

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL

ALTÉRATIONS DE LA CONSCIENCE DANS LES SYNESTHÉSIES INDUITES LORS D'ÉTATS
ÉMOTIONNELS

THÈSE

PRÉSENTÉE

COMME EXIGENCE PARTIELLE

DU DOCTORAT EN PSYCHOLOGIE

PAR

CATHY LEBEAU

MAI 2026

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL
Service des bibliothèques

Avertissement

La diffusion de cette thèse se fait dans le respect des droits de son auteur, qui a signé le formulaire *Autorisation de reproduire et de diffuser un travail de recherche de cycles supérieurs* (SDU-522 – Rév.12-2023). Cette autorisation stipule que «conformément à l'article 11 du Règlement no 8 des études de cycles supérieurs, [l'auteur] concède à l'Université du Québec à Montréal une licence non exclusive d'utilisation et de publication de la totalité ou d'une partie importante de [son] travail de recherche pour des fins pédagogiques et non commerciales. Plus précisément, [l'auteur] autorise l'Université du Québec à Montréal à reproduire, diffuser, prêter, distribuer ou vendre des copies de [son] travail de recherche à des fins non commerciales sur quelque support que ce soit, y compris l'Internet. Cette licence et cette autorisation n'entraînent pas une renonciation de [la] part [de l'auteur] à [ses] droits moraux ni à [ses] droits de propriété intellectuelle. Sauf entente contraire, [l'auteur] conserve la liberté de diffuser et de commercialiser ou non ce travail dont [il] possède un exemplaire.»

REMERCIEMENTS

Je tiens tout d’abord à remercier mon directeur de thèse, Dr. François Richer, pour sa patience, son soutien constant et sa générosité sans bornes. Nos nombreuses discussions m’ont permis de développer ma pensée critique, d’élargir mes connaissances et de raffiner les aptitudes nécessaires à la profession de chercheur. Merci de m’avoir permis de faire rayonner nos travaux à l’échelle nationale et internationale.

Merci également à ma famille, à mes amies proches – Caroline, Cynthia, Myriam, Zineb -, et aux filles du baccalauréat en psychologie pour leurs conseils, leur écoute et leur soutien dans les moments difficiles.

Merci à mes superviseurs cliniques, Dre Marie-Julie Potvin, Dr David Fontaine, Dre Viviane Sziklas, Dre Joelle Crane, Dre Jelena Djordjevic et Dr Alexandre Chauvin qui m’ont fait découvrir le merveilleux monde de la neuropsychologie clinique et qui m’ont permis de raffiner ma compréhension des tests neuropsychologiques et mon analyse de leurs résultats.

Merci à Dr Marc-André Bédard et à Dre Isabelle Rouleau qui ont répondu à diverses interrogations tout au long de mon parcours doctoral.

Finalement, un merci tout spécial à Dre Suzanne Vobecky, chirurgienne en cardiologie pédiatrique, et à Dre Sophie Michaud, microbiologiste. Sans ces femmes extraordinairement compétentes et dévouées, la réalisation de la présente thèse aurait tout simplement été impossible.

TABLE DES MATIÈRES

REMERCIEMENTS	ii
LISTE DES TABLEAUX	vi
LISTE DES ABRÉVIATIONS, DES SIGLES ET DES ACRONYMES.....	vii
RÉSUMÉ.....	viii
ABSTRACT	x
INTRODUCTION.....	1
CHAPTIRE 1- CONTEXTE THÉORIQUE	3
1.1 La synesthésie	3
1.1.1 Catégories de synesthésies	5
1.1.1.1 La synesthésie développementale.....	5
1.1.1.2 La synesthésie acquise	7
1.1.1.3 La synesthésie induite par la consommation de substances.....	9
1.1.2 Mécanismes sous-jacents aux synesthésies.....	10
1.1.2.1 Hyperconnectivité neuronale	10
1.1.2.2 Hyperexcitabilité neuronale.....	11
1.1.2.3 Plasticité neuronale	12
1.1.2.4 Hypothèse sérotoninergique	13
1.1.2.5 Modèle de résonance stochastique.....	14
1.1.3 Émotions et synesthésie	15
1.1.3.1 Synesthésies induites lors d'états émotionnels	17
1.1.4 Altérations de la conscience.....	18
1.1.5 Étude des liens entre SIEs et altérations de la conscience	20
1.2 Objectifs et hypothèses de recherche	20
1.2.1 Première étude	21
1.2.1.1 Objectifs.....	21
1.2.1.2 Hypothèses.....	21
1.2.2 Deuxième étude	21
1.2.2.1 Objectifs.....	21
1.2.2.2 Hypothèses.....	22
CHAPITRE 2 PREMIÈRE ÉTUDE: EMOTIONS AND CONSCIOUSNESS ALTERATIONS IN MUSIC-COLOR SYNESTHESIA.....	23
2.1 Résumé.....	24
2.2 Abstract	25
2.3 Introduction	26
2.4 Methods.....	27

2.4.1	Participants.....	27
2.4.2	Materials	27
2.4.2.1	Synesthesia battery	27
2.4.2.2	Semi-structured interview.....	28
2.4.2.3	Altered consciousness questionnaire (OAV)	28
2.5	Results.....	28
2.5.1	Synesthesia battery.....	28
2.5.2	Semi-structured interview.....	29
2.5.3	OAV questionnaire of altered consciousness.....	30
2.6	Discussion	31
2.7	Conclusion	32
CHAPITRE 3 DEUXIÈME ÉTUDE: ALTERED BODILY SELF-CONSCIOUSNESS IN SEXUAL SYNESTHESIA		37
3.1	Résumé.....	38
3.2	Abstract	39
3.3	Introduction.....	40
3.4	Method	41
3.4.1	Participants.....	41
3.4.2	Measures	42
3.4.2.1	Semi-structured interview.....	42
3.4.2.2	Synesthesia battery	43
3.4.2.3	Standardized questionnaires	43
3.4.3	Statistical analysis.....	44
3.5	Results.....	44
3.5.1	Developmental synesthesias	44
3.5.2	Sexual synesthesia	45
3.5.2.1	Consciousness alterations during sexual intercourse	45
3.5.3	Other state-induced synesthesias	46
3.5.4	Consciousness alterations in daily life.....	46
3.6	Discussion	47
3.6.1	Sexual synesthesia as a state-induced synesthesia.....	47
3.6.2	Alterations of bodily self-consciousness.....	49
3.6.3	Role of interoception.....	50
3.6.4	Future directions	51
3.6.5	Implications for psychopathology.....	52
3.6.6	Limitations	52
3.7	Conclusion	52
CHAPITRE 4 DISCUSSION.....		55
4.1	Première étude – Les synesthésies musicales	55
4.2	Deuxième étude – Les synesthésies sexuelles.....	56

4.3	Phénomènes communs aux SIEs musicales et sexuelles	57
4.3.1	La présence de concurrents synesthésiques de modalité visuelle	58
4.3.2	Une modulation/médiation des synesthésies par les émotions	58
4.3.3	La présence de sensations intéroceptives.....	61
4.3.4	La présence d'altérations de la conscience	62
4.3.4.1	Altérations de l'expérience consciente sensorielle	63
4.3.4.2	Altérations de la conscience corporelle	63
4.3.4.2.1	Expériences hors-corps.....	63
4.3.4.2.2	Appartenance corporelle et sentiment d'agence	65
4.3.4.2.3	Distorsions du schéma corporel.....	66
4.3.4.3	Altérations de la conscience du soi cognitif	66
4.3.4.3.1	Dépersonnalisation dans le miroir et syndrome de Capgras.....	67
4.4	Les SIEs : un sous-type de synesthésie	68
4.4.1	Hypothèse des altérations neurochimiques.....	69
4.4.2	Hypothèse des altérations de l'excitabilité neuronale	70
4.4.2.1	Altération de l'excitabilité des réseaux traitant les émotions/l'intéroception.....	71
4.4.2.2	Hypofrontalité.....	74
4.4.3	Hypothèse de la perturbation de l'intégration multisensorielle	74
4.4.4	Influence des traits de personnalité.....	76
4.5	Apport de la thèse	77
4.5.1	Apport théorique	77
4.5.1.1	Les altérations de la conscience comme inducteurs ou concurrents synesthésiques	79
4.5.2	Apport clinique potentiel	81
4.5.2.1	Une meilleure compréhension des mécanismes des altérations de la conscience dans les troubles psychiatriques.....	82
4.5.2.1.1	Troubles psychotiques	82
4.5.2.1.2	Trouble de stress post-traumatique	83
4.5.2.1.3	Rôle de la plasticité cérébrale	84
4.5.2.2	Une meilleure compréhension des effets thérapeutiques des hallucinogènes.....	87
4.6	Limites de la thèse.....	87
4.7	Recherches futures	88
	CONCLUSION	89
	APPENDICE A	90
	BIBLIOGRAPHIE	93

LISTE DES TABLEAUX

Tableau	Page
2.1. Verbatim excerpts describing the emotional experiences of music-color synesthetes and controls during music listening.....	33
3.1. Consciousness alterations reported by synesthetes and controls.....	54

LISTE DES ABRÉVIATIONS, DES SIGLES ET DES ACRONYMES

BDNF	Brain Derived Neurotrophic Factor
DES	Dissociative Experience Scale
EHC	Expérience hors-corps
OAV	Questionnaire OAV
OBE	Out-of-body experience
SEMs	Strong experiences related to music
SIEs	Synesthésies induites lors d'états émotionnels
TSPT	Trouble de stress post-traumatique

RÉSUMÉ

La synesthésie est une condition neurologique non pathologique dans laquelle des stimulations sensorielles ou cognitives (inducteurs) évoquent des perceptions supplémentaires atypiques (concurrents). La synesthésie peut être développementale, acquise suite à un trouble neurologique, ou induite par des altérations transitoires de l'excitabilité neuronale (ex. migraine, épilepsie, psychotropes hallucinogènes).

Certaines personnes rapportent des synesthésies sporadiques (ex. des couleurs ou des formes) induites lors d'états émotionnels (SIE), notamment lors de l'écoute musicale ou de l'excitation sexuelle. Des données anecdotiques suggèrent que les SIEs sont souvent associées à des altérations de la conscience affectant les perceptions temporelles, spatiales ou corporelles. Bien que la synesthésie ait fait l'objet d'une attention accrue ces dernières années, ses liens avec les altérations de la conscience restent largement inexplorés. Les SIEs offrent une opportunité d'approfondir notre compréhension des liens entre la synesthésie et la conscience humaine.

L'objectif général de cette thèse est de mieux comprendre la phénoménologie des SIEs en explorant les altérations de la conscience qui leur sont rattachées. Plus précisément, nous voulons vérifier si les individus rapportant des SIEs présentent une susceptibilité générale aux altérations de la conscience dans la vie quotidienne et durant les SIEs. Pour ce faire, nous avons comparé un groupe de synesthètes musicaux ($n = 11$) et de synesthètes sexuels ($n = 17$) à des groupes de non-synesthètes à l'aide d'entrevues semi-structurées et de questionnaires standardisés évaluant les altérations de la conscience. Tous les synesthètes ont complété une batterie de synesthésie électronique standardisée visant à valider la reproductibilité de leurs synesthésies développementales. Ont été exclus de l'étude les individus présentant toute condition neurologique ou psychiatrique entraînant des altérations de la conscience.

Une meilleure compréhension des SIEs et de leurs liens avec les altérations de la conscience pourrait permettre d'enrichir notre compréhension des bases neurologiques des altérations de la conscience. De plus, considérant l'important chevauchement entre la synesthésie et certaines conditions psychiatriques caractérisées par des altérations de la conscience comme la schizophrénie ou le trouble de stress post-traumatique (TSPT), l'étude des SIEs pourrait éventuellement contribuer à notre compréhension de certaines pathologies présentant des altérations de la conscience.

L'étude 1 avait pour objectif d'explorer les émotions et les altérations de la conscience vécues par les synesthètes musicaux lors de leurs synesthésies musicales et dans la vie quotidienne. Les résultats démontrent que, comparés aux contrôles, les synesthètes musicaux présentent des émotions et des altérations de la conscience plus intenses et plus exceptionnelles lors de l'écoute musicale. De plus, ils rapportent significativement plus d'altérations de la conscience dans la vie quotidienne, dont plusieurs impliquant des composantes de la conscience corporelle. La majorité des synesthètes musicaux rapportent également d'autres synesthésies impliquant des sensations intéroceptives. Des analyses secondaires ont démontré que ces synesthésies intéroceptives prédisent la fréquence des altérations de la conscience corporelle au quotidien, alors que ce n'est pas le cas pour d'autres synesthésies communes de type « langage-couleur ».

L'étude 2 avait pour objectif d'explorer les altérations de la conscience vécues par les synesthètes sexuels lors de leurs synesthésies sexuelles et dans la vie quotidienne. Les résultats démontrent que les synesthètes sexuels, comparés aux contrôles, présentent une susceptibilité marquée aux altérations de la

conscience corporelle à la fois lors des SIEs et dans la vie quotidienne. De plus, les données qualitatives suggèrent que les émotions jouent un rôle de médiateur et de modulateur lors de la synesthésie sexuelle, et que l'excitation sexuelle à elle seule ne suffit pas à déclencher les associations synesthésiques. Les synesthètes sexuels rapportent également des synesthésies dans d'autres états particuliers (ex. écoute musicale, accouchement, méditation, activité physique) ainsi que plusieurs autres types de synesthésies impliquant des sensations intéroceptives. La présence de ces synesthésies intéroceptives prédit la fréquence des altérations de la conscience corporelle dans la vie quotidienne, alors que ce n'est pas le cas pour d'autres synesthésies communes de type « langage-couleur ».

En résumé, nos données sur les SIEs musicales et sexuelles suggèrent que 1) les individus rapportant des SIEs présentent une susceptibilité aux altérations de la conscience en général, et aux altérations de la conscience corporelle en particulier, à la fois lors de leurs synesthésies et dans la vie quotidienne, 2) les émotions semblent jouer un rôle de modulateur et de médiateur dans les SIEs et 3) les individus vivant des SIEs ont tendance à rapporter d'autres types de synesthésies impliquant des sensations intéroceptives. La présence de ces synesthésies intéroceptives prédit la fréquence des altérations de la conscience corporelle dans la vie quotidienne, alors que ce n'est pas le cas pour d'autres synesthésies communes de type « langage-couleur ». Certaines structures cérébrales impliquées dans le traitement des émotions et de l'intéroception participent également à l'élaboration de la conscience corporelle (ex. insula, cortex cingulaire). Il est donc possible que les individus rapportant des SIEs soient un sous-groupe de synesthètes présentant des altérations des réseaux neuronaux impliqués dans le traitement des émotions/de l'intéroception, les rendant ainsi susceptibles aux altérations de la conscience corporelle.

Mots clés : Synesthésie musicale, synesthésie sexuelle, synesthésie induite lors d'états émotionnels, altérations de la conscience, conscience corporelle, intéroception.

ABSTRACT

Synesthesia is a non-pathological neurological condition in which sensory or cognitive stimuli (inducers) evoke supplementary atypical perceptions (concurrents). Synesthesia can be developmental, acquired following a neurological disorder, or induced by temporary alterations in neuronal excitability (e.g., migraine, epilepsy, consumption of hallucinogens).

Some people report sporadic synesthesias induced during specific emotional states (SIE), such as listening to music, or during sexual arousal and orgasm. Anecdotal data suggest that these synesthesias are accompanied by alterations of consciousness that can affect the perception of time, space and the body. Although synesthesia has received more attention in recent years, its links with alterations of consciousness remains largely unexplored. SIEs represents an opportunity to deepen our understanding of the links between synesthesia and human consciousness.

The aim of the present studies was to further our understanding of the phenomenology of SIEs and specifically to evaluate whether individuals reporting SIEs present a susceptibility to alterations of consciousness during SIEs and in everyday life. To this end, we compared a group of musical synesthetes ($n = 11$) and sexual synesthetes ($n = 17$) with non-synesthetic individuals using semi-structured interviews and standardized questionnaires assessing consciousness alterations. All synesthetes completed a standardized electronic synesthesia battery to validate the reproducibility of their developmental synesthesias. Individuals with any neurological or psychiatric condition associated with alterations of consciousness were excluded from the study. A better understanding of SIEs and their links with alterations of consciousness could enrich our understanding of the neurological bases of alterations of consciousness. The study of SIEs could also help better understand certain psychiatric conditions associated with consciousness alterations such as schizophrenia or PTSD, which have shown a significant overlap with synesthesia.

Study 1 investigated emotions and alterations of consciousness experienced by musical synesthetes during their musical synesthesias. The presence of alterations of consciousness in daily life was also investigated. The results show that, compared with controls, musical synesthetes present more intense and more exceptional emotions and alterations of consciousness during musical listening. In addition, they show significantly more alterations of consciousness in everyday life, many of which involve bodily self-consciousness. The majority of musical synesthetes also report other types of synesthesia involving interoceptive sensations. Secondary analyses have shown that these interoceptive synesthesias predict the frequency of alterations of bodily self-consciousness in daily life, whereas this is not the case for other common “language-color” synesthesias.

Study 2 investigated the alterations of consciousness experienced by sexual synesthetes during their sexual synesthesias and in everyday life. The results show that sexual synesthetes, compared to controls, present a propensity to experience alterations of bodily self-consciousness during sex as well as in everyday life. Qualitative data also suggest that sex-induced synesthesia is linked to the emotional state and not just sexual arousal. A majority of sexual synesthetes also report sporadic synesthesia in other specific states (e.g., listening to music, childbirth, meditation, physical activity), as well as other types of synesthesia involving interoceptive sensations. These

interoceptive synesthesias predict the frequency of bodily self-consciousness alterations in daily life, whereas it is not the case with other common “language-color” synesthesias.

In sum, the results indicate that 1) individuals experiencing synesthesia during music listening or sex report more alterations of consciousness in general, and more alterations of bodily self-consciousness in particular, both during their synesthesia and in everyday life, 2) emotions appear to modulate and mediate SIEs, 3) synesthetes experiencing SIEs tend to also experience other types of synesthesia involving interoceptive sensations. These interoceptive synesthesias predict the frequency of bodily self-consciousness alterations in daily life, whereas it is not the case with other common “language-color” synesthesias. Certain cerebral regions involved in processing emotion and interoception are also implicated in bodily self-consciousness (e.g., insula, cingular cortex). It is therefore possible that individuals experiencing SIEs are a subgroup of synesthetes showing signs of alterations in cerebral networks involved in emotions/interoception processing, making them more prone to alterations of bodily self-consciousness.

Keywords: Musical synaesthesia, sexual synaesthesia, state-induced synaesthesia, altered consciousness, bodily self-consciousness, interoception.

INTRODUCTION

La synesthésie est une condition neurologique non pathologique dans laquelle des stimulations sensorielles ou cognitives (inducteurs) évoquent des perceptions supplémentaires atypiques (concurrents) (Cytowic, 2002a; Ward, 2013). Par exemple, certains sons ou stimuli visuels évoquent de façon automatique et constante des couleurs ou des formes spécifiques. Dans la synesthésie développementale, les associations synesthésiques sont présentes depuis l'enfance et généralement stables (Price & Mentzoni, 2008). Les mécanismes précis de la synesthésie sont encore inconnus, mais plusieurs hypothèses suggèrent une hyperexcitabilité neuronale entraînant des associations perceptuelles atypiques.

Des synesthésies transitoires peuvent être induites par des altérations temporaires de l'excitabilité neuronale, par exemple lors de la consommation de psychotropes hallucinogènes (Sinke et al., 2012), ainsi que lors d'épisodes paroxystiques comme les crises d'épilepsie ou de migraine (Alstadhaug & Benjaminsen, 2010; Jacome & Gumnit, 1979). Des synesthésies transitoires peuvent aussi être induites durant des états émotionnels (SIE) déclenchés par l'écoute musicale ou l'excitation sexuelle (Beaufils & Richer, 2016; Cytowic, 1989; Cytowic & Eagleman, 2009; Fisher, 1973; Nielsen et al., 2013). Lors de ces synesthésies, des manifestations visuelles telles que des couleurs ou des formes sont parfois accompagnées d'altérations de la conscience affectant le temps, l'espace et le corps. L'objectif de la présente thèse est de mieux comprendre les synesthésies induites durant les états émotionnels (SIE) et spécifiquement de vérifier l'hypothèse que les personnes rapportant des SIEs ont une susceptibilité à vivre des altérations de la conscience à la fois lors de leurs synesthésies et dans la vie quotidienne. La présence d'une forte prévalence d'altérations de la conscience chez les synesthètes ayant des SIEs permettrait de renforcer l'hypothèse de mécanismes communs entre les altérations de la conscience et certains types de synesthésie.

Dans deux études, nous avons comparé des synesthètes musicaux ou des synesthètes sexuels à des non-synesthètes à l'aide d'entrevues semi-structurées et de questionnaires standardisés évaluant les émotions et les altérations de la conscience. L'étude des SIEs représente une opportunité de préciser les liens entre la synesthésie et les altérations de la conscience. Une meilleure

compréhension de ces synesthésies pourrait permettre d'enrichir nos connaissances en lien avec les bases neurologiques de la perception et de la conscience humaine. L'étude des SIEs pourrait éventuellement offrir des outils supplémentaires dans la compréhension de certaines pathologies présentant conjointement des troubles perceptuels et des altérations de la conscience comme la schizophrénie ou le TSPT.

Le premier chapitre de cette thèse présente le contexte théorique ayant permis l'élaboration du projet de recherche. Ce chapitre aborde les concepts importants et les principales études liées à la problématique étudiée, en plus de présenter les objectifs et les hypothèses de recherche. Les chapitres 2 et 3 représentent les deux études menées sur des synesthètes. Le dernier chapitre présente, quant à lui, la discussion générale des résultats, leurs implications théoriques et cliniques, ainsi que les pistes de recherche futures.

CHAPTIRE 1- CONTEXTE THÉORIQUE

1.1 La synesthésie

La synesthésie (du grec *syn*, union et *aesthesia*, sensation) est une condition neurologique non pathologique se caractérisant par des associations perceptuelles atypiques. Lors d'une expérience synesthésique, un stimulus de nature sensorielle, émotionnelle ou cognitive (l'inducteur) entraîne une perception supplémentaire (le concurrent) (Cytowic, 2002a; Ward, 2013; Caspar & Kolinsky, 2013). Par exemple, certaines lettres évoquent des couleurs spécifiques ou encore certains mots évoquent des goûts spécifiques.

On reconnaît généralement plus de 100 types de synesthésies (Cytowic & Eagleman, 2009). La prévalence de la synesthésie dans la population générale varie entre 0.2 et 20 %, dépendamment des critères utilisés et du type de synesthésie (Banissy et al., 2009; Brang, et al., 2010; Sagiv et al., 2006; Simner et al., 2006). Les concurrents les plus communs sont visuels et incluent des couleurs et des formes, mais plusieurs synesthètes rapportent également des concurrents d'autres modalités sensorielles comme des odeurs, des goûts, des sensations tactiles ou douloureuses, des bruits, de la musique etc. Les inducteurs les plus fréquents sont les stimuli langagiers (lettres, chiffres, mots, jours, mois) ainsi que les sensations de toutes les modalités (similaires aux concurrents) (Simner et al., 2006).

Plusieurs types de synesthésie sont de nature cognitive. Par exemple, dans la synesthésie spatio-temporelle, les jours, les mois ou les années sont perçus sous forme de représentation spatiale (ex. ovale, spirale) (Sagiv et al., 2006). De plus, certains synesthètes rapportent que des concepts peuvent être des inducteurs synesthésiques en l'absence d'expériences perceptuelles. Par exemple, Nikolić et al (2011) ont rapporté que, chez des nageurs professionnels, certains types de nage (ex. la nage papillon) induisaient la perception de couleurs.

D'autres synesthésies sont plutôt de nature émotionnelle. Par exemple, dans la synesthésie tactile-miroir, le fait de voir une personne être touchée ou ressentir de la douleur induit une sensation tactile correspondante chez le synesthète (Banissy & Ward, 2013; Ward & Banissy, 2015; Ward et al., 2018). Plusieurs synesthètes rapportent aussi une personnification de graphèmes (c.-à-d.

attribuer des traits, des aptitudes, des intérêts ou un genre à des lettres ou des chiffres) (Amin et al., 2011; revue par Simner & Holenstein, 2007).

La plupart des synesthètes présentent plusieurs types de synesthésies, suggérant un mécanisme commun et une susceptibilité à développer des synesthésies (Bargary & Mitchell, 2008; Ward & Simner 2022). Deux études utilisant des analyses statistiques ont permis d'identifier des regroupements (*clusters*) de synesthésies (Novich et al., 2011; Ward & Simner, 2022). Les regroupements les plus importants sont similaires dans les deux études, et incluent « Language-color/Colored sequences » (ex. grapheme-couleur, mois-couleur etc.), « Sequence-space synesthesia/Spatial sequences », et « Visualized sensations/Colored sensations » (ex. musique-couleur, émotion-couleur, douleur-couleur etc.). Novich et al. (2011) rapportent que ces différents regroupements de synesthésies sont statistiquement indépendants, suggérant des corrélats cérébraux qui leurs sont propres. Par ailleurs, Ward & Simner (2022) rapportent plutôt que les différents regroupements tendent à faiblement corrélérer entre eux, et ne sont pas totalement indépendants, suggérant ainsi des mécanismes cérébraux communs. Les résultats de ces deux études suggèrent que, bien que des mécanismes cérébraux communs aux différents types de synesthésies puissent être à l'œuvre, il est possible qu'ils agissent sur des structures/réseaux neuronaux différents, entraînant l'émergence de différentes synesthésies.

Les synesthésies sont semblables aux illusions et aux hallucinations, mais, contrairement à ces dernières, elles présentent généralement des inducteurs précis et identifiables. De plus, la présence de l'inducteur n'est pas supprimée par le concurrent (ex. lors de la synesthésie musique-goût, le synesthète continue d'entendre la musique lors de l'apparition du goût) (Beeli et al, 2005) et le concurrent n'est pas interprété comme une perception véridique (présente dans la réalité) (Seth, 2014). Chez les synesthètes dits « projecteurs », le concurrent est perçu dans l'environnement externe à l'individu (ex. la couleur induite par une lettre se superpose à l'encre noire sur le papier). Les synesthètes associateurs, quant à eux, perçoivent les concurrents via leur imagerie mentale (ex. l'inducteur entraîne une « impression de couleur » perçue dans la tête) (Dixon et al., 2004). Chez certains individus, le concurrent est même décrit comme une connaissance intrinsèque plutôt que comme une perception (ex. le synesthète « sait » que la lettre H est orange, mais sans concrètement en percevoir la couleur dans son imagerie mentale ou dans l'environnement extérieur).

1.1.1 Catégories de synesthésies

Les synesthésies sont souvent classées en trois grandes catégories selon leur origine présumée: la synesthésie développementale, la synesthésie acquise, liée aux atteintes neurologiques ou sensorielles et la synesthésie induite par la consommation de substances (Grossenbacher & Lovelace, 2001).

1.1.1.1 La synesthésie développementale

Dans la synesthésie développementale, les associations synesthésiques sont souvent définies comme : 1) présentes depuis l'enfance 2) automatiques, 3) idiosyncrasiques, 4) constantes, 5) généralement stables dans le temps (Price & Mentzoni, 2008).

Présence depuis l'enfance et idiosyncrasie

Les synesthésies développementales sont acquises durant l'enfance et peuvent être empiriquement mesurées dès l'âge de 6 ans (Simner et al., 2009). De plus, les associations synesthésiques sont idiosyncrasiques, elles représentent une forme de rappel d'associations spécifiques à chaque individu (ex. le même mot évoque des goûts distincts chez deux synesthètes). Les associations synesthésiques peuvent parfois être associées à des expériences vécues durant l'enfance. Par exemple, une synesthète mot-goût a rapporté que des collations à la maternelle avec une amie appelée Maryse avaient créé chez elle une association synesthésique permanente entre le nom « Maryse » et le goût de raisins secs (Richer et al., 2011). De plus, certains synesthètes graphème-couleur rapportent que les couleurs spécifiques qu'ils associent à chaque lettre correspondent à celles de jeux de lettres utilisés maintes fois durant leur enfance (Witthoft & Winawer 2006, 2013). Dans certains cas, les associations synesthésiques peuvent se développer de manière permanente après une expérience marquante. En effet, Richer et al. (2011) rapportent le cas d'une synesthète mots-goût ayant développé une association synesthésique permanente entre le mot « chérie » et le goût de « vomi granuleux dans l'œsophage » après avoir visionné une scène du film « Chérie, j'ai réduit les enfants » alors qu'elle avait quatre ans.

Automaticité, constance et stabilité temporelle

Dans les synesthésies développementales, un inducteur entraîne la perception d'un concurrent de manière automatique ou spontanée, les synesthètes n'ayant que peu de contrôle sur l'apparition et le contenu de l'expérience synesthésique (Ward, 2013). Les synesthètes rapportent souvent qu'ils doivent porter attention à l'inducteur (ex. un mot lu) pour que la perception concurrente devienne consciente (ex. une couleur superposée devant le mot lu ou imaginé), mais qu'une fois qu'ils ont porté attention à l'inducteur, ils ne peuvent faire disparaître ou modifier le concurrent.

L'automaticité de certaines synesthésies peut être confirmée en utilisant une version adaptée du test de Stroop lors de laquelle les synesthètes présentent une interférence notable lorsque les stimuli (c.-à-d. des graphèmes) sont présentés dans une couleur différente de celle normalement induite lors de l'expérience synesthésique (Van der Veen et al., 2014). L'automaticité des associations synesthésiques peut aussi être mise en lumière lorsqu'on soumet des synesthètes à des tests de repérages de cibles parmi des distracteurs (c.-à-d. graphèmes); les synesthètes présentant un avantage en comparaison aux contrôles (ex. Hubbard et al., 2005; Ward et al., 2010).

Les associations synesthésiques sont aussi généralement constantes dans le temps (ex. la note de musique « la » de 440 Hz induit toujours la même couleur chez un synesthète particulier). Diverses méthodes permettent de valider l'authenticité de certaines synesthésies développementales, particulièrement celles impliquant des concurrents colorés. La batterie de synesthésie électronique mise au point par Eagleman et al. (2007) demeure l'étalon d'or dans le domaine. Utilisant une méthodologie test-retest, elle permet d'évaluer la force des associations entre différents inducteurs (ex. graphèmes, notes musicales, etc.) et leurs concurrents colorés. Elle permet ainsi de distinguer les synesthètes dont les associations sont automatiques (ex. la même couleur est systématiquement choisie lors des multiples présentations de la même lettre), des individus non-synesthètes qui utilisent plutôt leur mémoire lors de la sélection des concurrents colorés. D'autres méthodes, telles que des entrevues répétées, permettent de valider la constance des associations synesthésiques impliquant des inducteurs et des concurrents plus complexes.

Malgré le haut degré de constance dans les associations synesthésiques des synesthètes développementaux, certaines associations synesthésiques peuvent évoluer ou être modifiées après

leur apparition. De nouveaux inducteurs peuvent apparaître pour un concurrent spécifique via un processus de généralisation. Dans la synesthésie mot-goût, par exemple, des mots phonologiquement similaires à des inducteurs originaux peuvent aussi devenir des inducteurs (ex. au cours des années, les noms *Donna*, *Madonna* et *St-Donat* acquièrent la capacité d'induire le même goût) (Richer et al., 2011).

De plus, de nouveaux inducteurs peuvent être acquis à la suite d'un entraînement. Le concurrent lié à une lettre spécifique peut parfois être induit après une altération de la calligraphie de la lettre (ex. la même couleur est induite par « A », « a » et «  ») (Mroczko et al., 2009). Lebeau et al. (2021) ont montré que certaines associations peuvent être modifiées par un processus d'auto-entraînement intensif. Les auteurs rapportent le cas d'une violoniste professionnelle présentant une synesthésie ton-couleur (*pitch-color*) qui a réussi à adapter volontairement ses associations synesthésiques présentes depuis l'enfance afin d'éliminer l'interférence ressentie lors de son passage de la musique moderne (référéncée à la note la de 440 Hz (A440)) à la musique baroque (référéncée à la note la de 415 Hz (A415)).

Chez certains synesthètes, de nouveaux types de synesthésies peuvent également se développer à l'âge adulte suite à de nouveaux apprentissages (ex. une synesthésie graphème-couleur développée durant l'apprentissage du mandarin) (Lebeau & Richer, 2021). De plus, certains concurrents spécifiques peuvent se modifier naturellement au fil du temps (Lebeau et al., 2021; Meier et al., 2014; Richer et al., 2011; Simner & Bain, 2013; Simner et al., 2017). L'ensemble de ces données suggère que, même si les associations synesthésiques sont généralement durables, elles peuvent parfois se modifier avec le temps ou par le biais de nouveaux apprentissages.

1.1.1.2 La synesthésie acquise

Certaines personnes développent des synesthésies suite à des atteintes neurologiques. Ces synesthésies sont dites acquises, puisqu'elles ne remplissent pas tous les critères de la synesthésie développementale, comme la présence depuis l'enfance, et, dans certains cas, la stabilité temporelle. Alstadhaug & Benjaminsen (2010) ont rapporté le cas d'une femme présentant des synesthésies transitoires lors d'auras précédant des migraines (c.-à-d. un puissant goût de citron et une activation des glandes salivaires lorsqu'elle regarde une source de lumière très intense comme un néon). Des

synesthésies transitoires peuvent également survenir lors d'autres expériences paroxystiques comme des crises épileptiques (Jacome & Gumnit, 1979). Vike et al. (1984) ont également rapporté la présence de synesthésie audio-visuelle transitoire chez un patient présentant une tumeur cérébrale; la synesthésie ayant complètement disparue suite au retrait de la tumeur. Des synesthésies permanentes peuvent aussi être acquises suite à des lésions neurologiques. Par exemple, Beauchamp & Ro (2008) rapportent le cas d'une patiente ayant développé de la synesthésie audio-tactile permanente à la suite d'un accident vasculaire cérébral ayant affecté le thalamus. Similairement, Fornazzari et al. (2012) décrivent le cas d'un homme ayant développé de multiples formes de synesthésies permanentes (c.-à-d. audio-tactile, mot-goût etc.) à la suite d'une lésion thalamique engendrée par un accident vasculaire cérébral. Finalement, des synesthésies peuvent se développer en lien avec la présence de maladies neurodégénératives comme la myélinolyse centro et extra-pontique (Jacome, 2011).

Des synesthésies peuvent également se développer après une privation sensorielle, par exemple suite à la perte partielle ou totale de la vision (Afra et al., 2009; Armel & Ramachandran, 1999; Yong et al., 2017). Lebeau et al. (en préparation) rapportent les cas de CE et de AM, deux individus ayant développé des synesthésies induites par les voix humaines en réponse à des déficiences sensorielles vécues lors de l'enfance, CE ayant souffert de cécité transitoire entre l'âge de 8 et 18 mois, avant de retrouver une vision partielle pour les basses fréquences (c.-à-d. difficulté à percevoir les détails) et AM ayant subi une perte auditive légère à modérée (c.-à-d. sons étouffés) jusqu'à l'âge de 11 ans. Finalement, Nair & Brang (2019) ont examiné l'induction de synesthésies chez des non-synesthètes par une brève privation sensorielle avec les yeux bandés. Ils ont montré que des associations audio-visuelles similaires aux synesthésies (*synesthesia-like*) pouvaient être induites chez 50% des non-synesthètes après seulement 5 minutes de privation visuelle, ce qui suggère une prédisposition latente à la synesthésie chez tous les êtres humains.

Certaines études ont rapporté que la suggestion hypnotique pouvait induire des associations synesthésiques chez des personnes non-synesthètes susceptibles à l'hypnose (Cohen-Kadosh et al., 2009; Kallio et al., 2017), suggérant que la synesthésie découlerait d'un processus de désinhibition plutôt que d'une hyperconnectivité neuronale. Cependant, certains auteurs soutiennent que les associations perceptuelles induites lors de l'hypnose (ou d'autres types d'entraînements associatifs) ne présentent pas toutes les caractéristiques des synesthésies développementales, incluant la

possibilité d'associations multiples entre les inducteurs et les concurrents (c.-à-d. un inducteur est souvent associé à plusieurs concurrents) et la résistance des associations synesthésiques à un nouveau conditionnement (Deroy & Spence, 2013).

1.1.1.3 La synesthésie induite par la consommation de substances

Des synesthésies transitoires peuvent être induites chez les synesthètes et chez les non-synesthètes par la consommation de substances affectant les récepteurs cérébraux de la sérotonine. Les substances les plus susceptibles d'induire de la synesthésie semblent appartenir à la classe des agonistes des récepteurs sérotoninergiques (ex. psilocybine, MDMA, LSD, mescaline, diméthyltryptamine (DMT), ayahuasca) (Luke & Terhune, 2013; Luke et al., 2012; Luke et al., 2022; Shanon, 2002; Studerus et al., 2010; Studerus et al., 2011; Terhune et al., 2017). Par exemple, la psilocybine favorise les synesthésies audio-visuelles transitoires (ex. musique-couleur, voix-couleur) de façon dose dépendante (Studerus, 2012).

Des synesthésies peuvent également être induites par des substances non sérotoninergiques comme les cannabinoïdes, la *Salvia divinorum*, l'oxyde nitreux, le datura ainsi que le dextrométhorphan et la kétamine, des psychotropes dissociatifs antagonistes des récepteurs NMDA (Addy, 2011; Carbonaro et al., 2018; Hansen et al., 1988; Johnston, 1972; Lahti et al., 2001; Park et al., 2018; Steinberg, 1956).

La consommation d'hallucinogènes peut aussi induire un syndrome persistant post-hallucinogène (HPPD) qui comprend souvent des synesthésies récurrentes persistant plusieurs semaines ou plusieurs années, souvent accompagnées d'autres phénomènes généralement intermittents, soit des phénomènes perceptuels (ex. hallucinations, traces après un objet en mouvement, neige visuelle) et des phénomènes de dépersonnalisation-déréalisation (Martinotti et al., 2018). Ce syndrome est relativement rare, mais il peut parfois survenir après une seule exposition à un hallucinogène. De plus, des synesthésies acquises permanentes ont été rapportées suivant la prise répétée de 2-CB, une substance psychédélique agoniste partielle des récepteurs sérotoninergiques (Yanakieva et al., 2019).

Les types de synesthésies les plus couramment induits par la consommation de substances incluent les synesthésies son-couleur, son-espace, et son-forme (Luke et al., 2022). Contrairement à la

synesthésie développementale, les synesthésies acquises et induites par la consommation de substances ne sont ni automatiques ni constantes (Sinke et al., 2012). Cependant, certains mécanismes sous-jacents communs peuvent être postulés.

1.1.2 Mécanismes sous-jacents aux synesthésies

Plusieurs théories ont été proposées afin d'expliquer les mécanismes sous-jacents aux différentes catégories de synesthésie. Il est possible que plusieurs facteurs interagissent entre eux de manière complexe afin de mener au développement permanent ou à l'induction temporaire de synesthésies.

1.1.2.1 Hyperconnectivité neuronale

À ce jour, les bases neurologiques de la synesthésie développementale sont encore inconnues mais une hyperconnectivité de certains réseaux neuronaux est souvent postulée. Une hypothèse soutient que ce type de synesthésie pourrait être attribuable à une hyperconnectivité entre des régions cérébrales distinctes résultant d'une diminution de l'émondage synaptique lors du développement cérébral précoce (Maurer, 1993). Cette hyperconnectivité entraînerait une activation croisée automatique et immédiate (*cross-activation*) entre les régions cérébrales impliquées dans le traitement de l'inducteur et celles impliquées dans le traitement du concurrent.

Chez les synesthètes graphème-couleur, certaines données de neuroimagerie ont suggéré une hyperconnectivité entre les zones permettant le traitement visuel des mots et l'aire V4 impliquée dans le traitement des couleurs (Hubbard et al., 2011). En utilisant l'imagerie cérébrale avec anisotropie fractionnelle, Rouw et Scholte (2007) ont montré que les synesthètes graphème-couleur présentent davantage de connexions cérébrales que les contrôles dans certaines régions corticales incluant le cortex pariétal supérieur gauche et le cortex temporal inférieur droit, à proximité du gyrus fusiforme, une structure cérébrale impliquée dans la perception et dans la catégorisation des stimuli visuels. Certains auteurs ont d'ailleurs suggéré que la synesthésie graphème-couleur pourrait découler d'une hyperconnectivité entre certaines zones du gyrus fusiforme spécifiquement impliquées dans le traitement des couleurs et des formes (Ramachandran & Hubbard, 2001a; Ramachandran & Hubbard, 2001b). D'autres auteurs proposent plutôt que la synesthésie découlerait d'une altération généralisée de la connectivité entre les réseaux neuronaux (Bargary & Mitchell, 2008; Brauchli et al., 2018). En utilisant la morphométrie de surface, Hänggi et al. (2011)

ont par exemple démontré que les synesthètes graphème-couleur présentaient une altération globale de la topologie des réseaux neuronaux, plutôt que des modifications structurelles restreintes à certaines zones particulières.

1.1.2.2 Hyperexcitabilité neuronale

Une deuxième hypothèse suggère que la synesthésie découle plutôt d'une désinhibition de circuits neuronaux normalement inhibés (ex. Grossenbacher & Lovelace, 2001), entraînant ainsi une altération de l'activité neuronale. À l'aide de l'imagerie par résonance magnétique fonctionnelle (IRMf), Doern et al (2012) ont montré une augmentation de la connectivité fonctionnelle globale chez les synesthètes graphème-couleur. De plus, Terhune et al. (2015) ont montré que le seuil de déclenchement des concurrents visuels chez des synesthètes était inversement corrélé au niveau de glutamate – un neurotransmetteur excitateur - présent dans le cortex visuel primaire. Ainsi, un niveau de glutamate élevé semble prédire une facilité à faire l'expérience de concurrents synesthésiques.

Une hyperexcitabilité corticale semble non seulement être caractéristique de la synesthésie développementale (Terhune et al., 2011), mais aussi de la synesthésie acquise par un entraînement cognitif répétitif et intensif (Rothen et al., 2018) ou par la consommation répétée de psychédéliques (Lungu et al., 2020). De plus, la présence de synesthésie uniquement lors de crise migraineuse chez certains individus milite en faveur d'une altération de l'activité corticale plutôt que d'un développement neuronal congénital aberrant (Alstadhaug & Benjaminsen, 2010). La synesthésie induite par la consommation de substances est elle aussi liée à une modification fonctionnelle de l'activité cérébrale (Sinke et al., 2012). Plusieurs études utilisant la neuroimagerie ont en effet montré que les drogues hallucinogènes entraînaient une activation des régions frontales, limbiques et paralimbiques (Gouzoulis-Mayfrank et al., 1999; Riba et al., 2006; Vollenweider et al., 1997) responsable de leurs effets psychotropes. Une augmentation de l'excitation corticale découlant de la stimulation des récepteurs à sérotonine 5HT_{2a} a également été enregistrée lors de la consommation de substances hallucinogènes (Nichols, 2004), entraînant une variété d'expériences perceptuelles atypiques incluant des altérations visuelles telle la synesthésie ainsi que des pseudo-hallucinations et hallucinations simples et complexes (Kometer & Vollenweider, 2016).

Fait intéressant, l'hyperconnectivité et l'hyperexcitabilité neuronales ont également été suggérées comme mécanismes sous-jacents de certaines supériorités fonctionnelles retrouvées chez certains synesthètes, telles que l'oreille absolue, l'hypermnésie et de grandes capacités d'imagerie mentale ou hyperphantasie. (Fornazzari et al., 2018; Fulford et al., 2018; Gregersen et al., 2013; Spiller et al., 2015). En outre, plusieurs synesthètes présentent également une sensibilité sensorielle atypique ainsi qu'une attention accrue pour les détails au dépend d'un traitement plus global de l'information, ces deux particularités étant également typiques du trouble du spectre de l'autisme (van Leeuwen et al., 2021; Ward et al., 2017), une condition caractérisée par des altérations de la connectivité cérébrale (ex. Haghighat et al., 2021). Par exemple, Ward et al. (2017) ont démontré que, en comparaison à un groupe contrôle, les synesthètes et les autistes présentaient des scores plus élevés à un questionnaire mesurant la sensibilité sensorielle, en plus de rapporter des tendances similaires d'hyper et d'hypo sensibilité impliquant plusieurs modalités sensorielles. Dans la même étude, les synesthètes présentaient des scores élevés à un questionnaire mesurant les traits autistiques, et leurs scores étaient similaires à ceux des autistes sur une sous-échelle évaluant spécifiquement l'attention au détail. Cette tendance a été validée, chez les synesthètes de cette étude, par l'administration d'un test induisant un stress visuel (c.-à-d. Pattern Glare Test) et permettant de démontrer que les synesthètes présentaient une sensibilité élevée aux stimuli visuels aversifs (Ward et al., 2017).

1.1.2.3 Plasticité neuronale

Il a été suggéré que la plasticité neuronale jouait un rôle central dans la formation des associations synesthésiques, qu'elles soient développementales ou acquises. Dans un article récent, Eckardt et al (2024) ont démontré que les synesthètes graphème-couleur adultes présentent un taux sanguin de *Facteur Neurotrophique Dérivé du Cerveau* (*Brain-Derived Neurotrophic Factor – BDNF*) supérieur à celui des contrôles non-synesthètes. Le BDNF est un neuromodulateur jouant un rôle important à la fois dans le développement du cerveau et dans le bon fonctionnement de ce dernier. Dans le cerveau en développement, le BDNF participe à la différenciation, à la prolifération et à la migration neuronale, mais module également la connectivité pré et postsynaptique (Cohen-Cory et al., 2010; Huang & Reichardt, 2001). Dans le cerveau adulte, le BDNF joue un rôle crucial dans la neuroprotection et le maintien des neurones existants (Hu et al., 2005), tout en augmentant l'activité cérébrale, entraînant une neuroplasticité accrue (Gonzalez et al., 2016; Kowiański et al., 2018; Sasi et al., 2017). Les données de Eckardt et al (2024) suggèrent que le cerveau des synesthètes

développementaux adultes conserve un niveau de BDNF élevé, et donc une propension à la plasticité cérébrale. Ainsi, on peut faire l'hypothèse que, loin d'être un simple vestige d'enfance résultant d'un émondage dendritique défectueux, la synesthésie développementale serait un processus dynamique présent tout au long de la vie d'un individu, suggérant un processus de plasticité neuronale perpétuel. Simner et al (2017) ont en effet démontré que la vivacité et la constance des associations synesthésiques tendent à varier avec le temps et le développement. De nouvelles associations peuvent également être acquises suite à un entraînement intensif ou via un phénomène de généralisation, et ce même à l'âge adulte (Lebeau et al., 2021; Mroczko et al., 2009; Richer et al., 2011). En ce qui concerne les synesthésies acquises, il a été suggéré qu'une déafférentation de certains circuits neuronaux, suite à un traumatisme ou à une lésion cérébrale, entraînait une réorganisation atypique des connexions neuronales entre certaines zones cérébrales, induisant ainsi de la synesthésie (Armel & Ramachandran, 1999; Beauchamp & Ro, 2008; Fornazzari et al., 2012). L'acquisition d'associations synesthésiques pérennes a également été rapportée suivant la consommation répétée de 2C-B (Yanakieva, 2019), un agoniste partiel des récepteurs sérotoninergiques, renforçant le rôle de la sérotonine dans la plasticité cérébrale et dans le développement de connexions neuronales durables (Daubert & Condron, 2010; Lesch & Waider, 2012).

1.1.2.4 Hypothèse sérotoninergique

Brogaard (2013) a postulé qu'une hyperactivité sérotoninergique pourrait être un facteur commun aux synesthésies développementales, acquises et induites par la consommation de substances. De par le rôle important qu'elle joue dans le développement des connexions cérébrales et dans la modulation de la plasticité cérébrale (Brummelte et al., 2017; Daubert & Condron, 2010; Lesch & Waider, 2012), la sérotonine pourrait être responsable de l'hyperconnectivité sous-jacente aux synesthésies développementales et acquises. De plus, plusieurs substances hallucinogènes engendrant de la synesthésie agissent spécifiquement sur les récepteurs sérotoninergiques 5HT2a (Luke & Terhune, 2013) alors que la prise d'antidépresseurs inhibiteurs des récepteurs 5HT2a entraîne la disparition de la synesthésie développementale (Brang & Ramachandran, 2008).

Récemment, un article de Luke et al. (2022) semble supporter le rôle de la sérotonine dans l'induction de la synesthésie. Les auteurs rapportent que les substances appartenant à la classe des

tryptamines et des phénéthylamines (agonistes partiels des récepteurs 5HT2a) seraient les plus susceptibles d'induire de la synesthésie. Cependant, ils démontrent également que la *Salvia divinorum* et certaines substances dissociatives (ex. kétamine), qui n'agissent pas d'emblée sur les récepteurs sérotoninergiques (Kapur & Seeman, 2002; Roth et al., 2000), présentent également un taux d'induction élevé. Bien que la *Salvia divinorum* agisse uniquement sur les récepteurs opioïdes kappa (Roth et al., 2000), et que les substances dissociatives agissent comme antagonistes aux récepteurs NMDA (Roth et al., 2000; Vollenweider & Geyer, 2001), elles pourraient présenter des effets collatéraux similaires à ceux induits par les substances agonistes aux récepteurs 5HT2a (c.-à-d. excitation neuronale, libération de glutamate), induisant ainsi des expériences similaires à celles produites par les psychédéliques (Moghaddam et al., 1997; Nichols, 2004). Cependant, Luke et al (2022) ont également rapporté un taux d'incidence de synesthésie élevé lors de la consommation de cannabis, substance connue pour agir uniquement sur les récepteurs cannabinoïdes. Dans l'ensemble, l'hypothèse sérotoninergique semble à elle seule insuffisante pour expliquer l'induction de synesthésies par un éventail de substances psychoactives; une vision plus nuancée de l'activité neurochimique liée à la synesthésie est donc nécessaire. Cependant, les substances les plus susceptibles de déclencher de la synesthésie chez les contrôles sont également celles qui entraînent l'induction de nouvelles synesthésies ou qui amplifient les synesthésies existantes chez les synesthètes développementaux. De la même manière, les substances n'induisant aucune synesthésie chez les contrôles ne semblent pas non plus avoir d'effet sur les synesthètes développementaux (Luke et al., 2022). Ainsi, bien que les mécanismes neurochimiques liés à l'induction de la synesthésie demeurent incompris, ils semblent être similaires chez les synesthètes et chez les contrôles.

1.1.2.5 Modèle de résonance stochastique

Selon le modèle de résonance stochastique de la synesthésie, les synesthètes présenteraient un niveau plus élevé de bruit neuronal dans les régions cérébrales impliquées dans la génération des concurrents, ce qui permettrait aux signaux intermodaux d'être amplifiés et de dépasser le seuil d'excitabilité requis afin d'être interprétés comme des perceptions conscientes (Lalwani & Brang, 2019). Ainsi, une activité neuronale normale générée par l'inducteur et voyageant via des connections multisensorielles préexistantes serait amplifiée par le bruit neuronal selon le principe de synchronisation stochastique, ce qui entraînerait une hyperactivation des zones impliquée dans

le concurrent. En dépassant le seuil de perception consciente, cette activité neuronale amplifiée induirait l'expérience sensorielle additionnelle (c.-à-d. le concurrent). Ce modèle se veut un mécanisme sous-jacent commun aux synesthésies développementales, acquises, et induites par la consommation de substances. Contrairement aux théories d'hyperconnectivité et d'hyperexcitabilité neuronale, le modèle stochastique permet d'expliquer que les associations synesthésiques soient fragiles chez les enfants et se stabilisent avec le temps (Simner & Bain, 2013). Il permet également d'expliquer la capacité des synesthètes à acquérir de nouvelles associations à la suite d'un entraînement intensif (ex. Lebeau et al., 2021; Mroczko et al., 2009), ou à l'inverse que certaines associations disparaissent avec le temps. Ce modèle est également cohérent avec le fait que des associations synesthésiques puissent émerger très rapidement (c.-à-d. 1 à 3 jours) à la suite d'un état de privation sensorielle qui caractérise certaines synesthésies acquises (Jacobs et al., 1981). Cet effet rapide est incohérent avec l'idée d'une réorganisation cérébrale, et donc difficilement explicable par les autres modèles (c.-à-d. hyperconnectivité, hyperexcitabilité, sérotonine). Finalement, la résonance stochastique pourrait également expliquer l'induction de synesthésies sporadiques lors de la consommation de certaines substances récréatives. En effet, il a été démontré que la consommation de LSD entraînait une augmentation de l'activité cérébrale au repos dans le cortex visuel (Roseman et al., 2016; Carhart-Harris et al., 2016). Cela suggère que certaines drogues récréatives pourraient induire des expériences synesthésiques en augmentant le bruit neuronal des cortex visuels, ce qui peut mener à de la résonance stochastique entre l'inducteur et le concurrent.

L'ensemble de ces données suggèrent que plusieurs mécanismes sous-jacents semblent communs à la synesthésie développementale, acquise et induite par la consommation de substances. De plus, la cooccurrence ou l'interaction de plusieurs de ces facteurs pourrait être nécessaire afin d'expliquer l'étiologie de la synesthésie.

1.1.3 Émotions et synesthésie

Les synesthésies comportent parfois des changements émotionnels. Les émotions peuvent être des inducteurs ou des manifestations concurrentes synesthésiques (Cytowic, 1989; Dael et al., 2013; Ramachandran et al., 2012). Plusieurs synesthètes montrent aussi une hypersensibilité émotionnelle ou une hyperempathie (Banissy & Ward, 2007; Fitzgibbon et al., 2010). Certains

travaux rapportent également que de nombreux synesthètes présentent un intérêt marqué pour le domaine artistique (Cytowic, 1989; Domino, 1989; Ward et al., 2008), ce qui suggère une sensibilité émotionnelle et artistique accrue.

Certaines hypothèses suggèrent que les émotions pourraient également jouer un rôle de médiateur dans le développement de certaines associations synesthésiques (ex. Flournoy, 1893; Vernon, 1930). Des corrélations entre des associations musique-émotion, couleur-émotion et musique-couleur ont été observées chez des synesthètes et des non-synesthètes, ce qui suggère que les émotions influencent certaines associations musique-couleur et que la couleur et la musique sont liées par des associations émotionnelles communes (ex. les chansons joyeuses induisent des couleurs vives comme le jaune, alors que les chansons tristes sont associées à des couleurs sombres/fades comme le gris ; Barbieri et al., 2007; Isbilen & Krumhansl, 2016; Palmer et al., 2013; Palmer et al., 2016; Whiteford et al., 2018).

Chez certains synesthètes, les émotions jouent plutôt un rôle de modulateur des associations synesthésiques. Riggs & Karwoski (1934) rapportent le cas d'une jeune synesthète associant les gens à des couleurs et chez qui les concurrents colorés se transformaient en fonction de la proximité émotionnelle qu'elle entretenait avec ces gens (c.-à-d. tous les étrangers sont orange vif avec un contour noir, mais deviennent bleu clair ou rose orchidée à mesure qu'elle apprend à les connaître). Nielsen et al. (2013) ont également rapporté que, chez un groupe de synesthètes sexuels, les concurrents colorés variaient en fonction des émotions ressenties durant la relation sexuelle.

Plusieurs données neurobiologiques suggèrent que les systèmes émotionnels cérébraux sont impliqués dans certaines formes de synesthésies. Certains synesthètes présentent des variations anatomiques dans des structures du système limbique, notamment dans le cortex parahippocampique (Melero et al., 2013), le cortex cingulaire, le cortex orbitofrontal (Jäncke et al., 2009), le cortex rétrosplénial (Hupé et al., 2011) et l'insula (Jäncke et al., 2009 ; Melero et al., 2013). Une activité corticale inhabituelle a également été observée dans le cortex rétrosplénial (Nunn et al., 2002 ; Weiss et al., 2001) et l'insula (Niccolai et al., 2012 ; Specht & Laeng, 2011 ; Sperling et al., 2006). Le rôle du système limbique dans la synesthésie est encore peu connu, mais ses rôles fonctionnels suggèrent qu'il pourrait être impliqué dans les interactions multisensorielles et dans la neuroplasticité contribuant à la synesthésie.

1.1.3.1 Synesthésies induites lors d'états émotionnels

Quelques études et rapports anecdotiques ont rapporté des synesthésies sporadiques induites lors d'états émotionnels (SIE) comme l'écoute musicale ou les relations sexuelles (Beaufils & Richer, 2016 ; Cytowic, 1989 ; Cytowic & Eagleman, 2009; Nielsen et al., 2013). Ces synesthésies ne présentent pas la constance et l'automatisme des synesthésies développementales et leurs inducteurs précis sont difficilement identifiables. En cela, elles ressemblent donc aux synesthésies induites par la consommation de substances (Sinke et al., 2012). Cependant, les SIEs sont souvent observées chez des individus présentant des synesthésies développementales.

Dans la synesthésie musicale, certaines mélodies ou mouvements musicaux entraînent la perception de couleurs parfois accompagnées d'autres concurrents (ex : formes, textures, scènes) (Mills, et al., 2003 ; Cytowic & Eagleman, 2009 ; Curwen, 2018). La synesthésie musicale a été largement étudiée sur le plan perceptuel (Curwen, 2018), mais les phénomènes émotionnels et cognitifs qui y sont rattachés ont été peu investigués.

Les synesthésies induites par les expériences sexuelles sont, quant à elles, souvent vécues sous forme de halos ou de flashes colorés ou encore de formes se déplaçant devant un arrière-plan coloré (Cytowic & Eagleman, 2009). Elles se manifestent de manière sporadique lors de l'excitation sexuelle, de l'orgasme et des différentes formes de contact physique ayant lieu au cours des rapports sexuels (baisers, attouchements, caresses, etc.). Les synesthètes sexuels rapportent souvent que la probabilité d'apparition de leurs synesthésies sexuelles et la nature des concurrents sont affectées par l'état émotionnel induit durant un rapport sexuel (Nielsen et al., 2013).

Dans la population générale, l'écoute musicale et les relations sexuelles sont des contextes propices à l'expérience d'émotions fortes (ex. exaltation, extase, tristesse, effroi). Chez certaines personnes, ces activités peuvent même parfois générer des expériences exceptionnelles incluant des sensations intéroceptives (ex. frissons, chaleurs, respiration altérée, excitation, tension) (Courtois & Dubray 2014 ; Gabrielsson & Wik, 2003 ; Harrison & Loui, 2014) ainsi que des états de conscience altérés comportant des éléments cognitifs comme une attention hyperfocalisée (absorption), une immersion sensorielle, une imagerie mentale enrichie, ainsi que des modifications de la conscience temporelle, spatiale ou corporelle (ex. flottement, détachement, dilatation temporelle, déréalisation,

dépersonnalisation) (Costa et al., 2016 ; Gabrielsson, 2011 ; Herbert, 2016 ; Juslin & Sloboda, 2011 ; Swartz, 1994 ; Tellegen & Atkinson, 1974).

Chez les synesthètes, les altérations de la conscience ont été peu étudiées, bien que des données qualitatives anecdotiques en aient fait mention (Cytowic & Eagleman, 2009). Certaines études suggèrent une corrélation significative mais modérée entre la présence de synesthésies et la propension aux altérations de la conscience dans la vie quotidienne (Simmonds-Moore et al., 2019 ; Terhune, 2009). Cependant, aucune étude n'a comparé des synesthètes à des non-synesthètes sur la fréquence ou l'intensité de leurs altérations de la conscience. Des rapports anecdotiques ainsi que de rares études suggèrent que les synesthésies sporadiques lors de l'acte sexuel ou de l'écoute musicale (c.-à.d. SIEs) sont souvent accompagnées d'altérations de la conscience (Cytowic, 2002a; Lebeau et al., 2018; 2019; Nielsen, 2013). Il est donc possible que ces synesthésies reflètent une susceptibilité développementale aux altérations de la conscience dans la vie quotidienne. Si tel est le cas, les individus rapportant des SIEs représenteraient un sous-groupe de synesthètes particulièrement pertinent à étudier pour approfondir nos connaissances sur les liens entre la synesthésie et les altérations de la conscience.

1.1.4 Altérations de la conscience

Les altérations de la conscience peuvent affecter trois grandes composantes de la conscience humaine (ex. Faivre et al., 2017; Gallagher, 2000; Schaller et al., 2021), notamment l'expérience consciente sensorielle, la conscience corporelle et la conscience du soi cognitif.

Les altérations de l'expérience consciente sensorielle entraînent une modification perceptuelle qui peut impliquer la vue, l'ouïe, le toucher, l'odorat et le goût, mais sans affecter la représentation de soi (ex : hallucinations auditives, visuelles, gustatives etc.). Les hallucinations visuelles, tout particulièrement, peuvent impliquer une altération de la perception de l'espace/de l'environnement (ex. impression que le monde extérieur est en 2D; impression d'expansion ou de contraction de la pièce etc.).

Les altérations de la conscience corporelle peuvent affecter la capacité de situer son propre corps dans l'espace, le sentiment d'appartenance corporelle (*body ownership*) (c.-à. d. l'impression de posséder un corps et de s'identifier à lui), la perception de son image corporelle (taille et forme du

corps/ des membres), le sentiment d'agence et la perception du monde et de soi-même à partir d'un point de vue égocentrique (*first-person perspective*) (ex. Dary et al., 2023). Ces altérations de la conscience affectent la représentation de soi. Elles peuvent affecter le corps en totalité ou en partie, ou toucher certains membres et viscères en particulier (Dieguez & Blanke, 2011). Elles incluent parfois une altération de la distinction corps-environnement (ex. dissolution des limites corporelles et impression de fusionner avec son environnement), et peuvent être en lien avec diverses étiologies (revue par Dieguez & Blanke, 2011). Elles entraînent parfois une altération de la perception du temps concomitante, ce qui n'est pas surprenant considérant que la conscience corporelle semble être l'ancrage sur lequel s'érige l'évaluation du temps (ex. Wittmann, 2015). Les altérations de la conscience corporelle les plus fréquentes incluent les expériences hors-corps (EHC) (c.-à-d. l'impression de se trouver à l'extérieur de son corps physique), la perte du sentiment d'agence (c.-à-d. l'impression de ne plus être l'instigateur de ses propres pensées, décisions et gestes), les altérations du schéma corporel (c.-à-d. impression que certaines parties du corps sont distordues, disproportionnées ou ne nous appartiennent plus), l'héautoscopie (c.-à-d. perception d'un double de soi-même accompagnée d'un fort sentiment d'appartenance à ce double ainsi que d'une impression d'exister et de percevoir le monde à partir des deux perspectives simultanément), etc.

Les altérations du soi cognitif (ou narratif) entraînent une perturbation des pensées, de la métacognition, de la mémoire, des connaissances et des émotions liées à la reconnaissance de soi. Des exemples d'altérations du soi cognitif incluent le syndrome de Capgras (c.-à-d. l'impression qu'un proche a été remplacé par un sosie ou un double), l'impression de déjà-vu qui affecte la perception du temps (c.-à-d. l'impression intense et soudaine d'avoir déjà vécu une situation présente, alors qu'elle est nouvelle (Sno & Linszen, 1990)), ainsi que la déréalisation qui affecte la perception de l'espace (c.-à-d. impression que l'environnement est irréel, flou, lointain ou artificiel) et implique un détachement émotionnel. Les altérations de la conscience du soi cognitif sont parfois étroitement liées et concomitantes à des altérations de la conscience corporelle, par exemple lors du syndrome de Cotard (c.-à-d. nihilisme de l'existence accompagné d'une impression que les viscères sont dévorés, en putréfaction ou transformés en pierre) (Debruyne & Audenaert, 2012; Machado et al., 2016) ou lors de la dépersonnalisation dans le miroir (c.-à-d. l'impression de ne pas se reconnaître en se regardant dans un miroir).

1.1.5 Étude des liens entre SIEs et altérations de la conscience

Établir un lien clair entre certaines synesthésies et une susceptibilité aux altérations de la conscience permettrait de renforcer l'hypothèse de mécanismes cérébraux sous-jacents communs à ces deux types de manifestations. Plus précisément, si les SIEs sont associées à une susceptibilité aux altérations de la conscience, cela renforcerait l'idée d'un continuum entre les synesthésies développementales sans altérations de la conscience et les synesthésies induites par la consommation de substances psychédéliques qui produisent souvent des altérations de la conscience. De plus, certaines structures cérébrales permettant le traitement des émotions et des sensations intéroceptives - deux éléments centraux aux contextes déclenchant des SIEs (c.-à-d. écoute musicale, relation sexuelle) - sont également impliquées dans l'élaboration de la conscience humaine (ex. Craig 2009). Une association entre SIEs et susceptibilité aux altérations de la conscience renforcerait l'hypothèse d'un sous-type particulier de synesthésie présentant des altérations dans les circuits neuronaux impliqués dans le traitement des émotions/de l'intéroception. Ce sous-type pourrait servir de modèle non-pathologique de certaines psychopathologies comme le TSPT ou la schizophrénie qui sont associés à des altérations de la conscience (ex. Bækkelund et al., 2018 ; Roussel & Bachelor, 2000 ; White et al., 2022) et à des anomalies de l'intéroception (Frewen & Lanius, 2014; Parnas et al., 2005; Vollmer-Larsen et al., 2007)

1.2 Objectifs et hypothèses de recherche

L'objectif de la présente thèse était de comparer les altérations de conscience des synesthètes rapportant des SIEs à celles des non-synesthètes pour vérifier la présence d'une susceptibilité aux altérations de la conscience chez ces synesthètes. Dans la **première étude** (publiée en 2022) nous avons comparé un groupe de synesthètes musicaux à un groupe de non-synesthètes à l'aide d'une entrevue semi-structurée et d'un questionnaire standardisé évaluant les émotions et les altérations de la conscience lors d'expériences exceptionnelles d'écoute musicale. Nous avons également investigué la présence d'altérations de la conscience dans la vie quotidienne chez ces deux groupes. Dans la **deuxième étude** (soumise pour publication) nous avons comparé un groupe de synesthètes sexuels à un groupe de non-synesthètes à l'aide d'une entrevue semi-structurée et de questionnaires standardisés évaluant les altérations de la conscience lors d'expériences exceptionnelles associées à des rapports sexuels ainsi que dans la vie quotidienne. Lors des deux études, nous avons exclu

les individus présentant toute condition neurologique ou psychiatrique entraînant des altérations de la conscience.

1.2.1 Première étude

1.2.1.1 Objectifs

- a) Mieux documenter la phénoménologie des synesthésies musicales, plus spécifiquement les émotions et les altérations de la conscience vécues par les synesthètes musicaux lors de l'écoute musicale.
- b) Documenter la nature des altérations de la conscience dans la vie quotidienne des synesthètes musicaux.
- c) Documenter la présence d'autres synesthésies chez les synesthètes musicaux.

1.2.1.2 Hypothèses

- a) En comparaison aux contrôles, les synesthètes musicaux devraient rapporter des émotions et des altérations de la conscience plus intenses et plus exceptionnelles lors de l'écoute musicale.
- b) En comparaison aux contrôles, les synesthètes musicaux devraient rapporter des altérations de la conscience plus exceptionnelles dans la vie quotidienne.
- c) Les synesthètes musicaux devraient rapporter d'autres synesthésies impliquant des émotions ou des sensations intéroceptives.

1.2.2 Deuxième étude

1.2.2.1 Objectifs

- a) Mieux documenter la phénoménologie des synesthésies sexuelles et spécifiquement les altérations de la conscience vécues par les synesthètes sexuels lors de l'acte sexuel.
- b) Documenter la fréquence et la nature des altérations de la conscience vécues par les synesthètes sexuels dans la vie quotidienne.
- c) Documenter la présence d'autres synesthésies chez les synesthètes sexuels.

1.2.2.2 Hypothèses

- a) En comparaison aux contrôles, les synesthètes sexuels devraient rapporter des altérations de la conscience plus intenses et plus exceptionnelles lors de l'acte sexuel.
- b) En comparaison aux contrôles, les synesthètes sexuels devraient rapporter des altérations de la conscience plus fréquentes et plus exceptionnelles dans la vie quotidienne.
- c) Les synesthètes sexuels devraient rapporter d'autres synesthésies impliquant des émotions ou des sensations intéroceptives.

CHAPITRE 2

PREMIÈRE ÉTUDE: EMOTIONS AND CONSCIOUSNESS ALTERATIONS IN MUSIC-
COLOR SYNESTHESIA

Cathy Lebeau & François Richer

Publiée en 2022 dans la revue *Auditory Perception & Cognition*, 5(1-2), 76-85.

2.1 Résumé

La synesthésie musique-couleur est une condition neurologique dans laquelle les notes ou les mélodies musicales déclenchent des perceptions supplémentaires atypiques automatiques (ex. couleurs, formes, scènes). L'écoute musicale s'accompagne parfois d'expériences exceptionnelles (SEM), y compris des sensations corporelles, des émotions et des altérations de la conscience. Nous avons étudié les expériences liées à la musique chez un groupe de synesthètes musique-couleur et chez un groupe contrôle. Les participants ont pris part à une entrevue semi-structurée et ont rempli le questionnaire OAV afin d'évaluer les altérations de la conscience vécues pendant l'écoute musicale. Tous les synesthètes musicaux ont rapporté que leurs synesthésies musicales étaient accompagnées d'émotions intenses incluant l'euphorie, la peur, l'amour, la tristesse et le dégoût. De plus, la plupart des synesthètes musicaux ont rapporté des altérations de la conscience, y compris des expériences hors du corps, de la dépersonnalisation, ainsi que des altérations du temps et de l'impression de posséder un membre. Aucun contrôle n'a mentionné d'altérations de la conscience. En outre, la majorité des synesthètes musicaux ont mentionné d'autres synesthésies impliquant des perceptions viscérales ou émotionnelles ainsi que des altérations de la conscience dans la vie quotidienne. Dans l'ensemble, les données suggèrent que la synesthésie musique-couleur peut s'accompagner d'un fonctionnement atypique dans les systèmes cérébraux liés aux émotions et à la conscience.

Mots-clés: synesthésie, musique, émotions, altérations de la conscience, dissociation, système limbique, insula

2.2 Abstract

Music-color synesthesia is a neurological condition in which musical notes or melodies trigger automatic and consistent additional perceptions (e.g., colors, shapes, scenes). Music listening is sometimes accompanied by strong experiences related to music (SEMs), including bodily sensations, emotions and alterations of consciousness. We investigated SEMs in a group of music-color synesthetes and controls. Participants underwent a semi-structured interview and completed the OAV questionnaire to assess alterations of consciousness during music listening. All music-color synesthetes reported that their music-color synesthesia were accompanied by intense emotions including euphoria, fear, love, sadness, and disgust. In addition, most music-color synesthetes and no controls reported alterations of consciousness including out-of-body experiences, depersonalization, alterations of time, and alterations in limb ownership. Also, a majority of music-color synesthetes reported other synesthesia involving visceral or emotional perceptions as well as alterations of consciousness in everyday life. Overall, the data suggest that music-color synesthesia can be accompanied by atypical functioning in systems linked to emotions and consciousness.

Key words: synesthesia, music, emotions, alteration of consciousness, dissociation, limbic system, insula

2.3 Introduction

Developmental synesthesia is a neurological condition in which certain perceptions or cognitions (inducers) trigger atypical additional perceptions (concurrents). For example, letters may trigger colors, names may evoke tastes, or music may trigger shapes or colors. The prevalence of synesthesia (all types combined) is estimated at 4% (Simner et al., 2006). Synesthetic associations generally appear in early childhood and often show key characteristics: the inducer-concurrent associations are consistent (an inducer always triggers the same concurrent), concurrents are automatically triggered, and the associations remain mostly stable throughout life (Ward, 2013). In some cases, the specific associations can be linked to particular childhood learning experiences, such as toys with colored letters (Witthoft & Winawer, 2013) or specific person-taste associations (Richer et al., 2011). The neural basis of synesthesia is still unclear but a predisposition for increased cerebral communication is often postulated (Grossenbacher & Lovelace, 2001; Simner et al., 2009).

In music-color synesthesia, some melodies or musical movements automatically trigger perceptions of color sometimes accompanied by other perceptions (e.g., shapes, textures, scenes) (Curwen, 2018; Cytowic & Eagleman, 2009; Mills, et al., 2003). Audio-visual synesthesia has largely been investigated in terms of commonalities in perceptual dimensions in different modalities and in music-color synesthesia, general dimensions such as timbre and tempo have been suggested as mediators of heightened cross-modal connectivity (e.g. Marks, 1975). However, it has long been hypothesized that emotions could also play an important role in mediating the development of some music-color synesthesia (e.g. Flournoy, 1892; Vernon, 1930). There is evidence that emotions play a role in mediating cross-modal matches between music and color in non-synesthetes (Barbiere et al., 2007; Palmer et al., 2013; 2016). Emotions whether overt or covert are common reactions to numerous perceptions and mental images in all modalities and thus the limbic system underlying emotions could be a hub for interactions between different modalities, especially in the synesthete brain. If emotions are important in the increased cerebral communication expressed in music-color synesthesia, we should observe heightened emotional responsiveness in music-color synesthetes.

In the general population, strong experiences related to music listening (SEMs) have been documented including emotions such as elation and sadness, visceral sensations as well as alterations of consciousness, such as fluctuations in time perception, feelings of floating and absorption

(Gabrielsson & Wik, 2003; Herbert, 2016; Juslin & Sloboda, 2011). Music-color synesthetes sometimes report emotional and cognitive phenomena associated with music listening (e.g. Cytowik, 1989). However, SEMs have not been systematically investigated in music-color synesthetes. To test for the presence of heightened emotional responsiveness in music-color synesthetes, we investigated the nature of SEMs in music-color synesthetes compared to non-synesthetes using interview and questionnaire measures in music-color synesthetes and controls with a particular focus on emotional reactions, visceral phenomena and alterations of consciousness.

2.4 Methods

In order to evaluate the participants' music listening experiences in detail, we used a mixed-methods approach including standardized tests, including the synesthesia battery (Eagleman et al., 2007) and the OAV questionnaire of altered states of consciousness (Dittrich, 1998; Studerus et al., 2010), and a semi-structured interview.

2.4.1 Participants

Eleven music-color synesthetes (7 women; aged 21 – 45 years, $M = 28.27$ years, $SD = 6.97$) and 9 controls (6 women; aged 25 – 32 years, $M = 28.22$ years, $SD = 2.39$) participated in this study. Synesthetes were recruited from advertisements on social media for studies on synesthesia. The control group was recruited through informal networks and both groups were matched for age and gender. Two synesthetes and two controls reported a significant level of musical training lasting several years and playing an instrument. The study was approved by the university's research ethics board. All participants gave their written consent to participate in the study. A \$20 gift card was given to each participant after completion of the interview.

2.4.2 Materials

2.4.2.1 Synesthesia battery

All music-color synesthetes completed an online synesthesia battery (www.synesthete.org; Eagleman et al., 2007) designed to validate developmental synesthesia using the test-retest principle. Since music-color synesthesia is impossible to empirically measure using standardized tests, we used the

synesthesia battery to evaluate other types of synesthesia experienced by the music-color synesthetes (e.g., tone-color, grapheme-color, etc.). When asked about it, participants in the control group denied having experienced any form of synesthesia during their lifetime.

2.4.2.2 Semi-structured interview

A semi-structured interview was conducted with all the participants in order to gather qualitative details on their music listening experiences and on possible alterations of consciousness occurring in everyday life. Music-color synesthetes were also questioned on their other types of synesthesia, if any. The interviews were conducted in face-to-face interaction, and were audio recorded to facilitate the subsequent analysis of the data. Each interview session lasted between 30 and 60 min and was replicated 3 to 6 months later with each participant.

2.4.2.3 Altered consciousness questionnaire (OAV)

All participants completed the OAV, a standardized questionnaire designed to evaluate the subjective experiences encountered in altered states of consciousness (Dittrich, 1998; Studerus et al., 2010). Synesthetes were asked to fill the OAV referring to their music listening experiences evoking music-color synesthesia whereas controls were asked to refer to their strongest music listening experiences. In a psychometric analysis, Studerus et al. (2010) identified 11 subscales in the OAV including: Impaired Control and Cognition, Blissful State, Elementary Imagery, Audiovisual Synesthesia, Disembodiment, Complex Imagery, Insightfulness, Changed Meaning of Percepts, Experience of Unity, Spiritual Experience, and Anxiety (Studerus et al., 2010). The OAV questionnaire shows good reliability (α between 0.73 and 0.91) and a good validity (Studerus et al., 2010).

2.5 Results

2.5.1 Synesthesia battery

Eight of the 11 music-color synesthetes scored as synesthetes on one or more subtests of the synesthesia battery (e.g., letter-color, number-color, month-color synesthesia). The others reported synesthesia that cannot be validated using the synesthesia battery (e.g., sequence-space, taste-image).

We re-interviewed all the individuals for whom synesthesia could not be validated through the synesthesia battery 3 to 6 months after the initial interview. Descriptions of their synesthetic experiences were similar in both the first and the second interview – some individuals using the exact same terms to describe a particular synesthetic event – thus confirming the authenticity of their synesthesia. We thus considered all 11 music-color synesthetes as genuine developmental synesthetes.

2.5.2 Semi-structured interview

All synesthetes spontaneously reported that their music-color synesthesia were present since childhood and that they were often accompanied by SEMs, including intense emotions and alterations of consciousness. The music-induced emotions reported included euphoria, disgust, fear, love, and crying. Most synesthetes reported multiple emotions depending on the musical piece serving as inducer. The music-induced alterations of consciousness reported included out-of-body experiences, alterations of time, depersonalization, and alterations in limb ownership. Synesthetes also reported a tendency to listen to songs that induce positive SEMs and to avoid songs that induce negative experiences. Controls did not spontaneously mention SEMs and, when questioned about their presence, they mentioned moderate experiences including happiness, nostalgia, chills, elation or absorption. Synesthetes estimated that their SEMs occurred in 50-100% of listening episodes, whereas controls estimated that SEMs occurred in 0-10% of listening episodes. Some controls reported that only one song or one artist triggered SEMs which was never the case in synesthetes. Also, the SEMs of synesthetes were more often triggered by the acoustic characteristics of the music, whereas controls were more prone to attach their SEMs to a particular memory, or a specific period of their lives. Excerpts of reports from music-color synesthetes and control participants are available in Table 2.1.

The synesthetes were also asked about the other types of synesthesia they experience. In addition to music-color synesthesia, 10 of the 11 music-color synesthetes reported other types of synesthesia. Some of these synesthesias were linked to their music-color synesthesia including time-color, tone-color, and musical instrument-color synesthesia. Other synesthesias were more common including grapheme-color, grapheme-personality, name-color, person-color or time-space. Eight of the 11 synesthetes also reported synesthesia linked to visceral or limbic functions including pain-color, orgasm-color, odor-color, word-taste, image-taste, and mirror-touch synesthesia.

Finally, seven of the 11 synesthetes reported alterations of consciousness (mainly dissociative phenomena) in everyday life including depersonalization ($n = 5$), out-of-body experiences ($n = 3$), time and/or space alteration ($n = 6$), Capgras syndrome ($n = 2$), loss of sense of agency ($n = 3$), dissociative amnesia ($n = 1$), and impression of a presence ($n = 1$). These experiences were unrelated to the phenomena induced by music in these synesthetes. None of the controls reported any dissociative experiences in everyday life.

2.5.3 OAV questionnaire of altered consciousness

The global scores obtained by the two groups on the OAV measure of altered consciousness were compared using t tests for independent samples and χ^2 tests (IBM SPSS 26). The global OAV scores were significantly higher for music-color synesthetes ($M = 1805.55$, $SD = 1223.78$) than for controls ($M = 288.78$, $SD = 241.97$), $t(10.95) = 4.02$, $p = .002$, $d = 1.64$, 95% CI [684.98, 2348.56]. Because of the large number of items with null scores, we compared the two groups on the 11 subscales of the OAV using χ^2 tests on the number of participants reporting at least one item with a score above 50/100 in a subscale. Music-color synesthetes scored higher than controls on several OAV subscales. Some of the subscales showing significant group differences were predictable as they were directly linked to synesthesia, including Audiovisual Synesthesia, $\chi^2(1, N = 20) = 16.36$, $p = .00$, $\phi = .91$, Elementary Imagery, $\chi^2(1, N = 20) = 20$, $p = .00$, $\phi = 1.00$, and Complex Imagery, $\chi^2(1, N = 20) = 8.81$, $p = .003$, $\phi = .66$.

Four subscales that were not predictably linked to synesthesia also showed significant group differences, including Disembodiment, Blissful state, Changed meaning of Percepts and Impaired control and cognition. Four synesthetes and no controls showed scores above 50% on at least one item of Disembodiment, $\chi^2(1, N = 20) = 5.46$, $p = .02$, $\phi = 0.52$. Four synesthetes and no controls showed scores above 50 % on at least one item of Changed Meaning of Percepts, $\chi^2(1, N = 20) = 5.46$, $p = .02$, $\phi = .52$. Eight synesthetes and one control showed scores above 50% on at least one item of Impaired Control and Cognition, $\chi^2(1, N = 20) = 7.59$, $p = .006$, $\phi = .62$. Nine synesthetes and three controls showed scores above 50% on at least one item of Blissful State, $\chi^2(1, N = 20) = 4.85$, $p = .03$, $\phi = .49$. Five of the 11 synesthetes did not show any score above 50% on at least one item of these four subscales, but all of these five synesthetes reported strong emotions induced by music.

2.6 Discussion

The present observations indicate that at least in some music-color synesthetes, SEMs, such as strong emotions as well as altered consciousness, are more intense and more frequent than those reported by controls. In addition, many music-color synesthetes also reported experiencing visceral/limbic synesthesia as well as dissociative phenomena in everyday life. Together, these observations suggest a heightened responsiveness of emotional systems in some music-color synesthetes.

In synesthetes, heightened emotional responsiveness may be an instance of their predisposition to increased cerebral connectivity. Atypical connections between auditory brain networks and limbic networks may appear during childhood in some synesthetes and these sensitized connections could generate SEMs as well as synesthetic colors and other synesthetic experiences. Many of our music-color synesthetes reported that their synesthetic colors contributed to the intense emotions felt during music listening, so a reciprocal reinforcement may be present between SEMs and colors in these synesthetes.

In synesthesia, emotions and consciousness alterations have not received the same attention as more standard perceptual or cognitive domains. However, emotions have been reported as inducers, concurrents or mediators of synesthesia (Ramachandran et al., 2012; Dael, 2013). The high level of SEMs in our synesthetes is compatible with a role of emotions as mediators of some music-color synesthesia. Music and colors are known to evoke emotional connotations in non-synesthetes, sometimes linked to affective dimensions of valence and arousal (e.g. Collier, 1996). Correlations between music-emotion associations, color-emotion associations and music-color associations have been observed in synesthetes and non-synesthetes and have led to suggestions that emotions mediate some music-color associations, and that color and music are linked through shared emotional associations (e.g., happy songs eliciting brighter colors like yellow and sad songs eliciting darker/duller colors like grey) (Barbiere et al., 2007; Palmer et al., 2013; Isbilen & Krumhansl, 2016; Whiteford et al., 2018). The limbic system controlling emotions is activated by a majority of perceptual inputs and is well positioned to be a hub for audio-visual interactions. In synesthetes, the involvement of emotional systems may contribute to the development of synesthetic associations.

A majority of the music-color synesthetes reported other synesthesia including taste, olfaction, pain, orgasm and empathic touch. These modalities have all been associated with insular cortex, a structure closely associated with the limbic system (Craig, 2009; Simmons et al., 2013) that also responds to music (e.g., Koelsch et al., 2021). Furthermore, the alterations of consciousness reported by the music-color synesthetes in everyday life (mainly dissociative phenomena) as well as during music listening have also been linked to functional or structural anomalies of the limbic system or the insula (Sierra & David, 2011; Heydrich & Blanke, 2013; Landtblom et al., 2011). These results suggest the presence of an atypical connectivity involving the limbic system or the insula in a majority of our synesthetes. Lesions to the insula can produce musical anhedonia, a loss of emotions and strong experiences related to music (Griffiths et al., 2004; Satoh et al., 2016). Thus, future research should examine the possibility that altered function in emotional systems in some music-color synesthetes could lead to heightened emotional sensitivity, visceral sensations, and alterations of consciousness.

2.7 Conclusion

Music-color synesthesia appears to be associated, at least in some cases, with strong experiences related to music, including intense emotions and significant alterations of consciousness beyond what can be expected in controls. It is also associated with visceral-body synesthesia and alterations of consciousness in everyday life. These results suggest a heightened responsivity of emotional systems in music-color synesthesia. Neurobiological investigations of music-color synesthesia could help further our understanding of the effects of music on the brain's emotional systems.

Table 2.1 Verbatim excerpts describing the emotional experiences of music-color synesthetes and controls during music listening

Music-color synesthetes	Verbatim excerpts
1	“The images that arise are pleasant [...], I feel emotions also. All this, put together make it very fun, very pleasant, it adds to the music listening.” “A song that is really wide can make me feel a sort of elevation. The music can make me feel a kind of amazement at the grandeur of the world [...]. It can really excite me; I show a sort of euphoria. At the end, I can feel a kind of explosion of joy.” “It is really mixed up [...]. I think that the shapes and the images that I see participate in [the emotions] but there are also the sounds, the keys used [...].”
2	“I often have emotions at the same time [as the visual scenes]. Each song has its own constellation of emotions; it can be euphoria, it can be phantasmagoric, it can be sadness, anguish, it can be love.” “It’s always fun! I have the impression to be on the top of a mountain. I’m floating. All my thoughts are perfect. ...My brain works at 110%...I don’t know how to explain it...it’s like I was floating. I had an overview of everything I know.”
3	“When I play piano, I am overwhelmed by images and sensations; I take off totally” “I love music because really often the sensations are agreeable” “There are some sounds that I hate so much that they create a feeling of choke in the throat...enough so that I feel like I’m about to gag.” “[At one time], the sounds started to wave on my breast.” “The electric guitar...I’d prefer to hear nails on a blackboard.”
4	“There are some spots in a song, a breakdown, that will make me cry. There’s something that just hit me up there...and 30 seconds later it’s finished. I am unable to say what made me cry...it’s rising, it’s a whole with the images and the sounds.”

5	“It’s like a music movie. It’s a flux of abstract images and colors. If a music impacts me, it can happen that I have visceral sensations...it’s an emotion like the one you feel when you are about to cry, but you stop at the edge [of tears] ...it’s like a whiff that lasts about twenty seconds.” “[When I listen to music] I can have the impression of losing a limb. I know that I have an arm, but I can’t tell where it is.”
6	“[The visual shapes] form a dance. It is more pretty, less boring, it is entertaining. I have the impression of experiencing the movement, like if it was me that was living the dance [of shapes].” “It’s as if I was dancing, but not that [physical] body of mine”
7	“I listen to music and a movie is taking place in front of my eyes related to the musical piece. I will feel a lot the emotions of the scenario. I completely take off; it often happens that I miss my subway station.” “[This particular scenario] made me panic so much that I was crying in the subway; It created strong feelings, and I didn’t like it.” “I have the impression of getting out of my body, I see myself in the scenario, as if I was looking at a movie.”
8	“There are always emotions that can be very vivid and coloration. It’s always the same emotion associated with the same color and with the same musical piece.”
9	“I will listen to a musical piece; I will start to shiver, and colors will start to appear [in my head]. The more the music progresses, the more construction is present in the music, the more it started to transform into kind of images...I mean, I see a scene. There are moments when it can be very very strong, I almost feel like crying.” “There are some music pieces that will trigger panic attacks in me.” “The heart beats strongly. [...] I feel like I could lift mountains also [...] it’s like if your power was increased tenfold [...], it’s weird to say [...], there are chills that arise [...] and when you arrive at the point, I mean at the apex, to the state of catharsis it’s literally powerful... I don’t know, you feel stronger, it’s really weird”.

10	“For me, the emotion, the music, the colors...it’s all one thing. It’s suddenly felt [...]. [Some music] can lead me to cry or to have a memory of...a strong emotion, of a trauma, [...] things like that that were not necessarily related to the song initially”. “Each “branch” [of EDM music] has its own emotion somehow, but at the same time, depending on how the music sounds, it will change.” “There’s clearly an alteration of the notion of time [during my synesthesia]”
11	“I also have [emotions] when I play piano. The emotions that [the music] brings me are associated with what I see. Let’s say that [the music] is anxiety-inducing, I will see things that I don’t like...like a lot of little black holes [...]. When I don’t like a song, it will generate feelings a little bit like that; I don’t “see” it, but it’s as “if”. “[Music] already made me dissociate. Sometimes I will play piano in order to have that feeling of completely taking off”
Controls	Verbatim excerpts
1	“It can be just happiness, for example when I listen to Celine Dion. It’s nothing extravagant, it’s simply happiness, I feel good in my own body. My perceptions stay normal, there’s not really a shift in my perceptions. My cognitions are associated to happiness. There’s nothing really particular.”
2	“It’s not really intense, in a way, but certain classical pieces, particularly those I listened to when I was younger or those I played on the piano, make me feel happy; I’m feeling good, and I love it because when there are variations in a music [that I know], I anticipate [what’s coming]. I don’t feel anything physically, like chills or something, but I’m happy, I anticipate the best parts, and I really really love it. I’m really into the moment. I also sometimes imagine that I’m playing [the music].”
3	“When I listen to [this particular song] I feel nostalgia and sadness. It makes me think of [a particular girl] and makes me remember simpler and better times. It brings me back to a [certain] époque. I have chills on the neck each time I listen to this song.”
4	“It’s pretty rare...maybe one or two times, the song is moving me; you say «wow this song is really pretty» but other than that... [those moments] are blurred.”

5	"I love music a lot, because it makes me feel things. Sometimes when I play the piano, or when someone else plays the piano, I forget that it's me that control my limbs. It's as if I was in another world and that there's nothing else except my head, my ears and my brain, that's it...there's nothing else. I feel good!"
6	"There are some [musical] groups that will make me remember moments of my life that I liked less because I was extremely stressed [at that time]. The emotions I feel [when I listen to music] are more linked to the memories the music brings back." "I will not listen to a song I judge sad, it's not something that I like. When I listen to music, I want it to take me away, to groove, to be luminous; I want it to be entertaining [like rock or pop]. [What I feel] is rarely corporal, it's more internal. It drives me more internally and makes me happier, makes me more open...but it doesn't give me chills or make me dance."
7	"I think of a moment, it's when I watched Travis Scott concert in Montreal [...], each time I listen to his songs, it makes me remember the show and make me in a hype mood. I became very happy...it's like a kind of happiness/rage because when you go to a Travis Scott show and you are in front of the scene, you'll jump around with the others, you just let off the steam. It was really good."
8	"I remember one time, it's really far in my memory [...]. I was going to a camping with my mother and my aunt, and we were listening to a song by Annie Villeneuve in the car. My grandmother killed herself one year before my birth...it was strange, [while I listened to the song] I started to cry and I kind of had the feeling that I knew her, but I never met her [...]. Except having seen photos of her, I don't know her at all [...]. Each time I listen to this particular song; it makes me re-experience that moment."
9	"In the movie with Lady Gaga, the tune "Shallow", the last song when he dies, it really touched me. [...] I had chills. [Each time I listen to this song] it gives me chills [but] no emotions. Out of the movie context, nothing."

CHAPITRE 3
DEUXIÈME ÉTUDE: ALTERED BODILY SELF-CONSCIOUSNESS IN SEXUAL
SYNESTHESIA

Cathy Lebeau & François Richer

Article accepté pour publication (mai 2026) dans la revue *Psychology of Consciousness: Theory, Research, and Practice*

3.1 Résumé

Les synesthètes développementaux font l'expérience de perceptions supplémentaires automatiques en lien avec une variété de stimuli (ex. certains mots évoquent des couleurs, des formes ou des goûts). Certains synesthètes développementaux rapportent également des synesthésies sporadiques induites lors d'états émotionnels ou absorbés associés à des activités telles que la méditation, les rapports sexuels ou l'écoute musicale. Ces synesthésies sont parfois accompagnées d'altérations de la conscience, mais la présence de ces dernières dans la vie quotidienne n'a pas été investiguée en détail. La présente étude s'est intéressée à 17 synesthètes ayant développé des synesthésies sexuelles en plus d'autres synesthésies lors d'états émotionnels/absorbés. Les synesthètes et un groupe contrôle ont pris part à une entrevue semi-structurée et ont complété des questionnaires standardisés évaluant les altérations de la conscience à la fois lors des rapports sexuels et dans la vie quotidienne. Un nombre significativement plus élevé de synesthètes que de contrôles a rapporté des altérations de la conscience corporelle (altérations du schéma corporel, expériences hors-corps) à la fois durant les rapports sexuels et dans la vie quotidienne. Une majorité de synesthètes a également rapporté des synesthésies impliquant des sensations intéroceptives – comme la douleur ou des sensations viscérales – et la présence de ces synesthésies intéroceptives est corrélée avec les altérations de la conscience corporelle, alors que la présence de synesthésies communes de type « langage-couleur » ne l'est pas. Les résultats suggèrent que les synesthésies induites lors d'états émotionnels/absorbés sont associées à une hyperexcitabilité des réseaux cérébraux impliqués dans la conscience corporelle.

Mots-clés: synesthésie sexuelle, hallucinations corporelles, phénomènes dissociatifs, conscience de soi, intéroception

3.2 Abstract

Developmental synesthetes report automatic supplementary perceptions to a variety of stimuli (e.g. some words evoke colors). Some synesthetes also develop more sporadic synesthesia during emotional or absorbed states associated with activities such as meditation, sexual intercourse or music listening. These state-induced synesthesias are sometimes accompanied by consciousness alterations, but the presence of the latter in daily life has not been investigated in detail. The present study examined 17 synesthetes who developed sexual synesthesia in addition to other state-induced synesthesias. Synesthetes and controls underwent a semi-structured interview and completed standardized measures of consciousness alterations during sexual intercourse and in daily life. Significantly more synesthetes than controls reported alterations of bodily self-consciousness (body schema alterations, out-of-body experiences) both during sexual intercourse and in daily life. They also reported synesthesia involving interoception like pain or visceral sensations and the presence of these interoceptive synesthesias predicted alterations in bodily self-consciousness whereas the presence of common language-color synesthesia did not. The results suggest that state-induced synesthesias are associated with a hyperexcitability of brain networks linked to bodily self-consciousness.

Key words: sex-induced synesthesia, bodily hallucinations, dissociative phenomena, self-consciousness, interoception

3.3 Introduction

Developmental synesthesia is a condition in which certain perceptions or cognitions (inducers) trigger atypical supplementary perceptions (concurrents). For example, letters may trigger colors, names may evoke tastes, or music may trigger shapes or colors (Ward, 2013). The prevalence of synesthesia (all types combined) is estimated at about 4% (Simner et al., 2006). Synesthetic associations generally appear in early childhood and show key characteristics: the inducer-concurrent associations are consistent (an inducer always triggers the same concurrent), concurrents are automatically triggered, and the associations remain generally stable throughout life (Ward, 2013). Synesthetic associations vary widely between individuals and can sometimes be linked to childhood learning experiences, such as toys with colored letters (Witthoft & Winawer, 2006) or person-food associations (Richer et al., 2011). The neural basis of developmental synesthesia is still unclear, but some evidence suggests an increased excitability or connectivity in distributed brain networks (Rouw & Scholte, 2007; Hänggi et al., 2011).

In addition to the types of synesthesia developed during early childhood, some developmental synesthetes also acquire sporadic synesthesias during emotional or absorbed states induced by activities such as meditation (Walsh, 2005), music listening (Cytowic & Eagleman, 2009; Flournoy, 1893; Lebeau & Richer, 2022), and sex (Cytowic, 2002a; Day, 2004; Nielsen et al., 2013). Because of their sporadic nature, these state-induced synesthesias have received much less attention than developmental synesthesia. In a previous study (Lebeau & Richer, 2022), we examined synesthetes reporting music-induced synesthesia and showed that their synesthetic concurrents (colors) were induced during strong emotional states and were often accompanied by consciousness alterations including out-of-body experiences (OBE), body schema alterations, derealization and time alterations. Musical synesthetes in that study also reported alterations of consciousness occurring in everyday life, mostly dissociative phenomena involving changes in bodily self-consciousness. This raises the possibility that other state-induced synesthesias may also be accompanied by consciousness alterations, which would provide further evidence for the hypothesis that synesthesia and consciousness alterations share common neural mechanisms (Banissy et al., 2012; Simmonds-Moore, 2019).

The present study examined state-induced synesthesia through the lens of sexual synesthesia. In sex-induced synesthesia, inducers seem to involve emotions as well as somatic sensations and concurrents are generally visual in the form of colored halos, flashes or shapes (Cytowic & Eagleman, 2009; Nielsen et al., 2013). These phenomena can occur during different phases of sexual arousal or orgasm, and different forms of stimulation during sexual intercourse (e.g., kissing, caressing). Sexual synesthetes often report that the probability of occurrence of their sexual synesthesia and the nature of concurrents depends on the arousal state and the emotional state (connection) induced by the experience (Cytowic & Eagleman, 2009; Nielsen et al., 2013). Nielsen et al. (2013) also reported that sexual synesthesia is linked to increased consciousness alterations during sexual intercourse.

Sexual synesthesia may provide a good opportunity to examine the links between synesthesia and consciousness alterations. In non-synesthetes, sexual intercourse can induce consciousness alterations including increased body awareness, lowered time awareness and an absorbed or blissful state (Costa et al., 2016; Swartz, 1994). Some women even report synesthetic perceptions and more intense consciousness alterations, including dissociative phenomena during prolonged or expanded orgasms (Sayin, 2011).

Sexual synesthesia appears to be linked to increased consciousness alterations during sexual intercourse (Nielsen et al., 2013), but there are little data on the phenomenology of these experiences, nor on the association between sexual synesthesia and consciousness alterations in daily life. The present study compared sexual synesthetes and controls on the occurrence of consciousness alterations during sexual intercourse as well as in daily life, using a semi-structured interview and standardized psychometric measure of consciousness alterations. This article is based on data presented at the Social & Affective Neuroscience Society 2023 annual meeting, Santa-Barbara, California, United States (Lebeau & Richer, 2023).

3.4 Method

3.4.1 Participants

Participants included 17 adults reporting sex-induced synesthesia (16 women; aged 27-65 yrs) and 29 controls (26 women; aged 25-59 yrs). Participants of both groups were recruited in a larger study on

emotional synesthesia and were blind to the objectives of the study. Participants were informed that the study aimed to better understand synesthesia induced in emotional contexts, and to explore psychological characteristics of people experiencing this type of synesthesia. Synesthetes were recruited via ads on social media for studies on synesthesia and from a database of participants who had previously taken part in synesthesia research. Controls were recruited through informal networks.

Groups were matched for age (synesthetes: $M = 35.5$, $SD = 8.9$; controls: $M = 33.6$, $SD = 6.5$) and gender (synesthetes: $M = 1.1$, $SD = 0.2$; controls: $M = 1.1$, $SD = 0.3$). A medical history interview was performed and participants with neurological or psychiatric disorders were excluded. None of the participants were habitual consumers of psychoactive drugs. Prior to the interview, participants were asked about their degree of discomfort about discussing their sex life. None of the synesthetes and one control decided not to participate in the study. The final sample satisfied the requirements to have a power of .80 (one-tailed test) to detect a large effect size (.80), with a significance level of .05. A large effect size was predicted on the basis that the phenomena examined are rare in the general population. The participants derived no personal benefit from participating, other than their contribution to advancing knowledge about synesthesia. The study was approved by the university's research ethics board and complies with APA ethical standards in the treatment of the sample. All participants gave their written consent to participate in the study

3.4.2 Measures

3.4.2.1 Semi-structured interview

A semi-structured interview was conducted with all the participants in order to gather qualitative information on their perceptual, cognitive, and emotional experiences during sexual intercourse as well as on consciousness alterations in everyday life. Synesthetes were asked to refer to their sexual intercourse experiences evoking synesthesia while controls were asked to refer to their strongest experiences during sexual intercourse. We defined strong experiences during sexual intercourse as intense or atypical sensory, cognitive or emotional experiences occurring during any phase of sexual intercourse. The expression 'strongest experiences' was used to help controls focus on the sexual episodes which elicited the most intense or atypical memorable phenomena in their lifetime. In

synesthetes, we also investigated the potential presence of synesthesia during onanistic practices to see if synesthesia can be triggered by other sexual activities than intercourse.

The semi-structured interview was structured in three sections investigating: 1) All types of synesthesia, 2) Manifestations during sexual intercourse 3) Consciousness alterations in daily life. Each section began with open-ended questions on manifestations, inducing stimulation and contexts, as well as history and frequency, followed by closed-ended questions on specific activities and contexts which may elicit manifestations as well as on specific alterations of consciousness which may have been experienced.

The interviews were conducted in face-to-face interaction or through online video sessions, and were audio recorded to facilitate the subsequent analysis of the data. Each interview session lasted about 60 min. A copy of the interview canvas is available in the appendix.

3.4.2.2 Synesthesia battery

All synesthetes completed an online synesthesia battery (www.synesthete.org; Eagleman et al., 2007) to validate the presence of more common developmental synesthesias (e.g., tone-color, grapheme-color etc.). All controls denied having experienced any form of developmental or state-induced synesthesia during their lifetime.

3.4.2.3 Standardized questionnaires

The OAV questionnaire was used to evaluate the intensity of subjective alterations in consciousness during sexual intercourse (Dittrich, 1998; Studerus et al., 2010). Synesthetes were asked to fill the OAV referring to their sexual intercourse experiences evoking synesthesia while controls were asked to refer to their strongest experiences during sexual intercourse. Participants had to rate each item from 0 (no, not more than usual) to 100 (yes, a lot more than usual). In a psychometric analysis, Studerus et al. (2010) identified 11 subscales in the OAV including: Impaired Control and Cognition, Blissful State, Elementary Imagery, Audiovisual Synesthesia, Disembodiment, Complex Imagery, Insightfulness, Changed Meaning of Percepts, Experience of Unity, Spiritual Experience, and Anxiety. The OAV total score was scaled from 0-10. The OAV questionnaire shows good reliability (α between .73 and .91) and validity (Studerus et al., 2010).

Since in our previous work (Lebeau & Richer, 2022) most of the alterations of consciousness reported in daily life were dissociative phenomena, we used the Dissociative Experience Scale (DES) to measure the frequency of dissociative experiences in everyday life using three dimensions: depersonalization/derealization, absorption, and identity fragmentation (Bernstein & Putnam, 1986). The participants had to report the frequency of each experience from 0 (never) to 100 (always). The total score for each participant was computed by dividing the total raw score by the number of items (i.e., 28) and the maximum score is 100. The DES has good reliability ($\alpha = .94$) and validity (Carlson et al., 1993; Darves-Bornoz et al., 1999).

3.4.3 Statistical analysis

Using the qualitative data gathered during the interviews, both groups were compared using chi-square tests on the number of participants reporting different consciousness alterations during sexual intercourse and in daily life. Synesthetes and controls were also compared on the total score of the OAV questionnaire of consciousness alterations as well as on the total score of the DES and its subscales using Mann-Whitney U tests. To correct for multiple comparisons, we applied a post-hoc Benjamini Hochberg's correction to our results.

3.5 Results

3.5.1 Developmental synesthesias

Twelve synesthetes (70.6%) showed common developmental synesthesias validated by the online synesthesia battery (grapheme-color, month-color, tone-color, etc.) along with less common types. Four synesthetes (23.6%) reported developmental synesthesias that appeared in early childhood that could not be validated with the synesthesia battery (e.g., sequence-space, phoneme-color, personality-color) but that showed very high self-report reliability when tested at a 4 to 6-month interval. Only one synesthete did not report any developmental synesthesia. Twelve synesthetes (70.6%) reported common language-color synesthesia. In addition, twelve synesthetes (70.6%) reported synesthesias in which the inducers or concurrents were interoceptive sensations including pain, visceral sensations, temperature, taste, smell and empathic touch.

3.5.2 Sexual synesthesia

Synesthetes reported that their sex-induced synesthesia consisted of colors, lights, visual patterns, shapes or scenes. The frequency of occurrence of sex-induced synesthesia varied greatly from one synesthete to the other. Synesthetes in a stable relationship ($n = 10$; 58.8%) estimated that sex-induced synesthesia occurred in 20-100% of their sexual encounters. Only two synesthetes (11.8%) reported having synesthesia during their first sexual encounter.

All synesthetes reported that for the sexual synesthesia to occur they had to feel an emotional connection, love, intimacy or trust toward their partner, and be in a very relaxed and passive state (e.g., in the missionary position, not talking, eyes closed, no extraneous sounds). Other factors reported as influencing the synesthetic experience included the level of pleasure or sexual arousal, the mood of the synesthete (e.g., naughty and romantic mood trigger different colors) and the type of stimulation (e.g., oral sex, sexual position). All synesthetes reported that their sexual synesthesia significantly increased the pleasure they experienced during sexual intercourse and the richness of the experience. Five synesthetes (29.4%) also reported synesthesia during onanistic practices (masturbation).

3.5.2.1 Consciousness alterations during sexual intercourse

Total scores on the OAV questionnaire of consciousness alterations during sexual intercourse were significantly higher in synesthetes ($Md = 3.00$) than controls, ($Md = 0.88$), $U = 41.5$, $z = -4.67$, $p < .001$, $r = .69$, indicating that synesthetes reported more intense consciousness alterations during sexual intercourse than controls. This difference is in line with previous data on sexual synesthetes (Nielsen et al., 2013).

In the interview, significantly more synesthetes (70.6%) than controls (34.5%) reported consciousness alterations during sexual intercourse (Table 1). Reported phenomena showing significant group differences included out-of-body experiences (floating above their physical body and seeing it from a bird's eye view) (synesthetes: 47.1%; controls: 13.8%) and alterations of the body schema (e.g., impression of body expanding over the physical boundaries of the room; blurred bodily boundaries; impression of having a giant head and shrunken arms; body disownership) (synesthetes: 35.3%;

controls: 3.4%). Other consciousness alterations involving time (e.g., infinite stretching or suspension of time) or space (e.g., the room expanded) did not show any group differences (Table 1).

3.5.3 Other state-induced synesthesias

A majority of synesthetes (76.5%) also reported experiencing sporadic synesthesias in other absorbed states evoked during music listening ($n = 10$; 58.8%), strong emotions (e.g., romantic breakup, intense anger) ($n = 6$; 35.3%), meditation ($n = 5$; 29.4%), childbirth ($n = 3$; 17.6%) or physical exercise ($n = 2$; 11.8%). The reported manifestations mostly consisted of visual concurrents including colors ($n = 12$; 64.7%), shapes/patterns ($n = 8$; 47.1%), or scenes/images ($n = 3$; 17.6%). Some synesthetes also reported alterations of consciousness during these absorbed states including OBEs ($n = 4$; 23.5%), alterations of the body schema ($n = 1$; 5.9%), loss of agency ($n = 1$; 5.9%), as well as time ($n = 1$; 5.9%) and space ($n = 1$; 5.9%) alterations.

3.5.4 Consciousness alterations in daily life

Synesthetes reported more frequent alterations of consciousness than controls in daily life. Total scores on the Dissociative Experience Scale (DES) were significantly higher in synesthetes ($Md = 19.11$, $n = 17$) than controls ($Md = 8.75$, $n = 29$), $U = 85.5$, $z = -3.66$, $p = .001$, $r = .54$. DES scores in controls were aligned with previous data (Ross et al., 1990). Scores on the DES subscales were also significantly higher in synesthetes; Depersonalization/derealization, $U = 94$, $z = -3.74$, $p = .003$, $r = .51$, Absorption & Imaginative involvement, $U = 102$, $z = -3.29$, $p = .003$, $r = .49$, and Amnesic Fragmentation of Identity, $U = 149.5$, $z = -2.21$, $p = .04$, $r = .33$.

In the interview, significantly more synesthetes (76.5%) than controls (17.2%) reported consciousness alterations in daily life (Table 1). Reported phenomena showing significant group differences were alterations of bodily self-consciousness, including out-of-body experiences (synesthetes: 47.1%; controls: 6.9%), alterations of the body schema (synesthetes: 47.1%; controls: 0%) (e.g., limb or body disownership; macrosomatognosia), and face depersonalization in the mirror (synesthetes: 41.2%; controls: 10.3%). Other reported phenomena did not show any significant group differences, including derealization (e.g., impression of seeing the world through a screen frame; impression of being

estranged from the environment; impression of being in a dream) and Capgras syndrome (i.e., impression that a loved one has been replaced by a double) (Table 1).

The frequency of the consciousness alterations reported by synesthetes in daily life varied from once per year to 40 times per year ($Md = 10$ per year). Two synesthetes mentioned that the feeling of an altered body schema was present for several years. Several of the consciousness alterations reported by our synesthetes (e.g. OBEs, derealization, body schema alterations) appeared in childhood, and thus pre-dated consciousness alterations induced during sexual intercourse. In controls, the reported consciousness alterations during daily life occurred rarely (i.e., 1 to 5 times per year, $Md = 2$ per year) and only during stressful periods.

In secondary analyses, we examined whether alterations in bodily self-consciousness in synesthetes were associated with specific clusters or types of synesthesia using point-biserial correlations between the frequency of alterations of bodily self-consciousness in daily life (DES subscore for OBEs, mirror depersonalization and body disownership) and the presence of synesthesia belonging to the two main clusters of developmental synesthesias reported by our synesthetes, language-color synesthesia and interoceptive synesthesia. Results showed that the frequency of alterations of bodily self-consciousness was significantly correlated to the presence of interoceptive synesthesia, $r_{pb}(15) = .497$, $p = .03$, but not to the presence of language-color synesthesia, $r_{pb}(15) = -.072$, $p = .392$.

3.6 Discussion

The present results can be summarized as follows: 1) sexual synesthesia is a sporadic type of synesthesia induced by a perceptual-emotional state and sexual synesthetes often experience other state-induced synesthesias, 2) sexual synesthesia is associated with an increased propensity for alterations in bodily self-consciousness both during sexual intercourse and in daily life, and 3) alterations in bodily self-consciousness are associated with the presence of interoceptive synesthesias.

3.6.1 Sexual synesthesia as a state-induced synesthesia

Our data confirm that sexual synesthesia lacks the automaticity of developmental synesthesia, as it is triggered sporadically during sexual intercourse episodes and its frequency varies greatly between

synesthetes. However, our sample suggests that sexual synesthesia is often associated with developmental synesthesia as well as with other state-induced synesthesias triggered intermittently during activities such as music listening or meditation.

Sexual synesthesia appears to share several features with drug-induced synesthesia (Sinke et al., 2012), including sporadicity, complex and dynamic inducers/concurrents, and the presence of concomitant consciousness alterations. Our synesthetes reported complex and dynamic inducers and concurrents which often fluctuated from one episode to another and were strongly influenced by affect. Indeed, for our synesthetes, sexual arousal was not sufficient to induce synesthesia, and it had to be accompanied by a relaxed state as well as trust and emotional connection with the partner. This suggests that the main inducer of sexual synesthesia is a perceptual-emotional state induced during sexual intimacy. Our synesthetes also reported that their visual concurrents were influenced by emotions (i.e., their level of sexual pleasure and mood) confirming previous observations in sexual synesthesia (Nielsen et al., 2013), in drug-induced synesthesia (Sinke et al., 2012), as well as in some developmental synesthesias (and suggesting that emotions can modulate the synesthetic experience, a phenomenon already mentioned in the literature (e.g., Cytowic, 1989; Hochel et al., 2009; Ward, 2004).

Finally, as with music-induced synesthesia (Lebeau & Richer, 2022) and drug-induced synesthesia (Sinke et al., 2012), sexual synesthesia is sometimes accompanied by consciousness alterations. Some manifestations reported by the present cases are similar to those commonly reported during the recreational use of psychedelic drugs such as MDMA or psilocybin linked to 5-HT_{2A} receptor stimulation. The main effects of psychedelic drugs include dissociative phenomena in addition to simple sensory phenomena and synesthesia (Liechti & Vollenweider, 2001; Luke et al., 2022; Vollenweider, 2001). Thus, one possibility is that our sexual synesthetes show a hyper-sensitivity to serotonin that predisposes them to experience alterations of consciousness exceeding what is commonly experienced in the general population during sexual intercourse and other absorbed states (e.g., labor, meditation, physical activity).

Some models of synesthesia suggest that serotonin plays a role in developmental synesthesia, as well as acquired and drug-induced synesthesia (e.g., Broggard, 2013), and thus it is reasonable to think that it could be involved in state-induced synesthesia as well. It is possible that our synesthetes

share a genetic predisposition common to all forms of developmental synesthesias and an additional predisposition to consciousness alterations in both daily life and in absorbed states.

Another potential mechanism involved in consciousness alterations reported during sexual synesthesia is a disruption of frontal cortex regulation of other brain structures. It has been shown that some consciousness alterations like time distortions, loss of the sense of self, elation and feeling of unity with the environment are associated with transient hypofrontality (Dietrich, 2003). Deactivation of frontal cortex and limbic structures has also been associated with emotional and absorbed states evoked during sexual intercourse (Georgiadis et al., 2009) and could thus contribute to sex-induced synesthesia and their associated consciousness alterations.

In summary, our data suggest that sexual synesthesia qualify as a state-induced synesthesia as it is sporadically triggered, presents with complex and dynamic inducers and concurrents, and is sometimes accompanied by consciousness alterations.

3.6.2 Alterations of bodily self-consciousness

Our qualitative data suggest that synesthetes show a higher propensity for alterations of bodily self-consciousness than controls, both during sexual synesthesia and in daily life. This propensity was not significant for other types of consciousness alterations that do not involve the body (e.g., derealization, time or space alterations). These data indicate that 1) the higher propensity of sexual synesthetes for alterations of consciousness mainly involves bodily self-consciousness, and 2) the nature of consciousness alterations is the same both in sexual synesthesia and daily life, which suggests common underlying mechanisms. Also, the tendency of sexual synesthetes to experience alterations of bodily self-consciousness both in high arousal (i.e., sexual synesthesia) and low-arousal (i.e., daily life) activities suggest they present with a cerebral substrate that make them more prone to alterations of bodily self-consciousness in different contexts. Furthermore, some of the alterations of bodily self-consciousness experienced by our synesthetes in daily life first occurred during childhood (e.g. OBEs, body schema alterations), which supports the hypothesis of a developmental predisposition to consciousness alterations. This susceptibility to alterations of bodily self-consciousness may have contributed to the development of state-induced synesthesias as well as consciousness alterations that can accompany them.

Many of our sexual synesthetes reported alterations of bodily self-consciousness during other types of state-induced synesthesia in addition to sexual intercourse. This suggests that a sub-group of developmental synesthetes show a propensity to develop state-induced synesthesia in a variety of emotional or absorbed states, in which visual concurrents are accompanied by alterations of bodily self-consciousness. It also suggests that alterations of bodily self-consciousness and state-induced synesthesia share common cerebral mechanisms.

Several brain regions can induce alterations of bodily self-consciousness when stimulated, including the middle cingulum, inferior parietal lobule, supplementary motor area, posterior insula, hippocampal/amygdala complex and precuneus (Dary et al., 2023). Some phenomena, such as out-of-body experiences, have been associated with damage to the temporoparietal junction and posterior insula (Blanke & Arzy, 2005; Heydrich & Blanke, 2013). The insula is also involved in many facets of bodily self-consciousness including self-face recognition (e.g., Devue et al., 2007) and body ownership (e.g., Tsakiris et al., 2007a), and insular anomalies have been associated with several manifestations reported by our synesthetes including dissociative phenomena (Sierra & David, 2011; Tsakiris, 2010) and alterations in bodily perception (Karnath & Baier, 2010).

Many of the brain regions involved in bodily self-consciousness are also involved in emotional/absorbed states inducing synesthesia in our participants. For example, limbic structures such as the hypothalamus, the amygdala, as well as orbitofrontal, cingulate and insular cortices are the main forebrain structures involved in sexual arousal and orgasm (e.g., Komisaruk & Whipple, 2005; Ortigue et al., 2007; Stoléro et al., 2012). Listening to pleasant music also activates structures such as the cingulate, insular, and retrosplenial cortices, as well as the hippocampus and the nucleus accumbens (Brown et al., 2004).

3.6.3 Role of interoception

In our synesthetes, the frequency of alterations of bodily self-consciousness in daily life was not predicted by the presence of common language-color synesthesias, but it was significantly linked to the presence of interoceptive synesthesias (involving pain, visceral sensations, empathic touch, temperature, taste and smell). This suggests that interoceptive synesthesias and alterations of bodily self-consciousness may share some common brain mechanisms.

Interoception contributes significantly to bodily self-consciousness (e.g., Park & Blanke, 2019; Seth, 2013). The insula is the primary region processing interoceptive signals and is part of a broad cerebral network including temporoparietal junction, premotor area, and intraparietal sulcus involved in exteroceptive and interoceptive multisensory integration and bodily self-consciousness including body ownership and self-location (e.g., Blanke et al., 2015). It has been shown that disturbance of interoceptive signals can lead to alterations of body ownership or self-location (e.g., Aspell et al., 2013; Ronchi et al., 2015). Furthermore, there is evidence that interoceptive awareness modulates the on-line integration of multisensory body percepts (Tsakiris et al., 2011).

Thus, one could speculate that many sexual synesthetes may present aberrant processing of interoceptive sensations which can lead to intermittent alterations of bodily self-consciousness. This aberrant interoceptive processing may also be involved in the development of state-induced synesthesia in a sub-group of developmental synesthetes, since states that induce these synesthesias such as meditation, childbirth, strong emotions (e.g., romantic breakup, intense anger), sexual intercourse, or music listening also involve significant interoceptive activity.

3.6.4 Future directions

Several questions regarding state-induced synesthesia remain unanswered. First, are state-induced synesthesias a special sub-group of synesthesia? More precisely, are alterations of bodily self-consciousness specific to state-induced synesthesia or are they present in other types of synesthesia and must interoceptive synesthesia be present to observe a high prevalence of alterations of bodily self-consciousness? Secondly, what are the biological or psychological predictors of state-induced synesthesia in developmental synesthetes? Does state-induced synesthesia emerge in developmental synesthetes following highly emotional events or in synesthetes with hyperexcitability in emotional brain systems? Finally, do state-induced synesthesia and alterations of bodily self-consciousness share similar developmental mechanisms, and do they emerge together during childhood in synesthetes with specific characteristics? In addition, future work on alterations of bodily self-consciousness in synesthetes could focus on hyperconnectivity or hyperexcitability of interoceptive brain networks using neuroimaging measures as well as measures of interoceptive processing at rest or during the induction of consciousness alterations.

3.6.5 Implications for psychopathology

Alterations of bodily self-consciousness reported by our sexual synesthetes are often found in psychiatric disorders including dissociative disorders, schizophrenia and PTSD (e.g. Blackmore, 1986; Mudgal et al., 2021; Rabellino et al., 2018; Stanghellini et al., 2014). Furthermore, some studies have also reported an association between the presence of synesthesia and high schizotypy scores (Banissy et al., 2012; Simmonds-Moore et al., 2019), suggesting that some synesthetes have a significant tendency to experience unusual phenomena such as hallucinations, perceptual aberrations, and paranormal beliefs. Considering all the above, state-induced synesthesia could potentially provide a non-pathological model to study the brain mechanisms of alterations of consciousness in general, with a particular emphasis on bodily self-consciousness.

3.6.6 Limitations

The small sample size and the subjective quality of the reported experiences limit the generalization of the results. However, the phenomena reported showed many similarities among the synesthetes interviewed and some of them were extremely rare or absent in controls.

Another limitation concerns the comparability of the two groups. First, the examiner was not blind to group membership, which may have affected the responses of participants or their interpretation by the examiner. Secondly, it is possible that the different recruitment methods have led to a heterogeneity between the two groups in the degree of discomfort in disclosing information about intimate experiences (sex life, emotions) or unusual experiences (consciousness alterations). However, participants were asked about their degree of discomfort about discussing their sex life prior to the interview and both controls and synesthetes reported that they felt comfortable discussing phenomena related to their sexual activities. Furthermore, consciousness alterations reported in everyday life were highly coherent with the ones reported during sexual intercourse. Finally, the questionnaire measures of consciousness alterations corroborated the qualitative data obtained in the interviews and were also in line with published data.

3.7 Conclusion

The present cases suggest that sexual synesthesia is often associated with other state-induced synesthesias, as well as alterations of bodily self-consciousness concomitant with visual

synesthetic manifestations as well as in daily life. These observations are consistent with the hypothesis of a shared neural substrate between state-induced synesthesia and alterations in bodily self-consciousness.

Table 3.1 Consciousness alterations reported by synesthetes and controls

Phenomena	Proportions of participants		χ^2	p	Φ
	Synesthetes	Controls			
During sexual intercourse					
Any experience	70.6%	34.5%	5.59	.03*	.35
OBEs	47.1%	13.8%	6.15	.03*	.37
Alterations of body schema	35.3%	3.4%	8.43	.02*	.43
Time alterations	35.3%	24.1%	0.66	.33	.12
Space alterations	11.8%	0%	3.57	.15	.28
In daily life					
Any experience	76.5%	17.2%	15.79	.0007**	.59
OBEs	47.1%	6.9%	10.16	.008**	.47
Alterations of body schema	47.1%	0%	16.52	.0007**	.59
Mirror depersonalization	41.2%	10.3%	5.99	.03*	.36
Derealization	17.6%	3.4%	2.72	.15	.24
Capgras syndrome	17.6%	0%	5.48	.06	.35

*Significance: * $p < .05$; ** $p < .01$; effect size (Φ): Around .10 → small effect, around .30 → medium effect, around .50 → large effect.*

CHAPITRE 4

DISCUSSION

L'objectif général de la présente thèse était de mieux comprendre la phénoménologie des synesthésies sporadiques induites lors d'états émotionnels (SIE) en explorant les émotions et les altérations de la conscience qui leur sont rattachées. Plus précisément, nous voulions vérifier l'hypothèse selon laquelle les individus rapportant des SIEs présenteraient une susceptibilité aux altérations de la conscience. Pour ce faire, nous avons comparé un groupe de synesthètes musicaux et un groupe de synesthètes sexuels à des individus non-synesthètes à l'aide d'entrevues semi-structurées et de questionnaires standardisés évaluant les altérations de la conscience.

4.1 Première étude – Les synesthésies musicales

Dans la population générale, la musique peut induire des expériences intenses sous forme de sensations, d'émotions ou d'altérations de la conscience (ex. Panksepp, 1995; Gabrielsson & Wik, 2003 ; Herbert, 2016). Nos observations suggèrent cependant que les émotions et les altérations de la conscience vécues par les synesthètes musicaux sont plus intenses, plus exceptionnelles et plus fréquentes que chez les non-synesthètes. En effet, les émotions rapportées par nos synesthètes lors de l'écoute musicale incluent l'euphorie, la peur, le dégoût, l'amour et les pleurs, alors que les manifestations émotionnelles rapportées par les contrôles sont plus tempérées et se limitent à des frissons, de la joie, de la nostalgie et un état d'absorption. Les synesthètes musicaux, contrairement aux contrôles, rapportent également spontanément des altérations de la conscience lors de l'écoute musicale, incluant des expériences-hors-corps, une altération du temps, de la dépersonnalisation et une altération du sentiment de posséder un membre (*limb ownership*).

Les synesthètes ont mentionné vivre des expériences exceptionnelles (c.-à-d. fortes émotions et/ou altérations de la conscience) dans 50-100% des épisodes d'écoute musicale, alors que cette fréquence chute à 0-10% chez les contrôles. Chez les synesthètes, les expériences exceptionnelles lors de l'écoute musicale semblent déclenchées par les caractéristiques acoustiques de la musique, alors qu'elles semblent plutôt rattachées à un souvenir spécifique ou à une période de vie précise chez les contrôles. Finalement, les synesthètes ont rapporté une modulation bi-directionnelle

réci-proque entre leurs concurrents synesthésiques et les émotions lors de l'écoute musicale : les émotions vécues influencent les concurrents visuels, qui peuvent à leur tour altérer les émotions.

La majorité des synesthètes (64%) a également rapporté des altérations de la conscience dans la vie quotidienne incluant des expériences hors-corps, de la dépersonnalisation dans le miroir, une altération du temps et/ou de l'espace, une perte du sentiment d'agence, de l'amnésie dissociative, une impression de présence et un syndrome de Capgras. Parmi ces synesthètes, 86% ont rapporté au moins un phénomène impliquant une altération de la conscience corporelle. Aucun des participants du groupe contrôle n'a rapporté d'altérations de la conscience dans la vie quotidienne.

Une majorité des synesthètes musicaux (73%) a aussi rapporté d'autres synesthésies impliquant des sensations intéroceptives comme le goût, l'olfaction, la douleur et le toucher empathique. Des analyses secondaires (Lebeau et al., 2026) ont démontré que ces synesthésies intéroceptives prédisent la fréquence des altérations de la conscience corporelle au quotidien, alors que ce n'est pas le cas pour d'autres synesthésies communes de type « langage-couleur ».

4.2 Deuxième étude – Les synesthésies sexuelles

Nos observations confirment que la synesthésie sexuelle est une forme sporadique de synesthésie pouvant être acquise par les synesthètes développementaux après l'enfance. Chez nos synesthètes, l'excitation sexuelle à elle seule et les rapports sexuels désengagés ou expéditifs ne permettent pas d'induire de synesthésie sexuelle. Afin de générer de la synesthésie, l'excitation sexuelle doit être accompagnée d'une connexion émotionnelle, d'un sentiment d'intimité ou de confiance envers leur partenaire. De plus, un état détendu et passif lors de l'acte sexuel (ex. en position du missionnaire, sans parler, les yeux fermés, dans un environnement tranquille) semble plus propice à l'induction de synesthésie. Ainsi, la synesthésie sexuelle semble être induite par la présence concomitante de stimulation sensorielle et d'un état affectif spécifique, plutôt qu'uniquement par des stimuli tactiles/somesthésiques.

Nos résultats indiquent également que la synesthésie sexuelle est souvent accompagnée d'altérations de la conscience qui se distinguent de ce qui est communément rapporté dans la population générale lors de l'acte sexuel. Chez les non-synesthètes, les rapports sexuels peuvent

induire des états émotionnels et des altérations de la conscience modérés incluant l'absorption, de légères altérations de la perception du temps et de l'espace ou un sentiment de béatitude (ex. Costa et al., 2016). Cependant, nos synesthètes sexuels rapportent des phénomènes plus intenses et plus élaborés lors des rapports sexuels, incluant une forte propension aux expériences hors-corps, de sévères altérations de la perception de l'espace et du schéma corporel, ainsi qu'une perte de sentiment d'agence concomitants à leurs concurrents synesthésiques visuels. De plus, ils rapportent des altérations de la conscience plus fréquentes et plus exceptionnelles dans la vie quotidienne, incluant, entre autres, des phénomènes dissociatifs (ex. expériences hors-corps, dépersonnalisation dans le miroir, déréalisation, syndrome de Capgras etc.) et des hallucinations corporelles (c.-à-d. altérations du schéma corporel). Comparés aux contrôles, les synesthètes sexuels présentent une propension marquée à vivre des altérations de la conscience corporelle (ex. altération du schéma corporel, expériences hors-corps) à la fois lors de l'acte sexuel et dans la vie quotidienne.

Fait intéressant, la majorité des synesthètes sexuels rencontrés dans le cadre de ce projet de recherche ont mentionné faire l'expérience d'autres synesthésies sporadiques lors de la méditation, de l'écoute musicale, de l'accouchement ou de l'exercice physique, des états impliquant les émotions ou les sensations intéroceptives. La plupart de nos synesthètes ont également rapporté d'autres types de synesthésies impliquant des sensations intéroceptives, incluant le goût, l'olfaction, le toucher empathique, les sensations viscérales (ex : nausées), la température corporelle et la douleur. La présence de ces synesthésies intéroceptives prédit la fréquence des altérations de la conscience corporelle au quotidien, alors que ce n'est pas le cas pour d'autres synesthésies communes de type « langage-couleur ».

4.3 Phénomènes communs aux SIEs musicales et sexuelles

Nos données suggèrent la présence de plusieurs manifestations communes aux SIEs musicales et sexuelles, incluant :

- 1) La présence de concurrents synesthésiques de modalité visuelle
- 2) Une modulation/médiation des synesthésies par les émotions
- 3) La présence de sensations intéroceptives
- 4) La présence d'altérations de la conscience

4.3.1 La présence de concurrents synesthésiques de modalité visuelle

Puisque la majorité des concurrents rapportés par nos participants lors des SIEs sont de modalité visuelle, il est probable qu'une hyperexcitabilité des cortex visuels puisse être en jeu dans ce type de synesthésie. Certains travaux précédents ont d'ailleurs proposé un lien entre les concurrents synesthésiques visuels et l'hyperexcitabilité des aires visuelles (Terhune et al., 2011). De plus, la neige visuelle, un phénomène neurologique lié à l'hyperactivité du cortex visuel, a également été associée à la synesthésie et à la présence d'altérations de la conscience (Costa et al., 2022). Il est donc possible que l'hyperexcitabilité du cortex visuel facilite à la fois les phénomènes visuels rapportés par nos participants ainsi que leur propension à vivre des altérations de la conscience.

D'autres travaux mettent cependant en évidence le fait que certains concurrents synesthésiques visuels (c.-à-d. couleurs) soient associés à une activation de structures paralimbiques comme le cortex rétrosplénial plutôt qu'à des zones du cortex visuel spécialisées dans le traitement des couleurs (Hupé et al., 2012). Le cortex rétrosplénial est associé à la détection de stimuli émotionnellement saillants (Maddock, 1999), renforçant ainsi le possible rôle joué par les émotions dans la synesthésie. De plus, les nombreuses connexions entre les structures limbiques et le cortex visuel (Dionisio et al., 2019) pourraient aussi jouer un rôle dans les influences bidirectionnelles entre les concurrents visuels et les émotions ressenties lors des SIEs.

4.3.2 Une modulation/médiation des synesthésies par les émotions

Les émotions semblent être un élément central aux SIEs, bien que leur rôle spécifique soit difficile à établir clairement.

Certains indices nous permettent de croire que les émotions jouent un rôle de modulateur des associations synesthésiques. Par exemple, plusieurs de nos synesthètes musicaux ont rapporté une interaction bidirectionnelle entre les émotions intenses vécues lors de l'écoute musicale (ex. dégoût, pleurs, euphorie) et les concurrents synesthésiques (c.-à-d. formes, couleurs etc.). Ainsi, les concurrents synesthésiques semblent participer aux émotions intenses vécues lors de l'écoute musicale, et ces émotions contribuent également à modifier les concurrents visuels, ce qui suggère

une modulation de l'expérience synesthésique par les émotions. De plus, chez certains synesthètes sexuels, l'humeur lors de l'acte sexuel semble affecter les concurrents synesthésiques (ex. des couleurs différentes sont déclenchées par une humeur coquine ou romantique), ce qui suggère que l'affect module la synesthésie. Ces données sont cohérentes avec celles de Nielsen et al. (2013), qui rapportent une modification des concurrents synesthésiques en fonction des émotions vécues lors des différents stades d'excitation sexuelle.

Il est également possible de croire que les émotions jouent un rôle de médiateur essentiel à la génération de la synesthésie en permettant de faire le pont entre les inducteurs et les concurrents. Par exemple, les synesthètes sexuels ont rapporté que le plaisir physique était insuffisant à lui seul pour déclencher les synesthésies, et qu'un état émotionnel particulier incluant un sentiment de sécurité, une confiance en leur partenaire ainsi qu'un état détendu et passif étaient nécessaires à l'induction de leurs synesthésies lors de l'acte sexuel. La plupart des synesthètes musicaux, quant à eux, ont déclaré que leurs synesthésies et émotions fortes étaient déclenchées par les caractéristiques acoustiques de la musique, et que ces trois éléments partageaient une valence émotionnelle commune. Par exemple, chez l'une de nos synesthètes, l'écoute d'une musique déplaisante induit un fort sentiment de dégoût et des concurrents synesthésiques visuels qualifiés d'anxiogènes (ex. des centaines de petits trous). Il est donc possible de croire qu'ici le sentiment de dégoût intense joue le rôle de médiateur entre la musique entendue et les concurrents visuels, bien qu'il soit impossible d'en être assuré.

Par ailleurs, il est pertinent de s'interroger sur la possibilité que les concurrents synesthésiques visuels soient la cause des émotions intenses vécues, et non l'inverse. Dans l'exemple que nous venons d'évoquer, les caractéristiques acoustiques de la musique pourraient, selon cette hypothèse, induire les concurrents synesthésiques visuels anxiogènes, qui eux entraîneraient un sentiment de dégoût profond. La possibilité que les concurrents visuels génèrent des émotions est partiellement soutenue par un phénomène souvent rapporté dans la littérature sur la synesthésie : les émotions générées par la congruence ou l'incongruence du concurrent. Ainsi, il est courant que les synesthètes développementaux graphème-couleur rapportent un sentiment de bien-être et de justesse (*rightness*) lorsque l'inducteur est représenté dans une couleur congruente à son concurrent (ex. la lettre D induit la couleur verte et est représentée en vert). À l'inverse, un sentiment d'inconfort et de discordance est rapporté lorsque l'inducteur est représenté dans une couleur

incongruente à son concurrent (ex. la lettre D induit la couleur verte mais est représentée en rouge). Dans ces exemples, les caractéristiques visuelles des concurrents créent les sentiments d'exactitude ou de discordance vécus, et non l'inverse.

Cette difficulté à identifier clairement le rôle joué par les émotions dans les associations synesthésiques est souvent retrouvée lors de la synesthésie induite par la consommation de substances psychédéliques, où des interactions réciproques entre les émotions et les concurrents synesthésiques sont déclenchés par l'état d'intoxication (Sinke et al., 2012).

Il est également important de se demander si une intensité émotionnelle élevée est nécessaire et suffisante au déclenchement des SIEs. Plusieurs de nos synesthètes musicaux et sexuels rapportent des SIEs dans d'autres contextes (ex. accouchement, rupture amoureuse, crise de colère) qui s'avèrent fortement chargés en émotions. Ceci suggère que l'écoute musicale et les relations sexuelles ne représentent que deux contextes parmi d'autres ayant le pouvoir d'induire de la synesthésie. Cela suggère également qu'une intensité émotionnelle élevée semble être essentielle au déclenchement de certaines SIEs, alors que la valence émotionnelle (c.-à-d. émotions positives vs. négatives) et la spécificité des émotions vécues ne semblent pas être déterminantes. En effet, des SIEs semblent déclenchées à la fois en lien avec des émotions hautement positives (ex. euphorie) et négatives (ex. colère ou tristesse intense).

On peut dès lors se demander si l'intensité émotionnelle est suffisante à elle seule pour déclencher les SIEs (c.-à-d. elle est l'inducteur unique) ou si elle doit être pairée à des stimuli sensoriels qui sont les véritables inducteurs. Certains des contextes déclencheurs des SIEs, comme l'écoute musicale, les relations sexuelles ou l'accouchement, comportent des informations sensorielles claires et identifiables (ex : musique, toucher érotique/plaisir physique, douleur) qui pourraient agir en tant qu'inducteurs principaux puisqu'ils ont un impact direct sur les concurrents visuels (ex. les caractéristiques acoustiques de la musique déterminent les couleurs et les formes perçues; les concurrents visuels varient en fonction du type de contact tactile lors de l'acte sexuel etc.). Par ailleurs, certains contextes déclencheurs, tels que les crises de colère ou la rupture amoureuse semblent plutôt comporter uniquement une forte charge émotionnelle, ce qui suggère qu'un inducteur de nature sensorielle évident et identifiable n'est pas toujours nécessaire. Cependant, si l'intensité émotionnelle était suffisante au déclenchement des SIEs, on pourrait s'attendre à ce que

l'ensemble de nos synesthètes présente des SIEs induites par tous les contextes fortement chargés en émotions, ce qui n'est pas le cas. Il semble donc impossible, pour l'instant, de déterminer avec conviction les conditions précises d'induction et de déclenchement des SIEs.

Par ailleurs, certains contextes déclencheurs des SIEs (ex. activité physique intense, méditation) ne semblent pas comporter une charge émotionnelle importante, ce qui suggère que l'intensité émotionnelle n'est pas toujours nécessaire au déclenchement des SIEs, et que les différents contextes déclencheurs sont liés par un autre dénominateur commun.

4.3.3 La présence de sensations intéroceptives

L'ensemble des contextes déclencheurs des SIEs rapportés par nos synesthètes comportent des changements intéroceptifs importants. En effet, les états intenses vécus lors de l'écoute musicale sont parfois décrits comme extatiques (Becker, 2004, pp.61-62) et comportent des réactions physiologiques autonomes telles que des tensions musculaires, des altérations du pouls, de la respiration ou de la réaction électrodermale, ainsi que des frissons (*chills*) et un sentiment d'excitation (*thrills*) (Blood & Zatorre, 2001; Craig, 2005; Guhn et al., 2007; Hodges, 2016). Une activation du système nerveux autonome similaire est retrouvée lors de l'excitation sexuelle et de l'orgasme (revue par Courtois & Dubray, 2014). De plus, l'ensemble des autres contextes déclencheurs des SIEs rapportés par nos synesthètes (c.-à-d. accouchement, activité physique intense, méditation, émotions intenses) impliquent une composante intéroceptive évidente. On peut donc émettre l'hypothèse que des changements intéroceptifs importants participent au déclenchement des SIEs.

Fait intéressant, une majorité de nos synesthètes musicaux et sexuels rapportent également des synesthésies développementales impliquant des sensations intéroceptives. Nous avons inclus dans cette catégorie toutes les synesthésies impliquant la douleur, les sensations viscérales, la température corporelle, le toucher empathique, ainsi que le goût et l'olfaction, car ces sens chimiques présentent des composantes intéroceptives importantes agissant sur le système nerveux autonome (ex. salivation, digestion) et sur les réponses émotionnelles (ex. aversion, appétence). Chez nos synesthètes, des analyses secondaires ont démontré que ces synesthésies intéroceptives prédisaient la fréquence des altérations de la conscience corporelle au quotidien, alors que ce n'était

pas le cas pour des synesthésies communes de type « langage-couleur » (Lebeau et al., 2026). Considérant que ces synesthésies intéroceptives sont présentes depuis l'enfance, il est plausible que nos synesthètes présentent des altérations dans les réseaux cérébraux impliqués dans le traitement de l'intéroception. Des travaux futurs devraient vérifier si ces altérations des réseaux cérébraux intéroceptifs contribuent au développement des SIEs et/ou des altérations de la conscience qui leurs sont associées.

Les signaux intéroceptifs proviennent de multiples récepteurs (ex. mécanorécepteurs, thermorécepteurs, chémorécepteurs etc.) et de terminaisons nerveuses libres dispersés dans tout le corps (Berntson & Khalsa, 2021). Ils contribuent à l'homéostasie en fournissant des informations sur l'activité viscérale et vasculaire, mais aussi sur la douleur, les sensations tactiles et chimiques, la température corporelle, les variations de la pression sanguine et l'état hormonal. Les réseaux cérébraux impliqués dans l'intéroception (c.-à-d. état interne du corps) et l'allostasie (c.-à-d. processus physiologiques permettant de conserver/rétablir l'homéostasie) incluent de nombreuses structures telles que, entre autres, le cortex cingulaire, l'amygdale, l'hypothalamus, le tronc cérébral et l'insula, cette dernière étant le cortex intéroceptif primaire (Kleckner et al., 2017). Plusieurs de ces structures cérébrales sont également impliquées dans le traitement des émotions et dans les altérations de la conscience (ex. Dary et al., 2023).

4.3.4 La présence d'altérations de la conscience

Un des éléments centraux mis en lumière par ce projet de recherche est la plus grande intensité et fréquence des altérations de la conscience vécues par les synesthètes en comparaison aux contrôles. Nos synesthètes rapportent également des phénomènes plus exceptionnels que ceux mentionnés par le groupe contrôle.

Les altérations de la conscience rapportées par nos synesthètes touchent plusieurs des composantes de la conscience (ex. Faivre et al., 2017; Gallagher, 2000; Schaller et al., 2021), notamment l'expérience consciente sensorielle, la conscience corporelle (*bodily self-consciousness*) et la conscience du soi cognitif. Cependant, nos données semblent indiquer une propension accrue de nos synesthètes à présenter des altérations de la conscience corporelle importantes, alors que ce n'est pas le cas chez les contrôles. Ces résultats portent à croire que les individus rapportant des

SIEs présentent certaines particularités les prédisposant aux altérations de la conscience en général, et aux perturbations de la conscience corporelle en particulier.

4.3.4.1 Altérations de l'expérience consciente sensorielle

Par définition, les concurrents visuels rapportés par nos synesthètes lors de l'écoute musicale et de l'acte sexuel (c.-à-d. couleurs, formes, scènes etc.) constituent des altérations de l'expérience consciente sensorielle. D'autres hallucinations en modalité visuelle impliquant des altérations de l'espace ont également été mentionnées par nos synesthètes lors de leurs SIEs ce qui suggère, comme mentionné précédemment, une activité du cortex visuel importante lors des synesthésies. Par ailleurs, aucune altération sensorielle impliquant l'ouïe, l'odorat, le toucher ou le goût n'a été rapportée lors des SIEs. De plus, à l'exception de leurs synesthésies développementales et de quelques rares altérations de la perception de l'espace, aucune altération de la conscience sensorielle n'a été rapportée au quotidien.

4.3.4.2 Altérations de la conscience corporelle

Nos données suggèrent que nos synesthètes présentent une plus grande propension aux altérations de la conscience corporelle que les contrôles, à la fois lors des SIEs et dans la vie quotidienne. Les phénomènes rapportés touchent l'ensemble des composantes de la conscience corporelle et incluent des expériences hors-corps, des altérations du schéma corporel, et une perte du sentiment d'agence ou de l'appartenance corporelle.

4.3.4.2.1 Expériences hors-corps

Lors d'une expérience hors-corps (EHC), un individu a l'impression subjective que son soi (*self*) se situe à l'extérieur de son corps physique, généralement au-dessus de ce dernier. Il s'identifie alors à ce double de lui-même et perçoit l'environnement à partir du point de vue égocentrique de ce « double » (c.-à-d. il voit son corps en contrebas ainsi que le reste de la pièce via une perspective dite en vol d'oiseau). Ainsi, l'expérience hors-corps comprend non seulement une impression de désincarnation, mais également une altération de la perception du corps dans l'espace et de la perspective visuelle égocentrique. L'expérience hors-corps semble associée à des atteintes de la jonction temporo-pariétale droite (Ionta et al., 2011), une zone d'intégration multisensorielle impliquée dans le traitement des informations visuo-spatiales et vestibulaires, de la représentation

mentale de son propre corps, de la perception et du mouvement du corps, ainsi que du sentiment d'agence (ex. Blanke & Arzy, 2005). Plus précisément, De Ridder et al. (2007) ont rapporté l'induction d'expériences hors-corps par la stimulation du gyrus temporal supérieur et de la jonction des gyri angulaire et supramarginal. Pour leur part, Blanke et al. (2002) ont démontré que la stimulation du gyrus angulaire droit chez une patiente épileptique induisait des expériences hors-corps, en plus de manifestations vestibulaires et somatosensorielles complexes (ex. l'impression de « couler » (*sinking*) dans le lit; l'impression que ses jambes deviennent plus courtes ou se déplacent rapidement vers elle). Par ailleurs, des expériences hors-corps ont également été induites par stimulation de l'insula antérieure chez un patient épileptique (Yu et al., 2018) et l'insula postérieure semble impliquée dans le phénomène d'héautoscopie durant lequel un individu perçoit un double de lui-même. Cette illusion visuelle est accompagnée d'un fort sentiment d'appartenance au double ainsi que d'une impression d'exister et de percevoir le monde à partir de deux perspectives simultanément (c.-à-d. le point de vue égocentrique du corps et du double).

L'implication du système vestibulaire semble également intimement liée à l'induction d'expériences hors-corps (ex. Lopez & Elzière., 2018). Par exemple, l'ensemble des patients évalués par Blanke et al. (2004) ont rapporté diverses manifestations vestibulaires en concomitance avec leurs EHCs, incluant une impression de voler ou de flotter, des vertiges, ainsi que des sensations de lourdeur ou l'impression de tomber. Dans une autre étude, Lopez et Elzière (2018) ont démontré une occurrence d'EHCs significativement plus élevée chez un groupe de patients souffrant de troubles vestibulaires (c.-à-d. étourdissements) en comparaison à un groupe contrôle, ce qui suggère que les troubles vestibulaires pourraient en partie être des facteurs précipitants des EHCs. De plus, des tests comportementaux ont démontré que l'impression subjective d'orientation du corps dans l'espace ainsi que la perspective égocentrique pouvaient être altérées lors d'incohérence entre les signaux visuels et vestibulaires (Ionta et al., 2011; Pfeiffer et al., 2013).

Des impressions d'altération de la position du corps (c.-à-d. impression de lévitation sans changements visuels) peuvent également être déclenchées par la stimulation de la région pariétale médiane (Richer et al., 1993). Le cortex pariétal semble d'ailleurs être la seule zone dont la stimulation induit des perturbations de l'ensemble des composantes de la conscience corporelle (Dary et al., 2023).

4.3.4.2.2 Appartenance corporelle et sentiment d'agence

Le sentiment d'appartenance corporelle (*body ownership*) et le sentiment d'agence sont deux construits distincts qui impliquent des réseaux neuronaux différents. L'appartenance corporelle est une expérience préréflexive qui fait référence au sentiment que son propre corps soit la source des sensations et des mouvements vécus, qu'ils soient volontaires ou non (ex. *je* ressens le toucher, *je* sens que *mon* corps bouge). L'appartenance corporelle implique une forte composante afférente - via les différents signaux périphériques qui renseignent en permanence sur l'état du corps - et est présente à la fois lors des actions volontaires et des expériences passives. Le sentiment d'agence, quant à lui, fait référence à l'impression d'être l'auteur de ses propres mouvements et d'être en contrôle de ses actions et de leurs effets sur l'environnement. Il implique une forte composante efférente via la commande motrice précédant le mouvement volontaire (revue par Tsakiris et al., 2007b). Ainsi, le sentiment d'agence implique nécessairement l'appartenance corporelle (je sais que je contrôle mon propre corps), alors que l'appartenance corporelle n'implique pas le sentiment d'agence puisque ce dernier nécessite la présence d'actions volontaires. Une perte du sentiment d'agence entraîne donc automatiquement une altération de l'appartenance corporelle, alors que l'inverse n'est pas vrai. Ainsi, il est possible que l'appartenance corporelle joue un rôle important dans les autres composantes de la conscience corporelle (sentiment d'agence, perspective à la première personne, schéma corporel, position du corps dans l'espace) et que sa perturbation puisse entraîner des altérations dans ces autres composantes.

Certains travaux suggèrent que le réseau cérébral spécifique au sentiment d'appartenance corporelle impliquerait le lobule pariétal inférieur gauche (Seghezzi et al., 2019) et la zone corporelle extra-striée gauche, une région focale sélective dans le cortex occipito-temporal qui réagit fortement aux images du corps humain et des parties du corps en comparaison aux autres classes de stimuli. Le réseau neuronal impliqué dans le sentiment d'agence, pour sa part, comprendrait l'aire motrice supplémentaire gauche, l'insula postérieure gauche, le gyrus postcentral droit, et le lobe temporal supérieur droit (Seghezzi et al., 2019). Ainsi, l'appartenance corporelle mettrait en jeu un réseau neuronal où l'intégration de divers stimuli sensoriels permettrait l'auto-attribution, alors que le sentiment d'agence mettrait en jeu principalement les aires prémotrices et sensorimotrices généralement impliquée dans la prédiction des actions motrices et leur évaluation (*monitoring*). Finalement, l'appartenance corporelle et le sentiment

d'agence seraient intégrés dans l'insula médiane gauche (Seghezzi et al., 2019), une structure d'intégration multisensorielle impliquée dans la conscience de manière plus générale (Craig, 2009). Dans la même ligne d'idée, l'étude de patients atteints d'hémi-parésie/hémiplégie suggèrent que la conscience de posséder un membre et l'auto-attribution de mouvements impliquent l'insula postérieure droite (Baier & Karnath, 2008; Karnath & Baier, 2010). Tsakiris et al., (2007a) ont également rapporté l'implication de l'insula postérieure droite et de l'opercule frontal droit dans l'impression de posséder un membre.

4.3.4.2.3 Distorsions du schéma corporel

L'insula est impliquée dans le traitement de l'image corporelle. Elle participe, avec le cortex frontal droit, à la reconnaissance de son propre visage/corps (ex. Devue et al., 2007). Des anomalies insulaires ont également été associées à des perturbation du schéma corporel chez des patients souffrant d'hémi-parésie/hémiplégie qui mentionnent parfois que leur membre paralysé appartient à quelqu'un d'autre (Karnath & Baier, 2010). D'autres perturbations du schéma corporel parfois retrouvées chez des patients épileptiques ou migraineux, telles que l'impression qu'un membre est détaché du tronc ou que le corps est sectionné en deux parties par le milieu (Heydrich et al., 2010; Podoll & Robinson, 2002) impliquent plutôt les cortex moteur primaire, prémoteur et pariétal, en plus de structures sous-corticales. Une impression subjective de changement de la taille du corps a également été associée à une activation des régions pariétales (c.-à-d. les cortex qui tapissent les sillons post-central et intrapariétal antérieurs) lors de tests comportementaux induisant une perturbation de l'intégration multisensorielle (Ehrsson et al., 2005). Finalement, des altérations subjectives de la taille de membres (c.-à-d. mains) peuvent être induites par stimulation vestibulaire calorique (Lopez et al., 2012), soulignant le rôle du système vestibulaire dans de multiples facettes de la conscience corporelle.

4.3.4.3 Altérations de la conscience du soi cognitif

Nos synesthètes présentent une propension à certaines altérations de la conscience du soi cognitif telles que la dépersonnalisation lorsqu'ils contemplent leur reflet dans le miroir et le syndrome de Capgras. Ces phénomènes entraînent une perturbation des pensées, des connaissances et des émotions liés à la reconnaissance de soi et de son identité.

4.3.4.3.1 Dépersonnalisation dans le miroir et syndrome de Capgras

Lors de dépersonnalisation dans le miroir et du syndrome de Capgras une « dissonance » entre les fonctions perceptuelles conservées et le contenu émotionnel qui leur est normalement rattaché est probable (Price & Mesulam, 1985). La reconnaissance d'un visage nécessite de multiples étapes de traitement des informations (Caputo, 2023). Les traits morphologiques faciaux sont extraits de l'image et réorganisés en un tout cohérent dans le cortex fusiforme et le sillon temporal supérieur. Puis, l'identité du visage est récupérée, et associée à des informations cognitives et affectives. Une perturbation des connexions entre les aires corticales associatives multimodales et les structures du système limbique et paralimbique a été postulée pour expliquer à la fois le syndrome de Capgras et la dépersonnalisation dans le miroir (Price & Mesulam, 1985). Selon cette hypothèse, l'individu reconnaît visuellement les traits morphologiques du visage, mais pas la signification émotionnelle de ce même stimulus (il n'a pas l'impression ou le sentiment affectif de connaître cet individu).

Fait intéressant, le syndrome de Capgras et la dépersonnalisation dans le miroir semblent tous deux impliquer une composante intéroceptive importante. En effet, le syndrome de Capgras semble associé à une réponse autonome réduite lors de la visualisation de visages (Bauer, 1982). De plus, Ellis et al. (1997) ont démontré que les individus souffrant du syndrome de Capgras, contrairement à des contrôles sains et psychiatriques, présentent une réponse électrodermale identique lors de la visualisation de visages familiers et non familiers. Cette hyporéactivité autonome face à des stimuli émotionnellement saillants (c.-à-d. visages familiers) semble être circonscrite et ne pas s'appliquer à des perceptions d'autres modalités sensorielles, puisque les patients Capgras présentent une réponse électrodermale normale à d'autres types de stimuli saillants comme les sons (Ellis et al., 1997; Hirstein & Ramachandran, 1997).

Le phénomène de dépersonnalisation dans le miroir comporte une dimension corporelle importante : un sentiment d'agence et une composante intéroceptive - sous la forme de l'intégration des stimuli extéroceptifs et intéroceptifs - qui permettent la reconnaissance du « soi ». (ex. Caputo, 2023; Maister & Ciaunica, 2025). Il est donc raisonnable de concevoir que la dépersonnalisation dans le miroir comporte à la fois des composantes de la conscience corporelle et de la conscience du soi cognitif, et qu'une perturbation des signaux intéroceptifs – ou de l'intégration

multisensorielle - pourrait à la fois entraîner des altérations de la conscience corporelle et des perturbations identitaires comme celles rapportées par nos synesthètes lors de la visualisation de leur reflet dans le miroir.

4.4 Les SIEs : un sous-type de synesthésie

Les SIEs rapportées dans ces études ne remplissent pas les critères d'automatisme et de constance de la synesthésie développementale, ne sont pas acquises suite à une lésion cérébrale et ne découlent pas de la consommation de substances psychoactives. Elles ne correspondent donc à aucune des catégories de synesthésie existantes actuellement dans la littérature et devraient être considérées comme un sous-type de synesthésie présentant des caractéristiques particulières. En effet, les SIEs semblent présenter des inducteurs et des concurrents plus complexes et plus dynamiques (c.-à-d. qui peuvent varier d'une expérience à l'autre et au sein de la même expérience; qui ne sont pas nécessairement présents depuis l'enfance etc.), en plus d'être sporadiques et fortement influencées par les émotions. De plus, elles présentent parfois des altérations de la conscience en concomitance avec les concurrents visuels. Cette phénoménologie est similaire à celle des synesthésies induites par la consommation de substances, à la différence près qu'elle n'est pas déclenchée par la consommation d'hallucinogènes (pour une revue, voir Sinke et al., 2012). Les SIEs présentent également des points communs avec les synesthésies déclenchées lors d'expériences paroxystiques (ex. migraines, crises d'épilepsie) incluant le caractère sporadique et la présence potentielle d'altérations de la conscience (Peer et al., 2014; Picard & Kurth, 2014; Podoll & Ebel, 1998). Considérant les similitudes entre les SIEs et les autres synesthésies sporadiques (c.-à-d. consommation de substances, expériences paroxystiques), on peut émettre l'hypothèse qu'elles partagent des mécanismes sous-jacents communs, comme une hyperexcitabilité cérébrale ou des altérations neurochimiques.

En prenant en considération nos données, nous sommes d'avis que les individus rapportant des SIEs présentent certaines caractéristiques qui les distinguent des autres synesthètes. En effet, en plus de leurs synesthésies développementales plus communes, ces individus rapportent:

- 1) Des synesthésies sporadiques dans des contextes émotionnels divers (ex. accouchement, écoute musicale, rupture amoureuse etc.) ainsi que des synesthésies impliquant des

sensations intéroceptives (ex. goût, odorat, douleur, toucher empathique etc.). La plupart de ces synesthésies ont été classifiées comme appartenant à un regroupement distinct (Novich et al., 2011; Ward & Simner, 2022) tantôt statistiquement indépendant d'autres regroupements de synesthésies (Novich et al., 2011), tantôt présentant une faible corrélation avec les autres regroupements (Ward & Simner, 2022). On peut dès lors émettre l'hypothèse que les SIEs partagent des mécanismes cérébraux communs avec d'autres types de synesthésies (ex. hyperconnectivité, hyperexcitabilité neuronale), mais que ces mécanismes agissent sur des réseaux/structures différentes.

- 2) Une forte propension aux altérations de la conscience en général et aux altérations de la conscience corporelle en particulier, à la fois lors de leurs SIEs et dans la vie quotidienne. Des altérations de la conscience ont été associées à certaines synesthésies dans des travaux précédents (Banissy et al., 2012 ; Simmonds-Moore et al., 2019), ce qui suggère que ces deux catégories de phénomènes pourraient partager des mécanismes sous-jacents communs.

L'ensemble des manifestations rapportées par nos synesthètes pourraient découler de mécanismes sous-jacents communs tels que des altérations neurochimiques, des changements de l'excitabilité neuronale, ou des perturbations de l'intégration multisensorielle.

4.4.1 Hypothèse des altérations neurochimiques

Certaines manifestations rapportées par nos synesthètes présentent plusieurs similitudes avec les phénomènes observés lors de l'utilisation récréative d'agonistes de la sérotonine (5-HT) tels que la MDMA ou la psilocybine, liés à la stimulation des récepteurs 5-HT_{2a} (Liechti & Vollenweider, 2001). Les principaux effets des drogues affectant les récepteurs 5-HT_{2a} comprennent l'absorption, ainsi qu'une altération de la perception du temps, de l'environnement et du corps, y compris des phénomènes dissociatifs (Vollenweider, 2001). Le récepteur 5-HT_{2a} a été associé aux modulations de la synesthésie développementale induites par les drogues (Brang & Ramachandran, 2008). Il a également été proposé que la sérotonine soit liée à une connectivité fonctionnelle accrue entre les régions du cerveau à la fois dans la synesthésie développementale, dans la synesthésie acquise après une lésion cérébrale, ainsi que dans la synesthésie induite par la consommation de substances (Brogaard, 2013). Par ailleurs, bon nombre des phénomènes rapportés par nos synesthètes pourraient également impliquer d'autres neuromodulateurs tels que les opioïdes et l'ocytocine, qui

interviennent lors de l'écoute musicale et de l'excitation sexuelle (Blaicher et al., 1999 ; Jern et al., 2023; Nilsson, 2009).

D'autres neurotransmetteurs pourraient être en jeu à la fois dans la génération de la synesthésie et de certaines altérations de la conscience rapportées lors de la consommation de drogues récréatives (Nichols, 2004). Bien que les substances psychoactives les plus propices à l'induction de la synesthésie soient les tryptamines sérotoninergiques, certaines substances à action glutamatergique reconnues pour leurs effets dissociatifs (ex. kétamine) entraînent également l'induction de la synesthésie (Luke et al., 2012). Un niveau de glutamate élevé dans le cortex visuel a en effet été associé à la propension à faire l'expérience de phosphènes à la fois chez les synesthètes et les non-synesthètes (Terhune et al., 2015). Les synesthètes, comparés aux non-synesthètes, présentent une activité glutamatergique plus importante dans le cortex visuel primaire, entraînant un seuil de déclenchement des phosphènes plus bas et une tendance accrue à faire l'expériences de ces phénomènes visuels. (Terhune et al., 2015). Soulignons cependant que les phosphènes et les concurrents synesthésiques sont des phénomènes différents et que, bien que l'hyperactivité glutamatergique soit une hypothèse intéressante dans l'induction des synesthésies, elle demeure toujours à confirmer. Certains auteurs ont également émis l'hypothèse d'une implication de la dopamine dans les phénomènes rapportés par nos synesthètes. En effet, selon Previc (2011), l'action parasympathique de la dopamine jouerait un rôle central dans l'expérience des altérations de la conscience en permettant une inhibition des systèmes émotionnels excitateurs de l'amygdale et des cortex postérieurs (Mandell, 1980; Previc, 2009). L'action parasympathique de la dopamine pourrait d'ailleurs être en jeu lors d'altérations de la conscience retrouvés dans divers contextes tels que l'hypoxie, la consommation de drogues récréatives, la danse prolongée, les traumatismes et la méditation (revues par Mandell, 1980; Sierra & Berrios, 1998; Winkelman, 2010).

4.4.2 Hypothèse des altérations de l'excitabilité neuronale

Les phénomènes rapportés par nos synesthètes lors de leurs synesthésies musicales et sexuelles partagent également des points communs avec d'autres expériences n'impliquant pas la consommation d'hallucinogènes, telles que la méditation et certaines auras épileptiques ou migraineuses. La pratique de la méditation, peut en effet induire de la synesthésie à la fois chez les synesthètes et les non-synesthètes (Walsh, 2005), en plus d'engendrer des altérations de la

conscience se manifestant, entre autres, par une altération du schéma corporel accompagnée d'une transcendance des contraintes temporelles et spatiales, ainsi que d'un sentiment de bonheur et d'amour universel (Lindahl et al., 2017; Zanesco et al., 2023). Ces manifestations sont similaires à celles mentionnées par des patients présentant de l'épilepsie insulaire et rapportant des auras extatiques se manifestant par un sentiment de béatitude, une conscience de soi accrue, une dilatation du temps, une grande paix intérieure et/ou un sentiment d'unification avec l'univers (Gschwind & Picard, 2016). Des altérations de la conscience corporelle et de l'espace peuvent également se manifester lors de crises épileptiques ou migraineuses (Peer et al., 2014; Picard & Kurth, 2014; Podoll & Ebel, 1998). La similarité entre ces phénomènes et ceux rapportés par nos synesthètes suggèrent qu'un changement de l'excitabilité neuronale pourrait être en jeu dans les expériences mentionnées par nos participants, à la fois lors de leurs SIEs et dans la vie quotidienne. De plus, il est possible que la propension à expérimenter des altérations de la conscience et des SIEs chez certains synesthètes provienne de la même propension à l'hyperexcitabilité cérébrale qui donne lieu à des concurrents perceptifs plus communs.

4.4.2.1 Altération de l'excitabilité des réseaux traitant les émotions/l'intéroception

Plusieurs modèles ont postulé une augmentation de l'excitabilité corticale dans la synesthésie (Bargari & Mitchell, 2008 ; Hänggi et al., 2011 ; Terhune et al., 2011). Une altération de l'excitabilité des réseaux cérébraux impliqués dans le traitement des émotions et de l'intéroception pourrait être en cause dans certains des phénomènes rapportés par nos synesthètes. En lien avec cette hypothèse, plusieurs travaux indiquent que certains synesthètes présentent des anomalies fonctionnelles dans des structures telles que l'insula, le gyrus cingulaire, le gyrus parahippocampique, le cortex orbitofrontal et le cortex rétrosplénial (Blakemore et al., 2005 ; Hupé et al., 2012 ; Jäncke et al., 2009; Melero et al., 2013). Certains auteurs ont également proposé un rôle important du système limbique dans le développement et l'expression de certaines synesthésies (Cytowic, 2002a ; Flournoy, 1893).

Bien que le traitement des émotions implique des réseaux neuronaux distribués qui incluent des structures corticales et sous-corticales, les structures limbiques et para-limbiques demeurent centralement impliquées dans le déclenchement des composantes intéroceptives et motrices des réactions émotionnelles (Panksepp, 1998; 2005). Puisque les émotions semblent jouer un rôle

central dans les synesthésies musicales et sexuelles rapportées par nos participants, une altération de l'excitabilité du système limbique/paralimbique pourrait être en cause dans les expériences rapportées par nos synesthètes. En effet, les régions cérébrales les plus fréquemment activées lors de l'écoute musicale comprennent les cortex auditifs et différentes structures du système limbique et paralimbique incluant les hippocampes, le cortex cingulaire, le cortex rétrospénial et l'insula antérieure (Toader et al., 2023). De plus, l'écoute de musique intensément plaisante qui induit des frissons active des circuits cérébraux de la récompense ainsi que des structures paralimbiques comme l'insula et le cortex orbitofrontal (Blood & Zatorre, 2001; Klepzig et al., 2020). L'insula fait partie d'un réseau de traitement des émotions qui réagit à la musique (Mitterschiffthaler et al., 2007, Thaut et al., 2014 ; de Aquino et al., 2019; Koelsch et al., 2021). Ainsi, une altération de la fonction de l'insula chez certains synesthètes musicaux pourrait conduire à une sensibilité émotionnelle accrue ainsi qu'à des sensations viscérales et somatiques provoquées par la musique et participant à l'induction des concurrents synesthésiques.

Les structures limbiques et paralimbiques sont également fortement impliquées dans l'excitation sexuelle et l'orgasme (par exemple, Komisaruk & Whipple, 2005 ; Ortigue et al., 2007 ; Michels et al., 2010; Stoléru et al., 2012 ; Cazala et al., 2015). Les fibres tactiles C de la peau, qui répondent sélectivement à des stimulations tactiles lentes telles que les caresses, projettent à l'insula postérieure (Olausson et al., 2002 ; Bendas et al., 2017). En outre, la représentation mentale d'un partenaire romantique, mais pas d'un parent ou d'un ami proche, active le cortex cingulaire antérieur, le sillon temporal supérieur postérieur et l'insula antérieure (Laurita et al., 2017). Ainsi, les structures limbiques et paralimbiques semblent à la fois impliquées dans la facette physique/érotique des rapports sexuels, mais aussi dans les aspects émotionnels des interactions sexuelles.

Considérant que de fortes sensations intéroceptives semblent être au cœur de l'ensemble des contextes déclencheurs des SIEs - incluant les relations sexuelles et l'écoute musicale - une altération de l'excitabilité des réseaux neuronaux impliqués dans l'intéroception et l'allostase pourrait être en cause dans les phénomènes rapportés par nos synesthètes. Tel que mentionné précédemment, ces réseaux incluent de nombreuses structures telles que, entre autres, le cortex cingulaire, l'amygdale, l'hypothalamus, le tronc cérébral et l'insula (Kleckner et al., 2017) qui sont également impliquées dans le traitement des émotions.

Par ailleurs, considérant la présence importante d'altérations de la conscience lors des SIEs et au quotidien chez nos synesthètes, on peut émettre l'hypothèse de la présence d'une altération de l'excitabilité neuronale dans deux grands réseaux cérébraux impliqués dans la modulation de la conscience humaine : le réseau de saillance (*salience network*) et le réseau de mode par défaut (*default mode network*).

Le réseau de saillance permet la détection, le filtrage et l'intégration des informations externes et internes pertinentes (sensorielles, émotionnelles, cognitives) afin de répartir les ressources attentionnelles de manière efficace (Uddin, 2015). Il est composé des structures principales comme l'insula antérieure/le cortex fronto-insulaire et le cortex cingulaire antérieur, avec des connections étendues à de nombreuses structures sous-corticales et limbiques incluant le thalamus dorsomédian, les amygdales, le putamen, l'hypothalamus, les pôles temporaux, la substance grise périaqueducale et la substance noire/aire tegmentale ventrale (Seeley et al., 2007). Le réseau de saillance permet l'intégration des sensations intéroceptives et l'allostase (ex. Chong et al., 2019; Seeley et al., 2012), contribuant ainsi non seulement à l'évaluation de l'état interne du corps - et donc à la conscience corporelle – mais également à des processus plus complexes comme la motivation, ainsi que le traitement des émotions, de la douleur et de la récompense (ex. Laurita et al., 2017; Menon, 2015).

Le réseau de mode par défaut, quant à lui, est activé lors de processus mentaux internes comme la métacognition, la pensée auto-référentielle, la rêverie, la remémoration de souvenirs autobiographiques et la projection de soi dans le futur (revue par Menon, 2023). Ses structures principales incluent le cortex cingulaire postérieur, le précunéus, le cortex préfrontal ventromédian et le lobule pariétal inférieur s'étendant jusqu'aux aires postérieures près de la jonction temporo-pariétale. Les hippocampes et ses régions adjacentes du lobe temporal médian ainsi que le cortex temporal latéral sont souvent rapportés comme faisant également partie du réseau de mode par défaut (Andrews-Hanna et al., 2010; Bressler & Menon, 2010). Certaines nouvelles hypothèses suggèrent que le réseau de mode par défaut intègre les pensées auto-référentielles, la métacognition et les souvenirs autobiographiques de manière « incarnée », et qu'il contribuerait ainsi, lui aussi, à l'élaboration de la conscience corporelle (Kim et al., 2025). Il a également été suggéré que le réseau de mode par défaut interagirait avec les neurones miroirs afin de permettre la compréhension des états physique et mentaux d'autrui en se basant sur notre propre ressenti corporel (*embodiment*) et mental, et cela via des nœuds neuronaux (*rich-club nodes*) incluant l'insula antérieure et le cortex

cingulaire postérieur (Molnar-Szakacs & Uddin, 2013). Cela est particulièrement intéressant considérant que certaines hypothèses stipulent que les neurones miroirs seraient impliqués dans la synesthésie impliquant le toucher empathique (*mirror-touch synesthesia*) rapportée par plusieurs de nos synesthètes (Banissy & Ward, 2013).

Des modifications dans les dynamiques de ces deux grands réseaux neuronaux ont été associées à des altérations de la conscience lors de la méditation ou de la consommation de psychédéliques (ex. Gattuso et al., 2023; Millière et al., 2018; Pasquini et al., 2020), des contextes similaires à ceux rapportés lors des SIEs. Fait intéressant, plusieurs des structures le plus souvent impliquées dans les altérations de la conscience corporelle rapportées par nos synesthètes - telles que le cortex cingulaire, l'insula et le précunéus (Dary et al., 2023) - sont également des structures clés du réseau de saillance et du réseau de mode par défaut (ex. Alves et al., 2019; Chong et al., 2019). Il est donc possible de croire qu'un fonctionnement aberrant de ces grands réseaux puisse être en cause dans le déclenchement des SIEs, mais également dans les altérations de la conscience qui les accompagnent et qui sont vécues au quotidien chez nos synesthètes.

4.4.2.2 Hypofrontalité

Un dérèglement de la dynamique entre le cortex frontal et les structures limbiques pourrait également être impliqué dans les phénomènes vécus par nos synesthètes. Il a été démontré que certaines altérations de la conscience comme les distorsions temporelles, la perte du soi (*loss of the sense of self*), l'exaltation et le sentiment d'unification avec l'environnement peuvent être concomitantes à une hypofrontalité transitoire (Dietrich, 2003). Une baisse de l'inhibition des régions frontales sur les structures limbiques et paralimbiques comme l'insula, l'amygdale et le cortex cingulaire pourrait donc contribuer aux phénomènes rapportés par nos synesthètes, incluant les altérations de la conscience, ainsi que les émotions intenses et les sensations viscérales (c.-à-d. dégoût, peur) vécues lors des synesthésies.

4.4.3 Hypothèse de la perturbation de l'intégration multisensorielle

Une hypothèse alternative pourrait suggérer une perturbation de l'intégration multisensorielle chez les synesthètes. En effet, il semblerait que l'intégration multisensorielle joue un rôle important dans l'élaboration de la conscience et que des perturbations de cette intégration puisse entraîner

différentes altérations de la conscience corporelle. Certaines manipulations expérimentales permettent d'ailleurs de démontrer qu'un dérèglement de l'intégration multisensorielle peut entraîner des altérations de la conscience corporelle liées à l'appartenance corporelle (*body ownership*) ou à la capacité de situer son propre corps dans l'espace (ex. Ehrsson (2007); Lenggenhager et al (2007)). Ainsi, la stimulation tactile spatio-temporellement synchronisée d'une main réelle et d'une main artificielle induira une impression d'assimilation (*ownership*) de la main artificielle au corps de l'individu (Botvinick et al., 1998). De manière similaire, la stimulation tactile spatio-temporellement synchronisée du thorax d'un individu et de son double créé par réalité virtuelle permet d'induire une expérience hors-corps (Ehrsson, 2007).

En plus des signaux extéroceptifs visuels et tactiles, les signaux intéroceptifs semblent contribuer significativement à la conscience corporelle [revue de littérature par Park & Blanke (2019)]. Des tests comportementaux démontrent qu'une synchronisation de stimuli extéroceptifs (ex. visuels) et intéroceptifs (ex. pouls) peut entraîner une impression d'assimilation de son propre corps à celui d'un corps virtuel (c.-à-d. les participants observent un corps virtuel s'illuminer en synchronicité à leur rythme cardiaque) (Aspell et al., 2013), ce qui suggère que les stimuli intéroceptifs jouent un rôle essentiel dans la conscience corporelle. De plus, une capacité élevée de discrimination des signaux intéroceptifs (c.-à. d., évaluer le degré de synchronisation/désynchronisation de sons externes avec ses propres battements cardiaques) semble positivement corrélée à une mesure du sentiment d'agence (Koreki et al., 2022). Fait intéressant, les individus présentant une acuité élevée de leur propres signaux intéroceptifs semblent également présenter un meilleur « ancrage » du soi dans leur corps et être moins susceptibles aux illusions corporelles (Nakul et al., 2020; Tsakiris et al., 2011). Selon plusieurs modèles, l'intégration de signaux intéroceptifs et extéroceptifs contribuerait donc à la conscience corporelle ainsi qu'aux émotions et à la prise de décision (Craig 2009; Khalsa et al., 2018).

Plusieurs des altérations de la conscience rapportées par nos synesthètes (c.-à-d. EHCs, perte du sentiment d'agence, altérations de l'appartenance corporelle, dépersonnalisation dans le miroir, distorsions du schéma corporel, syndrome de Capgras) peuvent être conceptualisées comme découlant d'anomalies de l'intégration multisensorielle. Fait intéressant, une composante intéroceptive importante (ex. sensations vestibulaires, réaction électrodermale, sensations viscérales etc.) semble impliquée dans l'ensemble de ces manifestations (Crucianelli et al., 2018;

Ellis et al., 1997; Koreki et al., 2022; Lopez & Elzière, 2018; Lopez et al., 2018; Maister & Ciaunica, 2025). Des données d'imagerie cérébrale fonctionnelle suggèrent que les signaux extéroceptifs et intéroceptifs sont intégrés dans le cortex insulaire (Simmons et al., 2013). Il est donc possible que nos synesthètes aient développé des anomalies dans le cortex insulaire ou dans les structures cérébrales associées qui les prédisposent à des sensations intéroceptives et/ou à une intégration multisensorielle aberrantes conduisant à des altérations de la conscience corporelle (Craig, 2009).

4.4.4 Influence des traits de personnalité

Il est également possible que les individus rapportant des SIEs présentent une facilité accrue à entrer dans un état d'absorption ou un niveau élevé de schizotypie positive, et que ces tendances participent aux phénomènes rapportés.

L'absorption est un trait de personnalité étroitement lié aux états méditatifs profonds (Yang et al., 2024) ainsi qu'à l'hypnotisabilité (Tellegen & Atkinson, 1974), et se définit comme une disposition à faire l'expérience d'épisodes attentionnels hyperfocalisés qui engagent pleinement les ressources représentationnelles de l'individu. Ce type d'implication attentionnelle semble entraîner une conscience accrue de la réalité, une imperméabilité aux distracteurs et un sens altéré de la réalité en général, incluant une altération du sens du soi (Tellegen & Atkinson, 1974). L'absorption a été associée à la synesthésie (Chun & Hupé, 2016; Rader & Tellegen, 1987), à la capacité à être émotionnellement touché par la musique (Wild et al., 1995) ainsi qu'à l'intensité des émotions vécues lors de l'écoute musicale (Kreutz et al., 2008), aux altérations de la conscience lors des relations sexuelles (Costa et al., 2016) et aux capacités d'imagerie visuelle (Crawford, 1982). Il est également intéressant de constater qu'une propension élevée à l'absorption est associée à certaines altérations de la conscience comme celles rapportées par nos synesthètes, incluant, entre autres, des hallucinations, des phénomènes dissociatifs et une perte de sentiment d'agence [revue par Lifshitz et al., 2019).

Nos données indiquent que nos synesthètes présentent une propension à l'absorption. Une synesthète musicale a par exemple rapporté être tellement absorbée par la musique et la synesthésie qu'elle génère, qu'il lui arrive souvent d'oublier de sortir à la bonne station de métro. Une autre a mentionné être « immergée » dans l'expérience de ses concurrents synesthésiques visuels (c.-à-d.

formes) au point d'avoir l'impression de devenir ces formes et de bouger suivant leur rythme. De plus, en analysant les données récoltées sur la sous-échelle « absorption et implication imaginative » du questionnaire DES, on constate que les synesthètes sexuels rapportent une tendance à être plus fréquemment absorbés que les contrôles dans la vie quotidienne. Rappelons également que nos synesthètes sexuels rapportent qu'un état passif et détendu (c.-à-d. yeux fermés, position du missionnaire, environnement calme) propice au « laisser-aller » est nécessaire à l'induction de leurs synesthésies sexuelles.

Quelques études ont également rapporté une association entre la présence de synesthésie et des scores élevés de schizotypie (Banissy et al., 2012; Simmonds-Moore et al., 2019), suggérant que les synesthètes présentent une tendance importante à vivre des expériences inhabituelles comme des hallucinations, des aberrations perceptuelles et des croyances paranormales (ex. impression de présence, impression de pouvoir lire dans l'esprit d'autrui, perceptions extra-sensorielles). Fait intéressant, une forte propension à l'absorption est également retrouvée chez des individus présentant un niveau de schizotypie positive élevé (Parra, 2007).

4.5 Apport de la thèse

La synesthésie est une condition neurologique caractérisée par des perceptions atypiques. Elle représente non seulement une opportunité d'étude de la connectivité cérébrale atypique et de la neuroplasticité, mais est également une fenêtre sur le fonctionnement de la perception et de la conscience humaine. Bien que l'intérêt de l'étude de la synesthésie dans la compréhension de la conscience humaine ait été maintes fois soulevé dans la littérature, très peu d'études se sont penchées sur les liens entre la synesthésie et la conscience.

4.5.1 Apport théorique

La présente thèse se veut un apport complémentaire aux travaux de Banissy et al. (2012), Nielsen et al. (2013), Simmonds-Moore et al. (2019) et Terhune et al. (2009) qui ont rapporté des liens entre la synesthésie et l'expérience de diverses altérations de la conscience. Nos travaux, bien que menés sur de petits échantillons, représentent à notre avis une contribution importante à l'étude de la synesthésie pour plusieurs raisons:

- 1) À notre connaissance, cette thèse est la première à suggérer la présence d'un sous-groupe de synesthètes rapportant des expériences synesthésiques lors de contextes émotionnels particuliers (SIEs). Bien que les synesthésies sexuelles et musicales aient déjà été étudiées dans des travaux précédents, il n'est fait mention nulle part d'un concept plus large (c.-à-d. SIEs) regroupant des manifestations similaires induites lors de divers contextes émotionnels. De plus, nos synesthètes présentent des caractéristiques particulières (c.-à-d. synesthésies impliquant des sensations intéroceptives, propension aux altérations de la conscience corporelle, propension aux phénomènes dissociatifs) qui, à notre avis, en font un sous-groupe particulier pertinent à étudier afin de préciser les liens entre la synesthésie et la conscience humaine.
- 2) Nos travaux se sont intéressés à la présence d'altérations de la conscience à la fois lors des SIEs et dans la vie quotidienne, ce qui n'est pas le cas de la plupart des études consultées préalablement. Nos données permettent donc de suggérer des mécanismes sous-jacents communs aux altérations de la conscience se manifestant durant les synesthésies et en dehors de ces dernières.
- 3) Nous avons utilisé une méthodologie de recherche mixte, incluant des entrevues détaillées nous permettant de récolter des détails qualitatifs importants concernant la phénoménologie des SIEs et des altérations de la conscience qui leur sont associées. La convergence des données qualitatives et quantitatives renforce la valeur de nos résultats.
- 4) Bien qu'imparfaite, notre méthodologie nous a permis de récolter des informations sur la propension, l'intensité et la fréquence des altérations de la conscience vécues par les synesthètes.
- 5) À notre connaissance, nous sommes les premiers à avoir souligné la propension plus élevée d'altérations de la conscience corporelle chez les synesthètes.
- 6) À notre connaissance, nous sommes les premiers à avoir démontré que la fréquence des altérations de la conscience corporelle au quotidien était prédite par la présence de synesthésies intéroceptives, mais pas par d'autres synesthésies communes de type « langage-couleur ».

4.5.1.1 Les altérations de la conscience comme inducteurs ou concurrents synesthésiques

Nos données soulèvent certains questionnements en lien avec les fondements même de la synesthésie. La plupart des synesthésies rapportées dans la littérature présentent généralement un inducteur et un concurrent précis et identifiables, ainsi qu'une séquence unidirectionnelle entre ces deux éléments (c.-à-d. la présentation de l'inducteur déclenche le concurrent). Dans les SIEs, les inducteurs et les concurrents semblent plus complexes et plus dynamiques, pouvant varier d'une expérience à l'autre et au sein de la même expérience.

En se basant sur les données récoltées lors de ce projet de recherche, il semble que l'induction des SIEs musicales et sexuelles découle de la présence concomitante de deux éléments distincts, soient une stimulation sensorielle externe et la présence d'émotions d'origine interne. En effet, les synesthètes musicaux ont rapporté que les caractéristiques acoustiques de la musique et les émotions fortes vécues lors de l'écoute musicale contribuaient aux concurrents synesthésiques visuels perçus. Chez les synesthètes sexuels, des stimulations somesthésiques couplées à un état émotionnel passif et détendu étaient nécessaires au déclenchement des concurrents visuels. Comme discuté précédemment, il est possible que les émotions rapportées durant les SIEs jouent un rôle de médiateur entre les inducteurs de nature sensorielle (auditifs, somesthésiques) et les concurrents visuels, ou qu'elles modulent les associations synesthésiques. Il est cependant possible que les émotions soient, au même titre que les stimuli sensoriels, des inducteurs. Selon cette présente hypothèse, les SIEs musicales et sexuelles nécessiteraient des inducteurs doubles, l'un étant un stimulus externe et l'autre un état émotionnel/intéroceptif interne. Bien que certaines synesthésies puissent présenter des concurrents doubles (ex. couleurs et formes), à notre connaissance, il n'est fait mention nulle part d'inducteurs doubles. Cependant, tel que mentionné précédemment, il est maintenant admis que les émotions puissent induire, moduler ou médier l'expérience synesthésique. Des recherches plus approfondies seraient donc nécessaires afin de déterminer si les émotions vécues lors des SIEs peuvent être véritablement considérées comme des inducteurs, ou si elles agissent plutôt en tant que médiateurs ou modulateurs.

Une autre hypothèse est que les stimuli sensoriels externes et les émotions/sensations intéroceptives s'unissent en un état altéré de la conscience plus général (c.-à-d. état d'absorption) qui est, lui, l'inducteur des SIEs. Ainsi, un état interne spécifique serait l'inducteur unique des concurrents synesthésiques perçus lors des SIEs. Cette hypothèse permettrait d'expliquer les SIEs induites non

seulement lors des relations sexuelles et de l'écoute musicale, mais également dans d'autres contextes rapportés par nos participants et susceptibles de déclencher un état absorbé comme la méditation, l'accouchement et l'activité physique intense. Il est également possible que cet état interne d'absorption découle de changements intéroceptifs (ex. changement du débit sanguin cérébral, altération de la respiration, augmentation du pouls etc.) et de neurotransmetteurs susceptibles d'être en jeu dans des contextes comme ceux mentionnés dans cette étude. Bien qu'à notre connaissance un « état interne général » n'ait pas été spécifiquement rapporté comme inducteur dans la littérature, des cas de synesthésies induites par la douleur ont été mentionnés (Simner et al., 2006).

Par ailleurs, en raison de leur apparition concomitante avec les concurrents visuels plus classiques, certaines des altérations de la conscience rapportées lors des SIEs pourraient potentiellement être considérées comme des concurrents. Dans la synesthésie, la majorité des concurrents sont visuels, mais plusieurs concurrents somatiques, cognitifs et émotionnels ont également été rapportés (Cytowic, 2002b; Ward & Simner, 2022). Tel que mentionné précédemment, certaines synesthésies peuvent présenter des concurrents doubles induits simultanément. Ces concurrents peuvent être intra-modaux (c.-à-d. les deux concurrents appartiennent à la même modalité sensorielle; ex. couleurs et formes) ou intermodaux (c.-à-d. les deux concurrents appartiennent à des modalités sensorielles différentes; ex. couleurs et sensations tactiles). Ainsi, les altérations de la perception de l'espace rapportées par nos synesthètes pourraient être considérés comme des concurrents visuels intra-modaux accompagnant les couleurs et formes mentionnées lors des SIEs. On peut également émettre l'hypothèse que les altérations de la conscience corporelle vécues lors des SIEs puissent être des concurrents intermodaux en accompagnement aux phénomènes visuels colorés. Oblak et al., (2021) ont d'ailleurs décrit le cas d'une synesthète (HR) qui mentionne se sentir parfois complètement submergée par ses concurrents visuels tout en ressentant une impression concomitante de désincarnation (*disembodiment*) durant laquelle elle voit « des parties de son corps se désintégrer et devenir la couleur » (Oblak et al., 2021, pp. 54-55). L'expérience rapportée par HR est similaire à celle d'une de nos synesthètes qui affirmait que, lors de ses synesthésies musicales, elle a parfois l'impression de devenir les formes géométriques qu'elle voit et de danser à leur rythme. Ces deux exemples suggèrent une parfaite synchronisation, voire une fusion, entre les manifestations visuelles et les altérations de la conscience corporelle, qui pourraient donc être

considérées comme des concurrents concomitants. Un autre argument en faveur de cette hypothèse réside dans la définition même de concurrent. En effet, la synesthésie se distingue de l'hallucination entre autres par le fait que le concurrent ne supprime pas la présence de l'inducteur (ex. lors de la synesthésie musique-goût, le synesthète continue d'entendre la musique lors de l'apparition du goût) (Beeli et al, 2005). Chez nos synesthètes, les altérations de la conscience rapportées durant les SIEs ne semblaient ni supprimer les concurrents visuels plus classiques (c.-à-d. couleur, formes etc.), ni les inducteurs. Ainsi, il est possible de croire que ces altérations de la conscience puissent être définies comme des concurrents, et non simplement comme des hallucinations visuelles ou proprioceptives concomitantes.

D'autre part, de nombreux synesthètes rapportent des altérations de la conscience en l'absence d'autres concurrents sensoriels plus classiques dans la vie quotidienne. Dans un tel contexte, les altérations de la conscience ne peuvent donc pas être considérées comme des concurrents concomitants liés à un inducteur, et les divers rôles des altérations de la conscience dans la synesthésie devront donc être clarifiés.

Somme toute, il est probable que les SIEs présentent des inducteurs et des concurrents multiples. Ces synesthésies représentent donc une opportunité d'investiguer plus en détail les différents rôles et contributions des stimuli sensoriels et intéroceptifs, ainsi que des émotions dans les associations synesthésiques.

4.5.2 Apport clinique potentiel

L'étude des liens entre la synesthésie et les altérations de la conscience pourrait éventuellement contribuer à la compréhension de certaines pathologies présentant des altérations de la conscience telles que la schizophrénie ou le TSPT (Bækkelund et al., 2018; Roussel & Bachelor, 2000; White et al., 2022). Les SIEs présentent des similarités avec ces conditions psychiatriques sur le plan des manifestations et des mécanismes sous-jacents. Elles représentent donc un modèle naturel de propension aux altérations de la conscience qui pourrait alimenter nos connaissances sur le développement de certaines conditions psychiatriques. En outre, l'étude des SIEs pourrait permettre une meilleure compréhension des facteurs de protection contre le développement d'une condition psychiatrique, ou à l'inverse, des éléments entraînant le glissement vers la maladie.

4.5.2.1 Une meilleure compréhension des mécanismes des altérations de la conscience dans les troubles psychiatriques

4.5.2.1.1 Troubles psychotiques

Nos synesthètes ont rapporté plusieurs phénomènes souvent retrouvés dans les troubles psychotiques comme des altérations de la conscience corporelle, des phénomènes dissociatifs et des expériences délirantes (c.-à-d. syndrome de Capgras) (Longden et al., 2020; Silva & Leong, 1992). Bien que ces expériences soient transitoires et généralement de courte durée chez nos synesthètes, elles suggèrent que ces individus présentent un fonctionnement cérébral particulier qui les rend plus susceptibles aux phénomènes retrouvés dans la symptomatologie positive de la psychose. L'étude des changements cérébraux liés au développement d'altérations de la conscience chez les synesthètes pourrait donc fournir des pistes sur la physiopathologie des troubles psychotiques.

Un élément particulièrement intéressant est la prépondérance d'altérations de la conscience corporelle à la fois chez nos synesthètes et chez les individus psychotiques. En effet, des études utilisant des tests comportementaux démontrent que ces derniers présentent des perturbations dans la connaissance implicite de leur corps (*disturbed implicit sens of bodily self*) (Ferri et al., 2012), un sentiment d'agence altéré (Daprati et al., 1997) et une difficulté accrue à effectuer des rotations mentales de parties du corps en comparaison à des objets inanimés (de Vignemont et al., 2006). Ils présenteraient également une conscience corporelle plus fragile qui les prédispose à des perturbations de l'appartenance corporelle. Par exemple, Thakkar et al., (2011) ont démontré que des patients schizophrènes montrent une illusion de la main de caoutchouc plus marquée que des contrôles sains. Certains cas de psychose semblent également suggérer que les aberrations de la conscience corporelle poussent le patient à l'élaboration d'une interprétation erronée et délirante pour tenter d'expliquer ces sensations inhabituelles (Fuchs, 2005).

Une étude qualitative portant sur les phénomènes anormaux chez les schizophrènes souligne également l'importance des perturbations de la conscience corporelle chez ces individus (Stanghellini et al., 2014). En effet, 70% des patients de cette étude rapportent des altérations de la conscience corporelle incluant des perturbations sévères de leurs limites et de leur schéma corporels (ex. « *Areas of body where forces enter* »; « *Mouth was where hair should be* »), une impression

de ne plus posséder leur corps/un sentiment d'agence altéré (ex. « *She felt programmed like a robot* »; « *One side of her gone dead* »), ainsi que de la dysmorphophobie (ex. « *Nose changing in mirror* »). Bien que les expériences rapportées par nos synesthètes soient en général beaucoup moins sévères, elles impliquent des perturbations similaires des composantes de la conscience corporelle. Mentionnons également que le pourcentage de notre échantillon de synesthètes rapportant des altérations de la conscience corporelle au quotidien (c.-à-d. 67%) est similaire à la proportion de schizophrènes mentionnant des expériences semblables dans l'étude de Stanghellini et al. (2014) (c.-à-d. 70%).

Un troisième élément commun aux individus rapportant des SIEs et aux patients psychotiques est la présence d'expériences impliquant des sensations viscérales/intéroceptives. Les individus psychotiques rapportent entre autres des sensations douloureuses, déplaisantes et étranges dans diverses parties du corps, des sensations thermales ou vestibulaires, des perturbations végétatives, ainsi que des altérations perceptuelles pouvant toucher l'olfaction et le goût (Parnas et al., 2005; Vollmer-Larsen et al., 2007). Des études utilisant des tests comportementaux ou de l'imagerie cérébrale suggèrent également une intéroception perturbée chez les patients psychotiques ainsi que des altérations dans des réseaux neuronaux complexes impliquant, entre autres, des structures comme l'insula, le cortex cingulaire, l'amygdale et le thalamus (revue par Kandilarova, 2024). Rappelons que plus de la moitié de nos synesthètes rapportent des synesthésies impliquant l'intéroception et dont certaines modalités sont traitées de manière prépondérante dans le cortex insulaire (ex. sensations viscérales, douleur, goût) (Uddin et al., 2017), ce qui suggère également une altération du fonctionnement des réseaux impliqués dans l'intéroception chez ces individus.

4.5.2.1.2 Trouble de stress post-traumatique

La synesthésie a également plusieurs points communs avec le trouble de stress post-traumatique (TSPT). Hoffman et al (2019) ont observé une association entre la présence de synesthésie et le développement d'un TSPT chez les vétérans. Plusieurs synesthètes semblent en plus montrer un fonctionnement mnésique particulier similaire à celui qui est souvent observé dans le TSPT. Les synesthètes rapportent souvent que leurs souvenirs d'événements quotidiens sont riches en détails sensoriels et émotionnels, et qu'ils tendent à être « revécus » plutôt que simplement rappelés à la mémoire (Chin & Ward., 2018). Ce mode de récupération mnésique est similaire à celui qui sous-

tend les reviviscences (*flashbacks*) caractéristiques du TSPT. De plus, les apprentissages implicites des synesthètes sembleraient plutôt inflexibles, ce qui freinerait l'actualisation des souvenirs implicites en fonction du contexte (Bankieris et al., 2019). Ce manque d'actualisation contextuelle des souvenirs implicites serait également présent dans le TSPT (Garfinkel et al., 2014). Ainsi, le fonctionnement mnésique des synesthètes pourrait être un facteur de risque les prédisposant au développement d'un TSPT (Ward, 2021).

Nos synesthètes présentent également une propension aux expériences dissociatives (ex. expérience hors-corps) caractéristiques du TSPT (Bækkelund et al., 2018; White et al., 2022). L'implication de l'intéroception semble également être un point commun entre nos synesthètes SIEs et les patients TSPT qui rapportent souvent des sensations viscérales/intéroceptives exacerbées (ex. accélération du pouls, nausées, étourdissements, sudation excessive etc.) (Frewen & Lanius, 2014). Il semblerait également que ces patients rapportent, tout comme nos synesthètes, une altération de la conscience corporelle marquée. Par exemple, Rabellino et al. (2018) ont démontré que les patients TSPT étaient plus susceptibles (ou à l'inverse moins susceptibles) que les contrôles aux altérations de l'appartenance corporelle (*body ownership*) mesurée à l'aide de l'illusion de la main de caoutchouc. Ces résultats suggèrent des perturbations de l'intégration multisensorielle qui entraînent soit une vulnérabilité de la conscience corporelle la rendant manipulable, soit une représentation corporelle rigide imperméable aux manipulations (Rabellino et al., 2018).

4.5.2.1.3 Rôle de la plasticité cérébrale

La plasticité cérébrale est au cœur de la majorité des modèles tentant d'expliquer les mécanismes cérébraux sous-jacents à la synesthésie. Il est intéressant de constater qu'elle semble également impliquée dans le développement de psychopathologies comme le TSPT et la schizophrénie. Comme mentionné dans les paragraphes précédents, le TSPT et les troubles psychotiques partagent des similitudes avec les SIEs sur le plan des manifestations (ex. altérations de la conscience corporelle, sensations intéroceptives etc.) et de l'implication de certains mécanismes cérébraux (ex. perturbation de l'intéroception et de l'intégration multisensorielle). Il est possible que des perturbations de la plasticité cérébrale soient la cause initiale induisant des changements dans des

structures neuronales ou dans la connectivité entre certains réseaux, ce qui entraîne par la suite des manifestations telles que celles rapportées.

Une plasticité anormale est suggérée comme mécanisme sous-jacent à la schizophrénie. Certaines évidences suggèrent une hypoplasticité cérébrale découlant d'altérations génétiques, alors que d'autres soulèvent la possibilité qu'une plasticité neuronale excessive et aberrante soit en cause dans la symptomatologie positive de la schizophrénie (revue par Keshavan et al., 2015). Des études utilisant l'imagerie cérébrale semblent soutenir cette dernière hypothèse. En effet, Hubl et al., (2004) ont démontré une connectivité plus importante dans le faisceau arqué – qui connecte le cortex auditif primaire et les aires du langage – et le cingulum chez les patients présentant des hallucinations auditives en comparaison à ceux qui n'en rapportent pas. Les patients rapportant des hallucinations visuelles et auditives présentent également une connectivité augmentée dans les voies reliant les aires visuelles au cortex hippocampique et à l'amygdale (Amad et al., 2014; Ford et al., 2015). Finalement, des études utilisant de l'IRM structurelle ont démontré une augmentation de l'épaisseur corticale chez les schizophrènes dans plusieurs structures impliquées dans l'auto-monitorage (*self-monitoring*) et la conscience corporelle, comme le cortex insulaire, le gyrus cingulaire, le gyrus frontal dorsal médian et la formation hippocampique (Amad et al., 2014; van Swam et al., 2012).

Une altération de la connectivité neuronale est aussi retrouvée chez les patients souffrant de TSPT. L'exposition à un événement traumatique, par son activation de l'axe hypothalamo-hypophyso-surrénalien, entraîne des répercussions sur la production de BDNF, causant ainsi des altérations de la plasticité cérébrale (ex. Deppermann et al., 2014). Nkrumah et al. (2024) ont démontré que les patients TSPT présentaient une hyperconnectivité dans le gyrus temporal inférieur droit et le cortex préfrontal médian droit, ainsi qu'une hypoconnectivité dans le cortex préfrontal latéral et le cortex orbitofrontal droit, des régions impliquées dans le contrôle cognitif, les comportements sociaux et le processus autoréférentiel (*self-referential processing*). Une hyperconnectivité permanente a également été rapportée dans certaines structures comme le thalamus, les hippocampes, le cingulum et les noyaux caudés (Dunkley et al., 2018). De plus, les patients TSPT rapportant des phénomènes dissociatifs, en comparaison aux patients n'en rapportant pas, présentent une hyperconnectivité cérébrale fonctionnelle beaucoup plus étendue et impliquant de nombreuses structures corticales et sous-corticales (Shaw et al., 2023).

En somme, il existe des similitudes entre les SIEs et certaines pathologies comme le TSPT ou les troubles psychotiques, à la fois sur le plan de la sémiologie et des mécanismes cérébraux sous-jacents potentiels. Les SIEs représentent donc un modèle naturel de propension aux altérations de la conscience qui pourraient alimenter nos connaissances sur le développement de certaines conditions psychiatriques, en particulier les troubles psychotiques. Rappelons que certaines évidences démontrent un niveau plus élevé de schizotypie positive et désorganisée chez les synesthètes graphème-couleur en comparaison à des contrôles (Banissy et al., 2012). Nos synesthètes affichent un profil particulier qui présente de nombreuses similitudes avec les troubles psychotiques, incluant :

- 1) Une propension aux altérations de la conscience corporelle (ex. perte du sentiment d'agence, altérations du schéma corporel etc.).
- 2) Une propension aux phénomènes dissociatifs (ex. expériences hors-corps) et aux expériences à caractères délirant (c.-à-d. syndrome de Capgras).
- 3) Des synesthésies impliquant des sensations intéroceptives (ex. douleur, sensations viscérales, température corporelle etc.) qui suggèrent des altérations dans les circuits cérébraux impliqués dans l'intéroception.

Certains de ces phénomènes étant présents depuis l'enfance, on peut supposer que nos synesthètes présentent depuis toujours une organisation/activité cérébrale les prédisposant à des phénomènes semblables à ceux rapportés dans la symptomatologie positive des troubles psychotiques. Les individus présentant des SIEs pourraient ainsi être un groupe particulièrement pertinent à étudier. Il est possible qu'ils représentent un modèle « sous-clinique » de la psychose et qu'ils soient plus à risque de développer cette pathologie. À l'inverse, il est probable qu'ils possèdent certains facteurs de protection empêchant le glissement vers la maladie, comme un cadre d'interprétation rationnel de leurs aberrations perceptuelles. Mentionnons que les phénomènes rapportés par nos synesthètes semblent généralement moins sévères et de plus courte durée que ceux présents dans les troubles psychotiques, ce qui peut en partie expliquer qu'ils soient plus facilement rationalisables.

4.5.2.2 Une meilleure compréhension des effets thérapeutiques des hallucinogènes

L'utilisation thérapeutique d'hallucinogènes tels que la kétamine, le MDMA ou la psilocybine dans le traitement de la dépression ou du TSPT semble prometteuse, bien que les mécanismes cérébraux en jeu et les paramètres nécessaires au succès de la thérapie ne soient pas encore bien compris. De manière intéressante, les substances hallucinogènes utilisées en thérapie et la synesthésie semblent partager certains points communs, incluant l'altération des perceptions visuelles, l'implication des systèmes glutamatergique et sérotoninergique, une plasticité neuronale accrue, une modulation de la connectivité fonctionnelle ou structurelle entre certaines zones cérébrales, et une altération de l'intégration multisensorielle (De Gregorio et al., 2021). De plus, les SIEs présentent une phénoménologie similaire à celle des synesthésies induites par la consommation de substances psychédéliques (Sinke et al., 2012). Il est donc raisonnable de croire qu'elles partagent certains mécanismes sous-jacents et que les SIEs pourraient représenter un modèle « naturel » de certaines altérations cérébrales résultant de la consommation de substances.

4.6 Limites de la thèse

Une des limites de cette thèse est l'absence de groupes de synesthètes développementaux sans SIEs qui auraient permis de comparer les manifestations rapportées par les synesthètes avec et sans SIEs. Il est donc possible que certaines manifestations ne soient pas caractéristiques des SIEs et soient aussi associées à d'autres types de synesthésie. Cependant, selon certaines de nos données préliminaires, plusieurs manifestations comme les altérations de la conscience corporelle et les synesthésies intéroceptives semblent rarement rapportées par les synesthètes sans SIEs et leur cooccurrence chez les synesthètes avec SIEs suggère la présence d'un profil ou sous-phénotype particulier lié aux manifestations corporelles.

Une seconde limite est le caractère subjectif des expériences rapportées qui pourrait affecter la fiabilité des résultats. Plusieurs des phénomènes rapportés sont difficiles à interpréter et à décrire verbalement. De plus, l'examinatrice n'était pas aveugle au groupe d'appartenance des participants, ce qui a pu influencer les réponses de ces derniers ou l'interprétation des données recueillies. Cependant, le fait que les réponses aux questionnaires corroborent les données qualitatives recueillies durant les entrevues et que plusieurs synesthètes rapportent les mêmes manifestations suggère que les résultats ont une bonne reproductibilité.

Finalement, nous avons omis d'évaluer la sensibilité émotionnelle et intéroceptive des participants. Ces données auraient permis de produire un profil plus complet des synesthètes rapportant des SIEs.

4.7 Recherches futures

Afin de vérifier si les individus rapportant des SIEs représentent un sous-groupe de synesthètes particulièrement susceptibles aux altérations de la conscience, il serait pertinent de les comparer non seulement à un groupe contrôle mais également à un groupe de synesthètes sans SIEs. Les trois groupes pourraient être comparés en utilisant différentes méthodologies, soient une entrevue et des questionnaires, la neuroimagerie cérébrale ainsi que des tests comportementaux associés à des mesures physiologiques de l'activation émotionnelle.

Nous émettons l'hypothèse que les individus présentant des SIEs rapporteront plus d'altérations de la conscience au quotidien que les synesthètes sans SIEs. En plus, il serait intéressant de vérifier si les synesthètes avec SIEs présentent une propension plus élevée à l'absorption, un niveau plus élevé de schizotypie et une prédisposition aux symptômes autonomes ou intéroceptifs.

Les participants des trois groupes pourraient être soumis à des manipulations permettant d'induire des altérations de la conscience corporelle en laboratoire, dont des expériences hors-corps (Ehrsson, 2007) et de la dépersonnalisation dans le miroir (Cathey & Zettle, 2016). Il serait aussi intéressant de combiner ces tests à des mesures physiologiques en temps réel afin d'évaluer la modulation autonome lors d'altérations de la conscience corporelle.

Finalement, l'hypothèse de la présence d'anomalies de connectivité affectant les structures clés impliquées dans l'élaboration de la conscience corporelle, ainsi que dans le traitement des émotions et de l'intéroception (ex. insula, cortex cingulaire) devrait être testée par des mesures de neuroimagerie cérébrale structurelle (ex. DTI) chez les individus rapportant des SIEs en comparaison aux synesthètes sans SIEs et aux contrôles.

CONCLUSION

Les cas présentés suggèrent que les synesthésies induites lors de l'écoute musicale et des relations sexuelles sont associées à des altérations de la conscience corporelle ainsi qu'à des manifestations intéroceptives et émotionnelles. Nous proposons que les SIEs sont un sous-type de synesthésies associé à une altération de l'excitabilité des réseaux cérébraux impliqués dans le traitement des émotions et de l'intéroception, et dont plusieurs structures jouent un rôle dans l'élaboration de la conscience corporelle. Les SIEs présentent une opportunité d'étude des mécanismes sous-jacents aux altérations de la conscience et pourraient contribuer à l'amélioration des modèles physiopathologiques de certains troubles psychiatriques.

APPENDICE A

Interview on synesthesia and consciousness alterations

Part A – Synesthesias

FOR SYNESTHETES

- 1) Do you have any synesthesias that were not mentioned in the synesthesia battery you filled out?
- 2) What are the triggers or inducers (perceptual, cognitive, emotional)?
- 3) What phenomena do you experience and where are they located (in your mental imagery or in your environment)?
- 4) How long have you had these synesthesias?
- 5) Is there a significant event that you think may have triggered your synesthesias?
- 6) Have you ever experienced synesthesia in any of the following situations?
 - a) Sports/intense physical activity
 - b) Listening to music
 - c) Strong emotions
 - d) Sex
 - e) Meditation
 - f) Childbirth
 - g) Substance use. If yes specify.
 - h) Other situations

If the synesthete answers “yes” to synesthesia during sex, he/she is selected for part B of the interview.

FOR CONTROLS

- 1) Have you ever experienced any form of synesthesia in your life? (If so, give examples)
- 2) Have you ever experienced synesthesia in any of the following situations?
 - a) Sports/intense physical activity
 - b) Listening to music
 - c) Strong emotions
 - d) Sex
 - e) Meditation
 - f) Childbirth
 - g) Substance use. If yes, specify.
 - h) Other situations

If the participant answers no to all questions, he/she is selected for part B of the interview.

Part B – Manifestations during sexual activity

FOR SYNESTHETES

I would like you to think about sexual intercourse episodes (without any substance use) during which you experienced synesthesia and try to describe the experience with as much detail as possible.

- 1) Did you experience synesthesia during your first sexual intercourse?
- 2) When did the first sexual synesthesia appear?
- 3) How often does sexual synesthesia occur?
- 4) Are there optimal conditions for generating this synesthesia?
- 5) Have you experienced this form of synesthesia....
 - a) With a stable partner?
 - b) During casual sex?
 - c) During masturbation?
 - d) While consuming pornographic material?
- 6) Does your synesthesia vary according to the type of stimulation?
- 7) Does your synesthesia vary according to sexual position?
- 8) Do you need to have confidence in your partner?
- 9) During your sexual synesthesia, have you ever felt other unusual experiences? If yes specify...
During these encounters have you ever felt:
 - a) An alteration of time or space
 - b) Like you are outside your body
 - c) That parts of your body are distorted or not your own
 - d) Other unusual experiences

FOR CONTROLS

I would like you to think about your sexual intercourse experiences that were particularly intense or emotional (without any substance use) and try to describe the experience with as much detail as possible.

- 1) Do you think that a specific context is necessary for you to have this type of experience. If yes specify ... Do you think these experiences are affected by:
 - a) The confidence you have in the partner.
 - b) The type of sexual interaction (stable partner vs casual sex)
 - c) The sexual position
 - d) The type of stimulation
- 1) During those kinds of sexual encounters, do you sometimes have unusual experiences. If yes specify... During these encounters have you ever felt:
 - a) An alteration of time or space

- b) Like you are outside your body
- c) That parts of your body are distorted or not your own

Part C – Consciousness alterations in daily life

FOR ALL PARTICIPANTS

Do you have any experiences in daily life that could be described as unusual, mystical or paranormal? If yes, please specify the nature, frequency and context.

Have you had any of the following experiences in your daily life (excluding substance use):

- 1) You feel a major alteration of time or space
- 2) You feel like you are outside your body
- 3) You feel that parts of your body are distorted or not your own
- 4) You feel that your reflection in the mirror is distorted or not exactly you
- 5) You feel that someone you know is an impostor or a double

BIBLIOGRAPHIE

- Addy, P. H. (2011). *That deep internal voice: Controlled administration of Salvia divinorum* (Doctoral dissertation, Institute of Transpersonal Psychology).
- Afra, P., Funke, M., & Matsuo, F. (2009). Acquired auditory-visual synesthesia: A window to early cross-modal sensory interactions. *Psychology Research and Behavior Management*, 31-37.
- Alstadhaug, K. B., & Benjaminsen, E. (2010). Synesthesia and migraine: case report. *BMC neurology*, 10(1), 121.
- Alves, P. N., Foulon, C., Karolis, V., Bzdok, D., Margulies, D. S., Volle, E., & Thiebaut de Schotten, M. (2019). An improved neuroanatomical model of the default-mode network reconciles previous neuroimaging and neuropathological findings. *Communications Biology*, 2(1), 370.
- Amad, A., Cachia, A., Gorwood, P., Pins, D., Delmaire, C., Rolland, B., Mondino, M., Thomas, P., & Jardri, R. (2014). The multimodal connectivity of the hippocampal complex in auditory and visual hallucinations. *Molecular Psychiatry*, 19(2), 184-191.
- Amin, M., Olu-Lafe, O., Claessen, L. E., Sobczak-Edmans, M., Ward, J., Williams, A. L., & Sagiv, N. (2011). Understanding grapheme personification: A social synaesthesia? *Journal of Neuropsychology*, 5(2), 255-282.
- Andrews-Hanna, J. R., Reidler, J. S., Sepulcre, J., Poulin, R., & Buckner, R. L. (2010). Functional-anatomic fractionation of the brain's default network. *Neuron*, 65(4), 550-562.
- Armel, K. C., & Ramachandran, V. S. (1999). Acquired synesthesia in retinitis pigmentosa. *Neurocase*, 5(4), 293-296.
- Aspell, J. E., Heydrich, L., Marillier, G., Lavanchy, T., Herbelin, B., & Blanke, O. (2013). Turning body and self inside out: visualized heartbeats alter bodily self-consciousness and tactile perception. *Psychological Science*, 24(12), 2445-2453.
- Bækkelund, H., Frewen, P., Lanius, R., Ottesen Berg, A., & Arnevik, E. A. (2018). Trauma-related altered states of consciousness in post-traumatic stress disorder patients with or without comorbid dissociative disorders. *European Journal of Psychotraumatology*, 9(1), 1544025.
- Baier, B., & Karnath, H. O. (2008). Tight link between our sense of limb ownership and self-awareness of actions. *Stroke*, 39(2), 486-488.
- Banissy, M. J., Cassell, J. E., Fitzpatrick, S., Ward, J., Walsh, V. X., & Muggleton, N. G. (2012). Increased positive and disorganized schizotypy in synaesthetes who experience colour from letters and tones. *Cortex*, 48(8), 1085-1087.

- Banissy, M. J., Kadosh, R. C., Maus, G. W., Walsh, V., & Ward, J. (2009). Prevalence, characteristics and a neurocognitive model of mirror-touch synaesthesia. *Experimental Brain Research*, 198(2-3), 261-272.
- Banissy, M. J., & Ward, J. (2007). Mirror-touch synesthesia is linked with empathy. *Nature Neuroscience*, 10(7), 815.
- Banissy, M. J., & Ward, J. (2013). Mechanisms of self-other representations and vicarious experiences of touch in mirror-touch synesthesia. *Frontiers in Human Neuroscience*, 7, 112.
- Bankieris, K. R., Qian, T., & Aslin, R. N. (2019). Synesthetes persevere in implicit learning: evidence from a non-stationary statistical learning task. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 72(7), 1771-1779.
- Barbieri, J. M., Vidal, A., & Zellner, D. A. (2007). The color of music: Correspondence through emotion. *Empirical Studies of the Arts*, 25(2), 193-208.
- Bargary, G., & Mitchell, K. (2008). Synaesthesdia and cortical connectivity. *Trends in Neurosciences*, 31(7), 335-342.
- Bauer, R. M. (1982). Visual hypoemotionality as a symptom of visual-limbic disconnection in man. *Archives of Neurology*, 39(11), 702-708.
- Beauchamp, M.S., & Ro, T. (2008). Neural substrates of sound-touch synesthesia after a thalamic lesion. *The Journal of Neuroscience*, 28(50), 13696-13702.
- Beaufils, G.A., Richer, F. (2016). Synesthésies déclenchées par des relations sexuelles. Cahiers de l'ACFAS. Montréal.
- Becker, J. (2004). *Deep listeners: Music, emotion, and trancing* (Vol. 2). Indiana University Press.
- Beeli, G., Esslen, M., & Jäncke, L. (2005). When coloured sounds taste sweet. *Nature*, 434(7029), 38-38.
- Bendas, J., Georgiadis, J. R., Ritschel, G., Olausson, H., Weidner, K., & Croy, I. (2017). C-tactile mediated erotic touch perception relates to sexual desire and performance in a gender-specific way. *The Journal of Sexual Medicine*, 14(5), 645-653.
- Bernstein, E. M., & Putnam, F. W. (1986). Development, reliability, and validity of a dissociation scale. *Journal of Nervous and Mental Disease*, 174(12), 727-735.
- Berntson, G. G., & Khalsa, S. S. (2021). Neural circuits of interoception. *Trends in Neurosciences*, 44(1), 17-28.
- Blackmore, S. (1986). Out-of-body experiences in schizophrenia a questionnaire survey. *The Journal of Nervous and Mental Disease*, 174(10), 615-619.
- Blaicher, W., Gruber, D., Bieglmayer, C., Blaicher, A. M., Knogler, W., & Huber, J. C. (1999). The role of oxytocin in relation to female sexual arousal. *Gynecologic and Obstetric Investigation*, 47, 125-126.
- Blakemore, S. J., Bristow, D., Bird, G., Frith, C., & Ward, J. (2005). Somatosensory activations during the observation of touch and a case of vision-touch synaesthesia. *Brain*, 128(7), 1571-1583.

- Blanke, O., & Arzy, S. (2005). The out-of-body experience: disturbed self-processing at the temporo-parietal junction. *The Neuroscientist*, 11(1), 16-24.
- Blanke, O., Landis, T., Spinelli, L., & Seeck, M. (2004). Out-of-body experience and autoscapy of neurological origin. *Brain*, 127(2), 243-258.
- Blanke, O., Ortigue, S., Landis, T., & Seeck, M. (2002). Stimulating illusory own-body perceptions. *Nature*, 419(6904), 269-270.
- Blanke, O., Slater, M., & Serino, A. (2015). Behavioral, neural, and computational principles of bodily self-consciousness. *Neuron*, 88(1), 145-166.
- Blood, A. J., & Zatorre, R. J. (2001). Intensely pleasurable responses to music correlate with activity in brain regions implicated in reward and emotion. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 98(20), 11818-11823.
- Botvinick, M., & Cohen, J. (1998). Rubber hands ‘feel’ touch that eyes see. *Nature*, 391(6669), 756-756.
- Brang, D., & Ramachandran, V. S. (2008). Psychopharmacology of synesthesia; the role of serotonin 5-HT_{2A} receptor activation. *Medical Hypotheses*, 70(4), 903-904.
- Brang, D., Teuscher, U., Ramachandran, V. S., & Coulson, S. (2010). Temporal sequences, synesthetic mappings, and cultural biases: The geography of time. *Consciousness and Cognition*, 19(1), 311-320.
- Brauchli, C., Elmer, S., Rogenmoser, L., Burkhard, A., & Jäncke, L. (2018). Top-down signal transmission and global hyperconnectivity in auditory-visual synesthesia: Evidence from a functional EEG resting-state study. *Human Brain Mapping*, 39(1), 522-531.
- Bressler, S. L., & Menon, V. (2010). Large-scale brain networks in cognition: emerging methods and principles. *Trends in Cognitive Sciences*, 14(6), 277-290.
- Brogaard, B. (2013) Serotonergic hyperactivity as a potential factor in developmental, acquired and drug-induced synesthesia. *Frontiers in Human Neuroscience*, 21(7), 657.
- Brown, S., Martinez, M. J., & Parsons, L. M. (2004). Passive music listening spontaneously engages limbic and paralimbic systems. *Neuroreport*, 15(13), 2033-2037.
- Brummelte, S., Mc Glinchey, E., Bonnin, A., & Oberlander, T. F. (2017). Developmental changes in serotonin signaling: implications for early brain function, behavior and adaptation. *Neuroscience*, 342, 212-231.
- Caputo, G. B. (2023). Strange-face-in-the-mirror illusions: specific effects on derealization, depersonalization, and dissociative identity. *Journal of Trauma & Dissociation*, 24(5), 575-608.
- Carbonaro, T. M., Johnson, M. W., Hurwitz, E., & Griffiths, R. R. (2018). Double-blind comparison of the two hallucinogens psilocybin and dextromethorphan: similarities and differences in subjective experiences. *Psychopharmacology*, 235(2), 521-534.
- Carhart-Harris, R. L., Muthukumaraswamy, S., Roseman, L., Kaelen, M., Droog, W., Murphy, K., ... & Nutt, D. J. (2016). Neural correlates of the LSD experience revealed by multimodal neuroimaging. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 113(17), 4853-4858.

- Carlson, E. B., Putnam, F. W., Ross, C. A., Torem, M., Coons, P., Dill, D., & Braun, B. G. (1993). Validity of the Dissociative Experiences Scale in screening for multiple personality disorder: A multicenter study. *American Journal of Psychiatry*, 150, 1030-1036.
- Caspar, E. A., & Kolisnky, R. (2013). Revue d'un phénomène étrange: la synesthésie. *L'Année Psychologique*, 113, 629-666.
- Cathey, A. J., & Zettle, R. D. (2016). The Development of Novel Interoceptive Exposure Methods for Inducing Derealization and Depersonalization Symptoms. *Journal of Cognitive Psychotherapy*, 30(4).
- Cazala, F., Vienney, N., & Stoleru, S. (2015). The cortical sensory representation of genitalia in women and men: a systematic review. *Socioaffective Neuroscience & Psychology*, 5(1), 26428.
- Chin, T., & Ward, J. (2018). Synaesthesia is linked to more vivid and detailed content of autobiographical memories and less fading of childhood memories. *Memory*, 26(6), 844-851.
- Chong, J. S. X., Ng, G. J. P., Lee, S. C., & Zhou, J. (2017). Salience network connectivity in the insula is associated with individual differences in interoceptive accuracy. *Brain Structure and Function*, 222(4), 1635-1644.
- Chun, C. A., & Hupé, J. M. (2016). Are synesthetes exceptional beyond their synesthetic associations? A systematic comparison of creativity, personality, cognition, and mental imagery in synesthetes and controls. *British Journal of Psychology*, 107(3), 397-418.
- Cohen-Cory, S., Kidane, A. H., Shirkey, N. J., & Marshak, S. (2010). Brain-derived neurotrophic factor and the development of structural neuronal connectivity. *Developmental Neurobiology*, 70(5), 271-288.
- Cohen Kadosh, R., Henik, A., Catena, A., Walsh, V., & Fuentes, L. J. (2009). Induced cross-modal synaesthetic experience without abnormal neuronal connections. *Psychological Science*, 20(2), 258-265.
- Collier, G. L. (1996). Affective synesthesia: Extracting emotion space from simple perceptual stimuli. *Motivation and Emotion*, 20(1), 1-32.
- Costa, R. M., Campos, P., Wiborg, M., Rebôlo, C., Wittmann, M., & Kornmeier, J. (2022). Prevalence of visual snow and relation to attentional absorption. *PLoS One*, 17(11), e0276971.
- Costa, R. M., Pestana, J., Costa, D., & Wittmann, M. (2016). Altered states of consciousness are related to higher sexual responsiveness. *Consciousness and Cognition*, 42, 135-141.
- Courtois, F., & Dubray, S. (2014). The neurophysiology of orgasm. *Current Sexual Health Reports*, 6, 201-210.
- Craig, D. G. (2005). An exploratory study of physiological changes during “chills” induced by music. *Musicae Scientiae*, 9(2), 273-287.
- Craig, A. D. (2009). How do you feel—now? The anterior insula and human awareness. *Nature Reviews Neuroscience*, 10(1), 59-70.

- Crawford, H. J. (1982). Hypnotizability, daydreaming styles, imagery vividness, and absorption: a multidimensional study. *Journal of Personality and Social Psychology*, 42(5), 915.
- Crucianelli, L., Krahé, C., Jenkinson, P. M., & Fotopoulou, A. K. (2018). Interoceptive ingredients of body ownership: Affective touch and cardiac awareness in the rubber hand illusion. *Cortex*, 104, 180-192.
- Curwen, C. (2018). Music-color synaesthesia: concept, context and qualia. *Consciousness and Cognition*, 61, 94-106.
- Cytowic, R. E. (1989). Synesthesia and mapping of subjective sensory dimensions. *Neurology*, 39(6), 849-850.
- Cytowic, R.E. (2002a). *Synesthesia: A union of the senses* (2nd ed.). Cambridge, MA, US: MIT Press.
- Cytowic, R. E. (2002b). Touching tastes, seeing smells—and shaking up brain science. *Cerebrum*, 4(3), 7-26.
- Cytowic, R. E., & Eagleman, D. M. (2009). *Wednesday is indigo blue: discovering the brain of synesthesia*. Cambridge, Mass: MIT Press.
- Dael, N., Sierro, G., & Mohr, C. (2013). Affect-related synesthesias: a prospective view on their existence, expression and underlying mechanisms. *Frontiers in Psychology*, 4, 754.
- Daprati, E., Franck, N., Georgieff, N., Proust, J., Pacherie, E., Dalery, J., & Jeannerod, M. (1997). Looking for the agent: an investigation into consciousness of action and self-consciousness in schizophrenic patients. *Cognition*, 65(1), 71-86.
- Darves-Bornoz, J. M., Degiovanni, A., & Gaillard, P. (1999). Validation of a French version of the Dissociative Experiences Scale in a rape-victim population. *The Canadian Journal of Psychiatry*, 44(3), 271-275.
- Dary, Z., Lenggenhager, B., Lagarde, S., Medina Villalon, S., Bartolomei, F., & Lopez, C. (2023). Neural bases of the bodily self as revealed by electrical brain stimulation: A systematic review. *Human Brain Mapping*, 44(7), 2936-2959.
- Daubert, E. A., & Condrón, B. G. (2010). Serotonin: a regulator of neuronal morphology and circuitry. *Trends in Neurosciences*, 33(9), 424-434.
- Day, S. (2004). Some demographical and socio-cultural aspects of synesthesia. In D. Sagiv (eds.), *Synesthesia: Perspectives from Cognitive Neuroscience* (11-33). New York: Oxford University Press.
- De Aquino, M. P. B., Verdejo-Román, J., Pérez-García, M., & Pérez-García, P. (2019). Different role of the supplementary motor area and the insula between musicians and non-musicians in a controlled musical creativity task. *Scientific Reports*, 9(1), 13006.
- Debruyne, H., & Audenaert, K. (2012). Towards understanding Cotard's syndrome: an overview. *Neuropsychiatry*, 2(6), 481.
- De Gregorio, D., Aguilar-Valles, A., Preller, K. H., Heifets, B. D., Hibicke, M., Mitchell, J., & Gobbi, G. (2021). Hallucinogens in mental health: preclinical and clinical studies on LSD, psilocybin, MDMA, and ketamine. *Journal of Neuroscience*, 41(5), 891-900.

- Deppermann, S., Storchak, H., Fallgatter, A. J., & Ehlis, A. C. (2014). Stress-induced neuroplasticity:(mal) adaptation to adverse life events in patients with PTSD—a critical overview. *Neuroscience*, 283, 166-177.
- De Ridder, D., Van Laere, K., Dupont, P., Menovsky, T., & Van de Heyning, P. (2007). Visualizing out-of-body experience in the brain. *New England Journal of Medicine*, 357(18), 1829-1833.
- Deroy, O., & Spence, C. (2013). Training, hypnosis, and drugs: artificial synaesthesia, or artificial paradises?. *Frontiers in psychology*, 4, 660.
- De Vignemont, F., Zalla, T., Posada, A., Louvegnez, A., Koenig, O., Georgieff, N., & Franck, N. (2006). Mental rotation in schizophrenia. *Consciousness and Cognition*, 15(2), 295-309.
- Devue, C., Collette, F., Balteau, E., Degueldre, C., Luxen, A., Maquet, P., & Brédart, S. (2007). Here I am: the cortical correlates of visual self-recognition. *Brain Research*, 1143, 169-182.
- Dieguez, S., & Blanke, O. (2011). Altered states of bodily consciousness. *Altering Consciousness: Multidisciplinary Perspectives*, 2, 237-262.
- Dietrich, A. (2003). Functional neuroanatomy of altered states of consciousness: The transient hypofrontality hypothesis. *Consciousness and Cognition*, 12(2), 231-256.
- Dionisio, S., Mayoglou, L., Cho, S. M., Prime, D., Flanigan, P. M., Lega, B., Mosher, J., Leahy, R., Gonzalez-Martinez, J., & Nair, D. (2019). Connectivity of the human insula: a cortico-cortical evoked potential (CCEP) study. *Cortex*, 120, 419-442.
- Dittrich, A. (1998). The standardized psychometric assessment of altered states of consciousness (ASCs) in humans. *Pharmacopsychiatry*, 31(2), 80-84.
- Dixon, M. J., Smilek, D., & Merikle, P. M. (2004). Not all synaesthetes are created equal: Projector versus associator synaesthetes. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, 4(3), 335-343.
- Domino, G. (1989). Synesthesia and creativity in fine arts students: An empirical look. *Creativity Research Journal*, 2(1-2), 17-29.
- Dovern, A., Fink, G. R., Fromme, A. C. B., Wohlschläger, A. M., Weiss-Blankenhorn, P. H., & Riedl, V. (2012). Increased intrinsic network connectivity in grapheme-colour synaesthesia. *Klinische Neurophysiologie*, 43(01), P040.
- Dunkley, B. T., Wong, S. M., Jetly, R., Wong, J. K., & Taylor, M. J. (2018). Post-traumatic stress disorder and chronic hyperconnectivity in emotional processing. *NeuroImage: Clinical*, 20, 197-204.
- Eagleman, D. M., Kagan, A. D., Nelson, S. S., Sagaram, D., & Sarma, A. K. (2007). A standardized test battery for the study of synesthesia. *Journal of Neuroscience Methods*, 159(1), 139-145.
- Eckardt, N., Sinke, C., Bleich, S., Lichtinghagen, R., & Zedler, M. (2024). Investigation of the relationship between neuroplasticity and grapheme-color synesthesia. *Frontiers in Neuroscience*, 18, 1434309.

- Ehrsson, H. H. (2007). The experimental induction of out-of-body experiences. *Science*, 317(5841), 1048-1048.
- Ehrsson, H. H., Kito, T., Sadato, N., Passingham, R. E., & Naito, E. (2005). Neural substrate of body size: illusory feeling of shrinking of the waist. *PLoS Biology*, 3(12), e412.
- Ellis, H. D., Young, A. W., Quayle, A. H., & De Pauw, K. W. (1997). Reduced autonomic responses to faces in Capgras delusion. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 264(1384), 1085-1092.
- Faivre, N., Arzi, A., Lunghi, C., & Salomon, R. (2017). Consciousness is more than meets the eye: a call for a multisensory study of subjective experience. *Neuroscience of Consciousness*, 2017(1), nix003.
- Ferri, F., Frassinetti, F., Mastrangelo, F., Salone, A., Ferro, F. M., & Gallese, V. (2012). Bodily self and schizophrenia: the loss of implicit self-body knowledge. *Consciousness and Cognition*, 21(3), 1365-1374.
- Fisher, S. (1973). *The female orgasm: Psychology, physiology, fantasy*. Basic Books. pp.533.
- Fitzgibbon, B. M., Giummarra, M. J., Georgiou-Karistianis, N., Enticott, P. G., & Bradshaw, J. L. (2010). Shared pain: from empathy to synaesthesia. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 34(4), 500-512.
- Flournoy, T. (1893). *Des phénomènes de synopsis (audition colorée) - photismes, schèmes visuels, personnifications*. Félix Alcan.
- Ford, J. M., Palzes, V. A., Roach, B. J., Potkin, S. G., van Erp, T. G., Turner, J. A., Mueller, B. A., Calhoun, V. D., Voyvodic, J., Belger, A., Bustillo, J., Vaidya, J. G., Preda, A., McEwen, S. C., Functional Imaging Biomedical Informatics Research Network, & Mathalon, D. H. (2015). Visual hallucinations are associated with hyperconnectivity between the amygdala and visual cortex in people with a diagnosis of schizophrenia. *Schizophrenia Bulletin*, 41(1), 223-232.
- Fornazzari, L., Fischer, C. E., Ringer, L., & Schweizer, T. A. (2012). “Blue is music to my ears”: Multimodal synesthesias after a thalamic stroke. *Neurocase*, 18(4), 318–322.
- Fornazzari, L., Leggieri, M., Schweizer, T. A., Arizaga, R. L., Allegri, R. F., & Fischer, C. E. (2018). Hyper memory, synaesthesia, savants Luria and Borges revisited. *Dementia & Neuropsychologia*, 12(2), 101-104.
- Frewen, P. A., & Lanius, R. A. (2014). Trauma-related altered states of consciousness: Exploring the 4-D model. *Journal of Trauma & Dissociation*, 15(4), 436-456.
- Fuchs, T. (2005). Corporealized and disembodied minds: a phenomenological view of the body in melancholia and schizophrenia. *Philosophy, Psychiatry, & Psychology*, 12(2), 95-107.
- Fulford, J., Milton, F., Salas, D., Smith, A., Simler, A., Winlove, C., & Zeman, A. (2018). The neural correlates of visual imagery vividness—An fMRI study and literature review. *Cortex*, 105, 26-40.
- Gabrielsson, A. (2011). *Strong experiences with music: Music is much more than just music*. OUP Oxford.

- Gabrielsson, A., & Wik, S. L. (2003). Strong experiences related to music: a descriptive system. *Musicae Scientiae*, 7(2), 157-217.
- Gallagher, S. (2000). Philosophical conceptions of the self: implications for cognitive science. *Trends in Cognitive Sciences*, 4(1), 14-21.
- Garfinkel, S. N., Abelson, J. L., King, A. P., Sripada, R. K., Wang, X., Gaines, L. M., & Liberzon, I. (2014). Impaired contextual modulation of memories in PTSD: an fMRI and psychophysiological study of extinction retention and fear renewal. *Journal of Neuroscience*, 34(40), 13435-13443.
- Gattuso, J. J., Perkins, D., Ruffell, S., Lawrence, A. J., Hoyer, D., Jacobson, L. H., ... & Sarris, J. (2023). Default mode network modulation by psychedelics: a systematic review. *International Journal of Neuropsychopharmacology*, 26(3), 155-188.
- Georgiadis, J., Reinders, A., Paans, A., Renken, R., Kortekaas, R. (2009). Men versus women on sexual brain function: prominent differences during tactile genital stimulation, but not during orgasm. *Human Brain Mapping*, 30, 3089–3101.
- Gonzalez, A., Moya-Alvarado, G., Gonzalez-Billaut, C., & Bronfman, F. C. (2016). Cellular and molecular mechanisms regulating neuronal growth by brain-derived neurotrophic factor. *Cytoskeleton*, 73(10), 612-628.
- Gouzoulis-Mayfrank, E., Schreckenberger, M., Sabri, O., Arning, C., Thelen, B., Spitzer, M., Kovar, K.-A., Hermle, L., Büll, U., & Sass, H. (1999). Neurometabolic effects of psilocybin, 3, 4-methylenedioxyethylamphetamine (MDE) and d-methamphetamine in healthy volunteers: a double-blind, placebo-controlled PET study with [18F] FDG. *Neuropsychopharmacology*, 20(6), 565-581.
- Gregersen, P. K., Kowalsky, E., Lee, A., Baron-Cohen, S., Fisher, S. E., Asher, J. E., Ballard, D., Freudenberg, J., & Li, W. (2013). Absolute pitch exhibits phenotypic and genetic overlap with synesthesia. *Human Molecular Genetics*, 22(10), 2097-2104.
- Griffiths, T. D., Warren, J. D., Dean, J. L., & Howard, D. (2004). “When the feeling’s gone”: a selective loss of musical emotion. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*, 75(2), 344-345.
- Grossenbacher, P.G., Lovelace, C.T. (2001). Mechanisms of synesthesia: Cognitive and physiological constraints. *Trends in Cognitive Sciences*, 5(1), 36-41.
- Gschwind, M., & Picard, F. (2016). Ecstatic epileptic seizures: a glimpse into the multiple roles of the insula. *Frontiers in Behavioral Neuroscience*, 10, 21.
- Guhn, M., Hamm, A., & Zentner, M. (2007). Physiological and musico-acoustic correlates of the chill response. *Music Perception*, 24(5), 473-484.
- Haghighat, H., Mirzarezaee, M., Araabi, B. N., & Khadem, A. (2021). Functional networks abnormalities in autism spectrum disorder: age-related hypo and hyper connectivity. *Brain Topography*, 34(3), 306-322.
- Hänggi, J., Wotruba, D., & Jäncke, L. (2011). Globally altered structural brain network topology in grapheme-color synesthesia. *Journal of Neuroscience*, 31(15), 5816-5828.
- Hansen, G., Jensen, S. B., Chandresh, L., & Hilden, T. (1988). The psychotropic effect of ketamine. *Journal of Psychoactive Drugs*, 20(4), 419-425.

- Harrison, L., & Loui, P. (2014). Thrills, chills, frissons, and skin orgasms: toward an integrative model of transcendent psychophysiological experiences in music. *Frontiers in Psychology*, 5, 102028.
- Herbert R. (2016) *Everyday music listening: Absorption, dissociation and trancing*. NY: Routledge.
- Heydrich, L., & Blanke, O. (2013). Distinct illusory own-body perceptions caused by damage to posterior insula and extrastriate cortex. *Brain*, 136(3), 790-803.
- Heydrich, L., Dieguez, S., Grunwald, T., Seeck, M., & Blanke, O. (2010). Illusory own body perceptions: case reports and relevance for bodily self-consciousness. *Consciousness and Cognition*, 19(3), 702-710.
- Hintzen, A., & Passie, T. (2010). *The pharmacology of LSD*. Oxford, New York: Oxford University Press.
- Hirstein, W., & Ramachandran, V. S. (1997). Capgras syndrome: a novel probe for understanding the neural representation of the identity and familiarity of persons. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 264(1380), 437-444.
- Hochel, M., Milán, E. G., Martín, J. M., González, A., García, E. D., Tornay, F., & Vila, J. (2009). Congruence or coherence? Emotional and physiological responses to colours in synaesthesia. *European Journal of Cognitive Psychology*, 21(5), 703-723.
- Hodges, D. A. (2016). Bodily responses to music. In: *The Oxford handbook of music psychology*, 2nd ed. Oxford University Press, pp 183–196
- Hoffman, S. N., Urosevich, T. G., Kirchner, H. L., Boscarino, J. J., Dugan, R. J., Withey, C. A., Adams, R. E., Figley, C. R. & Boscarino, J. A. (2019). Grapheme-color synesthesia is associated with PTSD among deployed veterans: confirmation of previous findings and need for additional research. *International Journal of Emergency Mental Health*, 21(1).
- Hu, B., Nikolakopoulou, A. M., & Cohen-Cory, S. (2005). BDNF stabilizes synapses and maintains the structural complexity of optic axons in vivo. *Development*, 132 (19), 4285-4298.
- Huang, E. J., & Reichardt, L. F. (2001). Neurotrophins: roles in neuronal development and function. *Annual Review of Neuroscience*, 24(1), 677-736.
- Hubbard, E. M., Arman, A. C., Ramachandran, V. S., & Boynton, G. M. (2005). Individual differences among grapheme-color synesthetes: brain-behavior correlations. *Neuron*, 45(6), 975-985.
- Hubbard, E. M., Brang, D., & Ramachandran, V. S. (2011). The cross-activation theory at 10. *Journal of Neuropsychology*, 5(2), 152-177.
- Hubl, D., Koenig, T., Strik, W., Federspiel, A., Kreis, R., Boesch, C., Maier, S. E., Schroth, G., Lovblad, K., & Dierks, T. (2004). Pathways that make voices: white matter changes in auditory hallucinations. *Archives of General Psychiatry*, 61(7), 658-668.
- Hupé, J. M., Bordier, C., & Dojat, M. (2012). The neural bases of grapheme–color synesthesia are not localized in real color-sensitive areas. *Cerebral Cortex*, 22(7), 1622-1633.

- Ionta, S., Heydrich, L., Lenggenhager, B., Mouthon, M., Fornari, E., Chapuis, D., Gassert, R., & Blanke, O. (2011). Multisensory mechanisms in temporo-parietal cortex support self-location and first-person perspective. *Neuron*, 70(2), 363-374.
- Isbilen, E. S., & Krumhansl, C. L. (2016). The color of music: Emotion-mediated associations to Bach's Well-tempered Clavier. *Psychomusicology: Music, Mind, and Brain*, 26(2), 149.
- Jacobs L, Karpik A, Bozian D, Gøthgen S. (1981). Auditory-visual synesthesia sound-induced photisms. *Arch. Neurol.*, 38, 211–216.
- Jacome, D. E. (2011). Sound induced photisms in pontine and extrapontine myelinolysis. *Clinical Neurology and Neurosurgery*, 113(6), 503-505.
- Jacome, D. E., & Gumnit, R. J. (1979). Audioalgesic and audiovisuoalgesic synesthesias: Epileptic manifestation. *Neurology*, 29(7), 1050-1050.
- Jäncke, L., Beeli, G., Eulig, C., & Hänggi, J. (2009). The neuroanatomy of grapheme–color synesthesia. *European Journal of Neuroscience*, 29(6), 1287-1293.
- Jern, P., Chen, J., Tuisku, J., Saanijoki, T., Hirvonen, J., Lukkarinen, L., Manninen, S., Helin, S., Putkinen, V., & Nummenmaa, L. (2023). Endogenous opioid release after orgasm in man: A combined PET/functional MRI study. *Journal of Nuclear Medicine*, 64(8), 1310-1313.
- Johnston, T. F. (1972). *Datura fastuosa*: Its use in tsonga girls' initiation. *Economic Botany*, 26(4), 340-351.
- Juslin, P.N., Sloboda J. (2011) (Eds.) *Handbook of music and emotion: Theory, research and applications*. NY: Oxford University Press.
- Kallio, S., Koivisto, M., & Kaakinen, J. K. (2017). Synaesthesia-type associations and perceptual changes induced by hypnotic suggestion. *Scientific Reports*, 7(1), 17310.
- Kandilarova, S. (2024). Disturbances of interoception in schizophrenia—Focus on neuroimaging. *Journal of Psychophysiology*, 38(3), 131-146.
- Kapur, S., & Seeman, P. (2002). NMDA receptor antagonists ketamine and PCP have direct effects on the dopamine D 2 and serotonin 5-HT 2 receptors—implications for models of schizophrenia. *Molecular Psychiatry*, 7(8), 837–844.
- Karnath, H. O., & Baier, B. (2010). Right insula for our sense of limb ownership and self-awareness of actions. *Brain Structure and Function*, 214(5-6), 411-417.
- Keshavan, M. S., Mehta, U. M., Padmanabhan, J. L., & Shah, J. L. (2015). Dysplasticity, metaplasticity, and schizophrenia: implications for risk, illness, and novel interventions. *Development and Psychopathology*, 27(2), 615-635.
- Khalsa, S. S., Adolphs, R., Cameron, O. G., Critchley, H. D., Davenport, P. W., Feinstein, J. S., ... & Zucker, N. (2018). Interoception and mental health: a roadmap. *Biological Psychiatry: Cognitive Neuroscience and Neuroimaging*, 3(6), 501-513.
- Kim, H. J., Lee, J. I., & Woo, C. W. (2025). Embodying the default mode network: self-related processing from an embodied perspective. *Current Opinion in Behavioral Sciences*, 66, 101607.

- Kleckner, I. R., Zhang, J., Touroutoglou, A., Chanes, L., Xia, C., Simmons, W. K., Quigley, K. S., Dickerson, B. C., & Feldman Barrett, L. (2017). Evidence for a large-scale brain system supporting allostasis and interoception in humans. *Nature Human Behaviour*, 1(5), 0069.
- Klepzig, K., Horn, U., König, J., Holtz, K., Wendt, J., Hamm, A. O., & Lotze, M. (2020). Brain imaging of chill reactions to pleasant and unpleasant sounds. *Behavioural Brain Research*, 380, 112417.
- Koelsch, S., Cheung, V. K., Jentschke, S., & Haynes, J. D. (2021). Neocortical substrates of feelings evoked with music in the ACC, insula, and somatosensory cortex. *Scientific Reports*, 11(1), 1-11.
- Kometer, M., & Vollenweider, F. X. (2016). Serotonergic hallucinogen-induced visual perceptual alterations. In *Behavioral Neurobiology of Psychedelic Drugs* (pp. 257-282). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Komisaruk, B. R., & Whipple, B. (2005). Functional MRI of the brain during orgasm in women. *Annual Review of Sex Research*, 16(1), 62-86.
- Koreki, A., Goeta, D., Ricciardi, L., Eilon, T., Chen, J., Critchley, H. D., ... & Yogarajah, M. (2022). The relationship between interoception and agency and its modulation by heartbeats: an exploratory study. *Scientific Reports*, 12(1), 13624.
- Kowiański, P., Lietzau, G., Czuba, E., Waśkow, M., Steliga, A., & Moryś, J. (2018). BDNF: a key factor with multipotent impact on brain signaling and synaptic plasticity. *Cellular and Molecular Neurobiology*, 38, 579-593.
- Kreutz, G., Ott, U., Teichmann, D., Osawa, P., & Vaitl, D. (2008). Using music to induce emotions: Influences of musical preference and absorption. *Psychology of Music*, 36(1), 101-126.
- Lahti, A. C., Weiler, M. A., Michaelidis, B. T., Parwani, A., & Tamminga, C. A. (2001). Effects of ketamine in normal and schizophrenic volunteers. *Neuropsychopharmacology*, 25(4), 455-467.
- Lalwani, P., & Brang, D. (2019). Stochastic resonance model of synaesthesia. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 374: 20190029.
- Landtblom, A. M., Lindehammar, H., Karlsson, H., & Craig. (2011). Insular cortex activation in a patient with "sensed presence"/ecstatic seizures. *Epilepsy & Behavior*, 20(4), 714-718. 031
- Laurita, A. C., Hazan, C., & Spreng, R. N. (2017). Dissociable patterns of brain activity for mentalizing about known others: a role for attachment. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 12(7), 1072-1082.
- Lebeau, C., Beaufils, G. A., & Richer, F. (2018, June 26-30). *Out-of-body experiences and insular cortex anomalies*. [Poster presentation]. 29th International Congress of Applied Psychology, Montreal, Qc, Canada.
- Lebeau, C., Beaufils, G. A., & Richer, F. (2019, May 2-4). *Synesthesia and the insula*. [Poster presentation]. 12th Social and Affective Neuroscience Society Conference, Miami, FL, United States.

- Lebeau, C., Lebeau, G., & Richer, F. *Emotion in voice-induced synesthesia*. Article en préparation.
- Lebeau, C., Nadeau-Tremblay, M., & Richer, F. (2021). Adaptation to a new tuning standard in a musician with tone-color synesthesia and absolute pitch. *Auditory Perception & Cognition*, 3(3), 113-123.
- Lebeau, C., & Richer, F. (2022). Emotions and consciousness alterations in music-color synesthesia. *Auditory Perception & Cognition*, 5(1-2), 76-85.
- Lebeau, C., & Richer, F. (2023, April 27-29). *Sex-induced synesthesia is associated with dissociative and paranormal experiences* [Poster presentation]. 15th Social and Affective Neuroscience Society Conference, Santa-Barbara, CA, United States.
- Lebeau, C., & Richer, F. (In press). Altered bodily self-consciousness in sexual synesthesia. *Psychology of Consciousness: Theory, Research, and Practice*.
- Lebeau, C., Valois, F., & Richer, F. (2026, June 3-6). *Dissociation and schizotypy in synesthesia* [Conference presentation abstract]. 8th European Society for Cognitive and Affective Neuroscience Meeting, Rome, Italy.
- Lenggenhager, B., Tadi, T., Metzinger, T., & Blanke, O. (2007). Video ergo sum: manipulating bodily self-consciousness. *Science*, 317(5841), 1096-1099.
- Lesch, K. P., & Waider, J. (2012). Serotonin in the modulation of neural plasticity and networks: implications for neurodevelopmental disorders. *Neuron*, 76(1), 175-191.
- Liechti, M. E., & Vollenweider, F. X. (2001). Which neuroreceptors mediate the subjective effects of MDMA in humans? A summary of mechanistic studies. *Human Psychopharmacology*, 16(8), 589-598.
- Lifshitz, M., Van Elk, M., & Luhrmann, T. M. (2019). Absorption and spiritual experience: A review of evidence and potential mechanisms. *Consciousness and Cognition*, 73, 102760.
- Lindahl, J. R., Fisher, N. E., Cooper, D. J., Rosen, R. K., & Britton, W. B. (2017). The varieties of contemplative experience: A mixed-methods study of meditation-related challenges in Western Buddhists. *PloS one*, 12(5), e0176239.
- Longden, E., Branitsky, A., Moskowitz, A., Berry, K., Bucci, S., & Varese, F. (2020). The relationship between dissociation and symptoms of psychosis: a meta-analysis. *Schizophrenia Bulletin*, 46(5), 1104-1113.
- Lopez, C., & Elziere, M. (2018). Out-of-body experience in vestibular disorders—A prospective study of 210 patients with dizziness. *Cortex*, 104, 193-206.
- Lopez, C., Schreyer, H. M., Preuss, N., & Mast, F. W. (2012). Vestibular stimulation modifies the body schema. *Neuropsychologia*, 50(8), 1830-1837.
- Luke, D. P., Lungu, L., Friday, R., & Terhune, D. B. (2022). The chemical induction of synaesthesia. *Human Psychopharmacology: Clinical and Experimental*, 37(4), e2832.
- Luke, D.P., & Terhune, D.B. (2013). The induction of synaesthesia with chemical agents: a systematic review. *Frontiers in Psychology*, 4, 753.
- Luke, D.P., Terhune, D.B., & Friday R. (2012). Psychedelic synaesthesia: evidence for a serotonergic role in synaesthesia. *Seeing and Perceiving*, 25. 74.

- Lungu, L., Stewart, R., Luke, D. P., & Terhune, D. B. (2020). Primary visual cortex excitability is not atypical in acquired synaesthesia. *Brain Stimulation: Basic, Translational, and Clinical Research in Neuromodulation*, 13(2), 341-342.
- Machado, L., Filho, L. E. D. L., & Machado, L. (2016). When the patient believes that the organs are destroyed: manifestation of Cotard's syndrome. *Case Reports in Medicine*, 2016(1), 5101357.
- Maddock, R. J. (1999). The retrosplenial cortex and emotion: new insights from functional neuroimaging of the human brain. *Trends in Neurosciences*, 22(7), 310-316.
- Maister, L., & Ciaunica, A. (2025). Self-portrait of a stranger: Self-face representation and interoception in depersonalization experiences. *Cognition*, 265, 106261.
- Mandell, A. J. (1980). *Toward a psychobiology of transcendence: God in the brain*. In J. M. Davidson & R. J. Davidson (Eds.), *The psychobiology of consciousness* (pp. 379-464). New York: Plenum.
- Marks, L.E. (1975). On Colored-Hearing Synesthesia: Cross-Modal Translations of Sensory Dimensions. *Psychological Bulletin*, 82(3), 303-331.
- Martinotti, G., Santacroce, R., Pettorruso, M., Montemitro, C., Spano, M. C., Lorusso, M., Di Giannantonio, M., & Lerner, A. G. (2018). Hallucinogen persisting perception disorder: etiology, clinical features, and therapeutic perspectives. *Brain Sciences*, 8(3), 47.
- Maurer, D. (1993). Neonatal synesthesia: Implications for the processing of speech and faces. In B. de Boysson-Bardies, S. de Schonen, P. Jusczyk, P. McNeilage, J. Morton (Eds.). *Developmental neurocognition: Speech and face processing in the first year of life* (pp. 109-124). Dordrecht, NL: Kluwer Academic Publishers.
- Meier, B., Rothen, N., & Walter, S. (2014). Developmental aspects of synaesthesia across the adult lifespan. *Frontiers in Human Neuroscience*, 8, 129.
- Melero, H., Peña-Melián, Á., Ríos-Lago, M., Pajares, G., Hernandez-Tamames, J. A., & Álvarez-Linera, J. (2013). Grapheme-color synesthetes show peculiarities in their emotional brain: cortical and subcortical evidence from VBM analysis of 3D-T1 and DTI data. *Experimental Brain Research*, 227(3), 343-353.
- Menon, V. (2015). Large-scale functional brain organization. In *Brain Mapping: An Encyclopedic Reference*, Ed. A. W. Toga (New York, NY: Elsevier), 449-459.
- Menon, V. (2023). 20 years of the default mode network: A review and synthesis. *Neuron*, 111(16), 2469-2487.
- Michels, L., Mehnert, U., Boy, S., Schurch, B., & Kollias, S. (2010). The somatosensory representation of the human clitoris: an fMRI study. *Neuroimage*, 49(1), 177-184.
- Millière, R., Carhart-Harris, R. L., Roseman, L., Trautwein, F. M., & Berkovich-Ohana, A. (2018). Psychedelics, meditation, and self-consciousness. *Frontiers in Psychology*, 9, 1475.
- Mills, C. B., Boteler, E. H., & Larcombe, G. K. (2003). "Seeing things in my head": a synesthete's images for music and notes. *Perception*, 32(11), 1359-1376.

- Mitterschiffthaler, M. T., Fu, C. H., Dalton, J. A., Andrew, C. M., & Williams, S. C. (2007). A functional MRI study of happy and sad affective states induced by classical music. *Human Brain Mapping*, 28(11), 1150-1162.
- Moghaddam, B., Adams, B., Verma, A., & Daly, D. (1997). Activation of glutamatergic neurotransmission by ketamine: A novel step in the pathway from NMDA receptor blockade to dopaminergic and cognitive disruptions associated with the prefrontal cortex. *Journal of Neuroscience*, 17, 2921–2927.
- Molnar-Szakacs, I., & Uddin, L. Q. (2013). Self-processing and the default mode network: interactions with the mirror neuron system. *Frontiers in Human Neuroscience*, 7, 56797.
- Mroczko, A., Metzinger, T., Singer, W., & Nikolić, D. (2009). Immediate transfer of synesthesia to a novel inducer. *Journal of Vision*, 9(12):25, 1-8.
- Mudgal, V., Dhakad, R., Mathur, R., Sardesai, U., & Pal, V. (2021). Astral projection: A strange out-of-body experience in dissociative disorder. *Cureus*, 13(8).
- Nair, A., & Brang, D. (2019). Inducing synesthesia in non-synesthetes: Short-term visual deprivation facilitates auditory-evoked visual percepts. *Consciousness and Cognition*, 70, 70-79.
- Nakul, E., Dabard, C., Toupet, M., Hautefort, C., Van Nechel, C., Lenggenhager, B., & Lopez, C. (2020). Interoception and embodiment in patients with bilateral vestibulopathy. *Journal of Neurology*, 267(Suppl 1), 109-117.
- Niccolai, V., van Leeuwen, T. M., Blakemore, C., & Stoerig, P. (2012). Synaesthetic perception of colour and visual space in a blind subject: an fMRI case study. *Consciousness and Cognition*, 21(2), 889-899.
- Nichols, D. E. (2004). Hallucinogens. *Pharmacology & Therapeutics*, 101(2), 131-181.
- Nielsen, J., Kruger, T. H. C., Hartmann, U., Passie, T., Fehr, T., & Zedler, M. (2013). Synaesthesia and sexuality: the influence of synaesthetic perceptions on sexual experience. *Frontiers in Psychology*, 4, 751.
- Nikolić, D., Jürgens, U. M., Rothen, N., Meier, B., & Mroczko, A. (2011). Swimming-style synesthesia. *Cortex*, 47(7), 874-879.
- Nkrumah, R. O., Demirakca, T., von Schröder, C., Zehirlioglu, L., Valencia, N., Grauduszus, Y., Vollstädt-Klein, S., Schmahl, C., & Ende, G. (2024). Brain connectivity disruptions in PTSD related to early adversity: a multimodal neuroimaging study. *European Journal of Psychotraumatology*, 15(1), 2430925.
- Nilsson, U. (2009). Soothing music can increase oxytocin levels during bed rest after open-heart surgery: a randomised control trial. *Journal of Clinical Nursing*, 18(15), 2153-2161.
- Novich, S., Cheng, S., & Eagleman, D. M. (2011). Is synaesthesia one condition or many? A large-scale analysis reveals subgroups. *Journal of Neuropsychology*, 5(2), 353-371.
- Nunn, J. A., Gregory, L. J., Brammer, M., Williams, S. C., Parslow, D. M., Morgan, M. J., Morris, R.G., Bullmore, E.T., Baron-Cohen, S. & Gray, J. A. (2002). Functional magnetic resonance imaging of synesthesia: activation of V4/V8 by spoken words. *Nature Neuroscience*, 5(4), 371.

- Oblak, A., Randall, H., & Schwartzman, D. (2021). "Becoming the color": synesthetic gesture in a case study of multiple forms of synesthesia. University of Sussex. Journal contribution. <https://hdl.handle.net/10779/uos.23486375.v1>
- Olausson, H., Lamarre, Y., Backlund, H., Morin, C., Wallin, B. G., Starck, G., Ekholm, S., Strigo, I., Worsley, K., Vallbo, A.B., & Bushnell, M. C. (2002). Unmyelinated tactile afferents signal touch and project to insular cortex. *Nature Neuroscience*, 5(9), 900-904.
- Ortigue, S., Grafton, S. T., & Bianchi-Demicheli, F. (2007). Correlation between insula activation and self-reported quality of orgasm in women. *Neuroimage*, 37(2), 551-560.
- Palmer, S. E., Langlois, T. A., & Schloss, K. B. (2016). Music-to-color associations of single-line piano melodies in non-synesthetes. *Multisensory Research*, 29(1-3), 157-193.
- Palmer, S. E., Schloss, K. B., Xu, Z., & Prado-León, L. R. (2013). Music-color associations are mediated by emotion. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110(22), 8836-8841.
- Panksepp, J. (1995). The emotional sources of "chills" induced by music. *Music Perception*, 13(2), 171-207.
- Panksepp, J. (1998). The periconscious substrates of consciousness: Affective states and the evolutionary origins of the self. *Journal of Consciousness Studies*, 5(5-6), 566-582.
- Panksepp, J. (2005). Affective consciousness: Core emotional feelings in animals and humans. *Consciousness and Cognition*, 14(1), 30-80.
- Park, H. D., & Blanke, O. (2019). Coupling inner and outer body for self-consciousness. *Trends in Cognitive Sciences*, 23(5), 377-388.
- Park, K., Hyung, C., Kim, S., Shin, J. S., Kim, D., & Ahn, Y. M. (2018). Syesthesia occurring after the use of Japanese kiken drugs: a case report. *Psychiatria Danubina*, 30(2), 223-226.
- 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.
- Parra, A. (2007, August). Seeing and feeling ghosts": Absorption, fantasy proneness, and healthy schizotypy as predictors of crisis apparition experiences. In *Proceedings of Presented Papers: The Parapsychological Association 50th Annual Convention* (pp. 84-94).
- Pasquini, L., Palhano-Fontes, F., & Araujo, D. B. (2020). Subacute effects of the psychedelic ayahuasca on the salience and default mode networks. *Journal of Psychopharmacology*, 34(6), 623-635.
- Peer, M., Lyon, R., & Arzy, S. (2014). Orientation and disorientation: lessons from patients with epilepsy. *Epilepsy & Behavior*, 41, 149-157.
- Pfeiffer, C., Lopez, C., Schmutz, V., Duenas, J.A., Martuzzi, R., & Blanke, O. (2013). Multisensory origin of the subjective first-person perspective: visual, tactile and vestibular mechanisms. *PLoSOne* 8: e61751.
- Picard, F., & Kurth, F. (2014). Ictal alterations of consciousness during ecstatic seizures. *Epilepsy & Behavior*, 30, 58-61.

- Podoll, K., & Ebel, H. (1998). Hallucinations of body magnification in migraine. *Fortschritte der Neurologie-Psychiatrie*, 66(6), 259-270.
- Podoll, K., & Robinson, D. (2002). Splitting of the body image as somesthetic aura symptom in migraine. *Cephalalgia*, 22(1), 62-65.
- Previc, F. H. (2009). *The dopaminergic mind in human evolution and history*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Previc, F. H. (2011). Dopamine, altered consciousness, and distant space with special reference to shamanic ecstasy. *Altering Consciousness: A Multidisciplinary Perspective*, 2, 43-61.
- Price, M. C., Mentzoni, R.A. (2008). Where is January? The month-SNARC effect in sequence-form synaesthetes. *Cortex*, 44, 890-907.
- Price, B. H., & Mesulam, M. (1985). Psychiatric manifestations of right hemisphere infarctions. *The Journal of Nervous and Mental Disease*, 173(10), 610-614.
- Rabellino, D., Burin, D., Harricharan, S., Lloyd, C., Frewen, P. A., McKinnon, M. C., & Lanius, R. A. (2018). Altered sense of body ownership and agency in posttraumatic stress disorder and its dissociative subtype: a rubber hand illusion study. *Frontiers in Human Neuroscience*, 12, 163.
- Rader, C. M., & Tellegen, A. (1987). An investigation of synesthesia. *Journal of Personality and Social Psychology*, 52(5), 981-987.
- Ramachandran, V. S., & Hubbard, E. M. (2001a). Psychophysical investigations into the neural basis of synaesthesia. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 268(1470), 979-983.
- Ramachandran, V. S., & Hubbard, E. M. (2001b). Synaesthesia--a window into perception, thought and language. *Journal of Consciousness Studies*, 8(12), 3-34.
- Ramachandran, V.S., Miller, L., Livingstone, M.S., & Brang, D. (2012). Colored halos around faces and emotion-evoked colors: a new form of synesthesia. *Neurocase*, 18(4), 352-358.
- Riba, J., Romero, S., Grasa, E., Mena, E., Carrió, I., & Barbanoj, M. J. (2006). Increased frontal and paralimbic activation following ayahuasca, the pan-Amazonian inebriant. *Psychopharmacology*, 186(1), 93-98.
- Richer, F., Beaufile, G.A., & Poirier, S. (2011). Bidirectional lexical-gustatory synesthesia. *Consciousness and Cognition*, 20(4), 1738-1743.
- Richer, F., Martinez, M., Robert, M., Bouvier, G., & Saint-Hilaire, J. M. (1993). Stimulation of human somatosensory cortex: tactile and body displacement perceptions in medial regions. *Experimental Brain Research*, 93, 173-176.
- Riggs, L. A., & Karwoski, T. (1934). Synaesthesia. *British Journal of Psychology*, 25(1), 29.
- Ronchi, R., Bello-Ruiz, J., Lukowska, M., Herbelin, B., Cabrilo, I., Schaller, K., & Blanke, O. (2015). Right insular damage decreases heartbeat awareness and alters cardio-visual effects on bodily self-consciousness. *Neuropsychologia*, 70, 11-20.
- Roseman, L., Sereno, M. I., Leech, R., Kaelen, M., Orban, C., McGonigle, J., Feilding, A., Nutt, D. J., & Carhart-Harris, R. L. (2016). LSD alters eyes-closed functional connectivity

- within the early visual cortex in a retinotopic fashion. *Human Brain Mapping*, 37(8), 3031-3040.
- Ross, C. A., Joshi, S., & Currie, R. (1990). Dissociative experiences in the general population. *American Journal of Psychiatry*, 147(11), 1547-1552.
- Roth, B. L., Lopez, E., Patel, S., & Kroeze, W. K. (2000). The multiplicity of serotonin receptors: Uselessly diverse molecules or an embarrassment of riches? *The Neuroscientist*, 6(4), 252-262.
- Rothen, N., Schwartzman, D. J., Bor, D., & Seth, A. K. (2018). Coordinated neural, behavioral, and phenomenological changes in perceptual plasticity through overtraining of synesthetic associations. *Neuropsychologia*, 111, 151-162.
- Roussel, J. R., & Bachelor, A. (2000). Altered state and phenomenology of consciousness in schizophrenia. *Imagination, Cognition and Personality*, 20(2), 141-159.
- Rouw, R., & Scholte, H. S. (2007). Increased structural connectivity in grapheme-color synesthesia. *Nature Neuroscience*, 10(6), 792-797.
- Sagiv, N., Simner, J., Collins, J., Butterworth, B., & Ward, J. (2006). What is the relationship between synaesthesia and visuo-spatial number forms? *Cognition*, 101(1), 114-128.
- Sasi, M., Vignoli, B., Canossa, M., & Blum, R. (2017). Neurobiology of local and intercellular BDNF signaling. *Pflügers Archiv-European Journal of Physiology*, 469, 593-610.
- Satoh, M., Kato, N., Tabei, K. I., Nakano, C., Abe, M., Fujita, R., Kida, H., Tomimoto, H., & Kondo, K. (2016). A case of musical anhedonia due to right putaminal hemorrhage: a disconnection syndrome between the auditory cortex and insula. *Neurocase*, 22(6), 518-525.
- Sayin, U. (2011). Altered states of consciousness occurring during expanded sexual response in the human female: preliminary definitions. *Neuroquantology*, 9(4), 882-891.
- Schaller, K., Iannotti, G. R., Orepic, P., Betka, S., Haemmerli, J., Boex, C., Alcoba-Bamqueri, S., Garin, D. F. A., Hernelin, B., Park, H-D, Michel, C. M., & Blanke, O. (2021). The perspectives of mapping and monitoring of the sense of self in neurosurgical patients. *Acta Neurochirurgica*, 163, 1213-1226.
- Seeley, W. W., Menon, V., Schatzberg, A. F., Keller, J., Glover, G. H., Kenna, H., ... & Greicius, M. D. (2007). Dissociable intrinsic connectivity networks for salience processing and executive control. *Journal of Neuroscience*, 27(9), 2349-2356.
- Seeley, W. W., Zhou, J., & Kim, E. J. (2012). Frontotemporal dementia: what can the behavioral variant teach us about human brain organization?. *The Neuroscientist*, 18(4), 373-385.
- Seghezzi, S., Giannini, G., & Zapparoli, L. (2019). Neurofunctional correlates of body-ownership and sense of agency: A meta-analytical account of self-consciousness. *Cortex*, 121, 169-178.
- Seth, A. K. (2013). Interoceptive inference, emotion, and the embodied self. *Trends in Cognitive Sciences*, 17(11), 565-573.

- Seth, A. K. (2014). A predictive processing theory of sensorimotor contingencies: Explaining the puzzle of perceptual presence and its absence in synesthesia. *Cognitive Neuroscience*, 5(2), 97-118.
- Shanon, B. (2002). *The antipodes of the mind: Charting the phenomenology of the ayahuasca experience*. Oxford University Press, USA.
- Shaw, S. B., Terpou, B. A., Densmore, M., Théberge, J., Frewen, P., McKinnon, M. C., & Lanius, R. A. (2023). Large-scale functional hyperconnectivity patterns in trauma-related dissociation: an rs-fMRI study of PTSD and its dissociative subtype. *Nature Mental Health*, 1(10), 711-721.
- Sierra, M., & Berrios, G. E. (1998). Depersonalization: Neurobiological perspectives. *Biological Psychiatry*, 44, 898-908.
- Sierra, M., & David, A. S. (2011). Depersonalization: a selective impairment of self-awareness. *Consciousness and Cognition*, 20(1), 99-108.
- Silva, A., & Leong, G. B. (1992). The Capgras syndrome in paranoid schizophrenia. *Psychopathology*, 25(3), 147-153.
- Simmonds-Moore, C. A., Alvarado, C. S., & Zingrone, N. L. (2019). A survey exploring synesthetic experiences: Exceptional experiences, schizotypy, and psychological well-being. *Psychology of Consciousness: Theory, Research & Practice*, 6(1), 99-121.
- Simmons, W. K., Avery, J. A., Barcalow, J. C., Bodurka, J., Drevets, W. C., & Bellgowan, P. (2013). Keeping the body in mind: insula functional organization and functional connectivity integrate interoceptive, exteroceptive and emotional awareness. *Human Brain Mapping*, 34(11), 2944-2958.
- Simner, J., & Bain, A. E. (2013). A longitudinal study of grapheme-color synesthesia in childhood: 6/7 years to 10/11 years. *Frontiers in Human Neuroscience*, 7, 603.
- Simner, J., Harrold, J., Creed, H., Monro, L., & Foulkes, L. (2009). Early detection of markers for synaesthesia in childhood populations. *Brain*, 132, 57-64.
- Simner, J., & Holenstein, E. (2007). Ordinal linguistic personification: The systematic attribution of animate qualities to the linguistic units of ordinal sequences. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 19, 694-703.
- Simner, J., Ipser, A., Smees, R., & Alvarez, J. (2017). Does synaesthesia age? Changes in the quality and consistency of synaesthetic associations. *Neuropsychologia*, 106, 407-416.
- Simner, J., Mulvenna, C., Sagiv, N., Tsakanikos, E., Witherby, S. A., Fraser, C., Scott, K., & Ward, J. (2006). Synaesthesia: The prevalence of atypical cross-modal experiences. *Perception*, 35(8), 1024-1033.
- Sinke, C., Halpern, J. H., Zedler, M., Neufeld, J., Emrich, H. M., & Passie, T. (2012). Genuine and drug-induced synesthesia: a comparison. *Consciousness and Cognition*, 21(3), 1419-1434.
- Sno, H. N., & Linszen, D. H. (1990). The déjà vu experience: remembrance of things past? *The American Journal of Psychiatry*, 147(12), 1587-1595.

- Specht, K., & Laeng, B. (2011). An independent component analysis of fMRI data of grapheme-colour synaesthesia. *Journal of Neuropsychology*, 5(2), 203-213.
- Sperling, J. M., Prvulovic, D., Linden, D. E., Singer, W., & Stirn, A. (2006). Neuronal correlates of colour-graphemic synaesthesia: AfMRI study. *Cortex*, 42(2), 295-303.
- Spiller, M. J., Jonas, C. N., Simner, J., & Jansari, A. (2015). Beyond visual imagery: How modality-specific is enhanced mental imagery in synesthesia? *Consciousness and Cognition*, 31, 73-85.
- Stanghellini, G., Ballerini, M., Blasi, S., Mancini, M., Presenza, S., Raballo, A., & Cutting, J. (2014). The bodily self: a qualitative study of abnormal bodily phenomena in persons with schizophrenia. *Comprehensive Psychiatry*, 55(7), 1703-1711.
- Steinberg, H. (1956). Abnormal behaviour induced by nitrous oxide. *British Journal of Psychology*, 47(3), 183.
- Stoléru, S., Fonteille, V., Cornélis, C., Joyal, C., & Moulier, V. (2012). Functional neuroimaging studies of sexual arousal and orgasm in healthy men and women: a review and meta-analysis. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 36(6), 1481-1509.
- Studerus, E. (2012). *Tolerability, assessment, and prediction of psilocybin-induced altered states of consciousness* (Doctoral dissertation, University of Zurich).
- Studerus, E., Gamma, A., & Vollenweider, F.X. (2010). Psychometric evaluation of the Altered States of Consciousness rating scale (OAV). *PloS ONE*, 5(8): e12412.
- Studerus, E., Kometer, M., Hasler, F., & Vollenweider, F.X. (2011). Acute, subacute and long-term subjective effects of psilocybin in healthy humans: a pooled analysis of experimental studies. *Journal of Psychopharmacology*, 25, 1434-1452.
- Swartz, L. H. (1994). Absorbed states play different roles in female and male sexual response: Hypotheses for testing. *Journal of Sex & Marital Therapy*, 20, 244-253.
- Tellegen, A., & Atkinson, G. (1974). Openness to absorbing and self-altering experiences ("absorption"), a trait related to hypnotic susceptibility. *Journal of Abnormal Psychology*, 83(3), 268-277.
- Terhune, D. B. (2009). The incidence and determinants of visual phenomenology during out-of-body experiences. *Cortex*, 45(2), 236-242.
- Terhune, D.B., Luke, D.P., Cohen-Kadosh, R. (2017) The induction of synaesthesia in non-synaesthetes. In *Sensory blending: On synaesthesia and related phenomena*, O. Deroy (Ed.). NY: Oxford, pp. 215.
- Terhune, D. B., Murray, E., Near, J., Stagg, C. J., Cowey, A., & Cohen Kadosh, R. (2015). Phosphene perception relates to visual cortex glutamate levels and covaries with atypical visuospatial awareness. *Cerebral Cortex*, 25(11), 4341-4350.
- Terhune, D. B., Tai, S., Cowey, A., Popescu, T., & Kadosh, R. C. (2011). Enhanced cortical excitability in grapheme-color synesthesia and its modulation. *Current Biology*, 21(23), 2006-2009.

- Thakkar, K. N., Nichols, H. S., McIntosh, L. G., & Park, S. (2011). Disturbances in body ownership in schizophrenia: evidence from the rubber hand illusion and case study of a spontaneous out-of-body experience. *PloS one*, 6(10), e27089.
- Thaut, M. H., Trimarchi, P. D., & Parsons, L. M. (2014). Human brain basis of musical rhythm perception: common and distinct neural substrates for meter, tempo, and pattern. *Brain Sciences*, 4(2), 428-452.
- Toader, C., Tataru, C. P., Florian, I. A., Covache-Busuioc, R. A., Bratu, B. G., Glavan, L. A., Bordeianu, A., Dumitrascu, D-I., & Ciurea, A. V. (2023). Cognitive Crescendo: How Music Shapes the Brain's Structure and Function. *Brain Sciences*, 13(10), 1390.
- Tsakiris, M. (2010). My body in the brain: a neurocognitive model of body ownership. *Neuropsychologia*, 48(3), 703-712.
- Tsakiris, M., Hesse, M. D., Boy, C., Haggard, P., & Fink, G. R. (2007a). Neural signatures of body ownership: a sensory network for bodily self-consciousness. *Cerebral Cortex*, 17(10), 2235-2244.
- Tsakiris, M., Jiménez, A. T., & Costantini, M. (2011). Just a heartbeat away from one's body: interoceptive sensitivity predicts malleability of body-representations. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 278(1717), 2470-2476.
- Tsakiris, M., Schütz-Bosbach, S., & Gallagher, S. (2007b). On agency and body-ownership: Phenomenological and neurocognitive reflections. *Consciousness and Cognition*, 16(3), 645-660.
- Uddin, L. Q. (2015). Salience processing and insular cortical function and dysfunction. *Nature Reviews Neuroscience*, 16(1), 55-61.
- Uddin, L. Q., Nomi, J. S., Hebert-Seropian, B., Ghaziri, J., & Boucher, O. (2017). Structure and function of the human insula. *Journal of Clinical Neurophysiology*, 34(4), 300-306.
- Van Leeuwen, T. M., Wilsson, L., Norrman, H. N., Dingemanse, M., Bölte, S., & Neufeld, J. (2021). Perceptual processing links autism and synesthesia: a co-twin control study. *Cortex*, 145, 236-249.
- Van der Veen, F. M., Aben, H. P., Smits, M., & Röder, C. H. (2014). Grapheme-color synesthesia interferes with color perception in a standard Stroop task. *Neuroscience*, 258, 246-253.
- Van Swam, C., Federspiel, A., Hubl, D., Wiest, R., Boesch, C., Vermathen, P., Kreis, R., Strik, W., & Dierks, T. (2012). Possible dysregulation of cortical plasticity in auditory verbal hallucinations—a cortical thickness study in schizophrenia. *Journal of Psychiatric Research*, 46(8), 1015-1023.
- Vernon, P. E. (1930). Synaesthesia in music. *Psyche*, 10, 22–40.
- Vike, J., Jabbari, B., & Maitland, C. G. (1984). Auditory-visual synesthesia: report of a case with intact visual pathways. *Archives of Neurology*, 41(6), 680-681.
- Vollenweider, F. X. (2001). Brain mechanisms of hallucinogens and entactogens. *Dialogues in Clinical Neuroscience*, 3(4), 265-279.

- Vollenweider, F. X., & Geyer, M. A. (2001). A systems model of altered consciousness: Integrating natural and drug-induced psychoses. *Brain Research Bulletin*, 56(5), 495–507.
- Vollenweider, F. X., Leenders, K. L., Scharfetter, C., Maguire, P., Stadelmann, O., & Angst, J. (1997). Positron emission tomography and fluorodeoxyglucose studies of metabolic hyperfrontality and psychopathology in the psilocybin model of psychosis. *Neuropsychopharmacology*, 16(5), 357-372.
- Vollmer-Larsen, A., Handest, P., & Parnas, J. (2007). Reliability of measuring anomalous experience: the Bonn Scale for the Assessment of Basic Symptoms. *Psychopathology*, 40(5), 345-348.
- Walsh, R. (2005) Can synaesthesia be cultivated: Indications from experienced meditators. *Journal of Consciousness Studies*, 12, 5-17.
- Ward, J. (2004). Emotionally mediated synaesthesia. *Cognitive Neuropsychology*, 21(7), 761-772.
- Ward, J. (2013). Synesthesia. *Annual Review of Psychology*, 64, 49-75.
- Ward, J. (2021). Is synaesthesia a predisposing factor to post-traumatic stress disorder?. *Frontiers in Bioscience-Scholar*, 13(1), 14-16.
- Ward, J., & Banissy, M. J. (2015). Explaining mirror-touch synesthesia. *Cognitive Neuroscience*, 6(2-3), 118-133.
- Ward, J., Hoadley, C., Hughes, J. E., Smith, P., Allison, C., Baron-Cohen, S., & Simner, J. (2017). Atypical sensory sensitivity as a shared feature between synaesthesia and autism. *Scientific Reports*, 7(1), 41155.
- Ward, J., Jonas, C., Dienes, Z., & Seth, A. (2010). Grapheme-colour synaesthesia improves detection of embedded shapes, but without pre-attentive ‘pop-out’ of synaesthetic colour. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 277(1684), 1021-1026.
- Ward, J., Schnakenberg, P., & Banissy, M. J. (2018). The relationship between mirror-touch synaesthesia and empathy: New evidence and a new screening tool. *Cognitive Neuropsychology*, 35(5-6), 314-332.
- Ward, J., & Simner, J. (2022). How do different types of synesthesia cluster together? Implications for causal mechanisms. *Perception*, 51(2), 91-113.
- Ward, J., Thompson-Lake, D., Ely, R., & Kaminski, F. (2008). Synaesthesia, creativity and art: What is the link?. *British Journal of Psychology*, 99(1), 127-141.
- Weiss, P. H., Shah, N. J., Toni, I., Zilles, K., & Fink, G. R. (2001). Associating colours with people: a case of chromatic-lexical synaesthesia. *Cortex*, 37(5), 750-753.
- White, W. F., Burgess, A., Dalgleish, T., Halligan, S., Hiller, R., Oxley, A., Smith, P., & Meiser-Stedman, R. (2022). Prevalence of the dissociative subtype of post-traumatic stress disorder: A systematic review and meta-analysis. *Psychological Medicine*, 52(9), 1629-1644.
- Whiteford, K. L., Schloss, K. B., Helwig, N. E., & Palmer, S. E. (2018). Color, music, and emotion: Bach to the blues. *I-Perception*, 9(6).

- Wild, T.C., Kuiken, D. and Schopflocher, D. (1995). The Role of Absorption in Experiential Involvement. *Journal of Personality and Social Psychology*, 69(3), 569–79.
- Winkelman, M. (2010). The integrative mode of consciousness. In M. Winkelman (Ed.), *Shamanism: A biopsychosocial paradigm of consciousness and healing*. Santa Barbara, CA: Praeger.
- Witthoft, N., & Winawer, J. (2006). Synesthetic colors determined by having colored refrigerator magnets in childhood. *Cortex*, 42(2), 175-183.
- Witthoft, N., & Winawer, J. (2013). Learning, memory and synesthesia. *Psychological Science*, 24(3), 258-265.
- Wittmann, M. (2015). Modulations of the experience of self and time. *Consciousness and Cognition*, 38, 172-181.
- Yanakieva, S., Luke, D. P., Jansari, A., & Terhune, D. B. (2019). Acquired synaesthesia following 2C-B use. *Psychopharmacology*, 236, 2287-2289.
- Yang, W. F., Sparby, T., Wright, M., Kim, E., & Sacchet, M. D. (2024). Volitional mental absorption in meditation: Toward a scientific understanding of advanced concentrative absorption meditation and the case of jhana. *Heliyon*, 10 (10), e31223.
- Yong, Z., Hsieh, P. J., & Milea, D. (2017). Seeing the sound after visual loss: functional MRI in acquired auditory-visual synesthesia. *Experimental Brain Research*, 235, 415-420.
- Yu, K., Liu, C., Yu, T., Wang, X., Xu, C., Ni, D., & Li, Y. (2018). Out-of-body experience in the anterior insular cortex during the intracranial electrodes stimulation in an epileptic child. *Journal of Clinical Neuroscience*, 54, 122-125.
- Zanesco, A. P., King, B. G., Conklin, Q. A., & Saron, C. D. (2023). The occurrence of psychologically profound, meaningful, and mystical experiences during a month-long meditation retreat. *Mindfulness*, 14(3), 606-62.