention, Perception & Psychophysics*, *72*(4), 871‑884. http://doi.org/10.3758/APP.72.4.871

Wahl, O. F., & Sieg, D. (1980). Time estimation among schizophrenics. *Perceptual and Motor Skills*, *50*(2), 535‑541. http://doi.org/10.2466/pms.1980.50.2.535

Warren, N. de. (2009). *Husserl and the Promise of Time: Subjectivity in Transcendental Phenomenology* (1re éd.). Cambridge University Press.

Waters, F., & Jablensky, A. (2009). Time discrimination deficits in schizophrenia patients with first-rank (passivity) symptoms. *Psychiatry Research*, *167*(1‑2), 12‑20. http://doi.org/10.1016/j.psychres.2008.04.004

Wiggins, O. P., Schwartz, M. A., & Naudin, J. (2003). Rebuilding reality: a phenomenology of aspects of chronic schizophrenia. *Seishin Shinkeigaku Zasshi = Psychiatria Et Neurologia Japonica*, *105*(8), 1005‑1015.

Wiggins, O. P., Schwartz, M. A., & Northoff, G. (1990). Toward a Husserlian Phenomenology of the Initial Stages of Schizophrenia. In M. Spitzer & B. A. Maher (Éd.), *Philosophy and Psychopathology* (p. 21‑34). New York, NY: Springer New York. Consulté à l'adresse http://link.springer.com/10.1007/978-1-4613-9028-2_2

Woodrow, H. (1914). The measurement of attention. *Psychological Monographs*, *17*.

Zahn, T. P., & Rosenthal, D. (1965). Preparatory set in acute schizophrenia. *The Journal of Nervous and Mental Disease*, *141*(3), 352‑358.

Zahn, T. P., Rosenthal, D., & Shakow, D. (1963). Effects of irregular preparatory intervals on reaction time in schizophrenia. *Journal of Abnormal and Social Psychology*, *67*, 44‑52.

Zakay, D., & Block, R. A. (2004). Prospective and retrospective duration judgments: an executive-control perspective. *Acta Neurobiologiae Experimentalis*, *64*(3), 319‑328.

Annexes

A. ANNEXE 1. Critères DSM-5 de la schizophrénie (code F20)

A. Deux ou plus des symptômes suivants sont présents pendant une partie significative du temps sur une période d'un mois (ou moins quand elles répondent favorablement au traitement). Au moins l'un des symptômes doit être 1, 2 ou 3 :

1. Idées délirantes
2. Hallucinations
3. Discours désorganisé (c.-à-d., coq-à-l'âne fréquents ou incohérence)
4. Comportement grossièrement désorganisé ou catatonique
5. Symptômes négatifs (c.-à-d., réduction de l'expression émotionnelle, aboulie)

B. Pendant une partie significative du temps depuis la survenue du trouble, un ou plusieurs domaines majeurs du fonctionnement tels que le travail, les relations interpersonnelles, ou les soins personnels sont nettement inférieurs au niveau atteint avant la survenue de la perturbation (ou, en cas de survenue dans l'enfance ou dans l'adolescence, incapacité à atteindre le niveau de réalisation interpersonnelle, scolaire, ou dans d'autres activités auxquelles on aurait pu s'attendre).

C. Des signes permanents de la perturbation persistent pendant au moins 6 mois. Cette période de 6 mois doit comprendre au moins 1 mois de symptômes (ou moins quand ils répondent favorablement au traitement) qui répondent au critère A (c.-à-d. symptômes de la phase active), et peut comprendre des périodes de symptômes prodromiques ou résiduels. Pendant ces périodes prodromiques et résiduelles, les signes de la perturbation peuvent se manifester uniquement par des symptômes négatifs ou par deux ou plus des symptômes figurants dans le critère A présents sous une forme atténuée (p.ex., croyances bizarres, perceptions inhabituelles).

D. Un trouble schizo-affectif et un trouble dépressif ou bipolaire avec caractéristiques psychotiques ont été éliminés soit 1) parce qu'aucun épisode dépressif majeur ou maniaque n'a été présent simultanément aux symptômes de la phase active, soit 2) parce que si des épisodes thymiques ont été présents pendant les symptômes de la phase active, ils ne l'ont été que pour une faible proportion de la durée des périodes actives et résiduelles.

E. La perturbation n'est pas due aux effets physiologiques directs d'une substance (c.-à-d. une drogue donnant lieu à abus, un médicament) ou d'une affection médicale.

F. En cas d'antécédents d'un trouble du spectre autistique ou d'un trouble de la communication débutant dans l'enfance, le diagnostique additionnel de schizophrénie n'est fait que si les idées délirantes ou les hallucinations sont prononcées et sont présentes avec les autres symptôme requis pour le diagnostic pendant au moins 1 mois (ou moins quand elles répondent favorablement au traitement).

B. ANNEXE 2. Echelle EASE

(Parnas et al, 2012 ; trad M. Cermolacce & Pierre Bovet)

1 Cognition et cours de la conscience

1.1 Interférence de la pensée
1.2 Perte de l'ipséité de la pensée
1.3 Pression de la pensée
1.4 Blocage de la pensée
1.4.1 Sous-type 1 : barrage
1.4.2 Sous-type 2 : fading
1.4.3 Sous-type 3 : fading et interférence de la pensée
1.5 Echo silencieux de la pensée
1.6 Ruminations – Obsessions
1.6.1 Sous-type 1 : ruminations primaires
1.6.2 Sous-type 2 : ruminations secondaires
1.6.3 Sous-type 3 : obsessions authentiques
1.6.4 Sous-type 4 : pseudo obsessions
1.6.5 Sous-type 5 : rituels / compulsions
1.7 Perceptualisation du discours intérieur, ou de la pensée
1.7.1 Sous-type 1 : perceptualisation interne
1.7.2 Sous-type 2 : équivalent d'une perceptualisation
1.7.3 Sous-type 3 : perceptualisation interne avec symptôme de premier rang
1.7.4 Sous-type 4 : perceptualisation externe
1.8 Spatialisation de l'expérience
1.9 Ambivalence
1.10 Incapacité à distinguer différentes modalités d'intentionnalité
1.11 Perturbation de l'initiative ou de l'intentionnalité de la pensée
1.12 Perturbations attentionnelles
1.12.1 Sous-type 1 : captation par un détail
1.12.2 Sous-type 2 : incapacité à diviser son attention
1.13 Trouble de la mémoire à court terme
1.14 Perturbation de l'expérience du temps
1.14.1 Sous-type 1 : perturbation de l'expérience subjective du temps
1.14.2 Sous-type 2 : perturbation du temps existentiel
1.15 Conscience interrompue de sa propre action
1.16 Discordance entre expression intentionnée et actuellement exprimée
1.17 Perturbation de la fonction expressive du langage

Sous score domaine 1 :

2 Troubles de la conscience de soi et de la présence

2.1 Sentiment amoindri du soi de base
2.1.1 Sous-type 1 : précoce
2.1.2 Sous-type 2 : depuis l'adolescence
2.2 Distorsion de la perspective en première personne
2.2.1 Sous-type 1 : mienneté / qualité de sujet
2.2.2 Sous-type 2 : distance expérientielle / phénoménologique
2.2.3 Sous-type 3 : spacialisation du soi

2.3 Dépersonnalisation psychique
2.3.1 Sous-type 1 : dépersonnalisation mélancoliforme
2.3.2 Sous-type 2 : dépersonnalisation non spécifiée
2.4 Présence diminuée
2.4.1 Sous-type 1 : diminution spécifique
2.4.2 Sous-type 2 : diminution non spécifique
2.4.3 Sous-type 3 : associée à une déréalisation ou à un changement perceptif
2.5 Déréalisation
2.5.1 Sous-type 1 : déréalisation fluide, globale
2.5.2 Sous-type 2 : déréalisation intrusive
2.6 Hyperréflexivité, réflexivité accentuée
2.7 Dissociation du Je *(Ich-Spaltung)*
2.7.1 Sous-type 1 : suspectée
2.7.2 Sous-type 2 : expérience 'comme si'
2.7.3 Sous-type 3 : expérience spatialisée
2.7.4 Sous-type 4 : élaboration délirante
2.8 Dépersonnalisation dissociative
2.8.1 Sous-type 1 : phénomène imaginatif 'comme si'
2.8.2 Sous-type 2 : hallucination visuelle dissociative
2.9 Confusion d'identité
2.10 Sentiment de changement par rapport à l'âge chronologique
2.11 Sentiment de changement en rapport avec le genre
2.11.1 Sous-type 1 : peur occasionnelle d'être homosexuel
2.11.2 Sous-type 2 : sensation d'être du sexe opposé
2.12 Perte du sens commun / perplexité / manque d'évidence naturelle
2.13 Anxiété
2.13.1 Sous-type 1 : attaque de panique / système nerveux autonome
2.13.2 Sous-type 2 : anxiété psychique, mentale
2.13.3 Sous-type 3 : anxiété phobique
2.13.4 Sous-type 4 : anxiété sociale
2.13.5 Sous-type 5 : angoisse diffuse, envahissante, flottante
2.13.6 Sous-type 6 : angoisse paranoïde
2.14 Angoisse ontologique
2.15 Transparence de la conscience diminuée
2.16 Initiative diminuée
2.17 Hypo-hédonie
2.18 Vitalité diminuée
2.18.1 Sous-type 1 : marqueur d'état
2.18.2 Sous-type 2 : trait caractéristique

Sous score domaine 2 :

3 Expériences corporelles

3.1 Changements morphologiques
3.1.1 Sous-type 1 : sensations d'un changement
3.1.2 Sous-type 2 : perceptions d'un changement
3.2 Phénomènes du miroir
3.2.1 Sous-type 1 : recherche d'un changement
3.2.2 Sous-type 2 : perception d'un changement
3.2.3 Sous-type 3 : autres phénomènes
3.3 Dépersonnalisation somatique (étrangeté corporelle)
3.4 Inadéquation psychophysique et clivage psychophysique
3.5 Désintégration corporelle
3.6 Spatialisation des expériences corporelles
3.7 Expériences cénesthésiques

3.8 Perturbations motrices
3.8.1 Sous-type 1 : pseudo-mouvements corporels
3.8.2 Sous-type 2 : interférence motrice
3.8.3 Sous-type 3 : blocage moteur
3.8.4 Sous-type 4 : Sentiment d'une parésie motrice
3.8.5 Sous-type 5 : Perte des automatismes moteurs
3.9 Expérience mimétique

Sous score domaine 3 :

4 Transitivisme / troubles de la démarcation de soi

4.1 Confusion avec autrui
4.2 Confusion avec sa propre image spéculaire
4.3 Contact corporel menaçant
4.3.1 Sous-type 1 : contact corporel désagréable ou anxiogène
4.3.2 Sous-type 2 : sentiment d'une disparition, d'une annihilation de soi
4.4 Sentiment d'influence / humeur de passivité
4.5 Autres phénomènes de transitivisme

Sous score domaine 4 :

5 Réorientation existentielle

5.1 Phénomènes primaires de référence à soi
5.2 Sentiment de centralité
5.3 Champ d'expérience du sujet comme seule réalité qui existe encore
5.4 Extraordinaires puissances créatrices, intuition extraordinaire
5.5 Sentiments 'comme si' le monde ressenti n'était pas réel
5.6 Idées magiques liées au mode d'expérience du sujet
5.7 Changement existentiel ou intellectuel
5.8 Grandeur solipsiste

Sous score domaine 5 :

Score total : / 53

C. ANNEXE 3. Positive And Negative Syndrome Scale (PANSS)

(Kay et al, 1987)

POSITIVE AND NEGATIVE SYNDROME SCALE

PANSS

KAY S.R., OPLER L.A. et FISZBEIN A.
Traduction française : J.P. Lépine

INSTRUMENT

NOM: ⌊_____⌋
PRENOM: ⌊_____⌋
SEXE: ⌊_⌋ AGE: ⌊__⌋ DATE: ⌊_____⌋
EXAMINATEUR: ⌊_____⌋

CONSIGNES

Entourer la cotation appropriée à chaque dimension, à la suite de l'entretien clinique spécifique. Se reporter au Manuel de Cotation pour la définition des items, la description des différents degrés et la procédure de cotation

		Absence	Minime	Léger	Moyenne	Modé. Sévère	Sévère	Extrême
Echelle positive								
P 1	Idées délirantes.	1	2	3	4	5	6	7
P 2	Désorganisation conceptuelle.	1	2	3	4	5	6	7
P 3	Activité hallucinatoire.	1	2	3	4	5	6	7
P 4	Excitation.	1	2	3	4	5	6	7
P 5	Idées de grandeur.	1	2	3	4	5	6	7
P 6	Méfiance/Persécution.	1	2	3	4	5	6	7
P 7	Hostilité.	1	2	3	4	5	6	7
Echelle négative								
N 1	Emoussement de l'expression des émotions	1	2	3	4	5	6	7
N 2	Retrait affectif.	1	2	3	4	5	6	7
N 3	Mauvais contact.	1	2	3	4	5	6	7
N 4	Repli social passif/apathique.	1	2	3	4	5	6	7
N 5	Difficultés d'abstraction.	1	2	3	4	5	6	7

N 6	Absence de spontanéité et de fluidité dans la conversation.	1 2 3 4 5 6 7
N 7	Pensée stéréotypée.	1 2 3 4 5 6 7

Echelle psychopathologique générale

G 1	Préoccupations somatiques.	1 2 3 4 5 6 7
G 2	Anxiété	1 2 3 4 5 6 7
G 3	Sentiments de culpabilité.	1 2 3 4 5 6 7
G 4	Tension	1 2 3 4 5 6 7
G 5	Maniérisme et troubles de la posture.	1 2 3 4 5 6 7
G 6	Dépression.	1 2 3 4 5 6 7
G 7	Ralentissement psychomoteur.	1 2 3 4 5 6 7
G 8	Manque de coopération.	1 2 3 4 5 6 7
G 9	Contenu inhabituel de la pensée.	1 2 3 4 5 6 7
G 10	Désorientation.	1 2 3 4 5 6 7
G 11	Manque d'attention.	1 2 3 4 5 6 7
G 12	Manque de jugement et de prise de conscience de la maladie.	1 2 3 4 5 6 7
G 13	Trouble de la volition.	1 2 3 4 5 6 7
G 14	Mauvais contrôle pulsionnel.	1 2 3 4 5 6 7
G 15	Préoccupation excessive de soi (tendances autistiques).	1 2 3 4 5 6 7
G 16	Evitement social actif.	1 2 3 4 5 6 7

D. ANNEXE 4. Article- Temporal event structure and timing in schizophreni: preserved binding in a longer "now"

Neuropsychologia 51 (2013) 358–371

Contents lists available at SciVerse ScienceDirect

Neuropsychologia

journal homepage: www.elsevier.com/locate/neuropsychologia

Temporal event structure and timing in schizophrenia: Preserved binding in a longer "now"

Brice Martin [d,e,f], Anne Giersch [g], Caroline Huron [a,b,c], Virginie van Wassenhove [a,b,c,*]

[a] INSERM, Cognitive Neuroimaging Unit, Bât 145 Point Courrier 156, 91191 Gif Yvette, France
[b] CEA, DSV/I2BM, NeuroSpin Center, F-91191 Gif/Yvette, France
[c] Univ Paris—Sud, Cognitive Neuroimaging Unit, F-91191 Gif/Yvette, France
[d] Univ Paris—Diderot, F-75205 Paris, France
[e] Univ Paul Sabatier, 31062 Toulouse, France
[f] Centre de Réhabilitation, Service Hospitalo—Universitaire de Réhabilitation, CHS Le Vinatier, 98 rue Boileau, 69006 Lyon, France
[g] INSERM, U666, Centre Hospitalier Régional Universitaire de Strasbourg, Département de Psychiatrie, 67091 Strasbourg, France

ARTICLE INFO

Available online 16 July 2012

Keywords:
Multisensory integration
Audiovisual speech
Schizophrenia
Time perception
Fragmentation
Simultaneity
Psychophysics

ABSTRACT

Patients with schizophrenia experience a loss of temporal continuity or subjective fragmentation along the temporal dimension. Here, we develop the hypothesis that impaired temporal awareness results from a perturbed structuring of events in time—i.e., canonical neural dynamics. To address this, 26 patients and their matched controls took part in two psychophysical studies using desynchronized audiovisual speech. Two tasks were used and compared: first, an identification task testing for multisensory binding impairments in which participants reported what they heard while looking at a speaker's face; in a second task, we tested the perceived simultaneity of the same audiovisual speech stimuli. In both tasks, we used McGurk fusion and combination that are classic ecologically valid multisensory illusions. First, and contrary to previous reports, our results show that patients do not significantly differ from controls in their rate of illusory reports. Second, the illusory reports of patients in the identification task were more sensitive to audiovisual speech desynchronies than those of controls. Third, and surprisingly, patients considered audiovisual speech to be synchronized for longer delays than controls. As such, the temporal tolerance profile observed in a temporal judgement task was less of a predictor for sensory binding in schizophrenia than for that obtained in controls. We interpret our results as an impairment of temporal event structuring in schizophrenia which does not specifically affect sensory binding operations but rather, the explicit access to timing information associated here with audiovisual speech processing. Our findings are discussed in the context of curent neurophysiological frameworks for the binding and the structuring of sensory events in time.

© 2012 Elsevier Ltd. All rights reserved.

1. Introduction

A core distinction in cognitive neurosciences is the dissociation between automatic processes and attention-driven processes that implicate higher-order operations such as "top-down" control (i.e., distinction between implicit or explicit processes, respectively). The set of automatic operations implicated in the temporal organization of information is called "temporal event-structure" (Zacks & Tversky, 2001) and necessitates the segmentation of temporal units of information (Zacks, Speer, Swallow, Braver, & Reynolds, 2007). Functionally, these temporal units are time segments or temporal windows of various duration within which information is integrated in the brain (Theunissen & Miller, 1995; van Wassenhove, 2009; Wittmann, 2011). Neurophysiologically, temporal windows are the natural outcome of synaptic delays at the neuronal level or neural oscillations at the population level (for review see: Wang, 2010; Buzsáki, 2006, 2010). The automatic and implicit temporal segmentation thus provides the building blocks for more abstract levels of representations and has crucial implications for the qualitative and phenomenological aspect of conscious experience. However, it is unclear whether implicit and explicit temporal event structuring share similar functional properties or rely on entirely different neural mechanisms. This distinction is crucial for patients with schizophrenia: schizophrenia is typically characterized by a loss of experiential continuity, consisting of the subjective fragmentation of the experienced world, including its temporal dimension, and this, we argue, could be accounted for by impaired temporal event-structuring.

* Corresponding author at: INSERM, Cognitive Neuroimaging Unit, Bât 145 Point Courrier 156, 91191 Gif Yvette, France. Tel.: +33 16 908 1667.
E-mail addresses: Virginie.van-Wassenhove@cea.fr, Virginie.van.Wassenhove@gmail.com (V. van Wassenhove).

0028-3932/$ - see front matter © 2012 Elsevier Ltd. All rights reserved.
http://dx.doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2012.07.002

Several psychiatrists consider the experienced loss of continuity in the sense of time as a key factor in the pathophysiology of schizophrenia (Andreasen, 1999; Minkowski, 1933); what does this precisely entail? Although self-reports ought to be taken with caution, we cite one case illustrating alterations that have been clinically described (Fuchs, 2007; Kimura, 1994; Minkowski, 1933; Vogeley & Kupke, 2007), *"Time splits up and doesn't run forward anymore. These arise uncountable disparate now, now, now, all crazy and without rule or order"* (quoted in Kimura, 1994). Other similar reports can be found illustrating the need to integrate phenomenological reports with current cognitive neuroscientific approaches (Uhlhaas & Mishara, 2007).

In addition to clinical descriptions and self-reports, a number of studies have reported impairments of duration perception (Davalos, Kisley, & Freedman, 2005; Elvevåg et al., 2003; Volz et al., 2001) and a perturbed discrimination of simultaneous vs. synchronous events (Foucher, Lacambre, Pham, Giersch, & Elliott, 2007; Giersch et al., 2009; Schmidt, McFarland, Ahmed, McDonald, & Elliott, 2011). The latter studies show that for patients to become aware of the asynchrony between two sensory events, these events have to be separated by longer delays than for controls. The range of temporal delays that lies below the asynchrony detection threshold constitutes the actual temporal window of integration; within that window, events are considered to be simultaneous. Hence, the enlarged temporal window observed in patients suggests that they are binding or integrating events for a longer time or "in excess" compared to controls. These enlarged temporal windows are observed when explicitly accessing time information (i.e., when patients are asked to report the temporal characteristics of stimuli) and may be at the core of the general inability in organizing events in time.

Besides these explicit temporal impairments, recent results also suggest that patients with schizophrenia are sensitive to desynchronies at an implicit level: it has notably been shown that patients' responses are influenced by short and unconscious asynchronies (Giersch et al., 2009; Lalanne, van Assche, & Giersch, 2012, submitted). Sensitivity to short asynchronies does not tell us how different events are integrated in time, especially at an implicit level. However, the "unity assumption" in multisensory research posits that events are most likely to bind if they are perceived as belonging to a unique underlying cause: in other words, events perceived to be simultaneous should be more likely to bind together (Vatakis & Spence, 2007; Welch & Warren, 1980). For instance, in a populated room, the auditory utterance and the movements of a speaker's face that perceived to be in-sync are more likely to bind together in a single stream of speech. In schizophrenia, impaired audiovisual (AV) integration has previously been reported (de Gelder, Vroomen, Annen, Masthof, & Hodiamont, 2003; de Gelder et al., 2005; Ross et al., 2007) but impairments are not uniform (Pearl et al., 2009; Surguladze et al., 2001) and speech-specific (de Gelder et al., 2003).

Taken all together then, patients with schizophrenia would show less integration despite an enlarged temporal window of integration. This is clearly inconsistent: enlarged temporal windows should be associated with more, and not less, integration. Here, we thus aim at disentangling this conundrum by testing the possible dissociation between implicit and explicit temporal processing and by defining which specific impairments lead to the time distortions experienced by patients with schizophrenia.

For this, we focused on the possible consequences of temporal event-structure impairment in the perceptual binding of ecologically relevant stimuli such as AV speech—which bear obvious daily life relevance. We predicted that such a temporal-event structure deficit would affect the known temporal constraints of AV speech integration and that the subjective temporal estimation of these constraints would be perturbed. The former hypothesis can be addressed using an identification task (ID) in which participants report their perception of AV speech stimuli implicating the integration of visual and auditory information: this is equivalent to measuring the implicit timing of perceptual binding operations. The latter hypothesis can be tested using a simultaneity judgment task (SIM) in which participants report their perceived simultaneity of auditory and visual components of speech events: this assesses the explicit access to the encoding of temporal information. Using these approaches concomitantly (e.g., Conrey & Pisoni, 2006; van Wassenhove, Grant, & Poeppel, 2007) empirically addresses a tricky theoretical issue at the core of temporal perception research: namely, can we experimentally dissociate the temporal content of a representation (explicit time encoding) from the temporal characteristics of a representation (implicit time) (Dennett & Kinsbourne, 1992; van Wassenhove, 2009)?

Well known ecologically relevant illusions necessitating the binding of information across auditory and visual sensory modalities are the McGurk effects (McGurk & MacDonald, 1976). In McGurk/illusory fusion, dubbing an auditory "ba" (A_b) onto a visual place of articulation "ga" (V_g) leads to the illusory fused percept "da"; in McGurk illusion/combination, dubbing an auditory "ga" (A_g) onto a visual place of articulation "ba" (V_b) leads to the illusory combination percept "bga". Fusion is used as an index of automatic *AV* speech integration (Sams et al., 1991; van Wassenhove, Grant, & Poeppel, 2005) because it leads to a unique perceptual outcome that is nothing like any of the original sensory inputs (i.e., neither "ga" nor "ba"). Combination has been much less studied: unlike fusion, the resulting percept is not unique but the product of co-articulated AV speech information (such as "bga"). Fusion and combination stimuli were specifically chosen for the identification task to provide an insight on the binding mechanisms of speech: since auditory and visual speech stimuli and perceptual reports differ from each other, an index of multisensory integration is clearly obtained when desynchronizing the auditory and visual speech stimuli. AV speech integration has been shown to tolerate asynchronies in the order of 200 to 300 ms in healthy population (Conrey & Pisoni, 2006; Munhall, Gribble, Sacco, & Ward, 1996; Maier, Di Luca, & Noppeney, 2011; van Wassenhove et al., 2007). These temporal windows reflect precise neurophysiological correlates that have recently been described within a predictive coding framework for AV speech processing (Arnal, Morillon, Kell, & Giraud, 2009; Arnal, Wyart, & Giraud, 2011; van Wassenhove et al., 2005) and are in line with temporal units necessary for speech parsing (Poeppel, 2003; Giraud & Poeppel, 2012). Thus, AV speech makes an ideal ecological test for our question.

In healthy participants, no major differences were observed when comparing the temporal windows obtained in an ID or a SIM task (Conrey & Pisoni, 2006; van Wassenhove et al., 2007): the temporal properties of AV speech integration appear to reflect directly the temporal information available for the conscious perception of AV speech simultaneity. As previously emphasized, this is in marked contrast with what is currently observed in patients with schizophrenia. Patients appear to have a deficit in integrating multisensory information whereas their explicit impairments would have predicted excessive integration. The limit of the current literature in schizophrenia is that explicit and implicit judgments have not been directly compared using multisensory information. This study fills this gap by directly comparing patients' AV speech integration and simultaneity ratings on the same stimuli and in two tasks. First, we proceeded with assessing AV speech integration in two groups of patients with schizophrenia using illusory McGurk fusion and combination. We then tested whether patients showed an enlarged tolerance to AV desynchrony when identifying the illusions—namely, do AV speech illusions tolerate more asynchrony in patients than in controls (ID task, implicit timing)? Third, we used

Table 1
Study design and parameters.

	Study 1 (n=26; 13 patients, 13 matched controls) AV asynchronies [−is A lead; +is A lag]+/−0, 80, 120, 200, 240, 280, 320, 360, 440 ms	Study 2 (n=26; 13 patients, 13 matched controls) AV asynchronies [−is A lead; +is A lag]−960, −560, −240, −80, 0, +80, +160, +240, +320, +400, +480, +560, +720, +1040, +1440 ms
McGurk fusion A_bV_g; male speaker	Identification (ID) simultaneity judgment (SIM)	Identification (ID) simultaneity judgment (SIM)
Mc Gurk combination A_bV_g; female speaker congruent speech A_bV_b; female speaker	Identification (ID) simultaneity judgment (SIM)	Identification (ID) simultaneity judgment (SIM) simultaneity judgment (SIM)
Congruent speech A_bV_b ; female speaker	N/A	Simultaneity judgment (SIM)

Table 2
Characteristic patients with schizophrenia and matched controls.

Study 1 (n=26)			Study 2 (n=26)	
	Patients (n=13)	Controls (n=13)	Patients (n=13)	Controls (n=13)
Age	35 (7.5)	33 (8.9)	39 (8.6)	44.2 (8.8)
Female	3	3	6	6
PANSS positive	14.8 (4.2)	–	17 (6.1)	–
PANSS negative	19.6 (8.4)	–	28.2 (11.3)	–
PANSS global	35.1 (15)	–	40.7 (10.55)	–
PANS total	63.8 (31.6)	–	85.8 (25.4)	–
Medication	Clozapine (30%) Aripiprazole (15%) Olanzapine (15%) Risperidone (15%) Haloperidol (8%) Zuclopentixol (8%) Fluphénazine (8%)	–	Olanzopine (13%) Risperidone (33%) Haloperidol (13%) Zuclopenthixol (13%) Fluphénazine (6%) Flupentixol (13%) Pipotiazine (6%)	

the same stimuli but this time asked participants to judge whether AV events were simultaneous or successive in time (SIM task, explicit timing) Table 1.

2. Material and methods

2.1. Participants

Participants were stabilized chronic outpatients individually matched in gender, age, and level of education with healthy controls. All participants were native speakers of French, had healthy or corrected-to-normal vision with no known speech or hearing disabilities. Patients were recruited from the Department of Psychiatry at Strasbourg University, France and from a local hospital (Association Elan Retrouvé, Paris, France). All patients met the diagnostic and statistical manual of mental disorders (DSM IV) criteria for schizophrenia. The psychiatric diagnosis was established by a senior psychiatrist located at each of the recruiting institutions. Each patient also completed the positive and negative syndrome scale (PANSS) to evaluate the severity of each dimension of schizophrenia. Matched controls were recruited at NeuroSpin (Gif-sur-Yvette, France). Written informed consents were obtained from all participants in accordance with the Declaration of Helsinki and the Ethics Committee on Human Research at the Commissariat à l'Energie Atomique et aux Energies Alternatives (NeuroSpin, Gif-sur-Yvette, France). All participants were compensated for their participation in the study. Thirteen patients with schizophrenia with schizophrenia (10 men; mean age of 35+/−7.5 years) and their matched controls (10 men; mean age of 33 years+/−8.9 years) took part in Study 1. Thirteen different patients (7 men; mean age of 39+/−8.6 years) and their matched controls (7 men; mean age of 44.2+/−8.8 years) took part in Study 2. Table 2 reports a complete description of patients PANSS scores and antipsychotic treatments. The selection of participants for subgroup analysis is described in details where needed.

2.2. Experimental setup

Experiments were run in a quiet room of medium-intensity ambient light using an Intel(R)core™2duo PC (Windows XP). Experiments were designed with PsychToolbox (v3; Brainard, 1997) in Matlab (v7.9.0.959) with Quick time pluggin (version 7.1.6) to display movies. Visual stimuli were presented on a 15′ screen with a vertical refresh rate of 60 Hz. Auditory stimuli were delivered through headphones (Bayer dynamics, DT 880 Pro) at a comfortable loudness level. Participants sat at 80 cm from the presentation screen and gave their responses by one of the two or three response keys on the keyboard.

2.3. Stimuli

2.3.1. Video and audio processing

Three speakers (two women, one man) were digitally recorded with a digital camera (Sony Handycam DCR-DVD203E) while they were pronouncing the syllables [ba] and [ga]. Recordings were made at a rate of 25 fps (1 frame=40 ms) and at a sampling rate of 44.1 kHz for the sound. Digital outputs were MPEG files.

2.3.2. McGurk pairs

The MPEG videos were edited using Magix Video Deluxe 16 (v.9.0.0.55). Each video ([ga] henceforth referred to as V_g and [ba] henceforth referred to as V_b) was dubbed with the incongruent audio syllable ([ba] or A_b and [ga] or A_g, respectively) at the timing of the original congruent token. This processing provided McGurk stimuli namely, fusion pairs (A_bV_g: audio [ba] dubbed onto the visual place of articulation [ga]) and combination pairs (A_bV_g: audio [ga] dubbed onto the visual place of articulation [ba]). Three instances of audiovisual speech fusion and combination were thus obtained (two females, one male). All files were converted in AVI format. Pilot data were collected to test the robustness of the created stimuli with 10 naïve participants. In this pilot testing, the maximum fusion rate was obtained for the male token A_bV_g with a mean fusion rate of 55% (SD=0.46) and with a female token A_bV_g with a mean combination rate of 81% (SD=0.29). Those stimuli were chosen for the reported studies.

2.3.3. Audiovisual (AV) temporal alignment

AV asynchronies were realized by shifting the audio portion of the stimuli by 40 ms (1 frame) or multiple values of 40 ms (frame units) with respect to the original sound onset in the movie file. In the first study, stimuli ranged from 440 ms of auditory (A) lead (−440 ms, −11 frames) to 440 ms of auditory lag (+440 ms, +11 frames); in the second study, stimuli covered 960 ms of A lead (−960 ms, −24

frames) to 1440 of A lag/visual lead (+1200 ms, +36 frames). All AV timings were controlled with an oscilloscope, a microphone and a photocell.

2.4. Procedure

Participants answered by pressing the "*J*","*K*", "*L*" or the "*J*" and "*K*" keys as a function of the task. Stickers were placed on each key to provide the actual choice (e.g., BA, DA and GA for fusion blocks; BA, BGA, GA, for combination blocks). Responses were continuously recorded on line.

2.4.1. Identification tasks (ID)

2.4.1.1. Study 1. The identification task (ID) consisted of two blocks: one fusion (A_bV_g) and one combination (A_bV_g) block. Each block consisted of 10 trials per timing condition presented pseudo-randomly (17 AV asynchronies conditions × 10 trials per condition for a total of 170 trials per block). The tested AV asynchronies (SOA) ranged from −440 to +440 ms (+/−0, 80, 120, 200, 240, 280, 320, 360, 440 ms). In the fusion A_bV_g identification block, five trials of A_b, A_g, V_b and V_g were included in order to obtain an estimate of unisensory recognition rate. In each block, a 3-alternative-forced-choice (3-AFC) procedure was used: participants decided "what they heard while listening to and looking at the talking face". They were given three choices: BA (A component), DA (illusory fusion) or GA (V component) in the fusion (A_bV_g) block and BA (V component), BGA (illusory combination) or GA (A component) in the combination (A_gV_b) block. Noone reported experiencing any other alternatives.

2.4.1.2. Study 2. As in Study 1, the ID task consisted of a fusion (A_bV_g) and a combination (A_bV_g) blocks. Each block contained 8 trials per SOA (15) for a total of 125 trials per block. Study 2 extends the range of SOA tested in Study 1: SOAs ranged from −960 to 1440 ms (−960, −560, −240, −80, 0, +80, +160, +240, +320, +400, +480, +560, +720, +1040, +1440). Five unisensory trials were included in the fusion (A_bV_g) block; a 3-AFC procedure and the response key mapping were identical to Study 1.

2.4.2. Subjective simultaneity judgment tasks (SIM)

2.4.2.1. Study 1. The SIM task contained 10 repetitions of each SOA presented in pseudo-random order: 17 SOAs × 10 repetitions in A_bV_g (combination) and A_bV_g (fusion) blocks for a total of 170 trials per block. SOAs ranged from −440 ms to +440 ms (+/−0, 80, 120, 200, 240, 280, 320, 360, 440 ms). A 2-AFC procedure was used ("simultaneous" or "successive"). Participants were told that the congruency between *A* and *V* speech were not to be estimated, and that they should solely focus on the timing of AV events.

2.4.2.2. Study 2. The SIM task contained 8 repetitions of each SOA presented in pseudorandom order: 15 timing conditions × 8 repetitions in both A_bV_g and A_bV_g blocks for a total of 125 trials per block. A third block was added, containing only congruent pairs (A_bV_g) in order to control the effect of the incongruence on simultaneity estimation, as recommended by Vroomen and Keetels (2010). This block contained the same characteristics as other blocks namely, 17 SOAs × 10 repetitions. The SOAs ranged from −960 to 1440 ms (−960, −560, −240, −80, 0, +80, +160, +240, +320, +400, +480, +560, +720, +1040, +1440). A 2-AFC forced choice procedure was used ("simultaneous" or "successive").

2.5. Analysis

In all studies, responses were sorted out and averaged for each participant and each condition of interest. A grand average of each possible response per SOA was computed across participants for each population (patients, matched controls). Subgroup analyses focused on those participants (patients and matched controls) showing illusory reports in the ID task: this analysis specifically focuses on the direct comparison between the temporal granularity of AV speech integration (ID) and simultaneity judgments (SIM).

2.5.1. Measures of multisensory integration

Measures of AV speech integration (namely, rates of McGurk illusory fusion "da" and McGurk illusory combination "bga") were estimated for each individual as the maximum value irrespective of SOA ($_{MAX}$) and for simultaneous presentation (SYNC). Individual values were averaged for each population and tested between populations.

2.5.2. Temporal windows of integration—ADS fits

Temporal profiles refer to the entire curve obtained for all SOAs values. The temporal window of integration (TWI) corresponds to the width of the perceptual window in ID and SIM. Parametrization of the TWI were accomplished using an asymmetric double sigmoid fit (ADS) (van Wassenhove et al., 2007) in order to derive the following parameters: (i) the just-noticeable-differences (jnds) taken at the 75% threshold (Vroomen & Keetels, 2010) on either side of the curve (audio lead and audio lag); (ii) the point of subjective equality or simultaneity (PSE, PSS, respectively) taken as the median of the two jnds and (iii) the width of the window (i.e., the temporal window of integration per se) simply defined as the duration between the two jnds. Data fitting were made using TableCurve 2D (SYSTAT software, v5.01).

2.5.3. Statistical analysis

All statistical analyses were performed using SPSS software (IBM, v19). Groups and subgroups considered in each statistical analysis is detailed for each set of results in (Section 3).

3. Results

3.1. AV speech integration: no impaired multisensory binding in patients with schizophrenia

Across both studies, 15 patients with schizophrenia and 14 controls showed some fusion; 18 participants in each group showed some combination. To address the strength of illusion in both populations, we first proceeded with an analysis including all participants. We then included those participants showing illusions only to check whether differences between patients and controls could be found in those individuals showing multisensory illusion (cf. subgroup analysis).

3.1.1. Maximal illusion rates irrespective of SOA ($_{MAX}$)

AV speech illusion rates obtained in Study 1 and 2 were gathered to evaluate the hypothesized differences of AV integration deficit in all patients ($n=26$) compared to their matched controls ($n=26$). Fig. 1a provides a summary of the integration rates for fusion and combination tested for each population (patients in dark gray, matched controls in light gray). 2 × 2 repeated measures ANOVA were conducted with illusion rate as dependent variable with factors of population (2: patients, controls) and illusion type (2: fusion, combination). Contrary to our expectations, no significant differences were observed between the two populations ($F_{1,25}=0.478$, $p=0.496$). A significant effect of illusion was found ($F_{1,25}=6.291$, $p=0.019$) but the two-way interaction between population and illusion was not significant ($F_{1,25}=1.525$, $p=0.228$).

3.1.2. Illusion rates at AV synchrony (SYNC)

To ensure that selecting maximal integration irrespective of SOA did not bias the estimate of illusion rates across populations, the same analysis was conducted using the illusion rates obtained in synchronous AV presentations (as is typically the case in McGurk empirical work, Fig. 1a). 2 × 2 repeated measures ANOVA with illusion rate as dependent variable and with factors of population (2: patients, controls) and illusion type (2: fusion and combination) was conducted revealing no significant differences between populations ($F_{1,24}=0.089$, $p=0.767$). A slight effect of illusion was found ($F_{1,24}=4.524$, $p=0.044$) but no interaction between population and illusion was observed ($F_{1,24}=2.713$, $p=0.113$).

To further insure no bias in our measure, a 2 × 2 × 2 statistical design with illusion rate as dependent variable and factors of population (2), illusion type (2) and parameterization method (2: MAX, SYNC) showed a significant effect of method ($F_{1,24}=44.602$, $p\leq 0.0001$) but no interaction of population with method ($F_{1,24}=0.601$, $p=0.446$).

Paired-*t* tests within population for each pair (MAX, SYNC) showed a significant and consistent overestimation of illusion rate when disregarding the asynchrony value (i.e., in MAX, cf. Fig. 1a.). This suggests that natural synchrony does not necessarily lead to maximal AV integration. This is typically found in AV integration.

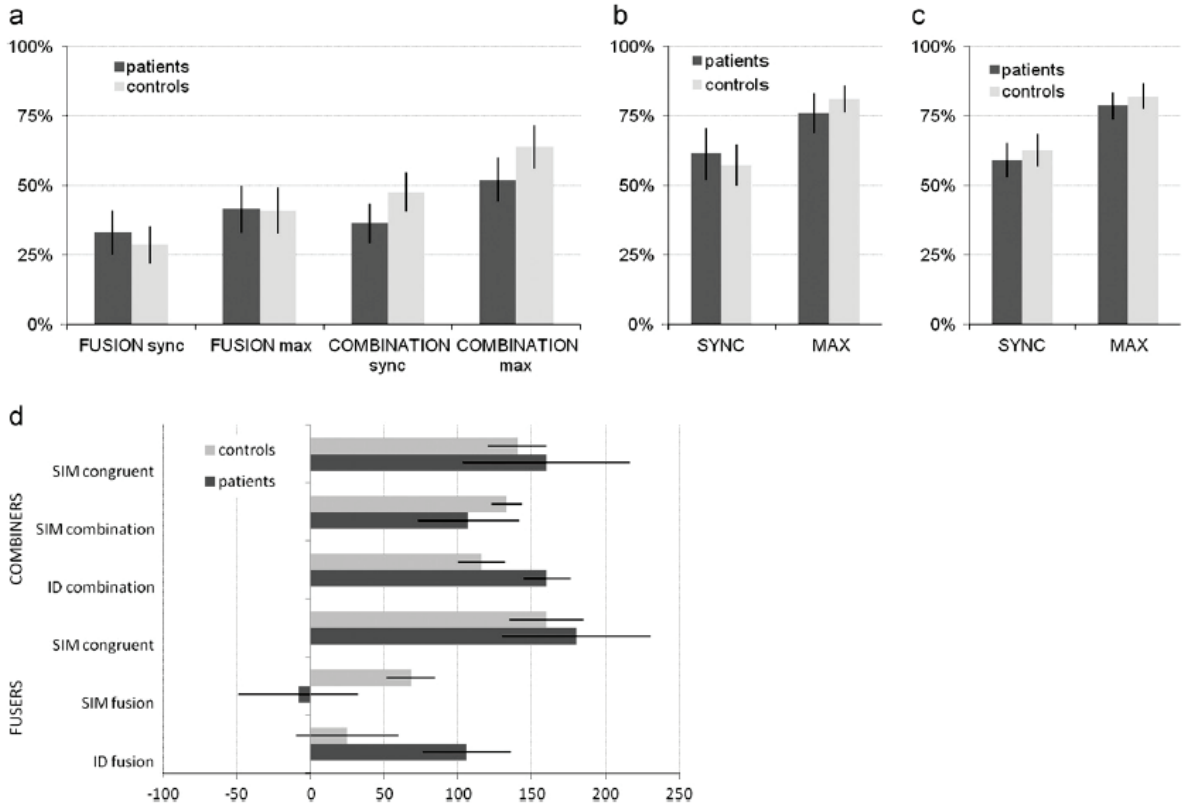


Fig. 1. Illusion rates. Illusion rates were quantified at AV synchrony (SYNC) or irrespective of SOA (MAX). Participants in both studies were pooled. (a) All participants are considered (26 patients and their 26 matched controls). No significant differences in fusion or combination rates were found between patients with schizophrenia and controls, (b) participants showing fusion in the schizophrenia group ($n=13$) and the control group ($n=14$) were pooled together. No significant differences were found between the two groups, (c) participants showing combination in the schizophrenia group ($n=16$) and the control group ($n=19$) were pooled together. No significant differences were found between the two groups, (d) SOA at which fusion, combination and simultaneity ratings were found to be maximal in Study 1 and Study 2 combined. Error bars are two standard errors of the mean.

3.1.3. Subgroup analysis for participants showing McGurk illusions

We further checked whether differences in illusory rates between patients and controls could be found by selecting only those participants who showed illusory reports. In Study 1, 10 patients and 8 controls showed fusion, 11 patients and 11 controls showed combination; in Study 2, 4 patients and 5 controls showed fusion, and 5 patients and 8 controls showed combination. When comparing fusion ($n_p=14$, $n_c=13$) and combination ($n_p=16$, $n_c=19$) rates between patients and controls, no significant differences were observed whether considering illusion scores at synchrony or individuals' maximal illusory scores (Fig. 1b and Fig. 1c). Additionally, no significant differences were found within these subgroups regarding the recognition scores for auditory speech or visual speech stimuli used to create the fusion and combination (Supp. Mat. Fig. 1b).

All together this first set of analysis does not provide evidence for a profound deficit of AV speech integration in schizophrenia. This point will be critically assessed in Section 4.

3.2. Temporal constraints on multisensory integration—ID task (implicit timing)

The second question addressed in this study was whether the temporal constraints on AV speech integration differed in patients with schizophrenia and controls namely, whether AV speech integration operates with similar time scales as those previously reported in healthy population (Conrey & Pisoni, 2006; Maier et al., 2011; Munhall et al., 1996; van Wassenhove et al., 2007). Considering that patients have previously been reported to tolerate larger asynchronies in their simultaneity ratings (Foucher et al., 2007; Giersch et al., 2009; Schwartz, Winstead, & Walker, 1984), if explicit temporal judgments reflect implicit temporal processes implicated in binding operations, one prediction was that AV speech integration in the ID task should also tolerate larger asynchronies in patients.

Analyses were separately done for Study 1 and Study 2 as different SOAs were used. Despite 400 ms ms of asynchrony in Study 1, the illusion and the asynchrony judgments did not fully reach zero; hence, a larger set of SOAs was used in Study 2. Only those participants showing illusory reports were kept in the reported analyses, namely, 10 patients and 8 controls in Study 1 and 4 patients and 5 controls in Study 2 for the analyses pertaining to fusion (the "fusers" subgroups) and 11 patients and controls in Study 1 and 5 patients and 8 controls in Study 2 for the analyses pertaining to combiners ("combiners" subgroups). Data across studies were gathered together when relevant for the question of interest.

3.2.1. Identification task (ID)

Fig. 2 shows the percentage of illusory fusion "da" (Fig. 2a and c) and combination "bga" (Fig. 2b and d) as a function of SOA in

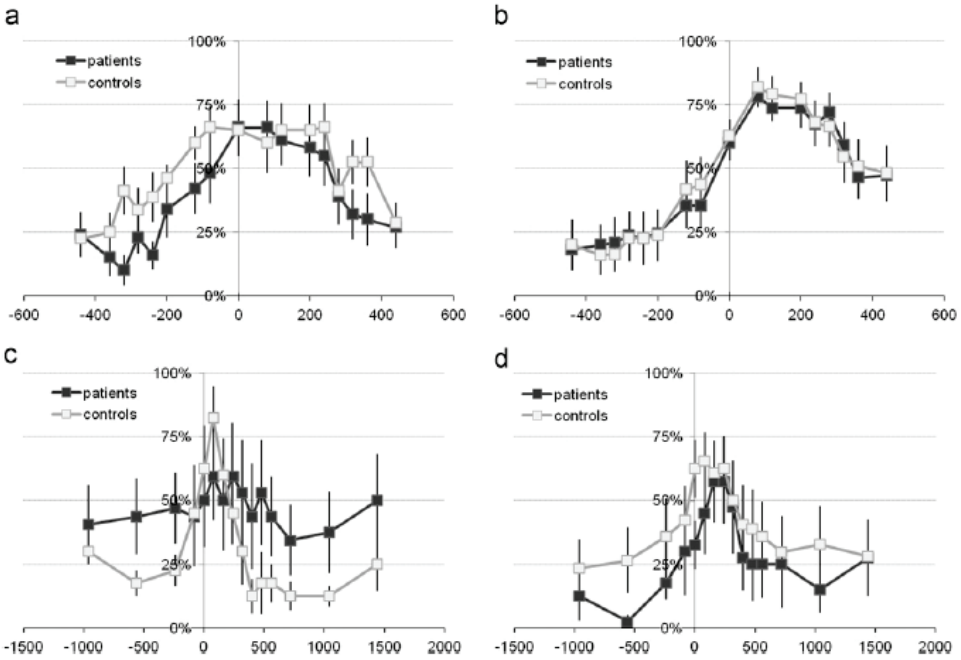


Fig. 2. Identification task (ID). Two groups of patients (dark gray) and their matched controls (light gray) were tested on their rate of fusion and combination with AV speech stimuli presented asynchronously. McGurk fusion (a), (c) and combination (b), (d) were obtained with two sets of asynchronies. Only participants showing the illusory effects are reported in theses curves. (a) Fusers subgroup of Study 1, (b) combiners subgroup of Study 1, (c) fusers subgroup of Study 2, (d) combiners subgroup of Study 2. SOA significantly affected the rate of illusions in all cases. Patients and controls only differed in the «combiners» subgroup of Study 2, with controls showing a significantly extended tolerance window compared to patients (panel c). Error bars are two standard errors from the mean.

patients (dark gray) and controls (light gray). As predicted, as the SOA between the AV speech syllables increased, the illusory responses decreased. 2×17 repeated measures ANOVA for fusion responses with factors of population (2) and SOA (17) revealed a significant main effect of SOA (Study 1: $F_{16,\ 112}=11.18$, $p \leq 0.0001$; Study 2: $F_{14,\ 42}=3.95$, $p \leq 0.0001$). In Study 1 and 2, repeated measures ANOVA for combination responses with factors of population (2) and SOA (17 or 15, respectively) also revealed a significant main effect of SOA (Study 1: $F_{16,\ 160}=49.195$, $p \leq 0.0001$; Study 2: $F_{16,\ 144}=30.189$, $p \leq 0.0001$). A two-way interaction between SOA and population was found for combination in Study 2 ($F_{16,\ 144}=2.655$, $p \leq 0.\ 001$) in which the temporal profile of patients in the combiners subgroup was surprisingly narrower than that of controls (Fig. 2d).

In the ID task, post-hoc *t*-tests revealed significant differences between patients and controls in fusion (Study 1: $t_{1,16}=-4.341$, $p \leq 0.001$; Study 2: $t_{1,14}=3.153$, $p \leq 0.007$) and in combination (Study 1: n.s; Study 2: $t_{1,16}=-5.7$, $p \leq 0.0001$). As revealed in Fig. 2, a narrower temporal profile for patients than controls was observed in fusers of Study 1 (Fig. 2a) and combiners of Study 2 (Fig. 2d); the temporal profile was identical for patients and controls in the combiners of Study 1 (Fig. 2b) but larger for patients than controls in the fusers of Study 2 (Fig. 2c).

In both studies, clear differences between the two populations could be observed with respect to the temporal constraints of AV speech integration when engaged in an identification task. These results hold when considering the whole population.

3.2.2. Optimal SOA for AV fusion and combination

In both studies, the SOAs for maximal fusion and combination rates were found to be positive, thereby indicating a preference for visual leads. The MAX asynchrony approximated 150–200 ms in both patients and controls. $2 \times 2 \times 2$ repeated measures ANOVA with MAX SOA and factors of study (2), speech stimuli (2) and population (2) showed no significant effect of Study. For this reason, data across both studies were pooled together (Fig. 1d). 2×2 repeated measures ANOVA with factor of speech stimulus (2) and population (2) showed a main effect of stimulus ($F_{1,\ 12}=9.317$, $p \leq 0.01$): the SOA at which fusion was maximal was on average shorter than that found for combination for both groups (Fig. 1d). Although a trend towards a longer SOA of maximal fusion in patients can be seen, the large variance prevented any significant difference with controls from being seen.

3.3. Access to time events in multisensory integration—SIM task (explicit timing)

We now assess explicit simultaneity judgments using the same set of asynchronies. Fig. 3 shows the percentage of simultaneity responses for incongruent stimuli in Study 1 and 2 for the fusers (3a and 3c) and the combiners subgroups (3b and 3d). The same analysis was conducted for congruent AV speech stimuli [ba].

Repeated measures ANOVA for simultaneity responses with factors of population (2) and SOA (17 or 15, respectively) were performed for each study and type of stimuli. Significant main effects of SOA were obtained in all cases. Additionally, a two-way interaction of population with stimulus was obtained for combiners of Study 2 ($F_{14,\ 56}=2.016$, $p \leq 0.033$). This is consistent with the observation that patients' temporal profiles for combination stimuli and for congruent stimuli are larger than those of controls. Post-hoc *t* tests showed significant differences in the temporal profiles of patients and controls in fusers (Study 1: $t_{1,16}=-2.897$, $p \leq 0.011$;

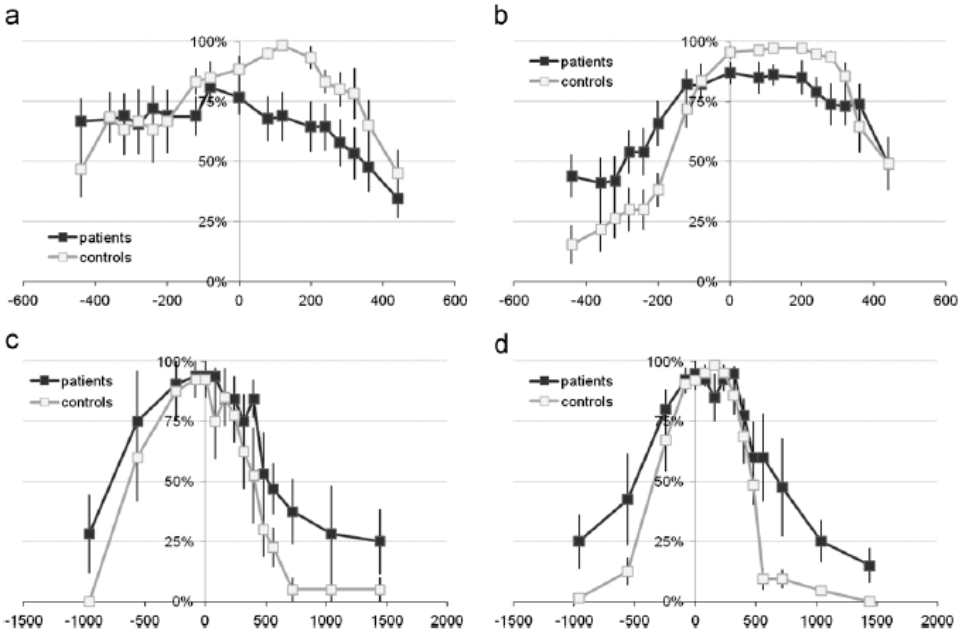


Fig. 3. Simultaneity judgment task (SIM) of incongruent AV speech. Two groups of patients (dark gray) and their matched controls (light gray) judged simultaneity of desynchronized fusion and combination illusions. Only participants showing the illusory effects are reported in theses curves. (a) Fusers subgroup of Study 1, (b) combiners subgroup of Study 1, (c) fusers subgroup of Study 2, (d) combiners subgroup of Study 2. SOA significantly affected the rate of simultaneity in all cases.

Study 2: $t_{1,14}=5.433$, $p\leq 0.0001$) and in combiners (Study 1: $t_{1,16}=-2.16$, $p\leq 0.046$; Study 2: $t_{1,14}=3.153$, $p\leq 0.007$).

As seen in Fig. 3, larger temporal profiles for patients compared to controls are ubiquitous except for fusers of Study 1 (Fig. 3a). In the profiles obtained for the congruent speech condition, patients of the fusers subgroup showed a significant widening of their temporal profiles (fusers: $t_{1,14}=3.968$, $p\leq 0.0001$); although a similar trend for a widening of the temporal profile was observed in the patients of the combiners subgroup, no significant effect was found compared to controls.

3.4. Implicit and explicit timing: Temporal windows of integration

The main goal of this study was to explore the relationship between the temporal constraints of AV speech integration (implicit timing) and simultaneity judgments (explicit timing). If profiles obtained in ID tasks provide information on the temporal resolution of the integration process, it is unclear whether it also provides relevant cues on the availability of temporal information for explicit temporal judgments. We thus proceeded in specifically comparing the results between SIM and ID tasks.

3.4.1. Identification vs. simultaneity judgment in speech illusions

When considering the fusers and combiners subgroups, a main effect of task and SOA were found irrespective of populations. Specifically, $2\times 2\times 15$ or 17 (Study 1 or 2, respectively) repeated measures ANOVA consistently showed a main effect of task (Study 1, fusers: $F_{1,\ 4}=29.85$, $p\leq 0.005$; Study 2, fusers: n.s.; Study 1, combiners: $F_{1,\ 9}=20.132$, $p\leq 0.002$ and Study 2, combiners: $F_{1,\ 4}=9.608$, $p\leq 0.036$) and a main effect of SOA (Study 1, fusers: $F_{16,\ 64}=11.452$, $p\leq 0.0001$; Study 2, fusers: $F_{14,\ 42}=13.354$, $p\leq 0.0001$; Study 1, combiners: $F_{16,\ 144}=77.637$, $p\leq 0.0001$ and Study 2, combiners: $F_{14,\ 56}=46.649$, $p\leq 0.0001$). Additionally, two-way interactions between task and SOA were often found significant (Study 1, fusers: n.s.; Study 2, fusers: $F_{14,\ 42}=9.688$, $p\leq 0.0001$; Study 1, combiners: $F_{16,\ 144}=2.948$, $p\leq 0.0001$ and Study 2, combiners: $F_{14,\ 56}=9.245$, $p\leq 0.0001$). These results suggest dissimilar temporal profiles in the ID and SIM tasks. Importantly, post-hoc *t*-tests revealed that nearly all temporal profiles between tasks (ID vs. SIM) within patients and controls differed except for the controls in the combiners subgroup of Study 2. Comparisons of profiles per subgroup are provided in Figs. 4 and 5.

All together, these results suggest that temporal constraints on integrating AV speech (implicit timing) cannot be straightforwardly equated to perceived simultaneity (explicit timing) in either controls or patients. Consistent with those results, when considering all participants irrespective of their illusory reports, post-hoc *t*-tests revealed that implicit (ID) and explicit (SIM) temporal profiles differed significantly ($p\leq 0.0001$) except for patients' fusion and controls' combination temporal profiles in Study 2. These results are congruent with the subgroup analysis and suggest that although conditions and stimuli are identical in both tasks, access to task-relevant information entails different operations.

3.4.2. Predicting audiovisual integration (ID) on the basis of simultaneity judgments (SIM)

Taken together, results suggest that task requirements affect patients and controls' temporal profiles in both experiments. Specifically, the temporal profiles observed in the SIM task capture the pattern of the ID profiles well but tended to be wider. These results are consistent with the unity assumption: auditory and visual information perceived as being simultaneous is more likely to be bound together. However, this constraint alone is insufficient to explain integration: the temporal profiles in the SIM task are often seen as slightly more tolerant than those observed in the ID task—more so in patients than in controls.

Hence, an additional analysis was carried out to evaluate the extent to which the temporal profile observed in SIM task can predict the temporal profile in an ID task—in other words, to which

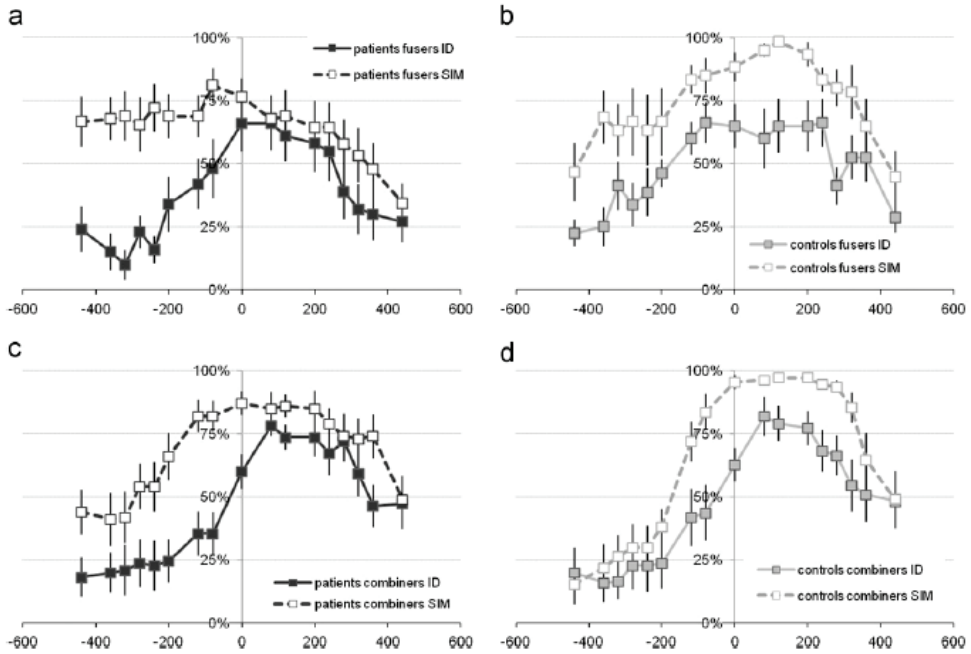


Fig. 4. Comparison of temporal profiles in ID and SIM task Study 1. Only participants showing the illusory effects are reported in theses curves. SOA significantly affected the rate of simultaneity in all cases. (a) Patients fusers temporal profiles in ID (black filled) and SIM (unfilled), (b) controls fusers temporal profiles in ID (gray filled) and SIM (unfilled), (c) patients combiners temporal profiles in ID (black filled) and SIM (unfilled), (d) control combiners temporal profiles in ID (gray filled) and SIM (unfilled). Error bars are two standard errors from the mean. Temporal profiles in the SIM task are systematically larger than in the ID task irrespective of the population. Nevertheless, patients show a pronounced tolerance for A leads in the SIM task.

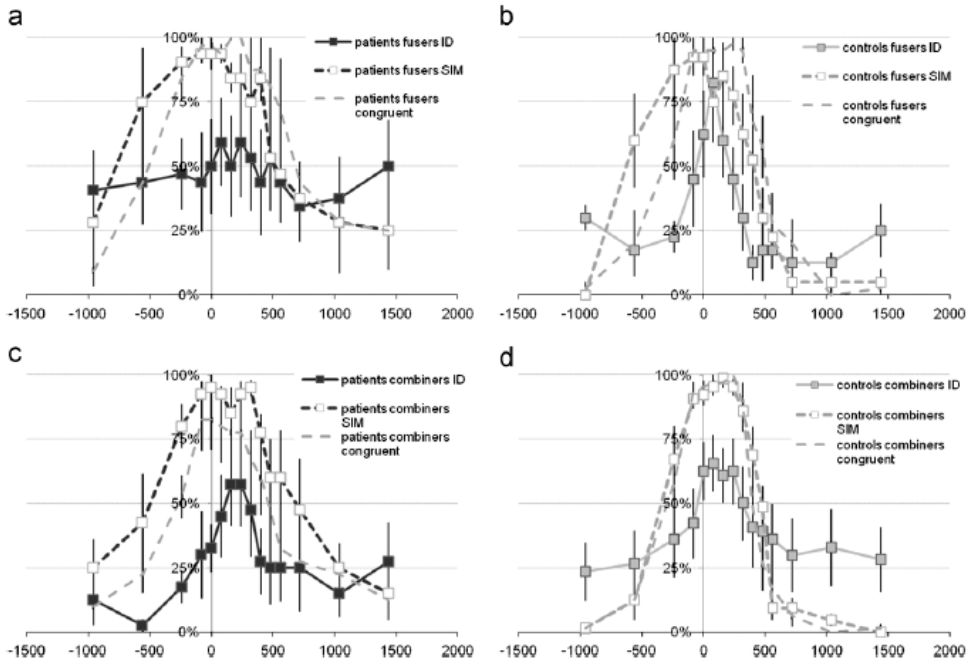


Fig. 5. Comparison of temporal profiles in ID and SIM task Study 2. Study 2 included a set of congruent audiovisual [ba] in the ID task. Only participants showing the illusory effects are reported in theses curves. SOA significantly affected the rate of simultaneity in all cases. (a) Patients fusers temporal profiles in ID (black filled) and SIM (gray filled), (b) controls fusers temporal profiles in ID (gray filled) and SIM (unfilled), (c) patients combiners temporal profiles in ID (black filled) and SIM (gray filled), (d) control combiners temporal profiles in ID (gray filled) and SIM (unfilled). Error bars are two standard errors from the mean. As in Study 1, temporal profiles in the SIM task are systematically larger than in the ID task irrespective of the population. Patients show a pronounced tolerance for A leads in the SIM task.

extent an explicit judgment task can predict the integrative properties of the perceptual system. Results and associated correlation coefficients are reported in Fig. 6: overall, controls' temporal profile in the SIM task was more predictive of their temporal profile in the ID task than in patients. This suggests that at least one additional operation specifically implicated in the access to temporal information differs in patients compared to controls.

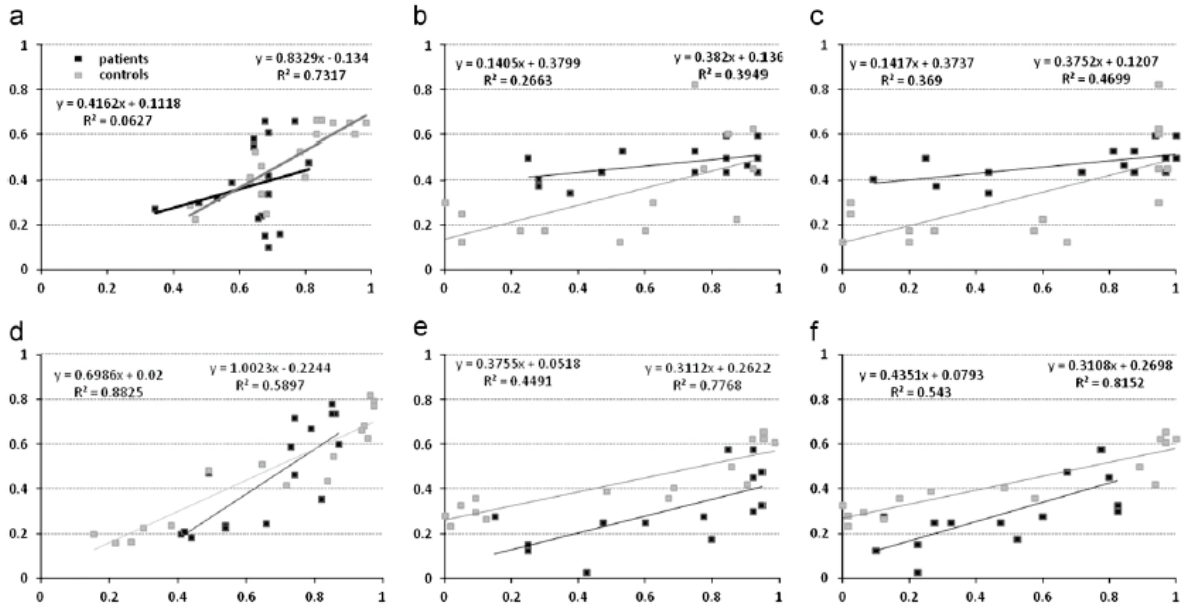
To further quantify this aspect, we turn to the temporal window of integration (TWI) per se. Note that up until now, the entire temporal profile was considered (i.e., the full range of tested SOA). Here, the temporal window of integration (TWI) specifically refers to SOA values at which optimal integration (ID) or perceived simultaneity (SIM) do not significantly differ from one another. As such, temporal profiles and TWI offer different insights on processes engaged in AV speech integration and simultaneity estimation.

3.4.3. Temporal windows of integration (TWI)

To specifically address potential differences between patients with schizophrenia and their controls in ID and SIM tasks, we derived each individual's temporal windows with limits defined as the just-noticeable-differences ("jnds" or 75% threshold observed on each side of the curve, Vroomen & Keetels, 2010). Four parameters for the fitted curves were drawn from the fits: the minimal (75% threshold for audio leads) and maximal (75% threshold for audio lags) thresholds, the PSE or PSS taken as the median point between the two thresholds and the width of the window thus defined (cf. Section 2.6.2). Jnds and PSS capture different aspects of behavior (Vroomen & Keetels, 2010): jnds specify the smallest AV speech asynchronies participants can detect whereas PSS provide insights on the SOA at which stimuli are maximally integrated (ID) or considered to be maximally temporally aligned (SIM). These parameters were gathered across both studies but independently so for the fusers (Fig. 7a) and the combiners (Fig. 7b) subgroups.

When considering the fusers subgroup, the width of the window significantly differed between patients and controls in the ID task ($t_{1,10}=-3.532$, $p\leq 0.005$), the TWI being significantly less tolerant to audio leads in patients than in controls (audio lead jnd: $t_{1,10}=4.683$, $p\leq 0.001$; cf. Fig. 7a). In the SIM task, no significant differences between patients and controls were observed for the width of the window in fusion due to the large variability across participants; the windows obtained for the congruent AV speech condition was however significantly larger for patients than for controls ($t_{1,5}=-3.243$, $p\leq 0.023$; Fig. 7a). When comparing the TWI obtained in the ID and SIM tasks, controls showed a significant difference of width ($t_{1,8}=-2.376$, $p\leq 0.045$; Fig. 7a) but patients did not.

In the combiners subgroup, the width of the window in the ID task significantly differed between patients and controls ($t_{1,22}=3.017$, $p\leq 0.006$; Fig. 7c) but not in the SIM task, again due to large variability. In both tasks, the PSS significantly differed



FUSION						COMBINATION					
a. study 1 ID x SIM		b. study 2 ID x SIM		c. study 2 ID x congruent SIM		d. study 1 ID x SIM		e. study 2 ID x SIM		f. study 2 ID x congruent SIM	
patients	controls	patients	controls	patients	controls	patients	controls	patients	controls	patients	controls
0.25	**0.85**	0.52	**0.62**	0.61	**0.69**	0.77	**0.94**	0.67	**0.88**	0.74	**0.91**

Fig. 6. Fusion or combination responses in ID as a function of simultaneity responses in SIM. Reported data only include those participants (patients in dark gray, controls in light gray) with illusory reports gathered across both studies. (a) Rate of fusion as a function of simultaneity responses to fusion stimuli in fusers of Study 1, (b) rate of fusion as a function of simultaneity responses to fusion stimuli in fusers of Study 2, (c) rate of fusion as a function of simultaneity responses to congruent speech in fusers of Study 2, (d) rate of combination as a function of simultaneity responses to combination stimuli in combiners of Study 1, (e) rate of combination as a function of simultaneity responses to combination stimuli in combiners of Study 2, (f) rate of combination as a function of simultaneity responses to congruent speech in combiners of Study 2. Linear fits equations (y) and goodness of fits ($r2$) are provided on the graphs: patients on the left, controls on the right. Temporal profiles in SIM are systematically better predictors of fusion and combination profiles in controls compared to patients: correlation coefficients are provided for each population in the table.

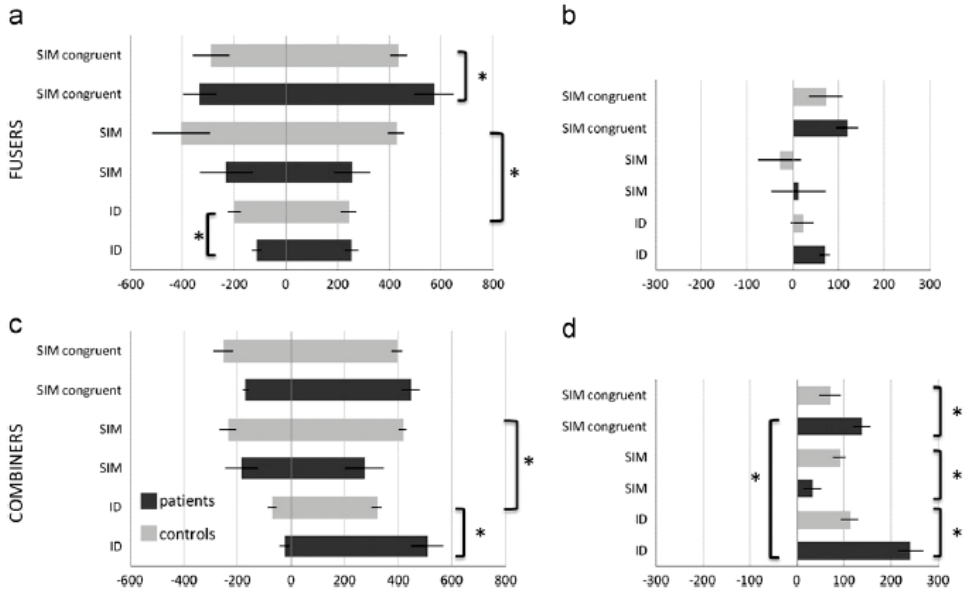


Fig. 7. Temporal windows of integration derived from ADS fits. Reported data only include those participants (patients in dark gray, controls in light gray) with illusory reports gathered across both studies. (a) Width of temporal window of integration as defined by jnds for the fusers subgroup of Study 1 and 2 combined for the ID and SIM tasks with fusion stimuli and SIM task with congruent AV speech, (b) assymetric point for the Fusers subgroup for the same tasks, (c) width of the temporal windows of integration in the combiners subgroup of Study 1 and 2 combined for the ID and SIM tasks with combination stimuli and SIM task with congruent AV speech, (d) assymetric point for the combiners subgroup in the same tasks. Error bars are two standard errors from the mean.

Table 3
Summary of correlations between PANSS scores, medication and behavioral indices.

		Fusion (r2)			Combination (r2)		
		Illusion	TWI (ID)	TWI (SIM)	Illusion	TWI (ID)	TWI (SIM)
PANSS scores	Positive	0.0003	0.095	0.275	0.05	0.082	0.093
	Negative	0.28	0.0000003	0.015	0.002	0.092	0.0005
	Global	0.00002	0.0054	0.046	0.14	0.004	0.001
	Total	0.0002	0.0091	0.066	0.2	0.011	0.002
Chlorpromazin-equivalent		0.047	0.135	0.112	0.003	0.001	0.004

between controls and patients (ID: $t_{1,22}=3.982$, $p \leq 0.001$; SIM: $t_{1,22}=-2.189$, $p \leq 0.039$; Fig. 7d). This was also observed for congruent speech ($t_{1,9}=-11.97$, $p \leq 0.0001$). Surprisingly, patients did not show differences in the width of their TWI between the ID and SIM tasks yet showed a significant difference in their PSS values between the two tasks ($t_{1,22}=5.936$, $p \leq 0.0001$) which were much larger in the combination than in the fusion task and larger than those observed in controls.

Overall, in both fusion and combination, controls tended to systematically show a larger TWI in SIM than in ID tasks, suggesting that only when AV speech stimuli were perceived as simultaneous (SIM) would AV integration (ID) take place. In patients, this pattern was not as robust: for instance, the boundaries of the TWI in ID were highly dependent on the type of stimulus (congruent, fusion or combination) such that more integration were seen for audio lead in fusion and for audio lag in combination.

3.5. Extrinsic factors: Medication and PANNS scores

To ensure that the reported results were not confounded by the medical treatments undertaken by the patients, we looked at potential correlations between equivalent-chlorpromazin and behavioral indices of interest. For these correlations, we used the rate of illusory reports (MAX) and the width of the temporal windows of integration in ID and SIM tasks. None of the results were significantly correlated with medication (Table 3). We were also interested in checking whether any correlation would be found between the same indices and with the screened PANSS scores. However, none of the PANSS scores were good predictors on the behavioral measures (Table 3).

4. Discussion

4.1. Summary of findings

Contrary to our expectations and previous reports, no significant differences were found in the rates of McGurk fusion or combination between patients with schizophrenia and their matched controls, neither at synchrony, nor when considering the maximal illusion rate irrespective of asynchrony value. Additionally, no major differences in recognition scores for auditory or visual speech alone were found. This suggests that there is no major impairment of AV speech integration in schizophrenia. Differences observed in the temporal constraints of AV speech integration (ID) between patients and controls affected the width of the temporal window: in patients, the temporal windows of integration were found to be smaller on the auditory lead side for fusion stimuli and

larger on the auditory lag side for combination stimuli compared to controls under the same conditions. This would suggest that integration of AV speech is less tolerant in patients than in controls. However, this is in contrast with the differences of temporal profiles observed in the subjective simultaneity task (SIM): patients showed larger temporal profiles than those of controls although their temporal windows of integration did not significantly differ. This suggests impairments in patients are seen most easily at higher AV asynchrony values. As such, and importantly, patients' temporal profiles obtained in the SIM task did not robustly predict those observed in the ID task: using tasks of explicit temporal judgments (SIM) in patients captures only partially the integrative properties of perceptual systems (ID). All together, these results suggest a generic impairment in patients with schizophrenia that is not reducible to a deficit in perceptual binding but rather to the temporal structuring of events in time that may impair typical binding mechanisms.

4.2. Structuring events in time: Distinction between implicit and explicit event structuring

Overall, patients showed a larger tolerance profile to AV speech asynchronies (SIM) in incongruent (three out of four cases, Fig. 3) and congruent speech. These results are in line with prior findings on simultaneity judgments in multisensory context (Foucher et al., 2007) and within sensory modalities (Giersch et al., 2009; Lalanne et al., 2012; Schwartz et al., 1984) namely, patients consider AV information to be simultaneous for a larger range of asynchronies than controls, notably beyond the temporal window of integration (as defined here by jnds). One strong a priori under the unity assumption (e.g., Vatakis and Spence (2007)) is that events ought to be perceived as simultaneous (or emanating from the same cause) for them to be integrated. However, it appears that the unity assumption is necessary but clearly not sufficient for integration especially for patients with schizophrenia: for instance, at large SOA values, both patients and controls show integration despite judging stimuli to be at nearly 100% desynchronized (Fig. 5b and d).

In AV speech and in ecological stimuli (naturally complex and evolving over time), some of the basic operations that needs to be solved are the parsing of sensory information and the structuring of this information in time in order to bind or segregate information within and across sensory modalities. One proposed view of event segmentation (e.g., Zacks & Tversky, 2001) suggests three major properties for these operations: they are predictive, recurrent and cyclical. In this view, cognitive operations can naturally apply attentional parsing to incoming sensory events (cf. for instance Jones (1976)). Recent neurophysiological work provides a mechanistic implementation of such parsing mechanisms notably by ways of neural oscillations (Schroeder, Lakatos, Kajikawa, Partan, & Puce, 2008). The internal set of temporal parsing mechanisms (neural oscillations in different frequency bands) provides the logistical platform for automatic temporal structuring in the brain (Pöppel, 2009; van Wassenhove, 2009). Patients' wider temporal profiles in SIM suggest two possible interpretations: (i) parsing mechanisms in patients are slower with the implication that speech integration and temporal perception relies directly on the parsing or (ii) specific operations engaged in the parsing and/or segregration/binding of temporal features are noisier and lack reliability (specifically, finer levels of parsing are impaired).

Against the first hypothesis, ID profiles in schizophrenia tended to be narrower despite identical levels of speech integration compared to controls: this suggests that irrespective of potential parsing problems, the informational content for speech processing is sufficiently well encoded to permit AV speech integration – fusion or combination. Thus, differences between patients and controls are more subtle: if speech processing is not impaired, it is the encoding of temporal information which may be so. This is supported by the difficulties for patients with schizophrenia to judge simultaneity. Additionally, controls and patients showed a larger permissible temporal window of integration in the SIM task than in the ID task: this suggests the existence of an additional operation for the extraction of temporal features to serve a simultaneity task (temporal awareness). It is, we argue, those specific operations pertaining to accessing temporal content (not speech content) that are impaired in schizophrenia.

When task demands require an explicit comparison of temporal features (SIM), the most parsimonious approach would be to compare an auditory and a visual cue in the dynamic stream of events. Such process is not required in the ID task (by virtue of integration). AV simultaneity judgments rely both on the comparison and the reliability of the temporal parsing mechanisms in each sensory modality. As such, if one of the two sensory modalities is sluggish, it would be reflected in the temporal profile in SIM. An additional possibility is that the coordination of temporal parsing mechanisms between auditory and visual sensory modalities is impaired. In the context of speech, two natural time scales have been argued to be necessary: the subphonetic features (a few tens of milliseconds) and syllables (a couple hundred of milliseconds) scales (Poeppel, 2003; Poeppel, Idsardi, & van Wassenhove, 2008; Giraud & Poeppel, 2012). These two time-scales are considered necessary for the discretization of (AV) speech information eventually interfacing with the demands of the linguistic system (Giraud & Poeppel, 2012). If those remain functional in schizophrenia, we suggest that it is the coordination of these two parsing mechanisms that may be impaired. The changes of PSS in the ID task (reflecting the dependency on visual encoding) and the enlargement of the temporal profiles in SIM observed in patients are consistent with this hypothesis.

It is noteworthy that previous studies found enlarged windows of simultaneity within a single sensory modality (Giersch et al., 2009; Lalanne, van Assche, & Wang Giersch, in press; Schwartz et al., 1984). Yet, and similarly to the present study (ID), patients with schizophrenia displayed a high sensitivity to short asynchronies at an implicit level (Lalanne et al., in press). The weakened link found between the predictability of SIM profile with the ID profile in patients with schizophrenia further support a partial dissociation between implicit temporal processing and explicit access to time. Further support for the second hypothesis-impaired explicit access to temporal features-can be found in the enlarged SIM window that may reflect an impaired temporal processing and temporal binding sensitivity. Neural synchronization problems between temporal parsers may provide a generic basis for this impairment and could be observable at multiple levels of cognitive operations in patients with schizophrenia, in line with recent neurophysiological hypotheses (Uhlhaas & Singer, 2010).

4.3. Hypotheses on the neural bases of a deficit in temporal event structuring in patients with schizophrenia

With regards to more classic models of temporal processing, it is important to note that the tasks that have been used here do not rely on duration estimation but on synchrony judgments. Additionally, they do not cover a range of timing classically supported by interval timing mechanisms reaching the second range (Buhusi & Meck, 2005) and, as such, cannot straightforwardly be interpreted within a perturbed dopaminergic system. Very little is known about the neurophysiology of short timing mechanisms below the second range and even less when a simultaneity judgment (as opposed to duration estimation) is required. Nevertheless, as suggested above, the range of frequency regions in cortical oscillations impaired in patients with

schizophrenia suggests a generic impairment of temporal processes in support of cognition (Uhlhaas & Singer, 2010).

The working hypothesis that we develop here straightforwardly maps onto the notion that the coordination of particular oscillatory mechanisms is impaired in patients with schizophrenia: the relevance for behavior of this posited intrinsic neural noise is not trivial to tease apart without fine-tuned psychophysical paradigms. Recent computational models have started to address this issue by testing biologically-plausible neural networks and showing how alterations in synaptic function can lead to systematic oscillatory disruptions (Rolls & Deco, 2011). Cortical oscillations are largely influenced by different neuromodulators: glutamate is implicated in nearly all cortical oscillations whereas the implication of dopamine has been essentially tested in the beta (13–30 Hz) and somewhat in the gamma (40 Hz) bands (Uhlhaas et al., 2008). Synaptic alterations will affect the time constant of the oscillatory activity in a particular frequency band, its duration, and importantly, the strength of synchronization in short- or long-range connectivity throughout the network. At this stage, and as recently concluded (Uhlhaas & Singer, 2010), a major effort is needed to bridge neurosciences with the phenomenological specificities of schizophrenia. Here, we suggest that the temporal noise and weakened oscillatory connectivity observed in patients with schizophrenia is captured in the enlarged temporal windows of integration and their variable boundaries. Future work using magneto- or electro-encephalography (MEG or EEG, respectively) would allow this hypothesis to be tested directly.

If generic and large-scale neural perturbations are central to the effects reported here, an additional line of research on the neural bases of AV speech integration has also permitted refined advances in the understanding of binding mechanisms across sensory modalities. Of particular interest for this study, recent fMRI findings suggest specialized neural populations in an area of cortex well known for its multisensory properties, namely the superior temporal sulcus (STS in monkey) or superior temporal cortex (STC, human homolog). The organization of this multisensory region is particularly difficult to unravel (Beauchamp, Argall, Bodurka, Duyn, & Martin, 2004) yet recognized to be an essential part of the AV speech integration network (Arnal et al., 2009; Beauchamp, Nath, & Pasalar, 2010). The middle STC (mSTC) is a prime area for the detection of asynchrony and the integration of AV speech information (Bushara, Grafman, & Hallett, 2001; Miller & D'Esposito, 2005; Stevenson, Altieri, Kim, Pisoni, & James, 2010; Stevenson, VanDerKlok, Pisoni, & James, 2011). Recent investigations suggest that at least two neural subpopulations coexist in this region: the synchrony population tagged S-mSTC showing increased activation to AV speech stimuli when the auditory and visual streams are in synchrony and the bimodal population tagged B-mSTC showing the opposite pattern, namely a decrease of activation with the presentation of synchronized audiovisual speech streams (Stevenson et al., 2010, 2011). These results may help disambiguate the role that some neural subpopulations in mSTC may play i.e., pass speech or time relevant information to higher processing stages in cortex.

Interestingly, patients with schizophrenia show some functional impairment in these regions of the STS (see discussion in Stevenson et al., 2011) but it is unclear to which extent this could support our current findings.

One hypothesis then is that a thorough description of neural oscillations implicated in the tasks used here could help making a link between the putative role of neural populations in STC and the coordination of neural oscillations between brain regions (notably auditory and visual cortices, here). Neuroimaging techniques such as MEG and EEG can help disentangle whether the dissociation between accessing speech (ID) or time (SIM) information, and Maier et al., 2011).

4.4. No impairment of AV speech integration in patients with schizophrenia?

Our results do not concur with prior reports showing a specific impairment of AV speech integration in patients with schizophrenia (de Gelder et al., 2003; Ross et al., 2007) but are in line with some other studies (Myslobodsky, Goldberg, Johnson, Hicks, & Weinberger, 1992; Surguladze et al., 2001). It is noteworthy that no major differences between patients and controls were found despite our strict criterion for fusion reports, namely fusion was only considered to have taken place when participants reported "da" (i.e., neither the auditory or visual percept). "ga" reports (visually-driven responses) were not considered a case of AV speech integration (van Wassenhove et al., 2007). Our quantification of AV speech integration was thus more conservative and constitutes one major difference with prior studies (de Gelder et al., 2003). A second possible reason for the discrepancies with earlier findings is that previous reports used a smaller sample of patients with larger variability of age (de Gelder et al., 2003). Additionally, one study by Pearl and colleagues (2009) showed that AV speech impairments in schizophrenia may be confined to younger patients (children and adolescents). A third important difference with prior reports showing AV speech impairments in schizophrenia (Ross et al., 2007) is the signal-to-noise ratio of the auditory speech signal. In AV speech studies, it is well-known that visual speech benefits auditory comprehension mostly under noisy conditions (Grant & Seitz, 2000; Ross et al., 2007). In the study of Ross et al., (2007), patients with schizophrenia showed AV speech impairments under low SNR levels (e.g., −12 dB); in our study, SNR was not manipulated and we thus cannot conclude on the possibility that in noisy environments, patients may show less multisensory integration than controls. A fourth intriguing possibility suggested by our data is that maximal illusory rates are not necessarily observed at natural synchrony in both patients and controls; in both fusion and combination, patients tended to show higher integration for larger visual leads than controls (cf. Fig. 1d and Fig. 7a and c). Hence, one possibility is that the optimal delay between AV speech information may differ for patients and controls. Under these circumstances, prior studies may have underestimated patients' ability to integrate AV speech information since "natural synchrony" was used (note that for dubbed AV speech stimuli such as McGurk fusion and combination, natural synchrony is meaningless). It would be informative to test a wider set of AV speech stimuli and see whether the degree of asynchrony for maximal illusory rates systematically differs for patients and controls. This could indicate different temporal characteristics in the binding operations of AV speech and provide a refined insight on possible AV speech integration impairments in schizophrenia.

4.5. AV speech integration in time

In patients, AV speech integration showed a trend towards being less tolerant to AV asynchronies as compared to controls. In fusion, the auditory lead tolerance was significantly shortened; in combination, tolerance to auditory lags was significantly lengthened. Although patients were not primarily impaired in the strength of AV speech integration compared to controls, the integration process appears to operate under different temporal constraints.

Recent predictive models of AV speech integration emphasize the predictive role of visual speech information on auditory speech categorization. Visual speech often precedes the auditory utterance (Chandrasekaran, Trubanova, Stillittano, Caplier, & Ghazanfar, 2009): this natural delay enables the visual system to extract information relevant to speech which can in turn predict the

impending auditory utterance (Arnal et al., 2009, 2011; Poeppel et al., 2008; van Wassenhove et al., 2005). In combination, patients tolerate more auditory lag suggesting that they may be less visually-driven than controls: specifically, the speech system would require more evidence than that solely provided by visual speech for the categorization of a given speech token and hence rely on auditory information more. Alternatively, the phonological categorization of visual speech may be slower in patients (in line with the visual leads side of the curve taken as the time needed to encode visual speech information and the longer PSS values; cf. Supp Mat. Fig. 2). Consistent with this interpretation, patients' temporal window in fusion is shortened for audio leads compared to controls: auditory information provides sufficient evidence to allow speech categorization thereby preventing visual speech to modify the perceptual outcome.

Hence, two important observations emerge. First, although patients did not show impaired fusion or combination, the temporal constraints with which AV speech binding occurs slightly differ from controls. Differences observed in the temporal profiles and in the temporal windows of integration in ID suggest that the extraction of visual speech information in patients may be less robust and perhaps slowed down compared to that of controls. This is in line with prior findings showing impaired AV speech integration in patients with schizophrenia when auditory speech is presented with low SNR (Ross et al., 2007). Second, this is also in agreement with visual speech deficit in schizophrenia (de Gelder et al., 2003): within a predictive coding framework of speech processing, we suggest that it is the strength of the visual prediction in time which may be impaired in patients, not visual speech processing per se.

To substantiate this working hypothesis, the impaired temporal organization of neural activity in patients with schizophrenia (Uhlhaas & Singer, 2010) is crucial to consider within the recent predictive models of speech processing: the coordination across neural frequency bands have been shown to be crucial (Arnal et al., 2011) in AV speech binding and it would thus be interesting to see whether the variability observed at different SOAs can be captured by these neurophysiological indices. To our knowledge, no data currently exist on this topic in patients with schizophrenia.

5. Conclusions

In these two studies, we have shown that while patients with schizophrenia do not show major deficits in AV speech integration, some differences in the temporal handling of AV speech information persist which are particularly salient when participants are asked to report the explicit timing of events. Based on the pattern of results, we suggest that the temporal structuring of events in patients is fundamentally difficult to access and likely to impair processes requiring explicit access to temporal information. We emit the hypothesis that subtle temporal features in the binding operations of sensory events and that generic neural oscillatory dysfunctions are at the core of timing deficit in schizophrenia.

6. Funding

This work was supported by the Fondation pour la Recherche Médicale "FRM Mastere Recherche" awarded to B.M. and IRG-249222, ERC-StG-263584 and ANRJCJC-1904 granted to VvW. This work was conducted under the European project COST ISCH Action TD0904 "Time In MEntaL activitY: theoretical, behavioral, bioimaging and clinical perspectives (TIMELY; www.timely-cost.eu).

Acknowledgements

We would like to thank the Psychiatry Department of the University of Strasbourg, the Association Elan Retrouvé (Paris, France) and the NeuroSpin medical staff for their dedication and their precious help with the recruitment of patients with schizophrenia and their matched controls. We also thank two anonymous reviewers for their critical comments on an earlier version of this manuscript. The authors report no competing interest.

Appendix A. Supporting information

Supplementary data associated with this article can be found in the online version at http://dx.doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2012.07.002.

References

Andreasen, N. C. (1999). A unitary model of schizophrenia: Bleuler's fragmented phrene as schizencephaly. *Archives of General Psychiatry*, *56*, 781–787.
Arnal, L. H., Morillon, B., Kell, C. A., & Giraud, A. L. (2009). Dual neural routing of visual facilitation in speech processing. *Journal of Neuroscience*, *29*(43), 13445–13453, http://dx.doi.org/10.1523/JNEUROSCI.3194-09.2009.
Arnal, L. H., Wyart, V., & Giraud, A. L. (2011). Transitions in neural oscillations reflect prediction errors generated in audiovisual speech. *Nature Neuroscience*, *14*(6), 797–801, http://dx.doi.org/10.1038/nn.2810.
Beauchamp, M. S., Argall, B. D., Bodurka, J., Duyn, J. H., & Martin, A. (2004). Unraveling multisensory integration: patchy organization within human STS multisensory cortex. *Nature Neuroscience*, *7*, 1190–1192, http://dx.doi.org/10.1038/nn1333.
Beauchamp, M. S., Nath, A. R., & Pasalar, S. (2010). fMRI-guided transcranial magnetic stimulation reveals that the superior temporal sulcus is a cortical locus of the McGurk effect. *Journal of Neuroscience*, *30*, 2414–2417, http://dx.doi.org/10.1523/JNEUROSCI.4865-09.2010.
Brainard, D. H. (1997). The psychophysics toolbox. *Spat Vis*, *10*, 433–436.
Buhusi, C. V., & Meck, W. H. (2005). What makes us tick? Functional and neural mechanisms of interval timing. *Nature Reviews Neuroscience*, *6*(10), 755–765.
Bushara, K. O., Grafman, J., & Hallett., M (2001). Neural correlates of auditory–visual stimulus onset asynchrony detection. *Journal of Neuroscience*, *21*, 300–304.
Buzsáki, G. (2006). *Rhythms of the Brain*. Oxford, UK: Oxford University Press.
Buzsáki, G. (2010). Neural syntax: cell assemblies, synapsembles, and readers. *Neuron*, *68*, 362–385.
Chandrasekaran, C., Trubanova, A., Stillittano, S., Caplier, A., & Ghazanfar, A. A. (2009). The natural statistics of audiovisual speech. *PLoS Computational Biology*, *5*, e1000436, http://dx.doi.org/10.1371/journal.pcbi.1000436.
Conrey, B., & Pisoni, D. B. (2006). Auditory–visual speech perception and synchrony detection for speech and nonspeech signals. *Journal of the Acoustical Society of America*, *119*, 4065–4073.
Davalos, D. B., Kisley, M. A., & Freedman, R. (2005). Behavioral and electrophysiological indices of temporal processing dysfunction in schizophrenia. *Journal of Neuropsychiatry and Clinical Neurosciences*, *17*, 517–525.
de Gelder, B., Vroomen, J., Annen, L., Masthof, E., & Hodiamont, P. (2003). Audio–visual integration in schizophrenia. *Schizophrenia Research*, *59*, 211–218.
de Gelder, B., Vroomen, J., de Jong, S. J., Masthoff, E. D., Trompenaars, F. J., & Hodiamont, P. (2005). Multisensory integration of emotional faces and voices in schizophrenics. *Schizophrenia Research*, *72*, 195–203, http://dx.doi.org/10.1016/j.schres.2004.02.013.
Dennett, D., & Kinsbourne, M. (1992). Time and the observer. *Behavioral and Brain Sciences*, *15*, 183–247.
Elvevåg, B., McCormack, T., Gilbert, A., Brown, G. D., Weinberger, D. R., & Goldberg, T. E. (2003). Duration judgements in patients with schizophrenia. *Psychol. Med.*, *33*(7), 1249–1261.
Foucher, J. R., Lacambre, M., Pham, B.-T., Giersch, A., & Elliott, M. A. (2007). Low time resolution in schizophrenia lengthened windows of simultaneity for visual, auditory and bimodal stimuli. *Schizophrenia Research*, *97*, 118–127, http://dx.doi.org/10.1016/j.schres.2007.08.013.
Fuchs, T. (2007). The temporal structure of intentionality and its disturbance in schizophrenia. *Psychopathology*, *40*, 229–235.
Giersch, A., Lalanne, L., Corves, C., Seubert, J., Shi, Z., Foucher, J., et al. (2009). Extended visual simultaneity thresholds in patients with schizophrenia. *Schizophrenia Bulletin*, *35*, 816–825.
Giraud, A. L., & Poeppel, D. (2012). Cortical oscillations and speech processing: emerging computational principles and operations. *Nature Neuroscience*, *15*, 511–517, http://dx.doi.org/10.1038/nn.3063.
Grant, K. W., & Seitz, P. F. (2000). The recognition of isolated words and words in sentences: individual variability in the use of sentence context. *The Journal of the Acoustical Society of America*, *107*, 1000–1011.

Jones, M. R. (1976). Time, our lost dimension: toward a new theory of perception, attention, and memory. *Psychological Review, 83*(5), 323–355, http://dx.doi.org/10.1037/0033-295X.83.5.323.
Kimura, B. (1994). Psychopathologie der Zufalligkeit. *Daseinsanalyse, 11*, 192–204.
Lalanne, L., van Assche, M., & Giersch, A. (2012). When predictive mechanisms go wrong: disordered visual synchrony thresholds in schizophrenia. *Schizophrenia Bulletin, 38*, 506–513, http://dx.doi.org/10.1093/schbul/sbq107.
Lalanne, L., van Assche, M., Wang, W., & Giersch, A. (under review). Fragmented perception selectively related to time in patients with Schizophrenia. *Neuropsychologia*.
Maier, J. X., Di Luca, M., & Noppeney, U. (2011). Audiovisual asynchrony detection in human speech. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 37*, 245–256, http://dx.doi.org/10.1037/a0019952.
McGurk, H., & MacDonald, J. (1976). Hearing lips and seeing voices. *Nature, 264*, 746–748.
Miller, L. M., & D'Esposito, M. (2005). Perceptual fusion and stimulus coincidence in the cross-modal integration of speech. *Journal of Neuroscience, 25*, 5884–5893, http://dx.doi.org/10.1523/JNEUROSCI.0896-05.2005.
Minkowski, E. (1933). *Le temps vécu*. Paris: Presses Universitaires de France.
Munhall, K., Gribble, P., Sacco, L., & Ward, M. (1996). Temporal constraints on the McGurk effect. *Perception and Psychophysics, 58*, 351–362.
Myslobodsky, M. S., Goldberg, T., Johnson, F., Hicks, L., & Weinberger, D. R. (1992). Lipreading in patients with schizophrenia. *Journal of Nervous and Mental Disease, 180*, 168–171.
Pearl, D., Yodashkin-Porat, D., Katz, N., Valevski, A., Aizenberg, D., Sigler, M., et al. (2009). Differences in audiovisual integration, as measured by McGurk phenomenon, among adult and adolescent patients with schizophrenia and age-matched healthy control groups. *Comprehensive Psychiatry, 50*, 186–192.
Poeppel, D. (2003). The analysis of speech in different temporal integration windows: cerebral lateralization as asymmetric sampling in time. *Speech Communication, 41*, 245–255.
Poeppel, D., Idsardi, W. J., & van Wassenhove, V. (2008). Speech perception at the interface of neurobiology and linguistics. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B, 363*, 1071–1086.
Pöppel, E. (2009). Pre-semantically defined temporal windows for cognitive processing. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B, 364*, 1887–1896.
Rolls, E. T., & Deco, G. (2011). A computational neuroscience approach to schizophrenia and its onset. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews, 35*(8), 1644–1653.
Ross, L. A., Saint-Amour, D., Leavitt, V. M., Molholm, S., Javitt, D. C., & Foxe, J. J. (2007). Impaired multisensory processing in schizophrenia: deficits in the visual enhancement of speech comprehension under noisy environmental conditions. *Schizophrenia Research, 97*, 173–183, http://dx.doi.org/10.1016/j.schres.2007.08.008.
Sams, M., Aulanko, R., Hämäläinen, M., Hari, R., Lounasmaa, O. V., Lu, S.-T., et al. (1991). Seeing speech: visual information from lip movements modifies activity in the human auditory cortex. *Neuroscience Letters, 127*, 141–145, http://dx.doi.org/10.1016/0304-3940(91)90914-F.
Schmidt, H., McFarland, J., Ahmed, M., McDonald, C., & Elliott, M. A. (2011). Low-level temporal coding impairments in psychosis: preliminary findings and recommendations for further studies. *Journal of Abnormal Psychology, 120*, 476–482.
Schroeder, C. E., Lakatos, P., Kajikawa, Y., Partan, S., & Puce, A. (2008). Neuronal oscillations and visual amplification of speech. *Trends in Cognitive Sciences, 12*, 106–113, http://dx.doi.org/10.1016/j.tics.2008.01.002.
Schwartz, B. D., Winstead, D. K., & Walker, W. G. (1984). A corpus callosal deficit in sequential analysis by schizophrenics. *Biological Psychiatry, 19*, 1667–1676.
Stevenson, R. A., Altieri, N. A., Kim, S., Pisoni, D. B., & James, T. W. (2010). Neural processing of asynchronous audiovisual speech perception. *NeuroImage, 49*, 3308–3318, http://dx.doi.org/10.1016/j.neuroimage.2009.12.001.
Stevenson, R. A., VanDerKlok, R. M., Pisoni, D. B., & James, T. W. (2011). Discrete neural substrates underlie complementary audiovisual speech integration processes. *NeuroImage, 55*, 1339–1345, http://dx.doi.org/10.1016/j.neuroimage.2010.12.063.
Surguladze, S. A., Calvert, G. A., Brammer, M. J., Campbell, R., Bullmore, E. T., Giampietro, V., et al. (2001). Audio–visual speech perception in schizophrenia: an fMRI Study. *Psychiatry Research, 106*, 1–14.
Theunissen, F., & Miller, J. P. (1995). Temporal encoding in nervous systems: a rigorous definition. *Journal of Computational Neuroscience, 2*, 149–162, http://dx.doi.org/10.1007/bf00961885.
Uhlhaas, P. J., & Mishara, A. L. (2007). Perceptual anomalies in schizophrenia: integrating phenomenology and cognitive neuroscience. *Schizophrenia Bulletin, 33*(1), 142–156.
Uhlhaas, P. J., Haenschel, C., Nikolić, D., & Singer, W. (2008). The role of oscillations and synchrony in cortical networks and their putative relevance for the pathophysiology of schizophrenia. *Schizophrenia Bulletin, 34*(5), 927–943.
Uhlhaas, P. J., & Singer, W. (2010). Abnormal neural oscillations and synchrony in schizophrenia. *Nature Reviews Neuroscience, 11*, 100–113, http://dx.doi.org/10.1038/nrn2774.
van Wassenhove, V. (2009). Minding time in an amodal representational space. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B, 364*, 1815–1830, http://dx.doi.org/10.1098/rstb.2009.0023.
van Wassenhove, V., Grant, K. W., & Poeppel, D. (2005). Visual speech speeds up the neural processing of auditory speech. *Proceedings of the National academy of Sciences of the United States of America, 102*, 1181–1186, http://dx.doi.org/10.1073/pnas.0408949102.
van Wassenhove, V., Grant, K. W., & Poeppel, D. (2007). Temporal window of integration in auditory–visual speech perception. *Neuropsychologia, 45*, 598–607, http://dx.doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2006.01.001.
Vatakis, A., & Spence, C. (2007). Crossmodal binfing: evaluating the "unity assumption" using audiovisual speech stimuli. *Percept Psychophys, 69*(5), 744–756.
Vogeley, K., & Kupke, C. (2007). Disturbances of time consciousness from a phenomenological and neuroscientific perspective. *Schizophrenia Bulletin, 33*, 142–156.
Volz, H. P., Nenadic, I., Gaser, C., Rammsayer, T., Häger, F., & Sauer, H. (2001). Time estimation in schizophrenia: an fMRI study at adjusted levels of difficulty. *Neuroreport, 12*, 313–316.
Vroomen, J., & Keetels, M. (2010). Perception of intersensory synchrony: a tutorial review. *Attention, Perception & Psychophysics, 72*, 871–884.
Wang, XJ. (2010). Neurophysiological and computational principles of cortical rhythms in cognition. Physiological Reviews, 90, 1195-1268. 10.11552/physrev.00035.2008.
Welch, R. B., & Warren, D. H. (1980). Immediate perceptual response to intersensory discrepancy. *Psychology Bulletin, 88*, 638–667.
Wittmann, M. (2011). Moments in time. *Front Integrative Neuroscience, 5*, 1–9, http://dx.doi.org/10.3389/fnint.2011.00066.
Zacks, J. M., Speer, N. K., Swallow, K. M., Braver, T. S., & Reynolds, J. R. (2007). Event perception: a mind-brain perspective. *Psychological Bulletin, 133*, 273–293, http://dx.doi.org/10.1037/0033-2909.133.2.273.
Zacks, J. M., & Tversky, B. (2001). Event structure in perception and conception. *Psychological Bulletin, 127*, 3–21.

E. ANNEXE 5. Article – temporal structure of consciousness and minimal self in schizophrenia

frontiers in PSYCHOLOGY

HYPOTHESIS AND THEORY ARTICLE
published: 21 October 2014
doi: 10.3389/fpsyg.2014.01175

Temporal structure of consciousness and minimal self in schizophrenia

Brice Martin[1], Marc Wittmann[2], Nicolas Franck[1], Michel Cermolacce[3,4,5], Fabrice Berna[6] and Anne Giersch[6,7]

[1] Centre Rhônalpin en Réhabilitation et en Remédiation Cognitive - Service Universitaire de Réhabilitation, Hôpital du Vinatier, Université Lyon 1 and UMR 5229 (Centre National de la Recherche Scientifique), Lyon, France
[2] Institute for Frontier Areas of Psychology and Mental Health, Department of Empirical and Analytical Psychophysics, Freiburg, Germany
[3] Département Universitaire de Psychiatrie, Centre Hospitalier Universitaire Sainte Marguerite and Aix-Marseille Université, Marseille, France
[4] Unité de Neurophysiologie, Psychophysiologie et Neurophénoménologie, UF 4817, Centre Hospitalier Universitaire Sainte Marguerite, Marseille, France
[5] Laboratoire de Neurosciences Cognitives, UMR CNRS 7291 and Aix-Marseille Université, Fédération 3C, Marseille, France
[6] INSERM U1114, Department of Psychiatry, Fédération de Médecine Translationnelle de Strasbourg, University Hospital of Strasbourg, University of Strasbourg, Strasbourg, France

Edited by:
Simon Grondin, Université Laval, Canada

Reviewed by:
Mark Elliott, National University of Ireland Galway, Ireland
Giovanna Mioni, Université Laval, Canada

***Correspondence:**
Anne Giersch, INSERM U1114, Department of Psychiatry, Fédération de Médecine Translationnelle de Strasbourg, University Hospital of Strasbourg, University of Strasbourg, 1 place de l'Hôpital, 67000 Strasbourg, France
e-mail: giersch@unistra.fr

The concept of the minimal self refers to the consciousness of oneself as an immediate subject of experience. According to recent studies, disturbances of the minimal self may be a core feature of schizophrenia. They are emphasized in classical psychiatry literature and in phenomenological work. Impaired minimal self-experience may be defined as a distortion of one's first-person experiential perspective as, for example, an "altered presence" during which the sense of the experienced self ("mineness") is subtly affected, or "altered sense of demarcation," i.e., a difficulty discriminating the self from the non-self. Little is known, however, about the cognitive basis of these disturbances. In fact, recent work indicates that disorders of the self are not correlated with cognitive impairments commonly found in schizophrenia such as working-memory and attention disorders. In addition, a major difficulty with exploring the minimal self experimentally lies in its definition as being non-self-reflexive, and distinct from the verbalized, explicit awareness of an "I." In this paper, we shall discuss the possibility that disturbances of the minimal self observed in patients with schizophrenia are related to alterations in time processing. We shall review the literature on schizophrenia and time processing that lends support to this possibility. In particular we shall discuss the involvement of temporal integration windows on different time scales (implicit time processing) as well as duration perception disturbances (explicit time processing) in disorders of the minimal self. We argue that a better understanding of the relationship between time and the minimal self as well of issues of embodiment require research that looks more specifically at implicit time processing. Some methodological issues will be discussed.

Keywords: schizophrenia, time perception, self-concept, consciousness, psychology of the self, psychopathology, experimental psychology

DISTURBANCES OF MINIMAL SELF AND SCHIZOPHRENIA

There is a consensus that the self is disordered in patients with schizophrenia (for review, Lysaker and Lysaker, 2010; Mishara et al., 2014). Several studies suggest these disorders include a disturbance of the most elementary component of self, i.e., minimal self-disorders (SDs; Gallese and Ferri, 2013; Nelson et al., 2013; Hur et al., 2014). However, characterizing these disorders and understanding the mechanisms involved remain a challenge. In the present work, we bring together ideas and concepts from two different domains, phenomenology and experimental psychology. Combining these two fields is not straightforward, but in the present case such an integrative approach helps us to see the recent phenomenology and timing literature in a new perspective and to discuss the possible impact of timing characteristics on the self. Previously (e.g., Mishara, 2007) it has been proposed there may be a relationship between timing disorders and SDs, but recent data in this field may help to shed new light on this possible link.

THE MINIMAL SELF

From the point of view of phenomenology, the minimal self is the most basic level of the self. Gallagher (2000, p. 15) defines the minimal self as "a consciousness of oneself as an immediate subject of experience" and as "the pre-reflexive point of origin for action, experience and thought."

Thus, the minimal self refers to the tacit and pre-reflexive selfhood (Nelson et al., 2013). As explained by Stanghellini (2009) "I experience myself as the perspectival origin of my experiences (i.e., perceptions or emotions), actions and thoughts." Consequently, the minimal self can be seen separately from more elaborate aspects of the self (Gallagher, 2000; Parnas and Handest,

2003; Nelson et al., 2013) such as the reflexive self (e.g., the explicit awareness of an "I") and the narrative self (e.g., experiencing the self as having special characteristics, like a personality, and a personal history that we tell about ourselves; Haug et al., 2012).

It is especially important to distinguish between the reflexive and pre-reflexive self. We base our approach on earlier phenomenological work (de Warren, 2009). Brentano and Husserl in particular distinguish between the object of a perception and the conscious perception itself. de Warren provides the following example as inspired by Brentano and Husserl: "when looking at this tree in my backyard, my consciousness is directed toward the tree and not toward my own act of perception. I am, however, aware of myself as perceiving this tree, yet this self-awareness (or self-consciousness) is not itself thematic", e.g. not reflexive. (de Warren, 2009, p. 19). According to Brentano, when an object of the outer world is present in our mind we simultaneously apprehend the mental phenomenon itself, but this does not lead to explicit reflection: "every act of consciousness is also implicitly conscious of itself, but only to the extent that it is a consciousness of something other than itself" (de Warren, 2009, p. 77). Put another way, when we say "I perceive a tree," we are usually focusing on the object of perception, i.e., the tree. The "I," although not unconscious, is only present implicitly. This self-awareness does not compete with the representation of the tree as long as it remains implicit. It is part of the act of consciousness. As we have already seen above, this pre-reflexive "mineness" of conscious experience is a central characteristic of the minimal self.

In contrast, a reflexive act of consciousness is described as reflexive when intentionality is directed toward the act of consciousness itself. As regards de Warren's example of the tree, "I can, through a further act of reflexion, make my perceptual act into theme, or object, of my consciousness, in which case I am no longer immersed in my directedness towards the tree, but redirected toward myself as perceiving the tree" (de Warren, 2009, p. 20). In this case, self-consciousness becomes reflexive, i.e., an explicit theme through an act of self-observation, which is distinct from a pre-reflexive perspective. Contrary to the minimal self, the explicit representation of self competes with other representations. We either perceive the tree or think about ourselves.

Although these distinctions have important limitations (see Zahavi, 1999), they will be sufficient for the minimal SD issues addressed in this paper. In particular, philosophers have struggled with the Brentano's proposal according to which the act of consciousness may entail different objects simultaneously: "the presentation of the sound and the presentation of the presentation of the sound (i.e., hearing) form a single mental phenomenon; it is only by considering it in its relation to two different objects, one of which is a physical phenomenon and the other a mental phenomenon, that we divide it conceptually into two presentations" (de Warren, 2009, pp. 78–79). Here, we interpret this proposal like de Warren by considering self-awareness to be present during an act of perception without being the focus of attention, i.e., in an implicit way. It is clear that the concept of self as we discuss it here is not the purest and most abstract form, which would be independent of time and would precede our interaction with the outer world (see Mishara, 2007; Mishara et al., 2014 for a critic of the latter approach), but rather an embodied self. It is during our experience of the world that we implicitly experience ourselves. Consequently, if our experience of the world is distorted, then our implicit experience of ourselves is bound to be disturbed as well. The following clinical examples help further define what we mean by minimal SDs.

DISTURBANCES OF THE MINIMAL SELF AS A TRAIT MARKER OF SCHIZOPHRENIA

Evidence from empirical research and clinical analysis suggest that a disturbance of the minimal self (minimal-SDs) can be considered a core feature of schizophrenia. Minimal SDs have been described in prodromal, early, and more chronic stages of schizophrenia (Møller and Husby, 2000; Parnas et al., 2003, 2005; Raballo et al., 2011). They are described through a broad range of experiences, as listed in detail in the Exploration of Anomalous Self Experience (EASE), a phenomenology-oriented instrument centered on the exploration of minimal SDs (Parnas et al., 2005). This EASE sets out to list recurrent experiences of a distortion of one's first-person experiential perspective. The following examples (translated from French by Brice Martin) illustrate patients' responses (Parnas et al., 2005):

> *Alterations of the 'stream of consciousness'* can be understood as there being a gap between one's own thoughts and the self, leading to the loss of "mineness" of mental experience. One example of this is "thought interference," like, for example, in a patient's own words *"when I'm thinking, you see, sometimes, it's a bit like…there are some words…some words or ideas which come into my mind…in a disconnected fashion…, which have nothing to do with what I'm thinking…which can be banal…, which interfere with what I'm thinking…."*

> *The Alteration of the Presence* corresponds to a broad range of phenomena that can be defined as a lack of immersion in the world. An example of the alteration of the presence is "a loss of natural evidence" (Blankenburg, 1971). It denotes a "lack of automatic, pre-reflective grasp of the meaning of everyday events, situations, people and objects" (Parnas et al., 2005) as, in the words of a patient, *"you see, for me, it's a bit like…as if nothing was obvious for me…The world is something…very complicated for me…It's tiring because I'm always thinking… I'm constantly wondering how people are going so easily through life, through things… Everything is a question for me…you see, I think about everything, and I can't help it…my mother always tells me I spend too much time wondering about too many things…for example… yesterday… I sat down in front of a wall, and, for one or two hours, asked myself how it had been built? Sometimes, I wonder why "paper" is called "paper"?".*

> *'Corporeal experiences' or 'disembodiment'* denotes the feeling of being detached from oneself and one's actions, as if in a third-person perspective or without any perspective at all. One example of this is the "spatialization of bodily experiences" where the body is experienced as an object, with a weakened self experience, as in the following narrative: *"mmh…you see, it's like my body…it's like I can perceive inside my body, like things being a bit disconnected from my body…I frequently feel my heart beating…or the blow flowing in my veins…I can feel it, it's as if I can see it…or my muscles when I'm moving my arm…it's a bit like my body was constantly…was constantly present you see…as a thing in front of*

me. . .as if I wasn't really inside my body. . .." A loss of self thereafter means a disconnectedness that can be described as detachment from one's physical body (de Haan and Fuchs, 2010).

The *altered sense of demarcation* can be understood as a difficulty discriminating self from not self, and, consequently, as a "loss or permeability of self-world boundary" (Parnas et al., 2005). One illustration of this can be seen in the following patient's explanation: "*you see, I'm like a house with a door that is constantly open. . .I'm living the fact that. . .as if people could come in. . .as if people could know what I'm thinking. . . As if. . . I've no barrier. . .as if there was no barrier between me and others. . .*"

All the above disturbances can be described as a loss of the center of gravity of experience (the "zero point").

The consideration of minimal SDs in psychiatry may have considerable applications, especially in differential diagnosis, inasmuch as SDs differ in schizophrenia and in bipolar disorders (Parnas et al., 2003). The evaluation of these minimal SDs may also be relevant for the *outcomes of schizophrenia*, such as suicidal behaviors, which appear to be correlated with the intensity of minimal SDs (Skodlar and Parnas, 2010). To date, however, detection of these disturbances relies on the verbal reports given by the patients. Such reports should be interpreted with caution, especially since the minimal self is related to non-verbal aspects of consciousness. The difficulty is to find a way of objectifying the minimal self with a non-verbal approach, while ensuring that this approach is relevant to the minimal self (Mishara, 2007; Mishara et al., 2014). Below, we discuss the possible role of time processing, which may be one of the key mechanisms underlying certain properties of the minimal self (Kiverstein, 2009). We sum up existing arguments in favor of elementary timing disorders in patients with schizophrenia and argue that such perceptual timing disorders should impact the sense of self, inasmuch as temporal aspects are involved in any states of feeling, whether regarding the self or the outer world.

COGNITIVE BASIS OF MINIMAL SELF DISTURBANCES IN SCHIZOPHRENIA: TOWARD THE QUESTION OF TIME?

Little is known about the basic processes and cognitive correlates of minimal SDs. The question we ask here is whether known cognitive disturbances in patients with schizophrenia lead to minimal SDs. We present a synthetic review of works targeting this issue.

CLASSICAL NEUROCOGNITIVE DISTURBANCES IN SCHIZOPHRENIA AND SDs

Neurocognitive impairments appear to be a core feature of schizophrenia, having a major impact on everyday functioning (Green, 1996; Green et al., 2000). The most common disturbances concern attention, memory, and executive processing (Heinrichs and Zakzanis, 1998).

These disturbances are frequently considered to be an important source of difficulties for patients in everyday life. For example, they are commonly considered to be the most important factor underlying the functional disabilities observed in schizophrenia, impinging upon patients' daily lives (Velligan et al., 2006) and employment. They constitute the target for cognitive remediation, a promising therapeutic tool (Demily and Franck, 2008).

Despite their frequency and importance in terms of disabilities, the link between these cognitive disturbances and minimal SDs in schizophrenia is unclear. Very few studies have attempted to explore these relationships. Haug (Haug et al., 2012) explored cognitive functioning (psychomotor speed, working memory, executive and memory functioning) and correlated cognitive impairments in schizophrenia with minimal SDs as assessed using EASE. However, they found few correlations between cognitive functioning and SDs.

We argue that cognitive functions as explored in the usual neuropsychological batteries may not be the most suitable approach. Below, we present the results of studies that are potentially closer to the question of the minimal self. There have been many studies that have explored the concept of agency. Agency is the feeling of being the agent of an action and has mostly been explored by explicitly asking subjects whether or not they are at the origin of a given action. As such, agency is reflexive rather than pre-reflexive. However, the mechanisms hypothetized as being involved in this emerging feeling are largely unconscious and pre-reflexive and could affect the minimal self. Moreover, some observations raise the question of timing. For these reasons, we start by presenting a summary of the studies exploring agency.

INTERNAL MODELS AND MINIMAL SDs

The last few decades have seen the emergence of a set of cognitive hypotheses targeting some of the clinical features of schizophrenia such as delusions of alien control (first rank symptoms according to Schneider, 1995) and the delusional feeling of being controlled or influenced by other agents, both common manifestations in schizophrenia. Although these manifestations appear to reflect disorders of the reflexive self, they may still be connected with minimal SDs. Indeed, there are a number of arguments that have led us to develop the question of agency despite its being self-reflexive. In fact, impaired agency is observed mainly in acute phases of schizophrenia and only affects patients permanently in exceptional cases, although some disorders might persist in the interval between acute phases. It has been proposed that impaired agency emerges as a result of a combination of impairments, some of which would not be explicit and might be related to minimal SDs (Frith, 2005). Such impairments would lead to a loss of control, a frequent feeling which can arise, for example, when an action has not been performed in an optimal fashion (Pacherie, 2008). While not resulting in a loss of agency, it may weaken our implicit sense of being at the origin of our action. Insofar as it is not reflexive, such a loss of control might thus be connected with minimal SDs. It is additional impairments, such as abnormal interpretations of causal relationships, which would lead to explicit agency impairments and delusions of control. To make our arguments more concrete, we detail below the mechanisms that have been hypothesized as being involved in the loss of control. This in turn raises time issues.

Empirical work has been conducted in connection with "forward models," including mechanisms not related to conscious awareness. According to this approach, the sense of agency among healthy subjects is based on mechanisms that allow us to prepare an action and to translate intentions into actions (Frith, 2005). Based on Wolpert's (1997) model, the intention is translated into

a motor program by means of an "inverse" model which allows the motor system to adjust the motor program to the intention even before the movement is initiated. Desmurget and Sirigu (2012) proposed that these first steps are associated with both a "wanting to move" and an "urge to move." Such feelings may be conscious, but they are not self-reflexive. Like the example given above of perceiving a tree, when we want to move, we focus on the action, and not on the "I" performing the action. It is worth emphasizing that we do not discuss the issue of will in this paper. "Wanting" to move suggests there is a conscious decision prior to moving. However, when we take a conscious decision, we usually focus our attention on the decision itself, not on the "I" taking the decision. Once again, the "I" will only be present implicitly. Yet, insofar as this "I" is defined in relation to the action, impairments in the ability to convert the first steps of action planning into real action might impair the implicit sense of "I," i.e., the minimal self. In fact, some studies have suggested that some aspects of planning are impaired in schizophrenia in the case of simple action sequences (Zalla et al., 2006; Delevoye-Turrell et al., 2007). For example, it has been shown that patients with schizophrenia have planning difficulties when tapping a surface with their finger. Tapping involves lowering the finger and then lifting it. It has been shown that healthy subjects can plan to lift their finger before the action onset and do not need to wait for sensory feedback. Patients, however, appear to wait for sensory information regarding surface contact before lifting their finger. Similarly, they have repeatedly been shown to be impaired every time separate parts of a movement should succeed each other smoothly (Delevoye-Turrell et al., 2003, 2007). Inasmuch as such impairments may weaken the ability to convert an intention into a controlled action efficiently, it might impact the implicit and pre-reflexive feeling of control associated with motor actions. It is noteworthy that all these impairments are observed when several components of an action must follow one another, and that they are reflected in abnormally long intervals between separate motor elements making up the action.

These findings emphasize the timing component of action in patients (Delevoye-Turrell et al., 2012; Turgeon et al., 2012). This is also the case with another component of motor action, the "efference copy." Once a motor program is adjusted, it generates an "efference copy," which is used to predict the sensory outcome of the action by means of the forward model (von Holst and Mittelstaedt, 1950). The action is then adjusted by comparing the expected outcome with the actual sensory feedback occurring as a result of the action. When the expected and actual outcome of the action match, the correspondence of these signals reinforces the sense of having initiated the action (Frith, 2005). It has been proposed that the efference copy is disturbed in patients with schizophrenia (Kelso, 1977; Franck et al., 2001; Jeannerod, 2009; Voss et al., 2010; Synofzik et al., 2013). As a result of this disturbance, patients would not benefit from the match between the predicted and actual outcome of the action. Again, the consequence would be a weakening of the sense of having initiated the action. As already emphasized, this does not lead directly to the delusional belief of being controlled by an external agent, which, in order to develop, would require additional impairments (Frith, 2005). Inasmuch as the weakening of the sense of initiating the action occurs implicitly, without the subject being able to report it explicitly, it might be related to minimal SDs. Interestingly, the mechanisms associated with producing an efference copy might also involve a timing component. The efference copy involves a temporal dimension, inasmuch as it is used to predict sensory feedback, and hence the timing of such feedback. The temporal dimension of the forward model had been underlined by Wolpert himself, and more recently by a series of other authors (e.g., Waters and Jablensky, 2009). Interestingly, the temporal distortion of the sensory feedback appears to impact all patients with schizophrenia and to affect their sense of agency independently of the association with delusions of control (Franck et al., 2001). Time processing disorders might be more stable markers than those ultimately resulting in delusions of control. In other words, timing disorders might be trait markers that persist in chronic phases of the pathology. This is consistent with the idea that such disorders weaken patients, possibly by inducing minimal SDs, but produce agency disturbances only secondarily. Patients may interpret their basic disorders in different ways, which explains why agency disturbances can take many different forms, with patients attributing their action to various agents (e.g., God, extra-terrestrial beings, television). However, these different interpretations would stem from a similar basic impairment. In that sense, the agency studies shed light on minimal SDs in schizophrenia (see Gallese and Ferri, 2013).

Yet, this approach may not provide the full explanation for minimal SDs in schizophrenia. First of all, forward models account for only part of minimal SDs because they target mainly motor action. Consequently, they give preference to exploring the sense of agency based on body perception and do not easily address other clinical manifestations, such as the alteration of presence.

Moreover, some models of the minimal self (Gallagher, 2000) distinguish between two components: the sense of "agency" involving forward models, and the sense of "ownership." The sense of ownership may be closer to the minimal self than the sense of agency. We feel our body as our own body even when we do not move, or when our action is involuntary rather than deliberate. This feeling corresponds to the sense of "ownership." As in previous examples, it is not necessarily self-reflexive. We can say "my body" without reflecting on the "my." The current assumption in the literature is that only one component of the minimal self, the sense of agency, is disturbed in schizophrenia. However, Parnas suggests both aspects of minimal self are concomitantly impaired in schizophrenia. Indeed, the EASE assessment suggests minimal-SDs include both, impairments of ownership and agency (Parnas et al., 2005). However, it is difficult to disentangle ownership and agency disorders, and to the best of our knowledge the implicit sense of ownership has not been extensively explored in patients (but see de Haan and Fuchs, 2010), such that the phenomenological frontiers between these two components of the minimal self need to be more accurately defined. Lastly, it is still difficult to distinguish between the reflexive and pre-reflexive parts of agency, and more work is required in order to understand which aspects of motor impairments relate to minimal SD in schizophrenia and to what extent.

TIME AND MINIMAL SELF IN SCHIZOPHRENIA: WHAT EVIDENCE IN THE LITERATURE?

After this short review of the motor impairments possibly associated with minimal SDs in schizophrenia, we focus more specifically on exploring the potential implications of time deficits in schizophrenia in minimal SDs.

We shall present two series of arguments to justify time processing as a relevant issue to explore and with a view to understanding minimal SDs in this pathology. Mind structuring disorders, namely arguments deriving from psychopathology and experimental psychology studies in schizophrenia are presented below.

EVIDENCE STEMMING FROM CLINICAL, PSYCHOPATHOLOGICAL, AND PHENOMENOLOGICAL APPROACHES

From a psychopathology perspective, the phenomenological approach proposes a "useful conceptual framework within which the explanation of pathological experiences could be ventured" (Wiggins et al., 2003), to include the role of time in the genesis of minimal SDs. In what follows we try to summarize the hypotheses put forward with the help of this particular conceptual framework. It should be emphasized that these hypotheses rely not on experimental work but on the understanding of time issues derived from phenomenology and on clinical observations.

A first step has to do with the nature of time processing itself. In phenomenology, time is not necessarily investigated and understood as a content of consciousness. Rather, it is a key component structuring the form of consciousness. Thus, time appears to be a very basic, "ontological" component of reality (Wiggins et al., 2003).

At the lowest layers of world-constituting processes, philosopher Husserl (1991) locates the question of time and, more precisely, what he calls "the intimate consciousness of time" (inneres Zeitbewusstsein). He describes a tripartite structure of time consciousness, that is seen as an integration of the past, the present, and the future. He gives the example of music. When we listen to a tune, we are conscious of the present note but still have the previous note in mind ("retention") and usually anticipate the note to come ("protention"; Gallagher and Zahavi, 2014). As Fuchs (2007) points out, "these synthetic functions, operating at the most basic layer of consciousness in an implicit, tacit or automatic way, are capable of integrating the sequence of single moments into an intentional arc," allowing the subject to connect tightly with the world and, thus, structuring consciousness. It should be emphasized that the term "intentional" does not mean the integration of past, present, and future moments is deliberate and reflexive. On the contrary, it is passive. According to phenomenologists, it is a basic mechanism whereby we can consciously experience the world as a whole and as continuous in time. Moreover, such mechanisms would shape all our experiences and affect our sense of self (Fuchs, 2007). The ability passively to integrate past, present, and future moments would allow us to think in meaningful units. In a similar way to what has been described in the domain of motor control, protention would allow us to anticipate the next thought and words when we speak.

This implicit or automatic temporal synthesis (or, in Husserlian terms, the "passive" temporal synthesis) contributes to the stability of the perception of the world. Husserl calls this "doxa," e.g., the certainty that the world will be invariant, allowing the subject to recognize him- or herself in the world. This is one of the most basic processes guaranteeing that the world can be "taken-for-granted" (Wiggins et al., 2003). "As a consequence, the actions of normal people can presuppose a pre-given world, a spatial, temporal, causal, and social order that their mental lives consistently constitute" in an automatic way (Wiggins et al., 2003).

A considerable number of psychopathological works describe a breakdown of this intentional arc in schizophrenia, which could lead to the first incidents of schizophrenic experiences or, put differently, to minimal SDs (Minkowski, 1933/2005; Binswanger, 1965; Tatossian, 2002) or a "weakened ego" (Wiggins et al., 2003). "If these syntheses should cease to occur in my mental life, the ongoing existence of the world and its objects would cease for me" (Wiggins et al., 2003), and the world can no longer be "taken for granted" (Wiggins et al., 2003). Consequently, because the lowest strata of mental life are impaired, the person feels threatened with a kind of selflessness and worldlessness and experiences "ontological anxiety." The "selflessness" experienced here is not reflexive. The presence of "selflessness" is hypothesized by phenomenologists who base their argument on how the experience of the world is supposed to lead to the minimal self. Phenomenological inquiry also relies on clinical observations. In particular clinical observations can be reinterpreted as conscious compensation for minimal SDs. Because patients' experience of the world is distorted, they have to compensate for it. The world has to be actively reconstructed (the person must engage in "rational reconstruction"). A wide range of apparent symptoms can be understood as being a consequence of this fundamental disturbance of minimal SDs, such as hyperreflexivity or the loss of natural evidence. Hence, various aspects of minimal self could be understood or may manifest themselves as an attempt by the patient "to actively busy him- or herself with re-laying the ontological foundations of reality" (Wiggins et al., 2003). This is understandable insofar as there is a balance between the pre-reflexive and reflexive self. If the pre-reflexive self is weakened, patients would offset this weakness by giving explicitly thought to questions we usually ignore (Nelson et al., 2009). Although an interesting idea, it has often been argued, and rightly so, that it is difficult to demonstrate (Mishara, 2007). However, there is also more direct evidence of the distorted world experience of patients, who appear to stray from a lived and dynamic time. A thorough examination of the literature suggests direct experiences of an explicit feeling of time disruption might be more frequent than suggested by clinical experience (Hartocollis, 1983). For example, patients describe feeling that time is standing still. One of Minkowski's patients gave the following explanation: "I'm looking for the immobility and I have a tendency to immobilize all the things around me" (Minkowski, 1927/2002). Another patient reported: "Things go too quick for my mind. [...] It's as if you were seeing one picture one minute and another picture the next" (Chapman, 1966). Similarly, in the words of another patient, "What is the future? One cannot reach it. [...] Time stands still [...]. This is boring, stretched time without an end" (Fischer, 1929). In the context of our discussion, the following

statement by a schizophrenic patient of Bin Kimura quoted in Fuchs (2013) is the following: "Time is also running strangely. It falls apart and no longer progresses. There arise only innumerable separate now, now, now ... quite crazy and without rules or order. It is the same with myself. From moment to moment, various "selves" arise and disappear entirely at random. There is no connection between my present ego and the one before." As we shall show below, schizophrenia patients' performance in a specific psychophysical task shows behavior interpretable as a disturbance in the continuity of time, as if they were "stuck" in time and could not progress temporally.

This short excursion into the phenomenological approach suggests time is a key component of experience and, more than a content of consciousness, a dynamic component of consciousness. However, as emphasized above, the evidence is based mainly on conscious introspection and verbal reports, and the conclusions are thus necessarily limited. As we have seen, phenomenological theorization interprets verbal complaints to explain non-verbal, pre-reflexive mechanisms. This could be considered a major flaw in the approach. In the following, we develop the contribution of experimental psychology as regards more hidden aspects of time processing which might usefully complement the phenomenological analyses and patients' reports.

EVIDENCE FROM COGNITIVE STUDIES TARGETING THE QUESTION OF TIME

Research into time perception often relies on explicit judgments, meaning that subjects are explicitly asked to make a judgment about a temporal property of external stimuli, such as their duration, order or simultaneity. However, as we have seen above, timing may also intervene incidentally and may be involved in the structuring of consciousness. Indeed, a distinction currently made when exploring time in cognitive science is between "explicit" and "implicit" timing, resting on different neural networks (Coull and Nobre, 2008). As we have seen, explicit processing concerns any mental activity wherever subjects make a deliberate judgment, e.g., about temporal simultaneity or duration. Conversely, implicit processing occurs without a specific instruction and can be either conscious or not (Coull and Nobre, 2008). The implicit processing of time may be especially relevant for minimal self but cannot be explored without considering explicit aspects.

Paradigms based on explicit timing have been used to assess different aspects of temporal processes in schizophrenia. The most typical are "simultaneity judgment" (e.g., assessing the simultaneity vs asynchrony of two stimuli), "temporal order judgment" (e.g., the capacity to order events) and "duration estimation" (e.g., the ability to determine the duration of a time interval; Pöppel, 1997; Wittmann, 1999; van Wassenhove, 2009; Grondin, 2010).

Many studies have been conducted to investigate duration judgment in patients with schizophrenia (Wahl and Sieg, 1980; Tysk, 1983, 1984; Tracy et al., 1998; Volz et al., 2001; Elvevåg et al., 2003; Davalos et al., 2005; Penney et al., 2005; Carroll et al., 2008; Lee et al., 2009; Waters and Jablensky, 2009) or simultaneity judgment (Schwartz et al., 1984; Foucher et al., 2007; Giersch et al., 2009; Schmidt et al., 2011; Martin et al., 2013). The general conclusion of these studies is that patients with schizophrenia find it more difficult than controls to estimate duration (e.g., a greater variability of the performances) and require bigger differences before being able to distinguish the duration of two stimuli. They also require longer inter-stimulus intervals to be able to make temporal order judgments.

However, the significance of these results seems limited, for several reasons. First, there were only a few correlations with clinical dimensions. Moreover, confounding factors such as attention (Brown and Boltz, 2002), memory processing (Zakay and Block, 2004), and emotional characteristics of the stimuli (Droit-Volet et al., 2004; Gronmet et al., 2011) may explain the greater variability in performance, especially for duration judgment. Last but not least, the fact that these evaluations rely on explicit judgments implies they explore the content of time and not the temporal structure imposed on consciousness by time processing.

Another way to explore time processing in schizophrenia is to assess "implicit timing." According to Coull and Nobre (2008) "implicit timing is engaged, even without a specific instruction to time, whenever sensorimotor information is temporally structured." It appears that this definition of time is similar to the phenomenological description of human time inasmuch as time is seen as an implicit aspect of processing which does not necessarily lead to a content of consciousness but, rather, shapes the conscious experience. Here, we focus on implicit aspects of timing because they might underlie the involvement of timing in minimal self. We first review the evidence that implicit aspects of timing are impaired in schizophrenia and then discuss how this might impact the minimal self.

Few studies have explored implicit timing in schizophrenia, particularly in perception. Giersch et al. (2009) used a potentially useful priming paradigm, and Lalanne et al. (2012a,b) used the Simon effect to track temporal processes (**Figure 1**); Martin et al. (2013) assessed the temporal constraints of multi-sensory integration in schizophrenia; Posada and Franck (2002) explored the automation of rules and Exner et al. (2006) motor sequence learning.

One example of these studies is the one by Lalanne et al. (2012a,b) using the "Simon effect." In it, subjects have to decide whether two squares are displayed on a screen simultaneously or asynchronously. They respond by hitting a left or right response key (**Figure 1**). Results revealed an enlarged time window with patients, irrespective of the squares' position (intra- vs interhemispheric presentation), and independently of a non-specific difficulty with processing the information (Giersch et al., 2009). The implicit processing of asynchrony was explored by means of the Simon effect, which refers to the finding that manual responses are biased (lower reaction times and higher accuracy) to the side of the stimulus independently of the task at hand. Basically, the idea is that when stimuli are presented simultaneously on both sides of the screen, no Simon effect can occur, because information on both sides is perfectly symmetrical. However, when stimuli are asynchronous, there is an asymmetry again between the left and right side, due to the temporal delay. This allowed the authors to measure a Simon effect related to this temporal asynchrony. The results showed that healthy subjects were systematically biased to press the button on the side of the second stimulus (Lalanne et al., 2012a,b), and additional studies suggested they are able to follow stimuli in time at a non-conscious

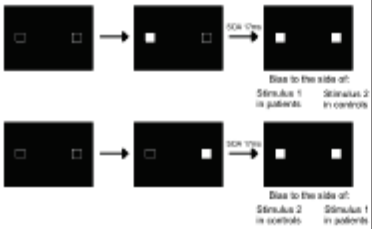


FIGURE 1 | Illustration of the Simon effect. For this task, two squares are filled in successively, with an SOA varying between 0 and 50 ms, and subjects are instructed to decide whether the two stimuli are displayed simultaneously or asynchronously. They give their response by pressing a left response key for simultaneous stimuli and a right response key for asynchronous stimuli. Very short SOAs of 17 ms are not detected consciously but yield automatic visuomotor responses representing the processing of events over time. Both patients and controls are biased to respond as a function of the stimulus order, which shows that all subjects distinguish events in time at an implicit level. However, there is a qualitative difference in their bias with the shortest SOAs. Controls are biased to the side of the second stimulus, as if able to follow stimuli in time, whereas patients are biased to the side of the first stimulus, as if stuck with this stimulus and unable to follow stimuli with time. With larger SOAs biases are to the side of the second stimulus in all subjects.

level, i.e., even when they do not consciously detect an asynchrony (Giersch et al., in press). At this non-conscious level, patients also distinguished stimuli in time. However, for asynchronies eliciting "simultaneous" judgments, patients' responses were biased to the side of the first square instead of the second one.

The authors interpreted these results as evidence of the fact that at an implicit level patients process stimuli as if they are isolated rather than in succession. They propose that this impairment may be related to disturbed predictive coding. Indeed, stimuli which are less than 20 ms apart mean that subjects process a first stimulus while being prepared for another stimulus which may follow. When the second stimulus is presented only 20 ms after the first one, attention cannot be shifted immediately from the first to the second. If after a while the second stimulus is nonetheless processed and prioritized, it means the system is prepared to process a second stimulus and to shift attention toward it. This might be based on a processing loop which allows new events to be anticipated while the focus is still on current information. This loop could be supplied by the recurrent system of information processing described within the predictive coding framework (Friston, 2008), which is in accordance with an embodied approach of predictive interoceptive coding (Seth, 2013). This hypothesis relates the timing results with those observed with motor control, insofar as both outcomes suggest impairments in the predictive loops that allow us to anticipate events, either the consequence of the action or the next perceptual event. The impairment patients have regarding time may reflect a fragmentation of the processing of information that would impact on the sense of time continuity. In particular, it could be linked to the feeling of "frozen time" described above. Indeed, if patients have difficulty following events in time at an implicit level, it would disrupt their ability to process events in a continuous way, matching what some patients explicitly reported. Moreover, it has recently been shown that patients have difficulty discriminating temporal order at a subjective level (Capa et al., 2014), which reinforces the idea that they have difficulty processing the flow of events. Below, we discuss how such impairments could be related to minimal SDs.

TIME PROCESSING AND THE MINIMAL SELF

If the studies described above doubtlessly suggest impairments at both explicit and implicit levels of time processing (**Table 1**), their impact on minimal SDs is far from straightforward. Despite the limitations of the phenomenological approach, it provides the concepts that allow us to propose a link between the subjective

Table 1 | Summary of the results on implicit and explicit timing in schizophrenia.

Tasks	Main works	Main results in schizophrenia
Explicit timing		
Simultaneity judgment	Schwartz et al. (1994); Foucher et al. (2007); Giersch et al. (2009); Lalanne et al. (2012b); Martin et al. (2013)	Patients need larger inter-stimulus intervals than controls to detect asynchrony
Temporal order judgment	Capa et al. (2014)	Altered temporal order judgment (even for asynchronies producing a clear perception of asynchrony)
Duration judgment	Wahl and Sieg (1980); Tysk (1983); Tracy et al. (1998); Volz et al. (2001); Elvevåg et al. (2003); Carroll et al. (2008); Lee et al. (2008); Waters and Jablensky (2009)	Great variability in performance
Implicit timing		
Simon effect	Lalanne et al. (2012a,b)	Inability to follow stimuli over short delays
Temporal constraints on multisensory processing	Martin et al. (2013)	Lack of audio-visual integration despite difficulties to detect asynchronies at SOAs = 0 ms
Motor sequence learning and automation of rules	Pascale and Franck (2002); Exner et al. (2006)	No benefit from predictability

experience and the minimal self. What the experimental approach provides on top of that is the possibility to objectify the mechanisms subtending the distortion of the world experience. As emphasized at the beginning of this manuscript, and as suggested in some phenomenological approaches, we consider that the basic experience of oneself is intimately associated with the embodied experience of the world, whether during action or perception. It is because we can establish a close link between our intentions and our actions or between what we expect to feel and what really happens that we can implicitly feel we are the one perceiving or acting. Thus, any disruption of our ability to predict or feel the continuity in the flow of our perceptions and actions should result in a disruption of the minimal self. This can apply even in the case of passive movements. There is usually continuity in our perception of our own body, which is confirmed from one moment to the next. If such continuity is disrupted, however, it should affect our implicit feeling of being one.

As emphasized above, the minimal self is a constituent part of the feeling of being present here and now. This implies that both (i) sensory information processing, and (ii) the way information is processed in time play a role in the formation of the minimal self. As already noted, this information does not have to be unconscious to play a role in the minimal self. It only has to exclude an explicit reflection on the self. Diverse information may thus be integrated in the minimal self, including peripheral as well as central sensory information, which conveys information about our body, but also about the environment and how the body behaves in the environment. This shapes our experience and thus yields a sense of self in the environment, prior to language. Besides, being myself "now" also implies having a sense of present time, and since oneself is felt to be continuous in time, it additionally requires a sense of temporal continuity. In other words the minimal self involves many different mechanisms, including timing mechanisms. This means timing impairments should lead to minimal SDs.

We will thus first detail which timing mechanisms are involved in minimal self, and then how deficits in patients with schizophrenia may induce minimal SDs. Let us first consider the sense of present and its possible relation with temporal windows of information processing. The fact that all sensory information is processed continuously from moment to moment necessitates a temporal integration process that binds multimodal information, into one single representation at one present moment[1] (Pöppel, 1997; van Wassenhove, 2009; Wittmann, 2011). This is the dual nature of time consciousness: the flow of events over time and the feeling of "nowness." These dual aspects are based on the processing of sequences of events over time and the temporal integration of these successive events through multiple and nested functional brain states of various temporal levels (Northoff, 2013; Fingelkurts and Fingelkurts, 2014). Regarding the relationship between temporal integration windows and the self, however, what is especially crucial is to stabilize this representation for a short duration. Otherwise, our perception would be one of an uninterrupted flow of inputs conveyed by different sensory channels. This would lead to a number of difficulties, and especially a difficulty to integrate these different inputs. When considering only one sensory modality, it has been repeatedly suggested and confirmed that there must be a minimal delay of 20–40 ms between two stimuli for this asynchrony to be detected (von Baer, 1864; Brecher, 1932; Elliott et al., 2006, 2007; Fink et al., 2006; Babkoff and Fostick, 2013). The integration of complex information from different channels within one single representation requires even more time (van Wassenhove et al., 2007). It is, however, not as straightforward as it seems. For example, visual and auditory information travels at different speed, and it must be recalibrated to allow for its integration within a single representation (Pöppel et al., 1990). It is only because the motion of the lips and the syllable utterance are integrated within the same time window and processed as co-temporal that we access the representation of another person speaking instead of disconnected visual and auditory information (van Wassenhove et al., 2007). In a similar way, we integrate sensory information from our body and of the environment in single representations which are stabilized from moment to moment. A disruption of these temporal windows may thus fragilize the minimal self. The lengthening of time windows (Giersch et al., 2009) may represent a mechanism of self-disruption in patients with schizophrenia.

Additionally, and as emphasized above, the representation of ourselves is not only stabilized within temporal windows. The self is generally experienced as being continuous in time. This requires that sensory information be processed and integrated in such a way that we experience continuity over time (Dainton, 2010; Wittmann, 2011; Northoff, 2013). Fragmentation of the mental life would mean a disruption of the continuous processing of the sensory information underlying the minimal self. The implicit processing of information over time might be particularly important for our feeling that we go along with the flow of events in a continuous fashion. Conversely, disruption of these implicit mechanisms in patients may disrupt their feeling of temporal continuity. The fact that this impairment occurs implicitly may also explain why they find it difficult to report this impairment clearly. In summary, a number of time processing impairments might contribute to minimal SDs. First, deficient integration of information within temporal windows may hamper information being stabilized. Second, an inability to process sensory information continuously would lead to fragmentation of the information subtending the minimal self.

Time disorders observed in schizophrenia might thus be closely related to minimal SDs, and might subtend a series of cognitive impairments. The existence of these relationships needs to be confirmed in future studies. Although it is difficult to test minimal SDs directly, it is possible to explore the impact of the impairments described on conscious experience. Such studies involving patients with schizophrenia should provide insight into how time disorders affect our ability to feel ourselves implicitly to be at the center of our perceptions and actions. Thus, the question of whether the alterations observed in the simultaneity/asynchrony judgments are related to the contents of consciousness warrants investigation.

[1]Although the concept of representation is not at the center of the phenomenological approach, the idea of information integration leads to the notion of representation. In this sense, minimal self would be similar to the concept of core consciousness as defined by Damasio (1998).

IMPLICATIONS FOR CURRENT RESEARCH ON TIME AND MINIMAL SELF IN SCHIZOPHRENIA: METHODOLOGICAL CONSIDERATIONS

NECESSITY OF RELATING PSYCHOPATHOLOGY WITH EXPERIMENTAL APPROACHES

Although there is a growing interest in minimal SDs in schizophrenia, there is an apparent neglect as regards experimental approaches regarding psychopathological hypotheses.

Whereas cognitive research into minimal SDs in schizophrenia rarely includes the issue of time, in the case of cognitive research into time processing in schizophrenia the question of minimal SDs is rarely included. This is all the more paradoxical given that these areas were originally united (Minkowski, 1933/2005), and that psychopathological analysis has gathered data and developed concepts about both for a long time. More recently, however, these two lines of research have developed separately. According to Nelson et al. (2013): "Although progress has been made in understanding phenomenological and neurocognitive disturbances in schizophrenia, these "levels" or domains of enquiry have tended to remain separate from each other". Combining psychopathological phenomena with experimental approaches seems a promising way to proceed, at least on a heuristic level.

ASSESSING THE MINIMAL SELF: INCLUDING SUBTLE AND DEMANDING CLINICAL EXPLORATIONS IN RESEARCH PROGRAMS

Assessing minimal SDs requires indispensable clinical expertise, with the help, for example, of EASE, a phenomenologically oriented instrument (Parnas et al., 2005). Regarding EASE, "the interviewer must possess good prior interviewing skills, detailed knowledge of psychopathology in general and of the schizophrenia spectrum conditions in particular." So "a familiarity with phenomenological description of the structures of human consciousness is indispensable in using the EASE for pragmatic, psychometric purposes" (Parnas et al., 2005).

Consequently, whether using EASE or some other scale, assessing minimal SDs requires that investigators involved in experimental research incorporate subtle clinical analyses within their research programs.

"TIME OF PERCEPTION" IS NOT "PERCEPTION OF TIME": ASPECTS OF EMBODIMENT

As claimed in phenomenology, human time is not necessarily a content of consciousness. Accordingly, as stated by Pöppel (2009), "it is important to realize that we cannot perceive time itself." We believe that paradigms based on implicit time processing as proposed by Giersch (with the Simon effect) or Coull (using automatic temporal accumulation) are promising tasks for exploring correlations between implicit time processing and minimal SDs. However, this does not preclude investigating explicit time, i.e., the judgment of duration, especially since it has been shown that the bodily self is related to time perception in the seconds' range (Wittmann, 2013). These empirical findings confirm embodied notions of subjective time (Craig, 2009) and link the experiences of emotion, time, and interoception for the creation of a self (Seth, 2013). Inasmuch as the minimal self is related to conscious and embodied experiences, such investigations are necessary for understanding how implicit (and explicit) time processing could affect impairments observed on a more subjective level.

CONCLUSION

According to research in psychopathology, temporal processing and minimal SDs appear as core components of the schizophrenia condition. In general, the notions of time and the minimal self are two fundamental components of human consciousness. "Time and the self, time and consciousness, affects and time are pairs of subjective reality, phenomena that appear together in the course of man's ontogenetic development and define human nature [. . .]. Even though conceptualized independently, they cannot be experienced separately, they cannot exist without each other" (Hartocollis, 1983, p. 56). Combining the two dimensions of minimal self and time in experimental studies requires subtle clinical analysis as well as the exploration of implicit time processes, which, by definition, are not reflective. What we have shown, however, is that they can disrupt a patient's experience of the world at fundamental levels, thus contributing to the minimal SDs. In particular, we presented evidence of our own experimental studies relating to an implicit timing disturbance in patients with schizophrenia which strikingly mirrors patients' reports of subjective time. We have potentially found an experimental task which directly assesses the implicit timing disturbances of patients with schizophrenia who, on an explicit level, become aware of theses impairments. The underlying mechanisms might also come into play in our ability to feel in control. Experimental approaches can yield further information about the consequences of these basic impairments for how subjects experience their perceptions and actions. We are aware that this is not enough to fill the gap that still exists between the phenomenological approach and experimental investigations exploring elementary aspects of timing, but we argue there is enough ground to at least try to relate minimal self and timing disorders. Furthermore, we propose that exploring the relationships between implicit timing and the temporal structure of consciousness may help further close the gap between the experimental and phenomenological approaches.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Brice Martin designed and wrote the first draft of the paper, Marc Wittmann and Anne Giersch made substantial contributions to the design of the manuscript, and important revisions. Nicolas Franck contributed to the elaboration of the concepts and the revision of the manuscript regarding clinical aspects. Michel Cermolacce contributed to the elaboration and the revision of the paper regarding phenomenological aspects. Fabrice Berna contributed to the elaboration and revision of the manuscript regarding the concept of self. All authors gave final approval of the submitted version and agreed to be accountable for all aspects of the work.

ACKNOWLEDGMENTS

This work was supported by the French National Institute for Health and Medical Research (INSERM), and the French National Research Agency (ANR-10-BLAN-1903-01 to Anne Giersch). We would like to thank Virginie van Wassenhove and the Timely

Cost network for useful discussions prior to the writing of this manuscript.

REFERENCES

Babkoff, H., and Fostick, L. (2013). The role of tone duration in dichotic temporal order judgment. *Auers. Perszpr. Psychophys.* 75, 654–660. doi: 10.3758/s13414-013-0449-6

Binswanger, L. (1965). *Wahn. Beiträge zu seiner phänomenologischen und daseinsanalytischen Erforschung.* Pfullingen: Verlag Günther Neske.

Blankenburg, W. (1971). *Der Verlust der natürlichen Selbstverständlichkeit.* Stuttgart: Enke.

Boucher, G. A. (1932). Die Entstehung und biologische Bedeutung der subjektiven Zeitschnelle—den Momenten. *Z. Vgl. Physiol.* 18, 204–243.

Brown, S. W., and Boltz, M. G. (2002). Attentional processes in time perception: effects of mental workload and event structure. *J. Exp. Psychol. Hum. Percept. Perform.* 28, 600–615. doi: 10.1037/0096-1523.28.3.600

Capa, R. L., Duval, C. Z., Hudon, D., and Giersch, A. (2014). Patients with schizophrenia selectively impaired in temporal order judgments. *Schizophr. Res.* 156, 51–55. doi: 10.1016/j.schres.2014.04.001

Carroll, C. A., Boggs, J., O'Donnell, B. F., Shekhar, A., and Hetrick, W. P. (2008). Temporal processing dysfunction in schizophrenia. *Brain Cogn.* 67, 150–161. doi: 10.1016/j.bandc.2007.12.005

Chapman, J. (1966). The early symptoms of schizophrenia. *Br. J. Psychiatry* 112, 225–251. doi: 10.1192/bjp.112.484.225

Coull, J., and Nobre, A. (2008). Dissociating explicit timing from temporal expectation with fMRI. *Curr. Opin. Neurobiol.* 18, 137–144. doi: 10.1016/j.conb.2008.07.011

Craig, A. D. (2009). How do you feel—now? The anterior insula and human awareness. *Nat. Rev. Neurosci.* 10, 59–70. doi: 10.1038/nrn2555

Dainton, B. (2010). "Temporal consciousness," in *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*, ed. E. N. Zalta, Stanford: Stanford University. Available at: http://plato.stanford.edu/entries/consciousness-temporal/

Damasio, A. R. (1998). Investigating the biology of consciousness. *Philos. Trans. R. Soc. Lond. B Biol. Sci.* 353, 1879–1882. doi: 10.1098/rstb.1998.0339

Davalos, D. B., Kisley, M. A., and Freedman, R. (2005). Behavioral and electrophysiological indices of temporal processing dysfunction in schizophrenia. *J. Neuropsychiatry Clin. Neurosci.* 17, 517–525. doi: 10.1176/appi.neuropsych.17.4.517

de Haan, S., and Pachu, T. (2010). The ghost in the machine: disembodiment in schizophrenia—two case studies. *Psychopathology* 43, 327–333. doi: 10.1159/000319402

Delevoye-Turrell, Y., Giersch, A., and Danion, J. M. (2003). Abnormal sequencing of motor actions in patients with schizophrenia: evidence from grip force adjustments during object manipulation. *Am. J. Psychiatry* 160, 134–141. doi: 10.1176/appi.ajp.160.1.134

Delevoye-Turrell, Y., Giersch, A., Wing, A. M., and Danion, J. M. (2007). Motor fluency deficits in the sequencing of actions in schizophrenia. *J. Abnorm. Psychol.* 116, 56–64. doi: 10.1037/0021-843X.116.1.56

Delevoye-Turrell, Y., Wilquin, H., and Giersch, A. (2012). A ticking clock for the production of sequential actions: where does the problem lie in schizophrenia? *Schizophr. Res.* 135, 51–54. doi: 10.1016/j.schres.2011.12.020

Dernilly, C., and Franck, N. (2008). Cognitive remediation: a promising tool for the treatment of schizophrenia. *Expert Rev. Neurother.* 8, 1029–1036. doi: 10.1586/14737175.8.7.1029

Desmurget, M., and Sirigu, A. (2012). Conscious motor intention emerges in the inferior parietal lobule. *Curr. Opin. Neurobiol.* 22, 1004–1011. doi: 10.1016/j.conb.2012.06.006

de Warren, N. (2009). *Husserl and the Promise of Time.* New York: Cambridge University Press.

Droit-Volet, S., Brunot, S., and Niedenthal, P. M. (2004). Perception of the duration of emotional events. *Cogn. Emot.* 18, 849–858. doi: 10.1080/02699930341000194

Elliott, M. A., Shi, Z., and Kelly, S. D. (2006). A moment to reflect upon perceptual synchrony. *J. Cogn. Neurosci.* 18, 1663–1665. doi: : 10.1162/jocn.2006.18.10.1663

Elliott, M. A., Shi, Z., and Stirer, F. (2007). The effects of subthreshold synchrony on the perception of simultaneity. *Psychol. Res.* 71, 687–693. doi : 10.1007/s00426-006-0057-2

Elvevåg, B., McCormack, T., Gilbert, A., Brown, G. D. A., Weinberger, D. R., and Goldberg, T. E. (2003). Duration judgements in patients with schizophrenia. *Psychol. Med.* 33, 1349–1361. doi: 10.1017/S0033291703008122

Exner, C., Weniger, G., Schmidt-Samoa, C., and Irle, E. (2006). Reduced size of the pre-supplementary motor cortex and impaired motor sequence learning in first-episode schizophrenia. *Schizophr. Res.* 84, 386–396. doi: 10.1016/j.schres.2006.03.013

Fingelkurts, A. A., and Fingelkurts, A. A. (2014). Present moment, past, and future: mental kaleidoscope. *Front. Psychol.* 5:395. doi: 10.3389/fpsyg.2014.00395

Fink, M., Ulbrich, P., Citman, J., and Wittmann, M. (2006). Stimulus-dependent processing of temporal order. *Behav. Process.* 71, 344–352. doi: 10.1016/j.beproc.2005.12.007

Fischer, F. (1929). Zeitstruktur und Schizophrenie. *Z. Gesamte Neurol. Psychiatr.* 121, 544–574.

Foucher, J. R., Lacambre, M., Pham, B.-T., Giersch, A., and Elliott, M. A. (2007). Low time resolution in schizophrenia: lengthened windows of simultaneity for visual, auditory and bimodal stimuli. *Schizophr. Res.* 97, 118–127. doi: 10.1016/j.schres.2007.08.013

Franck, N., Farrer, C., Georgieff, N., Marie-Cardine, M., Daléry, J., d'Amato, T., et al. (2001). Defective recognition of one's own actions in patients with schizophrenia. *Am. J. Psychiatry* 158, 454–459. doi: 10.1176/appi.ajp.158.3.454

Friston, K. (2008). Hierarchical models in the brain. *PLoS Comput. Biol.* 4:e1000209. doi: 10.1371/journal.pcbi.1000211

Frith, C. (2005). The neural basis of hallucinations and delusions. *C. R. Biol.* 328, 169–175. doi: 10.1016/j.crvi.2004.10.012

Fuchs, T. (2007). The temporal structure of intentionality and its disturbance in schizophrenia. *Psychopathology* 40, 229–235. doi: 10.1159/000101365

Fuchs, T. (2013). Temporality and psychopathology. *Phenomenol. Cogn. Sci.* 12, 75–104. doi: 10.1007/s11097-010-9189-4

Gallagher, S. (2000). Philosophical conceptions of the self: implications for cognitive science. *Trends Cogn. Sci.* 4, 14–21. doi: 10.1016/S1364-6613(99)01417-5

Gallagher, S., and Zahavi, D. (2014). "Primal impression and enactive perception," in *Subjective Time*, eds V. Arstila and D. Lloyd (Cambridge, MA: MIT Press), 85–99.

Gallese, V., and Ferri, F. (2013). Jaspers, the body, and schizophrenia: the bodily self. *Psychopathology* 46, 330–336. doi: 10.1159/000353258

Giersch, A., Lalanne, L., Corves, C., Sembet, J., Shi, Z., Foucher, J., et al. (2009). Extended visual simultaneity thresholds in patients with schizophrenia. *Schizophr. Bull.* 35, 816–825. doi: 10.1093/schbul/sbn016

Giersch, A., Lalanne, L., van Assche, M., Poncelet, P. E., and Elliott, M. E. (in press). "Sense of time continuity: possible mechanisms of disruption in schizophrenia," in *Time Disorders in Mind: Temporal Processing in Clinical Populations*, eds A. Vatakis and M. Allman (Leiden: Brill).

Green, M. F. (1996). What are the functional consequences of neurocognitive deficits in schizophrenia? *Am. J. Psychiatry* 153, 321–330.

Green, M. F., Kern, R. S., Braff, D. L., and Mintz, J. (2000). Neurocognitive deficits and functional outcome in schizophrenia: are we measuring the "right stuff"? *Schizophr. Bull.* 26, 119–136.

Grommet, E. K., Droit-Volet, S., Gil, S., Hemmes, N. S., Baker, A. H., and Brown, B. L. (2011). Time estimation of fear cues in human observers. *Behav. Process.* 86, 88–93. doi: 10.1016/j.beproc.2010.10.003

Grondin, S. (2010). Timing and time perception: a review of recent behavioral and neuroscience findings and theoretical directions. *Atten. Percept. Psychophys.* 72, 561–582. doi: 10.3758/APP.72.3.561

Hartocollis, P. (1983). *Time and Timelessness, or, the Varieties of Temporal Experience (A Psychoanalytic Inquiry).* New York: International Universities Press.

Haug, E., Øie, M., Melle, I., Andreassen, O. A., Raballo, A., Faullen, U., et al. (2012). The association between self-disorders and neurocognitive dysfunction in schizophrenia. *Schizophr. Res.* 135, 79–83. doi: 10.1016/j.schres.2011.11.015

Heinrichs, R. W., and Zakzanis, K. K. (1998). Neurocognitive deficit in schizophrenia: a quantitative review of the evidence. *Neuropsychology* 12, 426–445. doi: 10.1037/0894-4105.12.3.426

Hur, J.-W., Kwon, J. S., Lee, T. Y., and Park, S. (2014). The crisis of minimal self-awareness in schizophrenia: a meta-analytic review. *Schizophr. Res.* 152, 58–64. doi: 10.1016/j.schres.2013.08.042

Husserl, E. (1991). *On the Phenomenology of the Consciousness of Internal Time (1893–1917)*, trans. J. B. Brough. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

Jeannerod, M. (2009). The sense of agency and its disturbances in schizophrenia: a reappraisal. *Exp. Brain Res.* 192, 527–532. doi: 10.1007/s00221-008-1533-3

Kelso, J. A. (1977). Motor control mechanisms underlying human movement reproduction. *J. Exp. Psychol. Hum. Percept. Perform.* 3, 529–543. doi: 10.1037/0096-1523.3.4.529

Klewstein, J. (2009). The minimal sense of self, temporality and the brain. *Psyche* 15, 59–74.

Lalanne, L., van Assche, M., Wang, W., and Giersch, A. (2012a). Looking forward: an impaired ability in patients with schizophrenia? *Neuropsychologia* 50, 2736–2744. doi: 10.1016/j.neuropsychologia.2012.07.023

Lalanne, L., van Assche, M., and Giersch, A. (2012b). When predictive mechanisms go wrong: disordered visual synchrony thresholds in schizophrenia. *Schizophr. Bull.* 38, 506–513. doi: 10.1093/schbul/sbq107

Lee, K. H., Bluhm, R. S., Mysore, A., Parks, R. W., Birkett, P. B. L., and Woodruff, P. W. R. (2009). Time perception and its neuropsychological correlates in patients with schizophrenia and in healthy volunteers. *Psychiatry Res.* 166, 174–183. doi: 10.1016/j.psychres.2008.03.004

Lysaker, P. H., and Lysaker, J. T. (2010). Schizophrenia and alterations in self-experience: a comparison of 6 perspectives. *Schizophr. Bull.* 36, 331–340. doi: 10.1093/schbul/sbn077

Martin, B., Giersch, A., Huron, C., and van Wassenhove, V. (2013). Temporal event structure and timing in schizophrenia: preserved binding in a longer "now". *Neuropsychologia* 51, 358–371. doi: 10.1016/j.neuropsychologia.2012.07.002

Minkowski, E. (2002). *La Schizophrénie*. Paris: Payot (1st publication 1927).

Minkowski, E. (2005). *Le temps vécu: Études phénoménologiques et psychopathologiques*, 3d Edn. Paris: Presses Universitaires de France (1st publication 1933).

Mishara, A. L. (2007). Missing links in phenomenological clinical neuroscience: why we still are not there yet. *Curr. Opin. Psychiatry* 20, 559–569. doi: 10.1097/YCO.0b013e3282f128b8

Mishara, A. L., Lysaker, P. H., and Schwartz, M. A. (2014). Self-disturbances in schizophrenia: history, phenomenology, and relevant findings from research on metacognition. *Schizophr. Bull.* 40, 5–12. doi: 10.1093/schbul/sbt169

Møller, P., and Husby, R. (2000). The initial prodrome in schizophrenia: searching for naturalistic core dimensions of experience and behavior. *Schizophr. Bull.* 26, 217–232.

Nelson, B., Fornito, A., Harrison, B. J., Yücel, M., Sass, L. A., Yung, A. R. et al. (2009). A disturbed sense of self in the psychosis prodrome: linking phenomenology and neurobiology. *Neurosci. Biobehav. Rev.* 33, 807–817. doi: 10.1016/j.neubiorev.2009.01.002

Nelson, B., Thompson, A., and Yung, A. R. (2013). Not all first-episode psychosis is the same: preliminary evidence of greater basic self-disturbance in schizophrenia spectrum cases. *Early Interv. Psychiatry* 7, 200–204. doi: 10.1111/j.1751-7893.2012.00381.x

Northoff, G. (2013). *Unlocking the Brain*, Vol. 2, *Consciousness*. Oxford: Oxford University Press.

Pacherie, E. (2008). The phenomenology of action: a conceptual framework. *Cognition* 107, 179–217. doi: 10.1016/j.cognition.2007.09.003

Parnas, J., and Handest, P. (2003). Phenomenology of anomalies of self-experience in early schizophrenia. *Compr. Psychiatry* 44, 121–134. doi: 10.1053/comp.2003.50017

Parnas, J., Handest, P., Saebye, D., and Jansson, L. (2003). Anomalies of subjective experience in schizophrenia and psychotic bipolar illness. *Acta Psychiatr. Scand.* 108, 126–133. doi: 10.1034/j.1600-0447.2003.00105.x

Parnas, J., Møller, P., Kircher, T., Thalbitzer, J., Jannson, L., Handest, P., et al. (2005). EASE: examination of anomalies self-experience. *Psychopathology* 38, 236–258. doi: 10.1159/000088441

Penney, T. B., Meck, W. H., Roberts, S. A., Gibbon, J., and Erlenmeyer-Kimling, L. (2005). Interval-timing deficits in individuals at high risk for schizophrenia. *Brain Cogn.* 58, 109–118. doi: 10.1016/j.bandc.2004.09.012

Pöppel, E. (1997). A hierarchical model of temporal perception. *Trends Cogn. Sci.* 1, 56–61. doi: 10.1016/S1364-6613(97)01008-5

Pöppel, E. (2009). Pre-semantically defined temporal windows for cognitive processing. *Philos. Trans. R. Soc. Lond. B Biol. Sci.* 364, 1887–1896. doi: 10.1098/rstb.2009.0015

Pöppel, E., Schill, K., and von Steinbüchel, N. (1990). Sensory integration within temporally neutral systems states: a hypothesis. *Naturwissenschaften* 77, 89–91. doi: 10.1007/BF01131783

Posada, A., and Franck, N. (2002). Use and automation of a rule in schizophrenia. *Psychiatry Res.* 109, 289–296. doi: 10.1016/S0165-1781(02)00027-6

Rabaglio, A., Saebye, D., and Parnas, J. (2011). Looking at the schizophrenia spectrum through the prism of self-disorders: an empirical study. *Schizophr. Bull.* 37, 344–351. doi: 10.1093/schbul/sbp056

Schmidt, H., McFarland, J., Ahmed, M., McDonald, C., and Elliott, M. A. (2011). Low level temporal coding impairments in psychosis: preliminary findings and recommendations for further studies. *J. Abnorm. Psychol.* 120, 476–482. doi: 10.1037/a0021387

Schneider, K. (1995). *Klinische Psychopathologie*. Stuttgart: Thieme Verlag.

Schwartz, B. D., Winstead, D. K., and Walker, W. G. (1984). A corpus callosal deficit in sequential analysis by schizophrenics. *Biol. Psychiatry* 19, 1667–1676.

Seth, A. K. (2013). Interoceptive inference, emotion, and the embodied self. *Trends Cogn. Sci.* 17, 565–573. doi: 10.1016/j.tics.2013.09.007

Skodlar, B., and Parnas, J. (2010). Self-disorder and subjective dimensions of suicidality in schizophrenia. *Compr. Psychiatry* 51, 363–366. doi: 10.1016/j.comppsych.2009.11.004

Stanghellini, G. (2009). Embodiment and schizophrenia. *World Psychiatry* 8, 56–59. doi: 10.1002/j.2051-5545.2009.tb00212.x

Sperduti, M., Vergnes, G., and Voss, M. (2013). The experience of agency: an interplay between prediction and postdiction. *Front. Psychol.* 4:127. doi: 10.3389/fpsyg.2013.00127

Taiminen, A. (2002). *La phénoménologie des psychoses*. Argenteuil: Le Cercle Herméneutique.

Tracy, J. I., Monaco, C., McMichael, H., Tyson, K., Chamblin, C., Christensen, H. L., et al. (1998). Information-processing characteristics of explicit time estimation by patients with schizophrenia and normal controls. *Percept. Mot. Skills* 86, 515–526. doi: 10.2466/pms.1998.86.2.515

Turgeon, M., Giersch, A., Delevoye-Turrell, Y., and Wing, A. M. (2012). Impaired predictive timing with spared time interval production in individual with schizophrenia. *Psychiatry Res.* 197, 13–18. doi: 10.1016/j.psychres.2012.03.003

Tyrk, L. (1983). Estimation of time and the misclassification of schizophrenic disorders. *Percept. Mot. Skills* 57(Pt 1), 911–918.

Tyrk, L. (1984). A longitudinal study of time estimation in psychotic disorders. *Percept. Mot. Skills* 59, 779–789.

van Wassenhove, V. (2009). Minding time in an amodal representational space. *Philos. Trans. R. Soc. Lond. B Biol. Sci.* 364, 1815–1830. doi: 10.1098/rstb.2009.0023

van Wassenhove, V., Grant, K. W., and Poeppel, D. (2007). Temporal window of integration in auditory-visual speech perception. *Neuropsychologia* 45, 598–607. doi: 10.1016/j.neuropsychologia.2006.01.001

Velligan, D. I., Mueller, J., Wang, M., Diamond, P. M., Maples, N. J., et al. (2006). Use of environmental supports among patients with schizophrenia. *Psychiatr. Serv.* 57, 219–224. doi: 10.1176/appi.ps.57.2.219

Volz, H. P., Nenadic, I., Gaser, C., Rammsayer, T., Häger, F., and Sauer, H. (2001). Time estimation in schizophrenia: an fMRI study at adjusted levels of difficulty. *Neuroreport* 12, 313–316. doi: 10.1097/00001756-200102120-00026

von Baer, K. E. (1864). "Welche Auffassung der lebenden Natur ist die richtige und wie ist diese Auffassung auf die Entomologie anzuwenden?," in *Reden, gehalten in wissenschaftlichen Versammlungen und kleinere Aufsätze vermischten Inhalt*, ed. K. E. von Baer (St Petersburg: H. Schmitzdorf), 237–284.

von Holst, E., and Mittelstaedt, H. (1950). Das Reafferenzprinzip. *Naturwissenschaften* 37, 464–476.

Voss, M., Moore, J., Hauser, M., Gallinat, J., Heinz, A., and Haggard, P. (2010). Altered awareness of action in schizophrenia: a specific deficit in predicting action consequences. *Brain* 133, 3104–3112. doi: 10.1093/brain/awq152

Wahl, O. F., and Skeg, D. (1980). Time estimation among schizophrenics. *Percept. Mot. Skills* 50, 535–541.

Waters, F., and Jablensky, A. (2009). Time discrimination deficits in schizophrenia patients with first-rank (passivity) symptoms. *Psychiatry Res.* 167, 12–20. doi: 10.1016/j.psychres.2008.04.004

Wiggins, O., Michael, A., and Schwartz, M. A. (2003). "Rebuilding reality: a phenomenology of aspects of chronic schizophrenia," in *Essays in Celebration of the Founding of the Organization of Phenomenological Organizations*, ed. C. F. Cheung, I. Chvatik, I. Copoern, L. Embree, J. Irlbarne, and H. R. Sepp, 1–27. Available at www.o-p-o.net

Wittmann, M. (1999). Time perception and temporal processing levels of the brain. *Chronobiol. Int.* 16, 17–32.

Wittmann, M. (2011). Moments in time. *Front. Integr. Neurosci.* 5:66. doi: 10.3389/fnint.2011.00066

Wittmann, M. (2013). The inner sense of time: how the brain creates a representation of duration. *Nat. Rev. Neurosci.* 14, 217–223. doi: 10.1038/nrn3452

Wolpert, D. M. (1997). Computational approaches to motor control. *Trends Cogn. Sci.* 1, 209–216. doi: 10.1016/S1364-6613(97)01070-X

Zahavi, D. (1999). *Self-Awareness and Alterity: A Phenomenological Investigation*. Evanston: Northwestern.

Zakay, D., and Block, R. A. (2004). Prospective and retrospective duration judgments: an executive-control perspective. *Acta Neurobiol. Exp.* 64, 319–328.

Zalla, T., Barbeillons, N., Labruyere, N., Georgieff, N., Bompetrol, T., and Franck, N. (2006). Impairment in event sequencing in disorganised and non-disorganised patients with schizophrenia. *Brain Res. Bull.* 15, 195–202. doi: 10.1016/j.brainresbull.2005.04.020

Conflict of Interest Statement: The authors declare that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.

Received: 25 June 2014; accepted: 26 September 2014; published online: 21 October 2014.

Citation: Martin B, Wittmann M, Franck N, Cermolacce M, Berna F and Giersch A (2014) Temporal structure of consciousness and minimal self in schizophrenia. Front. Psychol. 5:1175. doi: 10.3389/fpsyg.2014.01175

This article was submitted to Perception Science, a section of the journal Frontiers in Psychology.

Copyright © 2014 Martin, Wittmann, Franck, Cermolacce, Berna and Giersch. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC BY). The use, distribution or reproduction in other forums is permitted, provided the original author(s) or licensor are credited and that the original publication in this journal is cited, in accordance with accepted academic practice. No use, distribution or reproduction is permitted which does not comply with these terms.

F. ANNEXE 6. Article - Are patients with schizophrenia impaired in predicting time?

Brice Martin[1], Nicolas Franck[1], Michel Cermolacce[3], Agnès Falco[1], Anabel Benair[1], Estelle Etienne[1], Jenny Coull, Anne Giersch[2]

[1] Centre Lyonnais Référent en Réhabilitation et en Remédiation cognitive (CL3R) - Service Universitaire de Réhabilitation (SUR), Hôpital du Vinatier, Université Lyon 1 & UMR 5229 (CNRS), France. brice.martin@ch-le-vinatier.fr

[2]INSERM U1114, Department of Psychiatry, Fédération de Médecine Translationnelle de Strasbourg (FMTS), University Hospital of Strasbourg, Strasbourg, France.

3Service universitaire de psychiatrie, Hôpital Ste Marguerite, 13000 Marseille

Correspondance :
Dr Anne Giersch
INSERM U1114
Fédération de Médecine Translationnelle de Strasbourg (FMTS)
University Hospital of Strasbourg, University of Strasbourg
1 pl de l'Hôpital
67000 Strasbourg,
France
giersch@unistra.fr

Abstract

Patients with schizophrenia have been described as having difficulties in making sensory predictions. Recently, their ability to make temporal predictions has been investigated, with evidence for impairment at very short (tens of milliseconds) time scales. Moreover, theseimpairments have been proposed to be related with patients' subjective sense of time continuity and sense of self. Yet it is not known whether patients suffering from self disorders have trouble making predictions at the time scale of hundreds of milliseconds. To address this issue, we examined both voluntary and automatic forms of temporal prediction in 28 patients and 24 matched controls, using the temporal orienting of attention task. In this task, a visual cue predicts (temporal cue) or not (neutral cue) the time (400ms/1000ms) at which a subsequent target will be presented. We manipulated the proportion of "catch" (no target) trials included in the block (0% or 25%). The benefit of temporal cues on reaction times (RTs) to detect the target did not differ between groups. Similarly, when a target was presented on every trial (0% catch), performance was influenced by the "hazard function" in patients and controls equally: RTs were faster after the long versus short interval (also known as the "variable foreperiod" effect). However, the RT slope from short to long intervals was correlated with the EASE scale, which measures disorders of the self: patients with a high 'presence' score did not show any significant hazard function, contrary to patients with a low score. Moreover, when the target was displayed in only 75% of the trials, RTs were significantly slower at the long versus short interval in patients, but not in controls. These results indicate fragility in patients' ability to continuously extract temporally predictive information as the interval elapses. This might participate to the clinically described disruption in time continuity which has been related to minimal self disturbances in patients.

Keywords: schizophrenia – time perception – foreperiod - sequential effects – predictive coding – minimal self

Introduction

Predicting in time is inherent to our mental life, and is also part of perception. For example, we automatically predict when the red light will become green, and this allows us to focus attention at the right moment. This important property of our brain helps us to adapt our behavior to external events, but may be impaired in patients. As a matter of fact this behavior has been observed as being impaired under the effect of ketamine, a psychotomimetic drug that mimics the symptoms of schizophrenia (Coull et al., 2011). To which extent this is also true in schizophrenia remains to be explored and is the aim of this paper. Beyond adaptation to the external world, such impairments may play a clinical role. It has indeed been proposed that predictions help to bridge isolated events together and to build a sense of stability and continuity that is constitutive of our subjective life (Husserl, 1991). Its disruption in patients with schizophrenia (Minkowski, 1933; Fuchs, 2007; Vogeley & Kupke, 2007) would be involved in self disorders (Martin et al., 2014; Mishara et al., 2016). To check this hypothesis, we evaluated minimal self disorders by means of the ease (Parnas et al., 2005)

Disturbance in prediction at short time scale in schizophrenia

Many results in the literature suggest that patients with schizophrenia are impaired at predicting information. Among the first studies were in the domain of motor control. They suggested that the processes involved in the prediction of the sensory outcome of an action and its comparison with the real outcome was impaired, leading to agency disorders (Blakemore et al., 1998; Franck et al., 2001; Shergill et al., 2005; for reviews see Frith, 2005 and Jeannerod, 2009). The exploration of the mismatch negativity may also be explained by impaired predictions. It is explored by displaying repetitive stimuli interspersed with oddballs. The recording of EEG during the exposition to such series of stimuli shows evoked potentials called mismatch negativities, whose amplitude is reduced in patients (Shelley et al., 1991; Light & Braff, 2005a,b; Rentzsch et al., 2015; for a recent review see Näätenen et al., 2016). One possible explanation for these results is a difficulty to predict the stimuli on the basis of their regularity, and thus to detect the oddball (Rentzsch et al., 2015; Wacongne, 2016). More recently it has been proposed that prediction impairments in patients may especially concern

time prediction (Mishara, 2007; Waters & Jablensky, 2009). The existence of an elementary form of time prediction impairment in patients with schizophrenia has been proposed on the basis of automatic responses in simultaneity judgments, as evaluated with the Simon effect (Lalanne et al., 2012a, b).

The Simon effect reflects the tendency to press to the side of the stimulus displayed on the screen (Simon, 1969). It was used as a tool in tasks in which two stimuli were displayed on the screen, either simultaneously or with an asynchrony. Subjects pressed on one among two response keys to give their answer. The asynchrony between stimuli was manipulated and led to uncertainty regarding the absence or presence of an asynchrony. This can make subjects sensitive to various biases, among them the Simon effect. This bias was used to explore the processing of information even when subjects judged the stimuli to be simultaneous. If two perfectly simultaneous stimuli are displayed on the screen (asynchrony=0 ms), no Simon effect can occur, because in that case the information is the same on both sides of the screen. In case of an asynchrony, however, an asymmetry is present, and the results showed that healthy volunteers tended to press to the side of the second stimulus (Lalanne et al., 2012a, b). Moreover this occurred even when stimuli were subjectively judged as being simultaneous. In other terms, healthy participants were systematically biased to answer to the side of the second stimulus independent of its right or left location and independent of the asynchrony amplitude. Subsequent explorations suggested this to be due to a move of attention towards the last stimulus in a sequence of two, even for asynchronies of less than 20 ms (Poncelet & Giersch, 2015). This move of attention occurred within 100 ms after the first stimulus, even though the first stimulus requires some time to be processed (Herzog et al., 2016) and the attention displacement itself requires around 100 ms (Deubel, 2008). The fact that attention moved as quickly as 100 ms suggested that the sequence of two stimuli has been predicted in advance and that a priority has been given to the last stimulus of the sequence. In other words, on each trial subjects expect two stimuli to appear and their attention moves quickly towards the second one. This explains the Simon effect to the side of the second stimulus. This effect appears to be altered in patients with schizophrenia (Lalanne et al., 2012a, b). Patients display a bias at short asynchronies, showing that they automatically distinguish stimuli in time, but in the case of very short asynchronies (around 10 ms) they press more often to the side of 1st than to the side of the 2d stimulus (Giersch et al., 2015). These biases normalize at larger SOAs (Lalanne et al., 2012a, b), suggesting that patients give a priority to the last stimulus

like controls do for SOAs that are large enough. The results were interpreted as evidence for prediction impairments at very short SOAs.

It might be asked to which extent similar abnormalities exist at larger time scales and if it's possible to explore more directly implicit anticipation. This justifies the use of the variable foreperiod task and the testing of the hazard function.

Variable foreperiod task

The variable foreperiod task can be used to evidence an automatic temporal preparation, which is akin to what happens when waiting the red light to become green. After a first central fixation point, a target is displayed on the screen and subjects have to answer by pressing a response key as fast as possible. The variable foreperiod effect entails an automatic anticipation related to increased expectancy as time passes. When we are certain an event will occur, the longer we wait for it, the faster we respond to it (Woodrow, 1914; Bertelson & Boons, 1960; Niemi & Näätänen, 1981; Mattes & Ulrich, 1997). An example is an athlete waiting for the pistol shooting to begin his run: there is no doubt the shot will occur, and thus its probability increases as time passes. The flow of time itself can be used to generate and update predictions dynamically. As time elapses, the increasing conditional probability that an event will occur given that it has not already occurred (the "hazard function") leads to an ever-heightening sense of temporal certainty. This implicit time processing is mainly subconscious and unintentional, in the sense of not voluntary (Correa, 2006). It is distinct from the mechanisms allowing us to anticipate an event precisely in time. Knowing an event will occur at a particular moment in time indeed generates temporal predictions that facilitate stimulus processing (Coull & Nobre, 1998; Coull et al., 2000). This corresponds to temporal orienting, which is evaluated with temporal cues that indicate the time interval between the first central fixation point and the target. The cues orient attention in time (Coull & Nobre, 1998, Coull et al., 2000) and lead to faster time reactions. Since reaction time are already fast at large delays thanks to the hazard function, the effect of attention cues mainly benefits to short delays, leading to equal time reactions for short and long delay (Correa, 2006). fMRI studies show the effects of temporal cues and hazard function to be sub-tended by different neural networks (Coull et al., 2013, 2016; Davranche et al., 2011) confirming the distinction between the automatic use of elapsing time the hazard function) and temporal orienting.

Beside temporal cues, the hazard function can also be modulated by the probability of stimulus occurrence. Indeed, Drazin (1961) noted that including a proportion of trials in

which the target was not presented (catch trials) modulates the effects of foreperiod (the delay between central fixation and target) on RT (reaction time). The main result was that increment in the catch trial proportion produced increments in RTs, especially at long foreperiods (Drazin, 1961; Näätänen, 1972; Correa, 2006). Näätänen (1972) suggested that the subjective probability of the expected target occurrence decreases as the foreperiod becomes longer in a context of a catch trial manipulation, which impairs the participants' preparation (i.e., catch trials induce a kind of 'dispreparation').

Variable foreperiod and schizophrenia

Experimental works have used the variable foreperiod task in schizophrenia in the 60's (Huston, 1937; Knehr, 1954; Tizard, 1956; Rosenthal et al., 1960; Zahn & Rosenthal, 1965). These studies describe a preservation of the hazard function in schizophrenia. However, the hazard function was investigated with a very large time scale (larger than one second). Moreover, there were only few correlations with the clinical dimension, and no study investigated self disorders. Finally, no study investigated the impact of catch trials and temporal orienting. Our aim was to fill this gap. Moreover we wished to check the relationship of possible difficulties in time prediction in patients and minimal self disorders, e.g. the most basic level of the self, which Gallagher (2000, p.15) defines as "a consciousness of oneself as an immediate subject of experience" and as "the pre-reflexive point of origin for action, experience and thought", and which is one of the most documented level of self disturbance in schizophrenia (Parnas & Handest, 2003; Parnas et al., 2005). An important aspect of minimal self is the sense of presence, i.e. the feeling that we are immersed in the world, continuously following the events flow. This presence has been described as being impaired in patients, and is can be expected to be related with time prediction impairments.

More specifically, by means of the hazard function we explored the ability of the patients to predict information over intervals of 400 to 1000 ms, in relation with minimal self disorders. Consistent with the hypothesis that temporal prediction is impaired in patients with schizophrenia in relation with minimal self disorders, we expected the hazard function to be shallower in patients, at least in those displaying symptoms related to minimal self disorders.

Methods

Participants

Participants were 28 stabilized outpatients and 24 controls. Controls were recruited from hospital staff. The control group matched the patients' group in terms of gender, age, and level of education (Table 1).

The project was approved by a local ethics committee, and informed written consent was obtained, before the study, from each patient and control subject in accordance with the recommendation of the Declaration of Helsinki.

Psychiatric diagnoses were established by a senior psychiatrist from the department. Diagnoses fulfilled the Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders, Fifth Edition, critera for a diagnosis of schizophrenia. . In addition to typical clinical scales, the ease was fulfilled by the first author of the paper (MB), who was trained to that aim. The ease is a semi-structured interview designed to explore the disorders of the minimal self.

Exclusion criteria for patients and controls were: the intake of benzodiazepines, a history of alcohol and drug dependency, neurological and medical pathologies, a disabling sensory disorder, and general anesthesia in the 3 months prior to testing. An additional exclusion criterion for controls was psychotropic medication in the 3 weeks prior to testing.

	Patients	*Controls*	*Group effect*
Gender M/F	*23/5*	*18/6*	*$Chi^2<1$, n.s.*
Age (mean +/- SD)	*31,0 (+/- 7,9)*	*30,6 (+/-8,4)*	*$F<1$, n.s.*
Years of education (mean +/- SD)	*12, 6 (+/- 1,9)*	*13,6 (+/-1,8)*	*$F[1,50]=3.6$, n.s.*
Medication (typical, atypical, no medication)	*0/25/3*		
Dose of chlorpromazine equivalents	*289 mg/day*		
PANSS positive symptoms (mean +/- SD)	*15,2 (+/- 5, 5)*		
PANSS negative symptoms (mean +/- SD)	*20,8 (+/-8,2)*		
PANSS general symptoms (mean +/-	*38,9 (+/-11,7)*		

SD)		
PANSS total (mean +/- SD)	*74,1 (+/-22,3)*	

Table 1: demographic characteristics in each group

Implicit time assessment: Hazard function, catch trial and valid cues.

Equipment

The experiments were run on a Pentium 4 PC and programmed with E Prime2.0. Stimuli were displayed on a monitor with a refresh rate set to 60 Hz. Stimulus presentation occurred in an environment of low-intensity ambient light (0.1 cd/ m^2); day light did not enter the room. The distance between the screen and the participants was held constant, at 100 cm, by means of a chinrest.

Stimuli

All the stimuli were presented at the center of the screen with exception of the target that appears on one side of the screen (right or left). The fixation point consisted of a ‘‘+’’ symbol and was displayed in black on a gray background for a duration of 100 ms, surrounded by two circles, representing the temporal cue. Next, the screen remained blank for a variable delay of 400, or 1000 ms depending on the SOA between fixation and target for that trial. The target was displayed for 100 ms and was then replaced by a blank screen until the participant made a response. The subject was instructed to press to the side of the target. Then, the next trial began. When no response was made, the next trial began after a randomized delay of 1600 or 2000 ms.

The temporal cue was displayed at the same time as the fixation point. It was composed of two concentric circles, and was used to indicate the SOA between the fixation point and the target. When the inner circle was briefly highlighted (the line drawing became larger), it indicated that the target would appear early (after 400 ms). An outer bold circle indicated that the target would appear late (after 1000 ms). When the two circles were highlighted, it did not indicate any information and the cue was called neutral. The target was either the letter ‘X’ or the symbol ‘+’.The two targets appeared with a probability of 0.50, and were varied only to avoid boredom. The response was the same whatever the form of the target.

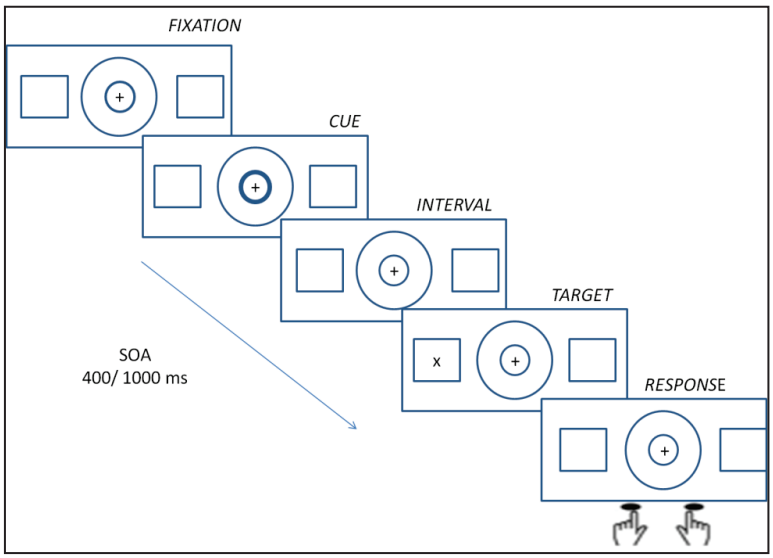


Figure 1: sequence of events in a trial

Procedure

Patients and controls performed a visual reaction time (RT) illustrated in Figure 1. They were instructed to respond as quickly and accurately as possible and to use the temporal cue to anticipate the moment of target onset. Participants answered by hitting one of two response keys. They were instructed to hit the right key when the target was presented on the right, and the left key when the target was presented on the left. This task was used to prevent anticipated responses, inasmuch subjects have to check on which side the target is displayed before pressing a response key.

The experiment consisted of one block of 64 practice trials and four blocks of 120 experimental trials

In half blocks, the target was displayed in all trials, and we will refer to this condition as the '0% catch trials condition in the remainder of the text. In the other half blocks, the target was absent in 25% of the trials. These trials are called catch trials, and this condition will be named '25% catch trials' condition in the remainder of the text. In addition, we manipulated the presence or absence of temporal cues indicating the SOA between the fixation point and the target. The other manipulation concerned the use, or not, of temporal cues. When temporal cues were present, they were always valid, i.e. it indicated whether the fixation-target SOA

was either short (inner circle highlighted) or long (outer circle highlighted). the cue was neutral, i.e. both the inner and outer circles were highlighted, and the subject could not know the fixation-target SOA in advance. We will call these trials 'neutral'. All subjects ran two blocks in the order 'attention-cued' followed by 'neutral', and two other blocks in the reverse order. The order of these series of two blocks (attention-cued and then neutral, vs, neutral and then attention-cued) was randomized across subjects. The same order was applied for the blocks without and with catch trials. All subjects ran blocks without catch trials consecutively (100% target), and blocks with catch trials consecutively (75% target). The order of the blocks with and without catch trials was also randomized across subjects.

The main conditions of the experiment are presented in Figure 2.

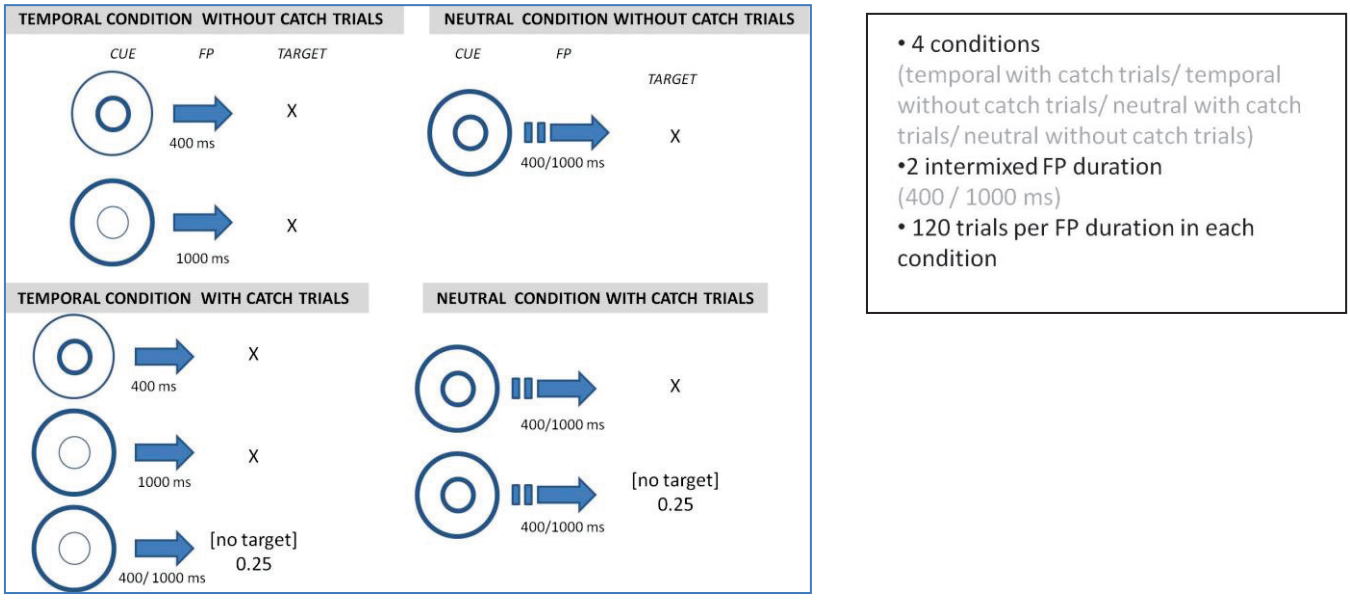


Figure 2: main conditions of the Experiment

Assessment of minimal self disorders

Minimal S.D. were assessed with the 57 items EASE scale (Parnas et al, 2005). Five domains were explored:

Cognition and stream of consciousness (17 items). This domain explores disturbances of the stream of consciousness associated with the feeling of a gap between one's own thoughts and the self, leading to the loss of "mineness" of mental experience

Self awareness and presence (18 items). This domain explores a broad range of phenomena that can be defined as a lack of immersion in the world.

Bodily experiences (9 items). This domain explored a broad range of bodily experiences characterized by the feeling of being detached from oneself and one's actions, as if in a third-person perspective or without any perspective at all.

Demarcation – transitivism (5 items). This domain explores a range of experiences characterized by a difficulty discriminating self from not self (Parnas et al., 2005).

Existential reorientation (8 items). The patient manifests a fundamental reorientation with respect to his general metaphysical worldview and/or hierarchy of values, projects and interests.

Each item was scored on a 2 points likert scale: 0 as absent or questionably present and 1 as definitively present. Each interview took 30 – 120 min, was video filmed and conducted by B.M. after a training by one of the authors of EASE (JP). The inter rater reliability for the EASE score was examined on the basis of 20% of the first video taped interview and 10 % of the last interview by MC, also trained by JP. The IRR was found to be excellent with a kappa = 0,9.

Statistical analysis

Mean RTs were submitted to an analysis of variance (ANOVA) with SOA (400ms/1000ms), cue validity (valid/invalid) and catch-trial percentage (0%/25%) as independant within-subjects variables and group (controls/patients) as a between-subject categorical variable.

Trials with correct responses faster than 150 ms or slower that 1000 ms were excluded from the RT analysis. Less that 3% of the data was discarded this way in each group. We do not display the results on errors, since they are below 2%.

Results

Global analysis

We conducted an analysis of variance (ANOVA) on mean RTs with group as a between-group variable, and with SOA (400 ms vs. 1000 ms between fixation and target onset), target probability (with vs. without catch trials), and attention conditions (neutral vs. attention cued trials) as within-group variables. We decomposed interactions by means of Tukey post hoc analyses.

There was a significant interaction between SOA, target probability and group ($F(1, 48) = 4{,}52$; $p < .05$). There was no other interaction with group, and especially attention conditions did not interact with group. The three-way interaction is thus decomposed by averaging results over attention conditions.

The post hoc-analysis showed that in the conditions without catch trials, reaction times decreased from the SOA 400 ms to the SOA 1000 ms, in both groups (by 14 ms in patients, $p<.001$, and by 11 ms in controls, $p<.001$).

These effects replicate a robust finding in the literature, termed the “variable foreperiod effect (Woodrow, 1914; Bertelson & Boons, 1960; Niemi & Näätänen, 1981; Mattes & Ulrich, 1997; Correa, 2006; Davranche et al., 2011; Coull et al., 2013, 2016). Speeding of RTs at long SOAs indexes the influence of the hazard function, and is evident in the absence of catch trials.

In contrast, in the condition with catch trials (targets displayed only in 75% of the trials), the RTs remained stable from the SOA 400 ms to the SOA 1000 ms in controls (there was a difference of 2 ms between the two conditions, p>.9), but increased significantly in patients from 400 to 1000 ms SOA (by 10 ms, p<.005).

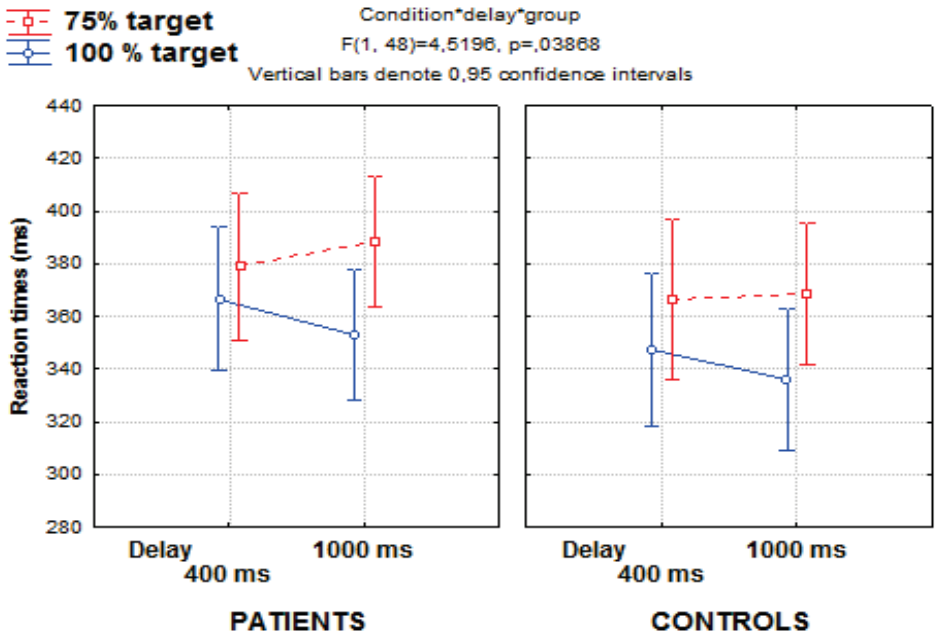


Figure 3: Reaction times in patients (lefthand graph) and controls (righthand graph) as a function of target condition (100% target in blue, vs. 75% target in red), and the delay between the fixation point and the target (400 vs. 1000 ms).

Impact of attention cues

There was a significant interaction between SOA and attentional cues (F[1, 48]=10.6, p<.005, but no interaction with the group (F<1). The interaction between SOA and attention cues was significant in the control group (F[1, 22]=8, p<.01) and the post-hoc Tukey analysis showed that RTs were faster by 11 ms at SOA 400 ms in the presence of attention cues than in their absence (p<.005). In the patients group, the interaction between SOA and attention cues tended to be significant (F[1, 26]=2.9, p=.098). The Tukey post-hoc analysis showed results that were similar to controls, i.e. faster RTs at 400 ms in the presence of attention cues than in their absence (by 8 ms, p<.01) (Figure 3).

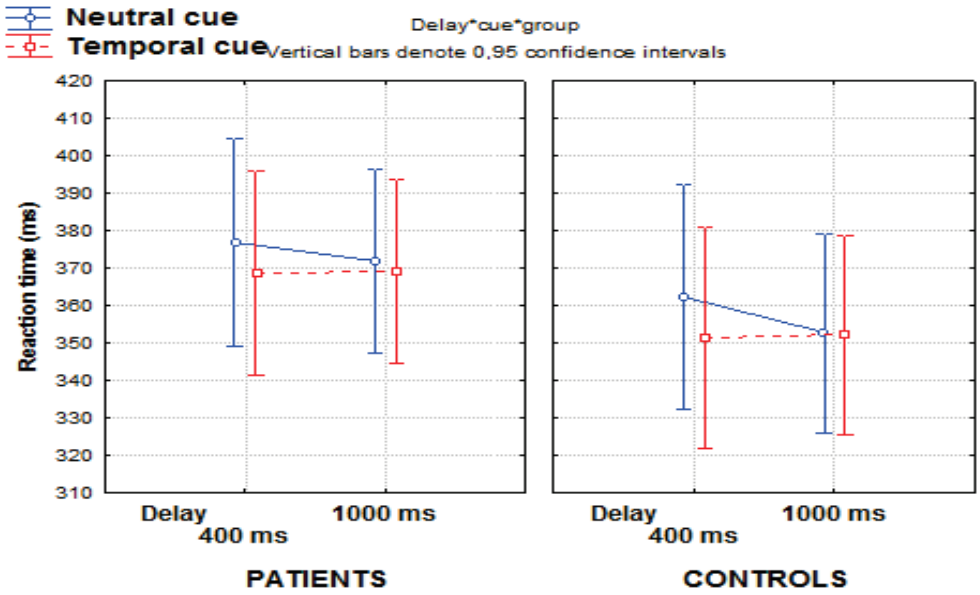


Figure 4: Reaction times in patients (lefthand graph) and controls (righthand graph) as a function of the presence or absence of temporal cues (Neutral cues in blue, vs. temporal cues in red), and the delay between the fixation point and the target (400 vs. 1000 ms).

Correlation with neuro cognitive and clinical measures

In order to assess the clinical impact of performances and to dismiss biases due to neuro cognitive disturbances, correlations were calculated between clinical assessment, neuro cognitive assessment and the magnitude of the slope between short and long delays in 100% target and 75% target conditions, in patients. This magnitude was calculated by subtracting the reaction times for long and short delays. We had observed an effect on the slope in the ANOVA only with catch trials. However, the slope in neutral condition appeared to vary greatly between individuals even in the absence of catch trials and we wondered whether this was related to clinical symptoms. Here we considered only the neutral condition, to check whether the automatic use of the elapsing time was impaired in some of the patients.

There was no correlation between PANSS scores and the magnitude of the slope in 100% target and 75% target condition.

Scores of presence were correlated with the slope in 100% target (N=23, r = -0,4; p=0,03): the patients who were the less immersed te world (highest presence scores) were those who displayed less RT decrease from SOA 400 to SOA 1000 ms.

.

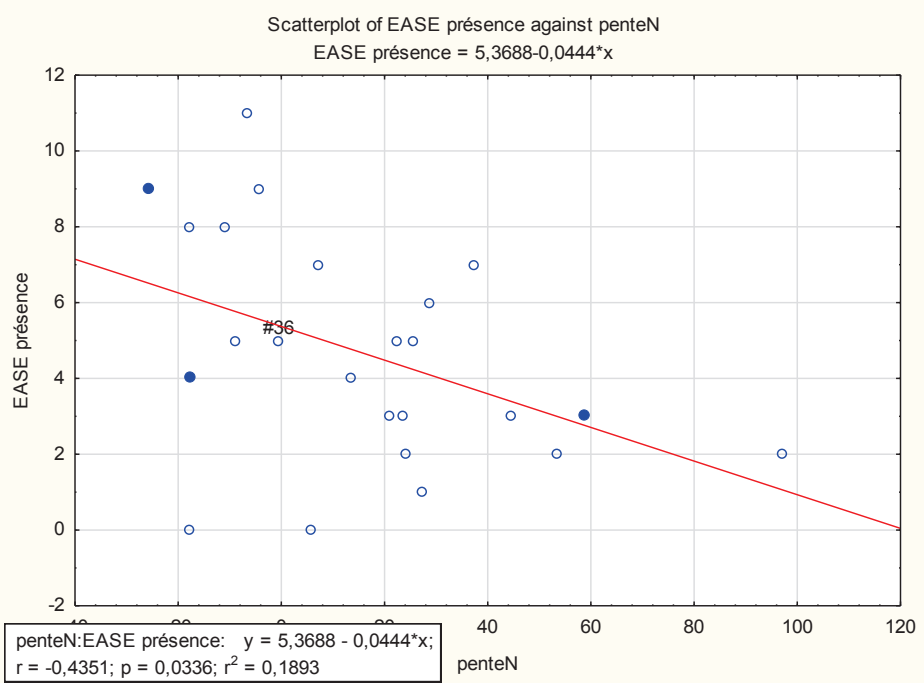


Figure 5: graph illustrating the correlation between the score of 'presence' and the hazard function in the 100% target condition. A higher score corresponds to a higher symptoms gravity.

Score of existential reorientation were correlated with the intensity of the slope in 75% target condition (r= - 0,4, p = 0,04): a high score signed the gravity of the symptoms and was associated with a shallower slope, i.e. a reduced hazard function.

Subgroup analyses in patients have been conducted on the basis of EASE scores. Concerning the EASE presence score, we did a median split, and two groups have been established on the basis of a cut off of 5. 12 patients had a score below 5, and 13 had a score equal or higher than 5. An analysis of variance was conducted on mean RTs in the 100% target condition on neutral trials, with SOA as within-group variable and group as between-group variable. There was a significant interaction between SOA and group ($F(1,22)=4.7$, $p<0.05$). Post-hoc Tukey analyses showed that the group with high EASE scores displayed no RT difference between

SOA 400 and 1000 ms, whereas a the influence of the hazard function was observed for the group with low EASE score ($p<0,05$).

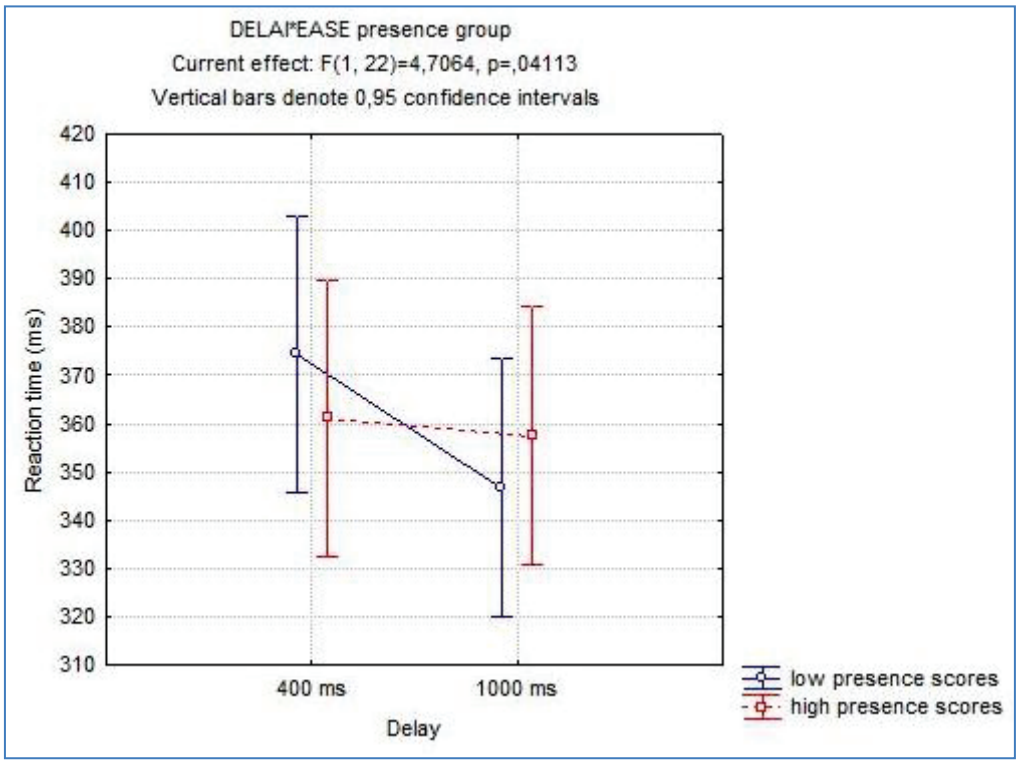


Figure 6: graph illustrating the response times in each patients group (with low 'presence scores in blue and with high presence scores in red) as a function of the delay between the fixation point and the target (400 vs. 1000 ms). These data were collected in the 100% target condition with neutral cues.

Discussion

Our results show that when a target is displayed either 400 or 1000 ms after a fixation point, response times are faster for long than for short delays. This effect is observed when subjects do not know in advance when the target will appear, but are sure that a target will appear (there is no trial without target, i.e. there is no catch trial). The effect decreases when a cue displayed at the beginning of the trial gives an indication regarding the delay between the fixation point and the target. In that case subjects are as fast at both delays. These effects replicate the results described in the literature (Correa 2006; Coull et al., 2000; Coull et al., 2013, 2016; Davranche et al., 2011), and reflect the accumulated expectancy of the target

(when there is no cue regarding the delay), and the ability to attend at a precise moment in time (when attention cues indicate the moment of the target display). These effects are similar in patients and controls in the blocks without catch trial, i.e. when the target is displayed in all trials. Although the benefit in RTs is relatively small (<20 ms), it is highly reliable, both in patients and in controls. At first sight, this seems to indicate a normal hazard function in patients, and a maintained capacity for patients to use the passage of time to expect the appearance of the target. The preservation of these effects are in accordance with the literature, which showed normal preparation effects in patients (Huston et al, 1937; Knehr, 1954; Rosenthal et al, 1960). What we show in addition is that preparation effects remain unimpaired even for short delays below 1000 ms.

However, even if the hazard function seems normal in patients in the blocks without catch trials, it appears to be more fragile: first, the results indicate that, when the appearance of the target becomes uncertain (block with catch trials), the patients increase their reaction time for long delays, which differs from the results in controls. Correa (2006) showed results in healthy volunteers similar to those observed in the patients of the present study. However, this was observed in tasks in which attention cues were sometimes non valid. The presence of non valid cues can be expected to increase the uncertainty of the subjects and induce dispreparation. This was not the case in the present study, in which only patients displayed a 'dispreparation' effect. Moreover, the correlation between EASE scores and the slope of hazard function in neutral condition seems to indicate that the more the patients are altered in the minimal self and the more the hazard function is altered, suggesting that the severity of the disease is associated with abnormalities in automatic time processing. This hypothesis is reinforced by sub group analysis showing that patient with high presence EASE scores present squarely no hazard function. These results are reminding of the effects of ketamine on the hazard function (Coull et al., 2011). Coull et al. (2011) have indeed shown that ketamine has no effect on participants' ability to voluntarily use temporal cues to predict target onset and so speed RTs. Instead, ketamine significantly attenuated the behavioural benefit normally seen at long intervals in the neutral cue condition, similarly to the effects observed in patients with minimal self disorders. Interestingly, ketamine is considered as a model for first-episode psychosis rather than chronic psychosis (Anticevic, 2015). Inasmuch minimal self disorders have been mostly evidenced in early stages of schizophrenia (Cermolacce et al., 2007; Nelson et al., 2009), the results fit well with the literature.One can also notice a lack of difference

between patients and controls concerning the impact of attention cues, which indicates that patients are able to use the explicit and valid cues to modulate their preparation state: patients maintain the use of valid temporal cues to improve their performance. This result is in line with recent work showing that patients with schizophrenia are able to use explicit cues to improve their performance (Liotti et al., 1993; Spencer et al., 2011; Langdon et al., 2016).

Taken together, these results indicate that patients with schizophrenia are sensitive to the level of event uncertainty associated with stimulus. The difference in performance observed in the presence and absence of catch trials affects both patients and controls.

The Bayesian model (Friston,2009, 2010; Adams et al., 2015) could have offered a framework to understand results in the 75% target condition, in which a massive dispreparation effect was observed in patients. The Bayesian model postulates that normal subjects integrate automatically, eg unconscioulsy, the statistics that characterize their environment, even for the more elementary aspects of environment. On the basis of this probabilistic integration, subjects construct "priors", e.g. a priori knowledge of the world, that can interfere in a top down way with the processing of incoming bottom up sensorial stimuli. As a consequence, subjects become faster and more efficient in processing incoming events. Thus, priors are statistic approximations of the environment that the subject will use to optimize the processing of incoming event.

The results in the 75% target condition in patients (massive dispreparation effect) could have been interpreted as an overestimation of the catch trials proportion, leading to results that are similar to those observed in controls when the rate of catch trials is larger than in the present study (Correa et al., 2006). It is to be noted, though, that an explanation of the patients results in terms of an overestimation of the rate of catch trials can be rejected for several reasons: the hazard function (no catch trial, neutral condition) is disturbed in patients with high EASE scores. In this condition there is no uncertainty concerning the display of targets, and the results nonetheless show an impairment of the hazard function. In addition, previous studies showed a preserved sensitivity of the patients to probability manipulations (Carter et al., 1996; van Assche & Giersch, 2011). Yet, even if patients are not unsensitive to probability manipulations, it does not mean they do not overreact to uncertainty. This would explain the dispreparation effect observed in the whole group of patients, and not only in a sub-group.

In sum, our results rather indicate that patients present a fragility in the automatic processes involved in expecting events in time. This result is in line with recent studies investigating

automatic anticipation in schizophrenia (Lalanne et al, 2012a,b; Martin et al., 2013; Giersch et al., 2015), and generalize these studies to durations above 1000 ms.
As supported by the correlations between the EASE scores and the hazard function, this disturbance could lead to minimal self disorders, especially disturbances of the sense of presence as postulated by psychiatric phenomenology (Wiggins et al., 1990; Fuchs, 2007; Martin et al., 2014). Loosing the sense of time, patients lose at the same time their sense of immersion or pre reflexive attunement to their environment. Uncertainty regarding events to come may aggravate this fragility.

Let's remark again that hazard function can be modulated by endogenous cues, a strategic dimension which seems preserved in patient. Thus, helping the patient to use explicit cues of their environment to compensate their difficulty to integrate the flowing of time could lead to restore a sense of time that could help patient to stay connected and, in the same way, a sense of immersion in their environment, a crucial dimension of the sense of self.

Adams, R.A., Aponte, E., Marshall, L., & Friston, K.J. (2015) Active inference and oculomotor pursuit: the dynamic causal modelling of eye movements. *Journal of Neuroscience Methods*. **242**, pp 1-14. doi: 10.1016/j.jneumeth.2015.01.003

Anticevic, A., Corlett, P.R., Cole, M.W., Savic, A., Gancsos, M., Tang, Y., Repovs, G., Murray, J.D., Driesen, N.R., Morgan, P.T., Xu, K., Wang, F., & Krystal, J.H. (2015). N-methyl-D-aspartate receptor antagonist effects on prefrontal cortical connectivity better model early than chronic schizophrenia. *Biological Psychiatry,* 77, 569-580.

Bertelson, P., & Boons, J. P. (1960). Time uncertainty and choice reaction time. *Nature, 187*, 531–532.

Blakemore, S.J., Wolpert, D.M., & Frith, C.D. (1998). Central cancellation of self-produced tickle sensation, *Nature Neuroscience, 1*, 635–640.

Carter, C.S., Robertson, L.C., Nordahl, T.E., Chaderjian, M., & Oshora-Celaya, L. (1996). Perceptual and attentional asymmetries in schizophrenia: further evidence for a left hemisphere deficit. *Psychiatry Research, 62*, 111-9.

Correa, A., Lupiáñez, J., & Tudela, P. (2006). The attentional mechanism of temporal orienting: determinants and attributes. *Experimental Brain Research*, *169*(1), 58-68. http://doi.org/10.1007/s00221-005-0131-x

Coull, J. T., Frith, C. D., Büchel, C., & Nobre, A. C. (2000). Orienting attention in time: behavioural and neuroanatomical distinction between exogenous and endogenous shifts. *Neuropsychologia*, *38*(6), 808-819.

Coull, J. T., & Nobre, A. C. (1998). Where and when to pay attention: the neural systems for directing attention to spatial locations and to time intervals as revealed by both PET and fMRI. *The Journal of Neuroscience: The Official Journal of the Society for Neuroscience*, *18*(18), 7426-7435.

Coull, J.T., Davranche, K., Nazarian, B., & Vidal, F. (2013). Functional anatomy of timing differs for production versus prediction of time intervals. *Neuropsychologia, 51*, 309–331.

Coull, J.T., Cotti, J., & Vidal, F. (2016). Differential roles for parietal and frontal cortices in fixed versus evolving temporal expectations : dissociating prior from posterior temporal probabilities with fMRI. *Journal of Cognitive Neuroscience, 141*, 40-51.

Coull, J.T., Morgan, H., Cambridge, V.C., Moore, J.W., Giorlando, F., Adapa, R., Corlett, P.R., & Fletcher, P.C. (2011). Ketamine perturbs perception of the flow of time in healthy volunteers. *Psychopharmacology*, 218(3):543-56. doi: 10.1007/s00213-011-2346-9.

Davranche, K., Nazarian, B., Vidal, F., & Coull, J.T. (2011). Orienting attention in time activates left intraparietal sulcus for perceptual and motor task goals. *Journal of Cognitive Neuroscience, 23*, 3318–3330.

Deubel, H. (2008). The time course of presaccadic attention shifts. *Psychological Research*, *72*(6), 630-640. http://doi.org/10.1007/s00426-008-0165-3

Drazin, D. (1961). Effects of foreperiod, foreperiod variability, and probability of stimulus occurence on simple reaction time. *J Exp Psychol*, (62), 43-50.

Franck, N., Farrer, C., Georgieff, N., Marie-Cardine, M., Daléry, J., d'Amato, T., & Jeannerod, M. (2001). Defective recognition of one's own actions in patients with schizophrenia. *The American Journal of Psychiatry*, *158*(3), 454-459. http://doi.org/10.1176/appi.ajp.158.3.454

Friston, K. (2009) The free-energy principle: a rough guide to the brain? *Trends in Cognitive Sciences*, **13**(7), pp 293–301.

Friston, K. (2010) The free-energy principle: a unified brain theory? *Nature Reviews Neuroscience*, **11**(2), pp 127–138.

Frith, C. (2005). The neural basis of hallucinations and delusions. *C. R. Biologies, 328*, 169-175.

Fuchs, T. (2007). The temporal structure of intentionality and its disturbance in schizophrenia. *Psychopathology*, *40*(4), 229-235. http://doi.org/10.1159/000101365

Gallagher, S. (2000). Philosophical conceptions of the self: implications for cognitive science. *Trends in Cognitive Sciences*, *4*(1), 14-21.

Giersch, A., Lalanne, L., van Assche, M., & Elliott, M. A. (2013). On disturbed time continuity in schizophrenia: an elementary impairment in visual perception? *Frontiers in Psychology*, *4*, 281. http://doi.org/10.3389/fpsyg.2013.00281

Herzog, M. H., Kammer, T., & Scharnowski, F. (2016). Time Slices: What Is the Duration of a Percept? *PLoS Biology*, *14*(4), e1002433. http://doi.org/10.1371/journal.pbio.1002433

Huston, P., Shakow, D., & Riggs, L. (1937). Studies of motor function in schizophrenia II Reaction time. *J Gen Psychol*, *11*, 39-82.

Jeannerod, M. (2009). The sense of agency and its disturbances in schizophrenia: a reappraisal. *Experimental Brain Research, 192*, 527-32. doi: 10.1007/s00221-008-1533-3.

Knehr, C. A. (1954). Schizophrenic reaction time responses to variable preparatory intervals. *The American Journal of Psychiatry*, *110*(8), 585-588. http://doi.org/10.1176/ajp.110.8.585

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. http://doi.org/10.1093/schbul/sbq107

Lalanne, L., Van Assche, M., Wang, W., & Giersch, A. (2012). Looking forward: an impaired ability in patients with schizophrenia? *Neuropsychologia*, *50*(12), 2736-2744. http://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2012.07.023

Langdon, R., Seymour, K., Williams, T., & Ward, P. B. (2016). Automatic attentional orienting to other people's gaze in schizophrenia. *Quarterly Journal of Experimental Psychology (2006)*, 1-10. http://doi.org/10.1080/17470218.2016.1192658

Light, G. A., & Braff, D. L. (2005a). Mismatch negativity deficits are associated withpoor functioning in schizophrenia patients. *Archives of General Psychiatry, 62*,127–136.

Light, G. A., & Braff, D. L. (2005b). Stability of mismatch negativity deficits and theirrelationship to functional impairments in chronic schizophrenia. *The American Journal of Psychiatry, 162*, 1741–1743.

Liotti, M., Dazzi, S., & Umiltà, C. (1993). Deficits of the automatic orienting of attention in schizophrenic patients. *Journal of Psychiatry Research, 27*, 119-130.

Martin, B., Wittmann, M., Franck, N., Cermolacce, M., Berna, F., & Giersch, A. (2014). Temporal structure of consciousness and minimal self in schizophrenia. *Frontiers in Psychology*, *5*, 1175. http://doi.org/10.3389/fpsyg.2014.01175

Mattes, S., & Ulrich, R. (1997). Response force is sensitive to the temporal uncertainty of response stimuli. *Perception & Psychophysics, 59*, 1089–1097.

Minkowski, E. (2005). *Le temps vécu : Etudes phénoménologiques et psychopathologiques* (2d ed.). Presses Universitaires de France - PUF (1st publication 1933).

Mishara, A. L. (2007). Missing links in phenomenological clinical neuroscience: why we still are not there yet. *Current Opinion in Psychiatry*, *20*(6), 559-569. http://doi.org/10.1097/YCO.0b013e3282f128b8

Mishara, A. L., Lysaker, P. H., & Schwartz, M. A. (2014). Self-disturbances in schizophrenia: history, phenomenology, and relevant findings from research on metacognition. *Schizophrenia Bulletin*, *40*(1), 5-12. http://doi.org/10.1093/schbul/sbt169

Näätänen, R. (1972). Time uncertainty and occurence uncertainty of the stimulus in a simple reaction time task. *Acta Psychol*, (36), 492-503.

Näätänen, R., Todd, J., Schall, U. (2016). Mismatch negativity (MMN) as biomarker predicting psychosis inclinically at-risk individuals. *Biological Psychology, 116*, 36-40.

Nelson, B., Fornito, A., Harrison, B.J., Yücel, M., Sass, L.A., Yung, A.R., Thompson, A., Wood, S.J., Pantelis, C., & McGorry, P.D. (2009). A disturbed sense of self in the psychosis prodrome: linking phenomenology and neurobiology. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews, 33*, 807-17. doi: 10.1016/j.neubiorev.2009.01.002

Niemi, P., & Näätänen, R. (1981). Foreperiod and simple reaction time. *Psychological Bulletin*, *89*(1), 133-162.

Parnas, J., & Handest, P. (2003). Phenomenology of anomalous self-experience in early schizophrenia. *Comprehensive Psychiatry*, *44*(2), 121-134. http://doi.org/10.1053/comp.2003.50017

Parnas, J., Møller, P., Kircher, T., Thalbitzer, J., Jansson, L., Handest, P., & Zahavi, D. (2005). EASE: Examination of Anomalous Self-Experience. *Psychopathology*, *38*(5), 236-258. http://doi.org/10.1159/000088441

Rentzsch, J., Shen, C., Jockers-Scherübl, M. C., Gallinat, J., & Neuhaus, A. H. (2015). Auditory mismatch negativity and repetition suppression deficits in schizophrenia explained by irregular computation of prediction error. *PloS One*, *10*(5), e0126775. http://doi.org/10.1371/journal.pone.0126775

Rosenthal, D., Lawlor, W. G., Zahn, T. P., & Shakow, D. (1960). The relationship of some aspects of mental set to degree of schizophrenic disorganization. *Journal of Personality*, *28*, 26-38.

Shelley, A. M., Ward, P. B., Catts, S. V., Michie, P. T., Andrews, S., & McConaghy, N. (1991). Mismatch negativity: an index of a preattentive processing deficit inschizophrenia. *Biological Psychiatry, 30*, 1059–1062.

Shergill, S. S., Samson, G., Bays, P. M., Frith, C. D., & Wolpert, D. M. (2005). Evidence for sensory prediction deficits in schizophrenia. *The American Journal of Psychiatry*, *162*(12), 2384-2386.

Simon, J.R. (1969). Reactions toward the source of stimulation. *Journal of Experimental Psychology, 81*, 174-176.

Spencer, K.M., Nestor, P.G., Valdman, O., Niznikiewicz, M.A., Shenton, M.E., McCarley, R.W. (2011). Enhanced facilitation of spatial attention in schizophrenia. *Neuropsychology, 25*, 76-85.

Tizard, J., & Venables, P. H. (1956). Reaction time responses by schizophrenics, mental defectives and normal adults. *The American Journal of Psychiatry*, *112*(10), 803-807. http://doi.org/10.1176/ajp.112.10.803

Van Assche, M., Giersch, A. (2011). Visual organization processes in schizophrenia. *Schizophr Bull,* 37:394-404. doi:10.1093/schbul/sbp084

Vogeley, K., Kupke, C. (2007). Disturbances of time consciousness from a phenomenological and neuroscientific perspective. *Schizophrenia Bulletin, 33*, 142-156.

Wacongne, C. (2016). A predictive coding account of MMN reduction in schizophrenia. *Biological Psychology*, *116*, 68-74. http://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2015.10.011

Waters, F., & Jablensky, A. (2009). Time discrimination deficits in schizophrenia patients with first-rank (passivity) symptoms. *Psychiatry Research*, *167*(1-2), 12-20. http://doi.org/10.1016/j.psychres.2008.04.004

Wiggins, O. P., Schwartz, M. A., & Northoff, G. (1990). Toward a Husserlian Phenomenology of the Initial Stages of Schizophrenia. In M. Spitzer & B. A. Maher (Éd.), *Philosophy and Psychopathology* (p. 21-34). New York, NY: Springer New York. http://link.springer.com/10.1007/978-1-4613-9028-2_2

Woodrow, H. (1914). The measurement of attention. *Psychological Monographs, 17* (5, Whole No. 76).

Zahn, T. P., & Rosenthal, D. (1965). Preparatory set in acute schizophrenia. *The Journal of Nervous and Mental Disease*, *141*(3), 352-358.

G. ANNEXE 7. Article. Predicting and perceiving in time: what is impaired in patients with schizophrenia.

Brice Martin[1], Nicolas Franck[1], Michel Cermolacce[3], Agnès Falco[1], Estelle Etienne[1], Anabel Benair[1], Anne Giersch[2]

[1] Centre Lyonnais Référent en Réhabilitation et en Remédiation cognitive (CL3R) - Service Universitaire de Réhabilitation (SUR), Hôpital du Vinatier, Université Lyon 1 & UMR 5229 (CNRS), France. brice.martin@ch-le-vinatier.fr

[2]INSERM U1114, Department of Psychiatry, Fédération de Médecine Translationnelle de Strasbourg (FMTS), University Hospital of Strasbourg, Strasbourg, France.

[3]Service universitaire de psychiatrie, Hôpital Ste Margueritte, 13000 Marseille

Correspondance :
Dr Anne Giersch
INSERM U1114
Fédération de Médecine Translationnelle de Strasbourg (FMTS)
University Hospital of Strasbourg, University of Strasbourg
1 pl de l'Hôpital
67000 Strasbourg,
France
giersch@unistra.fr

Abstract

Schizophrenia have difficulties to discriminate events in time to predict events in time at a very short time scale (<20 ms). Such impairments have been proposed to be involved in the impaired ability of patients to feel as being immersed in the flow of events, and possibly in self disorders. However, subjectively, events are predicted and followed at a slower time scale than the ms level. Here we explore how 23 healthy subjects and 27 patients follow and predict information by evaluating how visual events on one trial influence performance on the following trial. We use a task in which two stimuli are displayed on each trial, either simultaneously or asynchronously, with an asynchrony varying from 0 to 137 ms by steps of 17 ms. Subjects decide whether the stimuli are simultaneous or asynchronous and press one among two response-keys accordingly. The results show that when the two consecutive trials share the same SOA (Stimulus Onset Asynchrony) healthy controls, but not patients, benefit from a change of direction between the trials, with more responses 'asynchronous'. However, patients alternate their response side in case of a direction change between trials, showing they detect the change. The results of the patients are correlated with their elementary prediction impairments (as indexed by a tendency to press to the side of the first stimulus at short asynchrony), and also with the 'consciousness' score of the ease, a scale designed to explore the minimal self. The results suggest that healthy controls are able to predict and follow events across trials. The patients would be able to predict some information related to the trial just passed, and to compare it with the information of the current trial. However, the lack of benefit provided by a direction changes reveals their difficulties at following the flow of events efficiently at the second, and not only ms, level.

Keywords: schizophrenia – time perception – sequential effects – predictive coding – minimal self

Introduction

Patients with schizophrenia have been described as suffering from a fragmented thought flow (Fuchs, 2007; Vogeley & Kupke, 2007). This is suggested by symptoms like thought blocking, with sudden gaps in the patients speech, or thought interference, i.e. thought contents that disrupt the main thought flow. Such disruptions have been conceptualized within the framework of phenomenology, whereby the continuity of the thought flow emerges from the binding of past, present and future moments (Husserl, 1991). For example, when a melody is played, past present and future notes are all present in mind at the same time, helping to relate them and enabling the perception of a melody to emerge. More generally, the binding of past present and future moments would enable a sense of time continuity. This would be impaired in patients, contributing to the disorganization of their mental life. Based on experimental evidence, we have proposed this to be related with difficulties to predict information, i.e. anticipating future information, automatically and at the ms level (Lalanne et al., 2012a, b). However, the clinical descriptions rather suggest disruptions at a larger time scale (Kimura, 1994; Northoff, 2014a,b). In the present study we explore whether patients are impaired at relating events with one another at a larger time scale than the ms level, and whether this is related to difficulties at a ms time scale.

Many results in the literature suggest that the patients' ability to predict information is affected. Originally, abnormalities have been observed in the motor domain. They led to the hypothesis that patients have difficulties to produce a copy of the motor program (the 'efference copy') which is necessary to predict the outcome of the action and to compare it with the real sensory outcome (Wolpert et al., 1998). Results in the motor domain showed that patients have difficulties to discriminate between their own and others' movements (Fourneret et al., 2001; Franck et al., 2001). It has also been shown that patients do not inhibit the sensory feedback resulting from their own action like controls do (Blakemore et al., 1998;

Shergill et al., 2005), and that evoked potentials recorded during action preparation are reduced in amplitude in patients compared to controls (Ford et al., 2014). Regarding cognitive abilities, impaired predicting is also suggested by MMN studies (Rentzsch et al., 2015; Wacongne, 2016). In such paradigms, a rare stimulus is displayed within series of frequently shown items. The rare stimulus induces evoked potentials over frontal areas, related to the detection of an oddball (the mismatch negativity, i.e. the MMN, Näätänen et al., 1978). The amplitude of the MMN has been repeatedly shown to be reduced in patients (Shelley, 1991; Michie, 2001; Umbricht & Krljes, 2005; Näätänen et al., 2016). This would be related to predictive coding inasmuch the detection of an oddball requires to compare the displayed stimulus with those displayed before, and to detect a difference (Rentzsch et al., 2015; Wacongne, 2016). However, predictions may not be systematically impaired. Several studies suggest that at least part of prediction abilities are preserved in patients (Delevoye-Turrell et al., 2003; Knoblich et al., 2004; Lencer et al., 2016), when e.g. patients automatically adapt to a manipulation of the sensory outcome. In fact it remains to be specified which components of predictive coding are exactly affected. In the present study, we wished to explore those predictive mechanisms that help to relate events with one another and yield a sense of time continuity. To that aim we pursued our investigations with the same task with which we had evidenced elementary mechanisms helping to relate information at the ms level (Lalanne et al., 2012a, b), but explored additional predictive mechanisms at a larger time scale.

In this task subjects had to decide whether successive events were simultaneous or asynchronous and gave their response by pressing a left or right response key respectively. Previous results using a similar paradigm have shown that patients have difficulties to detect asynchronies, especially in case of distracters (Giersch, 2009) or multisensory information (Martin et al, 2013). Moreover, the analysis of the results suggested a difficulty to predict and follow stimuli over time at short time scales (<20 ms, Lalanne et al, 2012a,b). At very short

SOAs, the rate of simultaneous responses does not differ from the rate observed at perfect simultaneity. Despite this we could show that subjects do not answer randomly. We used the Simon effect which reflects he tendency to press to the side of the stimulus displayed on the screen. When two stimuli are displayed on the screen, no Simon effect can occur when stimuli are perfectly simultaneous, because information is symmetrical on both sides of the screen. An asymmetry occurs again when stimuli are asynchronous, however. Healthy volunteers tend to press to the side of the second stimulus, whether it is displayed on the left or right side of the screen. Studies exploring this effect in healthy volunteers suggest this to be due to a move of attention towards the last stimulus in a sequence of two (Poncelet & Giersch, 2015). It is this attention move that suggests the involvement of predictive mechanisms. When a first stimulus is displayed on the screen, its processing requires time (Herzog et al., 2016) and attention cannot move immediately towards a second stimulus when it is displayed only 17 ms after the first one. Hence for this stimulus not to be missed and to attract attention within intervals of 100 ms (Poncelet & Giersch, 2015) it must be anticipated. In those tests, subjects are exposed to more than 100 trials with two consecutive stimuli, and it is no surprise that they expect a sequence of two items on each trial. This expectation appears to be altered in patients with schizophrenia. Patients also displayed a bias at short asynchronies, showing that they automatically distinguished stimuli in time. However, they pressed more often to the side of 1st than to the side of the 2d stimulus, again whatever the right or left location of these stimuli. In patients this effect was even clearer than in controls, with an effect observed already at 8 ms asynchronies (Giersch et al., 2015). This suggests that patients do not predict efficiently series of two consecutive stimuli. Nonetheless these biases normalize at larger SOAs (Lalanne et al., 2012a, b). It might thus be asked to which extent similar abnormalities exist at larger time scales, which would reveal more directly abnormalities in the temporal structure of consciousness. The present study was aimed at answering this question by using

the same task as described above, i.e. series of two consecutive stimuli for which subjects have to decide whether they are simultaneous or asynchronous, but by looking at predictions from trial to trial, that occur every 1,5 to 2 seconds. We reasoned that if subjects indeed anticipate the sequence of two consecutive stimuli on each trial, then this prediction may involve information from the trial before. Sequential effects have often been described (Los & van den Heuvel, 2001; Steinborn et al., 2008; Capizzi et al., 2015; Trivino et al., 2016) and show that even though trials are supposed to be independent from one another, subjects cannot help retaining information from the preceding trial and using it on the next one. In the simultaneity judgement task, each trial includes two types of information, the SOA and the stimulus onset order (right left vs. left right). If subjects retain this information on trial N-1 and use this information to predict what will happen on trial N, performance may vary according to the similarity or difference between the trials. This may affect the ability to detect asynchrony, or to repeat or alternate responses between trials. In turn such a trial-to-trial influence would indicate the existence of predictive mechanisms at a more integrated level, i.e. requiring integration of information over a larger time scale, than the effect observed at the ms level. A first experiment evidenced such effects in healthy volunteers and we explored them in patients with schizophrenia and matched controls. This allowed us to check whether patients were able to predict and integrate information from trial to trial. To check the impact of these mechanisms on the sense of time continuity, in patients we evaluated the EASE in addition to the PANSS. The ease allows for an evaluation of some items related to the disruption of the flow of consciousness as observed in schizophrenia (sub-scale 'flow of consciousness' in the ease, Parnass & Handest, 2003; Parnas et al., 2005). We expected that the impairments observed at a behavioural level in patients with schizophrenia would correlate with this sub-scale, this indicating the involvement of these mechanisms in the disruption of the sense of time continuity.

Method

Participants

Trial-to trial effects had not been investigated yet in the simultaneity/asynchrony discrimination task and we did a preliminary analysis in 12 female healthy subjects recruited in the Hospital of Lyon. Subjects were 23,7 years old (SD 3,8) and they had 15,6 years of education on average (SD 1,2). Exclusion criteria were the same as those used in the main study.

Participants were 27 stabilized outpatients recruited in a cognitive remediation center in Lyon, and 23 controls. Controls were recruited from hospital staff. The control group matched the patients' group in terms of gender, age, and level of education (Table1). Psychiatric diagnoses and the Positive and Negative Syndrome Scale (PANSS) scores were established by senior psychiatrists from the Psychiatry Departments of the University of Lyon. Diagnoses fulfilled the Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders, Fifth Edition, critera for a diagnosis of schizophrenia. In addition to typical clinical scales, the ease was fulfilled by the first author of the paper (MB), who was trained to that aim. The ease is a semi-structured interview designed to explore the disorders of the minimal self.

Exclusion criteria for patients and controls were: the intake of benzodiazepines, a history of alcohol and drug dependency, neurological and medical pathologies, a disabling sensory disorder, and general anesthesia in the 3 months prior to testing. An additional exclusion criterion for controls was psychotropic medication in the 3 weeks prior to testing.

The project was approved by the local ethics committee, and informed written consent was obtained, before the study, from each patient and control subject in accordance with the recommendation of the Declaration of Helsinki.

Psychiatric diagnoses were established by a senior psychiatrist from the department.

	Patients	*Controls*	*Group effect*
Gender M/F	*22/5*	*16/7*	*Chi^2<1, n.s.*
Age (mean +/- SD)	*31,4 (+/- 7,7)*	*31 (+/-8,5)*	*F<1, n.s.*
Years of education (mean +/- SD)	*12, 7 (+/- 1,9)*	*13,6 (+/-1,7)*	*F[1,48]=3, n.s.*
Medication (typical, atypical, no medication)	*0/24/3*		
Mean dose of chlorpromazine equivalents	*285 mg/day*		
PANSS positive symptoms (mean +/- SD)	*15 +/- 5.6*		
PANSS negative symptoms (mean +/- SD)	*20.6 +/- 8.3*		
PANSS general symptoms (mean +/- SD)	*38.6 +/- 11.7*		
PANSS total (mean +/- SD)	*73.4 +/- 22.4*		

Apparatus

The experiments were run on a Pentium PC 4 and programmed with Matlab 7.0.1 (Mathworks, 1984–2004) and psychophysics Toolbox extensions (Brainard, 1997; Pelli, 1997). Stimuli were displayed on a CRT monitor (14 inches, 60 Hz refresh rate) in order to control for the stimuli display duration. Participants answered by hitting response keys of the keyboard connected to the computer. The experiment was conducted in a mesopic

environment (0.1 cd/ m2; day light did not enter the room). The distance between the screen and the participants was held constant, at 60 cm, by means of a chinrest.

Stimuli

Stimuli were two rectangles (0,5° x 1,5 °), one being displayed on the left part of the screen and the other one on the right, at x° from the screen centre.

The rectangle luminance increased gradually from 0.03 (background luminance) to 12 cd/m², over a presentation interval of 119 ms. The luminance is increased gradually to avoid magno-cellular pathway activation, as in our previous experiments (Giersch et al., 2009).

Procedure

Each trial began with the presentation of a blue central fixation point that stays on the screen. After a delay randomly distributed between 500 and 700 ms, the two left and right target rectangles are displayed either simultaneously (SOA=0 ms) or asynchronously. Nine levels of Stimuli Onset Asynchrony (SOA) were used (from 0 to 133 ms by steps of 16.7 ms). The target rectangles stayed on the screen until subjects had responded. Subjects were instructed to hit a left response key in case of rectangles displayed at the same time (synchronously) and a right response key in case of rectangles displayed at different times (asynchronously). There was a new delay of 500 ms before the next trial started.

Each combination of target squares' location (right-left and left-right), and SOA (9 levels: 0, 17, 33, 50, 67, 83, 100, 117 and 133ms) was tested 20 times in random order, yielding a total of 360 trials.

Statistical analyses

We conducted analyses of variance (ANOVA) on performance (the threshold, the rate of simultaneous responses, and the rate of repeated responses from trial to trial) with group as a between-group variable and with experimental conditions as within-group variables. We add the partial eta2 (effect size). We decomposed interactions by means of post-hoc Tukey tests, completed by sub-analyses on sub-groups of variables.

Results

Results in a healthy subjects group

The threshold for asynchrony detection was 54.6 ms. There was no significant Simon effect, i.e. no difference in the rate of simultaneous responses when the stimulus onset order was right-left or left-right ($F[1, 11]=3$, *n.s.*). Trial-to-trial effects were investigated in a group of healthy subjects. We examined to which extent the asynchrony of the stimuli on the trial N-1, as well as their direction, affect the ability to detect an asynchrony on trial N. We performed an analysis of variance on the rate of 'simultaneous' responses, with groups as between-group variable, and three within-group variables. One variable was the relative SOAs on trials N-1 and N (SOA smaller, equivalent or larger on trial N-1 than on trial N). Another variable was the relative onset order on trials N-1 and N (same order on trials N-1 and N, i.e. both left-right or both right-left, vs. opposite order on the two successive trials). The third variable was the stimulus onset order on trial N (left-right vs. right-left). The results showed a significant interaction between the relative onset order on the successive trials (same vs. different) and the relative SOA between the successive trials (smaller, equivalent or larger): $F[2, 22]=13.1$, $p<.001$, partial $\eta^2 = 0.54$. The post-hoc analysis showed that when the SOA of the successive trials was identical, the rate of simultaneous responses was significantly lower, by 7,7%, when

the stimulus onset order changed between trial N-1 and trial N, than when the order remained the same, $p<.01$.

Baseline results in patients and matched controls

We evaluated and compared baseline performance in each group. We calculated the threshold for asynchrony detection in a standard manner (see Giersch et al, 2009 for details). The threshold represents the SOA corresponding to 50% asynchronous responses. Patients had only a very slightly and non significantly higher thresholds for asynchrony than controls (60.3 vs. 59.2 ms, $F<1$). We checked the Simon effect at SOA 17 ms, i.e. the tendency to press either to the side of the first or second stimulus, which represents the ability to follow stimuli over time. There was the usual tendency to press to the side of the first square in patients. Patients pressed to the side of the first square more often than to the side of the second square by 7% of the trials ($F[1, 26]=7.7$, $p<.05$, partial $\eta^2 = 0.23$). Such an effect was not observed in controls, $F<1$. The interaction did not reach significance, however.

Trial-to-trial effects in patients and matched controls

We first examined the same effects as in healthy volunteers and performed an analysis of variance on the rate of 'simultaneous' responses, with groups as between-group variable, and the relative SOAs on trials N-1 and N (SOA smaller, equivalent or larger on trial N-1 than on trial N), the relative onset order on trials N-1 and N (same vs. opposite order on trials N-1 and N), and the stimulus onset order on trial N (left-right vs. right-left). The results showed a significant interaction between the group, the relative onset order on the successive trials (same vs. different) and the relative SOA between the successive trials (smaller, equivalent or larger): $F[2, 96]=4$, $p<.05$, , partial $\eta^2 = 0.08$. The post-hoc analysis showed that in controls,

and only when the SOA of the successive trials was identical, the rate of simultaneous responses was significantly lower, by 8.4%, when the stimulus onset order changed between trial N-1 and trial N, than when the order remained the same, $p<.001$. There was no such effect in patients: the difference in the ate of simultaneous responses between the two conditions was 1;2% and not significant ($p>.9$)

Sub-analyses showed that the relative SOA between the successive trials (smaller, equivalent or larger) interacted with group only when the onset order changed between the successive trials ($F[2, 96]=3.7$, $p<.05$, partial $\eta^2 = 0.07$). The rate of simultaneous responses tended to be lower in controls than in patients when the two consecutive SOAs were identical (by 6.8%, $F[1, 48]=3.4$, $p=0.07$, partial $\eta^2 = 0.07$). We looked at the effect of stimulus onset order, to check for a possible effect of attention displacement related to the response given on trial N-1. The decrease in simultaneous responses in patients relative to controls became significant (8.7%) when considering trials in which the stimulus onset order on trial N-1 was left-right, and right-left on trial N: $F[1, 48]=4.6$, $p<.05$, partial $\eta^2 = 0.07$. The effect was the clearest when subjects had answered 'asynchronous' on trial N-1 : 18.9% vs. 6.6%, $F[1, 48]=10$, $p<.005$, partial $\eta^2 = 0.17$. This improvement of performance in controls relative to patients was not significant in other conditions with two consecutive identical SOAs, suggesting this particular condition may have participated to the global advantage observed when the stimulus onset order was reversed between trials.

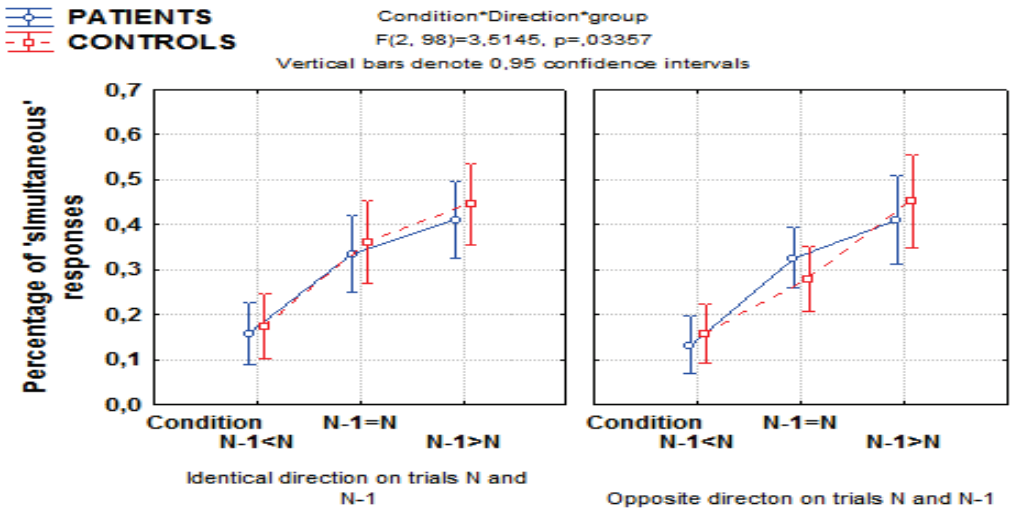


Fig 1. Comparison of the rates of simultaneous responses (ordinate) as a function of identical or opposite directions on trials N and N-1 and of the delay of N in comparison with N-1 in controls and patient groups

These first results indicated a trial-to-trial influence in controls that was similar to the one observed in the first study. They suggest that in the particular condition we isolated (identical SOAs on the two consecutive trials, stimulus onset order left-right on trial N-1 and right-left on trial N) controls answer more often 'asynchronous' than patients when they had already answered 'asynchronous' on the trial before. This influence may thus relate to responses being repeated from trial to trial, vs. alternated. The lack of effect in patients may be due to a different behavior than controls when taking into account the similarities and differences between successive trials. We checked the sensitivity to a change in SOA by comparing the rate of repeated responses when the SOA on trial N-1 was smaller, identical or larger than on trial N. We discarded trials with simultaneous stimuli from the analysis, as well as trials N with SOA 137 ms. In addition we considered a difference in SOA from trial N-1 to trial N only if it was no larger than 17 ms. This ensured that SOAs considered in the different conditions were similar across conditions. Additionally, we took into account the change in

stimulus onset order, and the response given on trial N-1 (asynchronous vs. simultaneous). The results showed a significant interaction between group and stimulus onset order (same vs. different): $F[1, 48]=6.5$, $p<.05$, partial $\eta^2 = 0.12$. The Tukey post-hoc analysis showed that in patients the rate of repeated responses was lower when the stimulus onset order changed from trial to trial (70,4%) than when this order remained the same (76,4%, $p<.01$). It was also lower than the rates of repeated responses in healthy subjects (78,6% when the stimulus onset order changed from trial N-1 to trial N, $p<.01$ and 77,9%, when the stimulus onset order remained identical in both trials, $p<.05$).

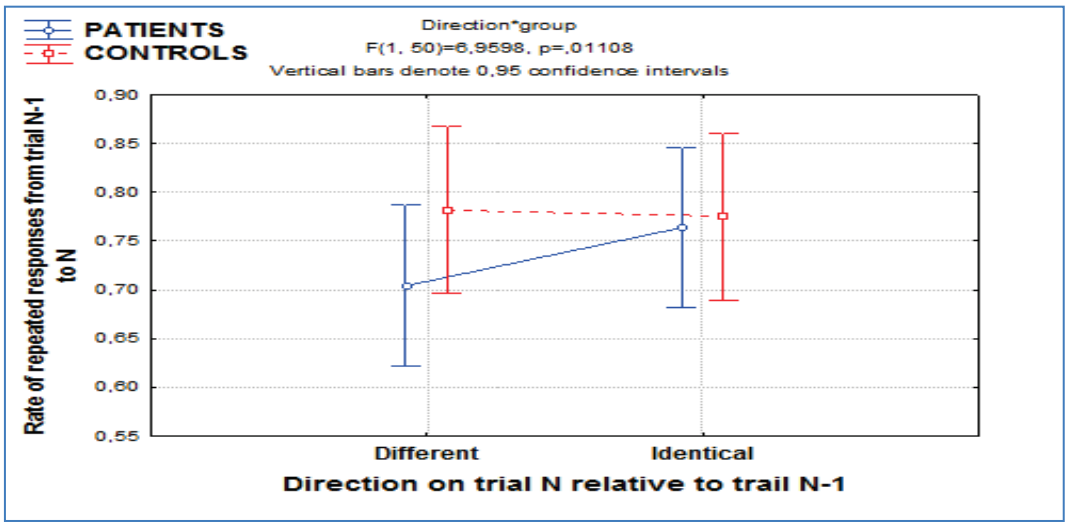


Fig 2. Rates of repeated responses in pâtients and controls as a function of direction of N-1 trial (same/opposite direction with N)

Correlations with the clinical evaluations

We first calculated the main effects observed in the study. The amplitude of the Simon effect was calculated by subtracting the rate of simultaneous responses at SOA 17 ms when the stimulus order was left-right (response to the side of the first stimulus) from the rate when the stimulus order was right-left (response to the side of the second stimulus). The tendency to alternate responses when stimulus order changed between trials was calculated by subtracting

the rate of repeated responses when trials N-1 and N shared the same stimulus onset order and when the order changed between trials (averaged over the conditions in which consecutive trials shared the same SOA or included a SOA difference of 17 ms). Finally we calculated the performance advantage, i.e. the decrease in the rate of simultaneous responses, when the stimulus onset order changed between trials, relative to when it remained the same (only when trials N and N-1 were with identical SOAs). In patients, the amplitude of the Simon effect was correlated with the performance advantage observed when the two consecutive trials shared the same SOA but opposite stimulus onset order ($N=27$, $r=-0.64$, $p<.001$). The larger the Simon effect, i.e. the bias to press to the side of the 1st stimulus, the smaller the advantage provided by a change in order.

We then correlated these effects with the PANSS scores and with the EASE scores. The advantage provided by a change in stimulus order between trials was negatively correlated with the sub-scale 'consciousness' of the EASE ($N=23$, $r=-.55$, $p<0.01$). The patients with more symptoms benefited less from the stimulus order change. The tendency to alternate responses was positively correlated with the sub-scale 'body' of the EASE ($N=23$, $r=.5$, $p<.05$). The patients with more symptoms tended to alternate responses more frequently as a consequence of an order change.

Discussion

Baseline results show similar results to the literature. Our analysis on trial-to-trial effects provides however new insights suggesting that subjects use information from the previous trial and compare it to present information. When the Stimulus Onset Asynchrony (SOA) on trial N was identical to the SOA on trial N-1, controls were better at detecting asynchronies when the stimulus onset order differed rather than was identical on both trials. In other words controls benefited from the change in the stimulus onset order from trial to trial. Patients did

not. This might have suggested that patients did not retain or compare information from trial to trial. Yet, they alternated their response side when the stimulus onset order changed rather than remained similar, at least when the two consecutive trials concerned stimuli with similar SOAs (maximal difference of 17 ms). Hence both groups were sensitive to a change in stimulus onset order from trial to trial, but they reacted in different ways to this change, and only controls benefited from it.

The fact that performance was affected when the stimulus onset order changed from trial to trial suggests that both groups retained information from the preceding trial, despite the delay between the trials (larger than 1500 ms). Subjects additionally compared stimulus onset order between trials and detected changes. A retention of information and a comparison between expected and actual information are components of predictive coding, in which the next information is predicted on the basis of prior information, and compared with the real outcome. The fact that patients react to a change of stimulus onset order suggests that prior information is available and successfully compared with actual stimulus onset order. At first sight, this result might seem at odds with the hypothesis that predictive coding is impaired in patients. However, many studies have shown that patients can adapt their action when the sensory outcome of this action is experimentally manipulated (Fourneret et al., 2001, 2002; Knoblich et al., 2004; Delevoye-Turrell et al., 2002, 2003). For example, patients automatically adjust their grip force when an object is more or less slippery (Delevoye-Turrell et al., 2002). Patients can also use prior information during smooth pursuit when the target temporarily disappears (Trillenberg et al., 2016). These results all show that at least some aspects of predictive coding are preserved in patients, and in this sense our results are consistent with the literature.

Nonetheless the impact of the detection of a change in stimulus onset order from trial to trial had a markedly different impact in patients and controls. Whereas controls benefited from the change in onset order and improved their detection of asynchronies, patients merely alternated their responses. The results in controls were found in the two groups of the present study, showing they are reliable. Hence, it has first to be understood why controls detect asynchronies more easily when the onset order reverses than when it is similar from trial to trial. The results are at odds with the literature showing that when subjects have to discriminate direction, they are better when they have been exposed to a direction that is similar rather than different (Campana et al., 2002). In the present case however, they did not have to detect a direction, and on the contrary they had to detect an asynchrony whatever the stimulus onset order. The results suggest the benefit occurring in case of a stimulus onset order change may be due to the subjects' abilities to follow stimuli over time. Our reasoning was based on the previous literature showing an advantage in case of a change in stimulus order (Poncelet & Giersch, 2015). In this previous study, subjects were systematically faster when the stimulus order of consecutive priming and target stimuli had been different rather than similar. The results showed that this was due to attention displacements, similar to previous results with the Simon effect (Lalanne et al, 2012a, b). Such attention displacements would help to process consecutive sequences of two stimuli that are in opposite order. Once the attention is in the location of the second stimulus of the first sequence, attention is optimally located to follow events that start in this location, i.e. events displayed in the opposite direction relative to the first sequence. This is in agreement with the prior entry phenomenon: when an attention cue is displayed in the location of the first stimulus of a series of two *before* the stimuli are displayed, then temporal order judgments and asynchrony detection improve. In summary attention displacements would help to follow events over time, by attending one event after another. When stimulus order is the same from one to

another sequence, attention would have to return to the location of the first trial after the end of the first sequence, whereas it would not need to be displaced in case of a sequence in reversed order. The effect of stimulus onset order in the present results suggests that similar effects might be at play in controls. As a matter of fact the condition in which performance is the most improved in controls relative to patients is when on trial N-1 the second stimulus was on the right, subjects pressed on the right response key, and the location of the first stimulus of the next sequence was in that same location. In this condition the key press is on the same side as the attention move at the end of the first sequence, and may have made it easier to follow stimuli appearing in the reverse order in the next trial. Yet, the interval between sequences of two stimuli was much larger than Poncelet and Giersch (2015, only 100 ms), and a central fixation point was presented in between trials. This may explain why the effect of order was observed only when the successive SOAs were identical. Identical SOAs may have helped to relate successive trials with one another. Similarity is indeed one of the strongest binding mechanisms (Wagemans et al., 2012). Thanks to both attention displacements and SOA similarity, subjects may have integrated the two successive trials in one unique back and force presentation of the stimuli.

None of the mechanisms helping subjects to benefit from a change in onset order seem to work in patients. On the contrary they appear to react in an automatic way to the change in stimulus order by alternating response sides. Several results may jointly contribute to this behavior. First, even though the alternating responses show that a change has been detected between successive trials, it does not mean that the detected change concerns onset order. Patients may as well detect a change in the location of the first stimulus, and may react to this without detecting a change in onset order. The lack of effect on the rate of simultaneous responses certainly suggests that patients did not follow events efficiently over trials. Several studies have already shown that patients have a difficulty to predict and follow stimuli at an

automatic level (Lalanne et al 2012a, b) and have difficulties to detect asynchronies and judge order (Capa et al., 2014; Foucher et al., 2007; Giersch et al., 2009; Martin et al., 2013; Schmidt et al., 2011). They also have difficulties to bind information together (Silverstein & Keane, 2011), especially when it involves more than automatic grouping mechanisms (van Assche & Giersch, 2011). All these impairments may participate to the difficulty of the patients to benefit from a change in stimulus order between trials. The correlation between the Simon effect and the reduction of the advantage when stimulus order was reversed from trial to trial support an involvement of the automatic ability to predict and follow stimuli over short time periods. Previous results had already suggested that the inability to follow and anticipate stimuli over short periods of time (<20 ms) may participate to a difficulty to perceive order and succession in patients (Giersch et al., 2015). This may then impair patients from benefiting from the reversal of stimulus onset order, because it would not be perceived as such. In other words, the elementary prediction impairment at the ms level would participate to the patients' difficulty to access the succession of events derived from consecutive trials. Deficient grouping may then amplify the impairment at benefiting from a stimulus order change, by preventing the binding of events occurring on successive trials. This all would contribute to a fragmentation of the perception of the successive events, as suggested by the correlation between the reduced ability to benefit from an order change and impairments in the sub-scale 'consciousness flow' in the EASE. This subscale explores the continuity of the consciousness flow, by taking into account phenomena like thought interference, thought blocking, which occur at a time scale larger than the ms level, and is accessible through introspection. It is the disruption of this flow that would reflect the disruption of the sense of time continuity as described by phenomenologists (Fuchs, 2007; Vogeley & Kupke, 2007).

In all, our results suggest that a fluid perception flow involves the ability to follow and predict events at the ms level, and very probably additional processes that, in our paradigm, enable

events of consecutive trials to be bound together. The disruption of these mechanisms in patients with schizophrenia may participate to their difficulty to perceive and maybe think in a coherent and fluid way. The retention and comparison components of predictive coding would be preserved (patients react to a change in order), but predicting a series of events at the ms level would be difficult, and this would in turn impair prediction mechanisms at a larger time scale (the Simon effect correlates with the reduction in the benefit provided by an order change). At a sec scale, controls combine events of successive trials and benefit from a change in order, but patients do not. They are left with the possibility to alternate their responses when the stimulus order changes between trials, which suggest an automatic motor response. It is the perception of the temporal structure of events that would be disrupted, reflecting the disruption of the thought flow as captured with the ease scale. This may have numerous consequences for patients, as originally proposed by Andreasen (1999), because whenever we speak, think or act, we have to plan, predict and check information.

References

Andreasen, N.C. (1999). A unitary model of schizophrenia: Bleuler's "fragmented phrene" as schizencephaly. *Arch Gen Psychiatry* 56:781-787.

Blakemore, S.J., Wolpert, D.M., Frith, C.D. (1998). Central cancellation of self-produced tickle sensation. *Nat Neurosci* 1:635–640.

Brainard, D.H. (1997). The Psychophysics Toolbox, *Spat Vis,* 10:443-446.

Campana, G., Cowey, A., Walsh, V. (2002). Priming of motion direction and area V5/MT: a test of perceptual memory. *Cereb Cortex*, 12(6):663-9.

Capa, R.L., Duval, C.Z., Blaison, D., Giersch, A. (2014). Patients with schizophrenia selectively impaired in temporal order judgments. *Schizophr Res*, 156:51-55. doi: 10.1016/j.schres.2014.04.001.

Capizzi, M., Correa, A., Wojtowicz, A., Rafal, R.D. (2015) Foreperiod priming in temporal preparation: testing current models of sequential effects. *Cognition*, 134:39-49. doi: 10.1016/j.cognition.2014.09.002.

Delevoye-Turrell, Y., Giersch, A., Danion, J.M. (2002). A deficit in the adjustment of grip force responses in schizophrenia. *Neuroreport,* 27:1537-1539.

Delevoye-Turrell, Y., Giersch, A., and Danion, J.M. (2003). Abnormal sequencing of motor actions in patients with schizophrenia: evidence from grip force adjustments during object manipulation. *Am J Psychiatry,* 160:134-141.

Ford, J.M., Palzes, V.A., Roach, B.J., Mathalon, D.H. (2014). Did I do that? Abnormal predictive processes in schizophrenia when button pressing to deliver a tone. *Schizophr. Bull*. 40(4):804-812. doi: 10.1093/schbul/sbt072.

Foucher, J.R., Lacambre, M., Pham, B.T., Giersch, A., and Elliott, M.A. (2007). Low time resolution in schizophrenia Lengthened windows of simultaneity for visual, auditory and bimodal stimuli. *Schizophr Res*, 97(1-3):118-127.

Fourneret, P., Franck, N., Slachevsky, A., Jeannerod, M. (2001). Self-monitoring in schizophrenia revisited. *NeuroReport* 12:1203-1208.

Fourneret, P., de Vignemont, F., Franck, N., Slachevsky, A., Dubois, B., Jeannerod, M. (2002). Perception of self-generated action in schizophrenia. *Cogn Neuropsychiatry,* 7(2):139-56.

Franck, N., Farrer, C., Georgieff, N., Marie-Cardine, M., Daléry, J., d'Amato, T., Jeannerod, M. (2001). Defective recognition of one's own actions in patients with schizophrenia. *Am J Psychiatry* 158:454-459.

Fuchs, T. (2007). The temporal structure of intentionality and its disturbance in schizophrenia. *Psychopathology,* 40:229–235.

Giersch, A., Lalanne, L., Corves, C., Seubert, J., Shi, Z., Foucher, J., Elliott, M.A. (2009). Extended visual simultaneity thresholds in patients with schizophrenia. *Schizophr Bull* 35(4):816-825. doi: 10.1093/schbul/sbn016.

Giersch, A., Poncelet, P., Capa, R.L., Martin, B., Duval, C.Z., Curzietti, M., Hoonacker, M., van Assche, M., Lalanne, L. (2015). Disruption of information processing in schizophrenia: the time perspective. *Schiz Res Cogn,* 2(2):78–83.

Herzog, M.H., Kammer, T., Scharnowski, F. (2016). Time Slices: What Is the Duration of a Percept? *PLOS Biology*, DOI:10.1371/journal.pbio.1002433

Husserl, E. (1893-1917). *On the Phenomenology of the Consciousness of Internal Time (1893–1917)*. Brough J.B., trans-ed. Dordrecht, Boston: Kluwer Academic Publishers; 1991.

Kimura, B. (1994). Psychopathologie der Zufalligkeit. *Daseinsanalyse,* 11:192-204.

Knoblich, G., Stottmeister, F., and Kircher, T. (2004). Self-monitoring in patients with schizophrenia. *Psychol Med,* 34:1561-1569.

Lalanne, L., Van Assche, M., Wang, W., and Giersch, A. (2012a). Looking forward: an impaired ability in patients with schizophrenia? *Neuropsychologia*, 50(12):2736-2744. doi:10.1016/j.neuropsychologia.2012.07.023

Lalanne, L., van Assche, M.,Giersch, A. (2012b). When predictive mechanisms go wrong: disordered visual synchrony thresholds in schizophrenia. *Schizophr Bull*, *38*(3):506-513. doi:10.1093/schbul/sbq107

Lencer, R., Meermeier, A., Silling, K., Gremmler, S., Lappe, M. (in press). Instability of visual error processing for sensorimotor adaptation in schizophrenia. *Eur Arch Psychiatry Clin Neurosci*

Los, S. A., Van den Heuvel, C. E. (2001) Intentional and unintentional contributions to nonspecific preparation during reaction time foreperiods. *J Exp Psychol: Human Percept Perform*, 27:370–386.

Martin, B., Giersch, A., Huron, C.,van Wassenhove, V. (2013). Temporal event structure and timing in schizophrenia: Preserved binding in a longer « now ». *Neuropsychologia* 51(2):358-371. doi:10.1016/j.neuropsychologia.2012.07.002

Michie, P. T. (2001). What has MMN revealed about the auditory system in schizophrenia? *Int J Psychophysiol*, 42:177–194.

Näätänen, R., Gaillard, A. W., Mäntysalo, S. (1978). Early selective-attentioneffect on evoked potential reinterpreted. *Acta Psychologica*, 42:313–329.

Näätänen, R., Todd, J., Schall, U. (2016). Mismatch negativity (MMN) as biomarker predicting psychosis inclinically at-risk individuals. *Biol Psychol*, 1116: 36-40.

Northoff, G. (2014a). How is our self altered in psychiatric disorders? A neurophenomenal approach to psychopathological symptoms. *Psychopathology,* 47: 365-376. doi: 10.1159/000363351.

Northoff, G. (2014b). Resting state activity and the "stream of consciousness" in schizophrenia--neurophenomenal hypotheses. *Schizophr Bull,* 41: 280-290. doi: 10.1093/schbul/sbu116.

Parnas, J., Handest, P. (2003). Phenomenology of anomalous self-experience in early schizophrenia. *Compr Psychiatry*, 44(2):121-134. doi:10.1053/comp.2003.50017

Parnas, J., Møller, P., Kircher, T., Thalbitzer, J., Jansson, L., Handest, P., Zahavi, D. (2005). EASE: Examination of Anomalous Self-Experience. *Psychopathology*, 38(5):236-258. doi:10.1159/000088441

Pelli, D.G. (1997) The VideoToolbox software for visual psychophysics: Transforming numbers into movies. *Spat Vis*, 10:437-442.

Poncelet, P.E., Giersch, A. (2015). Tracking Visual Events in Time in the Absence of Time Perception: Implicit Processing at the ms Level. *PLoS One,* 10, e0127106. doi: 10.1371/journal.pone.0127106.

Rentzsch, J., Shen, C., Jockers-Scherübl, M.C., Gallinat, J., Neuhaus, A.H. (2015). Auditory mismatch negativity and repetition suppression deficits in schizophrenia explained by

irregular computation of prediction error. *PLoS One*, 10(5):e0126775. doi: 10.1371/journal.pone.0126775.

Schmidt, H., McFarland, J., Ahmed, M., McDonald, C., Elliott, M.A. (2011). Low-level temporal coding impairments in psychosis: preliminary findings and recommendations for further studies. *J Abnorm Psychol* 120(2):476-482. doi: 10.1037/a0023387.

Shelley, A. M., Ward, P. B., Catts, S. V., Michie, P. T., Andrews, S., McConaghy, N. (1991). Mismatch negativity: an index of a preattentive processing deficit inschizophrenia. *Biol Psychiatry*, 30:1059–1062.

Shergill, S.S., Samson, G., Bays, P.M., Frith, C.D., Wolpert, D.M. (2005). Evidence for sensory prediction deficits in schizophrenia. *Am J Psychiatry* 162:2384-2386.

Silverstein, S.M., Keane, B.P. (2011). Perceptual organization impairment in schizophrenia and associated brain mechanisms: review of research from 2005 to 2010. *Schizophr Bull* 37(4):690-9. doi: 10.1093/schbul/sbr052.

Steinborn, M.B., Rolke, B,. Bratzke, D., Ulrich, R. (2008) Sequential effects within a short foreperiod context: evidence for the conditioning account of temporal preparation. *Acta Psychol (Amst)*, 129(2):297-307. doi: 10.1016/j.actpsy.2008.08.005.

Trillenberg, P., Sprenger, A., Talamo, S., Herold, K., Helmchen, C., Verleger, R., Lencer, R. (in press). Visual and non-visual motion information processing during pursuit eye tracking in schizophrenia and bipolar disorder. *Eur Arch Psychiatry Clin Neurosci*, doi:10.1007/s00406-016-0671-z

Triviño, M., Correa, Á., Lupiáñez, J., Funes, M.J., Catena, A., He, X., Humphreys, G.W. (2016) Brain networks of temporal preparation: A multiple regression analysis of

neuropsychological data. *Neuroimage*, pii: S1053-8119(16)30395-0. doi: 10.1016/j.neuroimage.2016.08.017.

Umbricht, D., Krljes, S. (2005). Mismatch negativity in schizophrenia: ameta-analysis. *Schizophr Res*, 76:1–23.

Van Assche, M., Giersch, A. (2011). Visual organization processes in schizophrenia. *Schizophr Bull,* 37:394-404. doi:10.1093/schbul/sbp084

Vogeley, K., Kupke, C. (2007). Disturbances of time consciousness from a phenomenological and neuroscientific perspective. *Schizophr Bull*, 33:142-156.

Wagemans, J., Elder, J.H., Kubovy, M., Palmer, S.E., Peterson, M.A., Singh, M., von der Heydt, R. (2002). A century of Gestalt psychology in visual perception: I. Perceptual grouping and figure-ground organization. *Psychol Bull*, 138(6):1172-217. doi: 10.1037/a0029333. Epub 2012 Jul 30.

Wolpert, D.M., Miall, R.C., Kawato, M. (1998). Internal models in the cerebellum. *Trends Cogn Sci* 2:338-347.