La détection d'une expression faciale incongrue par rapport à un modèle de situation émotionnel : un défi neurocognitif?

Dorian Dozolme

▶ **To cite this version:**

Dorian Dozolme. La détection d'une expression faciale incongrue par rapport à un modèle de situation émotionnel : un défi neurocognitif?. Neurosciences. Université Paris Sud - Paris XI, 2014. Français. NNT : 2014PA113006 . tel-01084046

HAL Id: tel-01084046

https://theses.hal.science/tel-01084046

Submitted on 18 Nov 2014

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

UNIVERSITE PARIS-SUD

ÉCOLE DOCTORALE : ED456

Laboratoire EA4042, UR CIAMS (Complexité, Innovation et Activités motrices et Sportives)

Sciences du Sport, de la Motricité et du Mouvement humain

THÈSE DE DOCTORAT

Soutenance prévue le 16/10/2014

par

Dorian DOZOLME

La détection d'une expression faciale incongrue par rapport à un modèle de situation émotionnel: un défi neurocognitif?

Directeur de thèse :	Michel-Ange AMORIM	Professeur à l'Université Paris Sud
Composition du jury :		
Rapporteurs :	Chrystel Besche-Richard	Professeur à l'Université de Reims Champagne Ardenne
	Anne Reboul	Directeur de recherche à l'institut des Sciences Cognitives (Bron)
Examinateurs :	Eric Brunet-Gouet	Praticien Hospitalier au Centre Hospitalier de Versailles

Remerciements

Je remercie Michel-Ange AMORIM pour avoir dirigé ma thèse, ainsi qu'Éric BRUNET-Gouet, pour son importante contribution et pour avoir accepté d'être examinateur.

Je suis très reconnaissant envers Anne REBOUL et Christel BESCHE-RICHARD d'avoir accepté d'être rapporteurs de ma thèse.

Je remercie Léonor PHILIP, en particulier pour son aide précieuse concernant l'EMG.

Je suis extrêmement reconnaissant envers l'ensemble des personnes ayant participé à mes expériences.

Je remercie le laboratoire CIAMS de m'avoir accueilli, ainsi que son directeur, Manh-Cuong DO. Je souhaite tout particulièrement remercier la directrice de l'école doctorale 456, Christine LE SCANFF, qui m'a permis d'effectuer la mission expertise/conseil sur les relations entre les doctorants et l'école doctorale. Un grand merci également à Marie-Pierre RICHOUX pour sa collaboration dans le cadre de cette mission et pour l'aide qu'elle m'a apporté concernant les questions administratives liées à ma thèse. Je remercie Jean JEUVREY et Nicolas MORVAN, ainsi qu'Hadel MAHBOUB et Jean-Michel DUFESTIN. Je remercie mes collègues pour l'ambiance et pour leurs conseils. Je remercie Elise PRIGENT pour sa collaboration, ainsi qu'Anne COURBALAY, Anne-Laure MOSCONE, Agnès OLIVIER et Clint HANSEN, pour leur aide.

Je souhaite remercier tout particulièrement Florence BOUCHET pour ses précieux conseils concernant la passation d'expériences en EEG.

Un grand merci au laboratoire LIMSI pour m'avoir permis d'utiliser M.A.R.C., ainsi qu'à Mathieu COURGEON et Jean-Claude MARTIN, qui m'ont aidé à le maîtriser.

Enfin, je remercie le laboratoire ECIPSY pour sa collaboration et son aide, en particulier concernant la schizophrénie.

Table des matières

Introduction 1

Cadre Théorique 4

1 Quelles sont les conséquences de l'incongruité face aux attentes cognitives liées au contexte ? 5

1.1 Qu'est-ce qu'une attente cognitive créée par un contexte ? 5

1.2 Qu'est-ce qu'une incongruité ? 9

1.3 Quelles sont les spécificités des incongruités sociales ? 11

1.4 Que faut-il retenir concernant les conséquences de l'incongruité face aux attentes cognitives? 21

2. Comment les expressions faciales émotionnelles sont-elles perçues ? 22

2.1 Qu'est-ce qu'une expression faciale émotionnelle ? 22

2.2 Quels sont les corrélats électrophysiologiques du traitement des expressions faciales émotionnelles? 24

2.3 Les visages émotionnels artificiels (issus avatars) sont-ils traités comme des vrais visages ? 32

2.4 Que faut-il retenir concernant la perception des visages émotionnels ? 33

3 Quels sont les corrélats neuronaux du traitement de l'incongruité ? 34

3.1 Quels sont les corrélats neuronaux (EEG et MEG) du traitement de l'incongruité non sociale ? 34

3.2 Quels sont les corrélats neuronaux du traitement d'une incongruité sociale ? 37

3.3 Pourrait-il y avoir une spécificité du traitement cérébral de l'incongruité sociale? 47

3.4 Que faut-il retenir concernant les corrélats neuronaux du traitement de l'incongruité? 52

4 Le traitement de l'incongruité émotionnelle peut-elle être lié à l'empathie ? 53

4.1 Qu'est-ce que l'empathie ? 53

4.2 Existe-t-il des corrélations entre l'empathie et les données d'EMG faciale ? 62

4.3 Quelles sont les implications possibles de l'empathie dans la reconnaissance de l'incongruité pragmatique émotionnelle ? 63

4.4 Que faut-il retenir concernant l'empathie ? 64

Problématiques et hypothèses 65

Partie expérimentale : comment l'incongruité émotionnelle est-elle traitée ? 68

1 Description générale des expériences 69

2 Stimuli utilisés dans les expériences 70

2.1 Phrases 70

2.2 Expressions faciales 70

3 Corrélats neuro-électriques du traitement de l'incongruité pragmatique émotionnelle : l'empathie importe. 72

3.1 Méthodologie 72

3.2 Résultats 74

3.3 Discussion 75

3.4 Article de revue : Neuroelectric correlates of pragmatic emotional incongruence processing: empathy matters. 79

4. L'incongruité pragmatique émotionnelle modifie-t-elle l'activité musculaire faciale des personnes qui la perçoivent ? 114

4.1 Matériels et méthodes 115

4.2 Résultats concernant les données EMG 118

4.3 Discussion des résultats EMG 122

5. Les patients schizophrènes reconnaissent-ils les émotions véhiculées par nos stimuli (phrases et visages) de la même manière que les participants sains ? 125

5.1 Matériels et méthodes 125

5.2 Résultats 131

5.3 Discussion des résultats concernant la reconnaissance des émotions par les patients schizophrènes et les sujets sains 145

Discussion générale 148

1. Modélisation du traitement de l'incongruité pragmatique émotionnelle 149

1.1 Synthèse des résultats expérimentaux 149

1.2 Proposition de modèle de la détection de l'incongruité pragmatique émotionnelle 156

2. L'incongruité émotionnelle dans les relations sociales 159

2.1 L'incongruité émotionnelle et l'attirance sociale 160

2.2 Comportements incongrus et adaptabilité sociale 161

2.3 Incongruité et humour 162

2.4 Normes sociales et stéréotypes 163

3. Conclusion et perspectives 164

Références bibliographiques 167

Annexe 184

1. Phrases présentées aux patients schizophrènes 185

1.1 Phrases faiblement ambigües 185

1.2 Phrases moyennement ambigües 186

1.3 Phrases fortement ambigües 187

1.4 Phrases suggérant la colère modifiées présentées aux patients schizophrènes 188

2. Données complémentaires en réponse au matériel verbal utilisé dans l'expérience 1 189

3. Scores EQ 192

4. Matériel supplémentaire de l'article 193

4.1 Supporting information S1: Significant main hemisphere effects. 193

4.2 Supporting information S2: Sentences presented to participants (by emotional category). 193

Titre : La détection d'une expression faciale incongrue par rapport à un modèle de situation émotionnel : un défi neurocognitif? 203

Introduction

« il n'y a pas de problème ; il n'y a que des solutions. L'esprit de l'homme invente ensuite le problème. »…

André Gide, *Journal* (1947)

Nous pouvons considérer, avec André Gide, que les problèmes rencontrés par les êtres humains ne sont que le fruit de leur pensée. Il n'en reste pas moins que ces problèmes sont bien réels dans « l'esprit de l'homme ». L'incongruité est un de ces problèmes. Le terme « incongru », dont dérive la notion d'incongruité, vient du bas latin « *incongruus* », qui signifie « qui ne convient pas ». Ainsi qualifie-t-on d'incongru ce « qui n'est pas conforme aux exigences de la situation, aux règles de savoir vivre » (Larousse). Pour ce qui est de cette thèse, nous nous intéresserons plus spécifiquement à la détection d'une incongruité pragmatique émotionnelle, c'est à dire d'une incompatibilité entre une émotion perçue et celle qui pouvait être attendue d'après le contexte (présenté sous forme linguistique et conceptualisé de manière pragmatique, par simulation) dans lequel elle a été élicitée. Ainsi, par exemple, la perte d'un être cher n'est pas supposée éliciter de la joie, et l'obtention de quelque chose d'espéré n'est pas censé éliciter de la tristesse. Observer une expression émotionnelle, par exemple faciale, qui ne correspond pas à ce que nous attendions d'après ce que nous connaissons du contexte devrait nous surprendre. Au-delà de cette surprise causée par la détection d'une incongruité, un certain nombre de questions devraient se poser à nous :

-A-t-on bien compris le contexte ?

-A-t-on bien perçu l'émotion ?

-L'émotion observée est-elle feinte ?

-La personne que nous observons présente-t-elle des troubles psychiatriques ?

La réponse à ces questions nous permet de donner du sens à l'incongruité, à la résoudre. Si cette thèse portera plus sur la détection d'une incongruité pragmatique émotionnelle que sur sa résolution, nous aborderons tout de même cette question. Nous mentionnerons le « traitement de l'incongruité » lorsque nous ne souhaiterons pas distinguer sa détection de sa résolution.

Nous pensons que le traitement de l'incongruité pragmatique émotionnelle est une habileté essentielle à la qualité des relations sociales. Sans ce traitement, il nous semble difficile voire impossible pour quelqu'un de s'adapter émotionnellement à autrui. En effet, pour adapter notre comportement à quelqu'un, nous avons besoin de vérifier si la personne réagit bien comme nous nous y attendons. Si ça n'est pas le cas, nous pourrons chercher pourquoi (résolution de l'incongruité émotionnelle) et adapter notre comportement en conséquence.

Nous étudierons l'incongruité sous l'angle de la violation incongrue d'une attente cognitive. A cette fin, nous commencerons par présenter, de manière générale, la notion d'attente cognitive, à travers les attentes liées à la perception d'une scène, avant de nous focaliser sur les attentes pragmatiques, qui sont celles utilisées dans notre partie expérimentale, sous la forme d'une phrase présentant quelqu'un se trouvant dans un contexte émotionnel donné. Ensuite nous définirons l'incongruité. Le caractère social des émotions nous conduit à présenter les spécificités de l'incongruité sociale, avant de nous focaliser

sur l'incongruité émotionnelle. Nous aborderons également les liens entre l'incongruité émotionnelle et les pathologies psychiatriques, en nous focalisant sur la schizophrénie. En effet, les patients schizophrènes présentent des problèmes d'intégration contextuelle, ce qui pourrait affecter leur capacité à traiter l'incongruité pragmatique émotionnelle.

La détection correcte de l'incongruité d'une expression faciale émotionnelle nécessite la juste reconnaissance de cette expression faciale. C'est pourquoi, après avoir présenté les expressions faciales émotionnelles, en nous focalisant sur les expressions primaires (qui seront celles utilisées dans la partie expérimentale), nous étudierons la manière dont le contexte émotionnel peut influencer leur perception. Nous présenterons également les corrélats neuroélectriques de cette perception, afin d'aider à la compréhension des potentiels neuroélectriques électriques évoqués qui seront présentés dans la partie expérimentale. Après avoir traité des expressions faciales émotionnelles, nous reviendrons à l'incongruité, à travers une présentation des corrélats neuronaux de la détection des incongruités non sociales et sociales. Enfin, nous définirons l'empathie, que nous considérons comme potentiellement impliquée dans le traitement de l'incongruité pragmatique émotionnelle.

Dans la partie expérimentale, nous étudierons, chez le sujet sain, la détection d'incongruités pragmatiques émotionnelles concernant : la joie, la peur, la colère, la tristesse, mais également l'absence d'émotion. Nous étudierons comment l'incongruité pragmatique émotionnelle est détectée, à travers ses effets comportementaux (taux de réponses correctes et temps de réponse) et ses corrélats neuroélectriques. Nous étudierons également les expressions faciales qui pourraient être évoquées par la détection d'une incongruité pragmatique émotionnelle, à l'aide de l'EMG faciale. Afin de comprendre la contribution de l'empathie à ce traitement, nous étudierons comment nos résultats peuvent être prédits par les scores des participants à un questionnaire d'empathie distinguant ses dimensions cognitive, émotionnelle et sociale.

Une étude purement comportementale testera les capacités de patients schizophrènes concernant deux étapes préalables à la détection d'une incongruité pragmatique émotionnelle : le traitement d'un contexte pragmatique émotionnel et la catégorisation d'expressions faciales émotionnelles.

Enfin, une discussion générale fera la synthèse des résultats expérimentaux et proposera un modèle de la détection de l'incongruité émotionnelle.

Cadre Théorique

1 Quelles sont les conséquences de l'incongruité face aux attentes cognitives liées au contexte ?

Dans cette partie, nous souhaitons présenter le concept d'incongruité de manière générale, ainsi que les spécificités de l'incongruité sociale, en mettant l'accent sur l'incongruité émotionnelle. Afin d'être détectée, une incongruité doit rompre avec une attente cognitive. Nous commencerons donc par définir les attentes cognitives, avant d'étudier les effets de l'incongruité, c'est-à-dire de la violation incongrue de ces attentes. La violation congrue, qui correspond à la perception d'un stimulus inattendu mais pas incompatible avec le contexte, ne sera qu'évoquée.

1.1 Qu'est-ce qu'une attente cognitive créée par un contexte ?

Dans la vie de tous les jours, nous percevons divers stimuli sensoriels (visuels, auditifs, olfactifs ou haptiques, généralement dans le cadre d'un contexte donné, qui peut-être une scène visuelle, un contexte linguistique, prosodique, olfactif, haptique ou encore une combinaison de plusieurs éléments contextuels, qui peuvent être intégrés simultanément ou au cours d'une période plus ou moins longue (ce qui donne naissance à un contexte construit de manière expérientielle). Le fait d'avoir connaissance d'un contexte peut générer des attentes cognitives que nous nommerons « attentes contextuelles » concernant les stimuli (ou, plus largement une catégorie de stimuli) susceptibles d'y être rencontrés. Ces attentes correspondent à des associations stimulus-contexte, activables par un contexte mais aussi par un stimulus. Ces associations constituent des construits, liant un stimulus et un contexte. Le fait de ne pas attendre un stimulus dans un contexte donné ne signifie donc pas nécessairement qu'il soit conceptuellement incompatible avec ce contexte. Ainsi, une attente contextuelle peut-elle se faire sur la base de la probabilité d'apparition d'un stimulus dans un contexte mais aussi sur d'autres critères, complètement subjectifs, telle la préférence pour un stimulus.

Dans cette thèse, nous distinguerons deux types de construits liant stimuli et contextes :

- les construits visuo-visuels correspondant à des associations entre un stimulus et une scène qui sont perçus visuellement ;

- les construits linguistiques, qui correspondent à des associations entre un contexte linguistique et un stimulus, linguistique ou non linguistique.

1.1.1 Les attentes liées à une scène visuelle

Nous souhaitons présenter deux modèles qui permettent de décrire comment un stimulus visuel est associé à une scène visuelle (Mudrik et coll., 2010) : le modèle des schémas (Palmer, 1975 ; Antes et coll., 1981; Biederman, 1981; Biederman et coll., 1982; Biederman et coll., 1983; Boyce et coll., 1989) et le modèle d'isolation fonctionnelle (De Graef et coll., 1990 ; De Graef, 1992; Hollingworth, 1998 ; Hollingworth et Henderson, , 1999 ; Henderson et coll., 1999; Hamm et coll., 2002).

Le modèle des schémas propose que les scènes soient codées dans le cerveau sous forme de schémas, qui sont activables rapidement par des informations contextuelles globales, de basse résolution (Loftus et coll., 1983; Metzger et Antes, 1983; Schyns et Oliva, 1994). L'activation d'un schéma permet quant à elle une détection facilitée des caractéristiques contextuelles associées aux objets spécifiés dans ce schéma, à l'aide d'une attention sélective (Antes et coll., 1981; Friedman, 1979). D'après le modèle des schémas, les influences contextuelles peuvent perturber l'identification des objets. La Figure 1 illustre ce modèle. Après une étape de décomposition (« parsing ») du contenu de la scène visuelle en objets reconnus par l'observateur, la configuration spatiale de des derniers est interprétée à l'aide d'un schéma (représentation sémantique des scènes).

Le modèle d'isolation fonctionnelle stipule quant à lui que l'influence contextuelle survient après l'identification des objets. Ainsi, le contexte n'influencerait pas la perception précoce des objets. L'influence contextuelle concernerait l'activation de connaissances sémantiques et/ou la prise de décision (Henderson et Hollingworth, 1999).

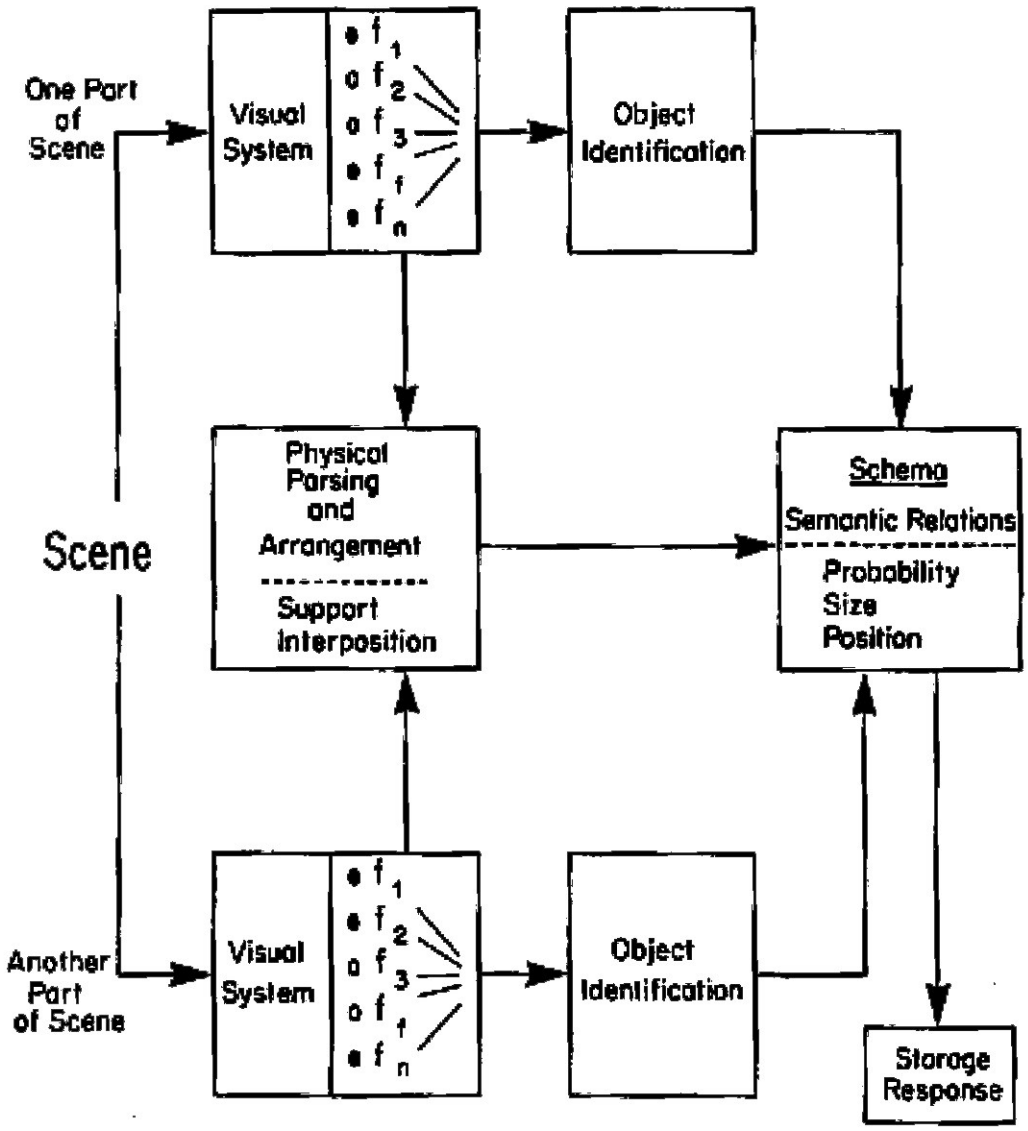


Figure 1 : Diagramme illustrant l'activation d'un schéma par une scène visuelle (Biederman, 1981).

1.1.2 Les attentes pragmatiques

D'après Grice (1989), le sens d'une phrase, ou d'un ensemble de phrases (discours) fait référence à deux notions : la sémantique et la pragmatique. La notion de sémantique renvoie au sens assigné par la grammaire tandis que la notion de pragmatique renvoie à la compréhension de ce qu'a voulu exprimer le locuteur (Noveck et Reboul, 2008). Les attentes contextuelles qui seront utilisées dans la partie expérimentale de cette thèse auront pour origine un contexte présenté sous forme linguistique. L'inférence d'un contexte à partir d'une source linguistique réfère à la notion de pragmatique, qui peut être définie comme étant « l'étude de l'utilisation du langage » (Levinson, 1983). Ainsi, à partir de textes, il est possible de faire des inférences pragmatiques concernant les états mentaux du locuteur,

concernant ses intentions, ses désirs et ses émotions (Farina, 2007). De plus, il apparait que ces inférences ne concernent pas uniquement le locuteur mais possiblement tout personnage mentionné dans un texte (Leuthold et coll., 2011). Afin de pouvoir constituer des attentes cognitives, il faut que ces inférences soient intégrées dans un modèle mental. Deux théories s'opposent concernant les éléments de base de la cognition et donc des représentations mentales : la théorie cognitive « traditionnelle » du traitement de l'information (Chomsky, 1957 ; Fodor, 1983 ; Pylyshyn, 1984) et la théorie de la cognition incarnée (Glenberg, 1997 ; Zwaan et Madden, 2005). D'après Zwaan et Madden (2005), la théorie cognitive « traditionnelle » du traitement de l'information présent la cognition comme un ensemble organisé d'éléments de bases (« unités de signification ») constitués de symboles abstraits. La théorie de la cognition incarnée considère que les traces expérientielles (y compris perceptives), mémorisées par le cerveau, sont à l'origine de la cognition et que « ces traces sont (partiellement) récupérées et utilisées dans les simulations mentales, qui construisent la cognition » (Zwaan et Madden, 2005). Autrement dit, d'après la théorie de la cognition incarnée, la cognition se baserait sur la mémorisation d'interactions entre le corps et l'environnement dans lequel il se trouve (Glenberg, 1997). Cette simulation incarnée serait effectuée par le système sensorimoteur et pourrait, plus précisément impliquer les neurones miroirs, qui sont activés lors de l'observation d'une action (Gallese, 2005). Si le propos de cette thèse n'est pas de trancher entre ces deux théories de la cognition, nous prendrons le parti de nous placer dans la perspective de la théorie de la cognition incarnée. La première raison qui fait que cette théorie nous paraît pertinente est liée à la question de la conceptualisation des émotions, qui occupe une place importante dans cette thèse. Ainsi, le fait que les émotions soient ressenties corporellement laisse à penser qu'elles puissent être conceptualisées à partir d'expériences corporelles plutôt qu'à partir de symboles abstraits. En outre, la pertinence de la théorie de la cognition incarnée concernant les émotions a été démontrée (Glenberg, 1997). La seconde raison nous incitant à adopter la perspective défendue par la théorie de la cognition incarnée est qu'elle apparaît comme pertinente pour expliquer la compréhension du langage et la formation de modèles mentaux, y compris en termes d'imagerie mentale, étant donné qu'elle donne une origine corporelle à la cognition, tandis que l'origine du sens des symboles abstraits n'est pas définie, ce qui pose problème quand à l'activation de représentations à partir d'éléments linguistiques (Glenberg, 1997). Nous considérons donc que la compréhension du contexte par les participants à nos expériences se fera par la simulation incarnée d'un modèle mental de la situation présentée dans la phrase. Les modèles mentaux de situation résultant des simulations mentales peuvent encoder plusieurs dimensions : temporelle, spatiale, causale ou encore motivationnelle, ainsi que des éléments concernant l'entité focale, l'entité arrière-plan, la perspective et les caractéristiques (Zwaan, 2004). La dimension temporelle fait référence au moment où la situation simulée survient tandis que la dimension spatiale renvoie à l'endroit où se déroulent les évènements de la situation simulée (Zwaan et Madden, 2005). La dimension causale concerne les éléments qui sont à l'origine de la situation simulée. La dimension motivationnelle est liée aux situations sociales et décrit

le(s) but(s) associés à une situation. L'entité focale est l'entité principale de la simulation mentale. L'entité ou les entités arrière-plan concerne les entités non focales. La perspective correspond à la relation spatiale et psychologique « à partir de laquelle la situation est vécue (Zwaan et Madden, 2005). Les caractéristiques sont des éléments permettant de décrire l'entité focale, l'entité arrière-plan et la relation. Elles peuvent être, par exemple, leur taille, leur couleur, leur intensité ou encore leur vitesse. Il a par ailleurs été montré que ces modèles de situation pouvaient encoder des informations émotionnelles (de Vega et coll., 1996; Ferstl et coll., 2005; Siemer et Reisenzein, 2007; Leuthold et coll., 2011). Ainsi la lecture d'un texte décrivant un contexte émotionnel peut-elle être à l'origine de la génération d'un modèle mental de la situation incluant l'aspect émotionnel. Par soucis de simplicité, nous utiliserons les termes « modèle de situation émotionnelle » pour désigner un modèle de situation encodant des informations émotionnelles. La génération d'un modèle de situation se fait « en ligne » et il peut être mis à jour au cours de la lecture (Leuthold et coll., 2011). L'intérêt d'utiliser un contexte linguistique plutôt qu'une scène visuelle est que cela évite certains écueils liés à l'utilisation de scènes visuelles comme contexte. Par exemple, beaucoup de choses peuvent être prédites à partir d'une scène visuelle, tandis que l'utilisation d'un contexte linguistique permet d'imposer les éléments contextuels à prendre en compte (Kamide, 2008). Ce grand nombre de prédictions possibles à partir d'une scène visuelle est d'ailleurs utilisé par le test psychologique TAT (« Thematic Apperception Test ; Murray, 1943), qui consiste à demander à tester la personnalité des participants en se basant sur les histoires qu'ils vont créer à partir de scènes visuelles.

1.2 Qu'est-ce qu'une incongruité ?

L'incongruité a essentiellement été conceptualisée dans le cadre de recherches sur la compréhension de l'humour. Forabosco (2008) définit l'incongruité d'un stimulus ainsi : « a stimulus is incongruous when it diverts from the cognitive model of reference » (« un stimulus est incongru lorsqu'il dévie du modèle cognitif de référence »), jouant ainsi sur l'ambiguïté du mot « divert », qui signifie à la fois « dévier » et « divertir ». De manière intéressante, l'auteur avait précédemment utilisé le terme « differs » (diffère ») à la place de « diverts », ce qui donne une définition de l'incongruité d'un stimulus tout à fait pertinente dans le cadre de cette thèse : « un stimulus est incongru lorsqu'il diffère du modèle cognitif de référence » (Forabosco, 1992). L'auteur (Forabosco, 2008) a par ailleurs distingué la perception d'une incongruité et sa résolution, basée sur « une « règle cognitive » qui réconcilie les parties incongrues ». La résolution de l'incongruité correspond soit à la mise à jour du modèle cognitif de référence, soit à l'intégration du stimulus incongru dans ce modèle (Forabosco, 2008). Nous pouvons ici postuler que le modèle de situation que nous avons décrit dans la section 1.1.2 est une forme de modèle cognitif de référence. Enfin, la théorie de l'incongruité postule que « La cause du rire provient

dans tous les cas de la perception soudaine d'une incongruité entre un concept et les objets réels qui ont été pensés comme lui étant liés, et le rire lui-même est juste une expression de cette incongruité. » (Schopenauer, 1883, cité par Mulder et Nijholt, 2002). Plus que l'incongruité elle-même, ça serait la résolution congrue de l'incongruité apparente qui serait drôle (Mulder et Nijholt, 2002). Une revue de la littérature va jusqu'à définir le traitement de l'incongruité comme étant la composante cognitive du traitement de l'humour (Vrticka et coll., 2013).

La dissonance cognitive (Festinger, 1957) est un concept proche de celui de l'incongruité, en particulier en ce qu'elle tend à être éliminée ou réduite, comme c'est le cas de l'incongruité, à travers sa résolution (Forabosco, 2008). Ces deux concepts se différencient cependant du fait que la dissonance cognitive concerne des incohérences cognitives propres à un individu (par exemple le fait qu'un individu agisse de manière contraire à ses convictions), tandis que l'incongruité concerne l'incohérence de la présence d'un stimulus dans un contexte donné. La dissonance ne concerne pas uniquement l'incohérence mais également l'état mental résultant de cette incohérence. Même si nous n'excluons pas le fait que la perception d'un stimulus incongru puisse être à l'origine d'une dissonance, en tant qu'état mental, nous ne développerons pas cet aspect, car le lien entre les deux n'est, à notre connaissance, pas clairement établi dans la littérature. Nous nous en tiendrons donc à l'aspect « violation d'une attente cognitive » de l'incongruité.

Pour ce qui est de cette thèse, nous considérerons qu'un stimulus est incongru par rapport à un contexte lorsqu'il s'oppose à l'attente créée par ce contexte, autrement dit lorsqu'il apparaît comme non intégrable à ce contexte. L'incongruité est donc détectable dès lors qu'il existe une incompatibilité, apparente ou réelle, entre un stimulus et le contexte dans lequel il est perçu. Il convient ici de distinguer « inattendu » et « incongru ». Un stimulus non conforme à l'attente crée par le contexte sera inattendu mais pas nécessairement incongru. Ainsi, le fait qu'un stimulus soit attendu dans un contexte donné, par exemple au regard de sa probabilité d'apparition, n'exclut pas la possibilité que d'autres stimuli, inattendus, puissent être compatibles avec ce contexte, constituant ainsi une violation congrue de l'attente. Les stimuli incongrus par rapport à un contexte sont à priori inattendus mais nous pouvons penser qu'il est possible de s'attendre à percevoir un stimulus incongru, lorsque sa probabilité d'occurrence est élevée.

Le contexte peut influencer la perception d'objets ou de visages (concernant les visages, voir section théorique 2.2.3), ce qui signifie que l'incongruité peut perturber leur reconnaissance. Ainsi, la détection des objets incongrus a été montrée comme étant plus difficile que celle des objets congrus : plus lente (Biederman et coll., 1982 ; Boyce et Pollatsek, 1992 ; Bar et Ullman, 1996 ; Chun et Jiang, 1998 ; Neider et Zelinsky, 2006; Rieger et coll., 2008) et avec plus d'erreurs (Antes et coll., 1981 ; Biederman et coll., 1982 ; Bar et Ullman, 1996 ; Davenport et Potter, 2004). L'incongruité d'un objet

dans une scène peut provenir des éléments suivants : son support, son interposition (transparence ou passage à travers un autre objet), la probabilité qu'il apparaisse, sa position et sa taille (Biederman 1981). Les effets de telles incongruités sont interprétés différemment selon le modèle d'intégration d'un objet à une scène utilisé. D'après le modèle des schémas perceptifs, « les violations du contexte gênent l'analyse des objets incongrus dans le schéma, par rapport à ceux congrus avec le schéma » (Mudrik et coll., 2010). La théorie des modèles de correspondance prédit également que l'effet des violations du contexte a lieu avant l'identification complète des objets, contrairement au modèle d'isolation fonctionnelle (Mudrik et coll., 2010).

Une incongruité ne pouvant pas être correctement détectée si le contexte ou le stimulus sont incorrectement perçus, cette possible influence du contexte sur la perception de stimuli peut être à l'origine de l'inhibition de sa détection. Nous proposons ici que les ambiguïtés respectives d'un contexte et d'un stimulus détermineront l'influence de ce contexte sur la perception de ce stimulus. Ainsi, la perception d'un stimulus difficile à reconnaître hors contexte serait plus facilement influencée par le contexte. A l'inverse, un stimulus clairement identifiable hors contexte serait peu sensible aux influences contextuelles. Concernant le contexte, moins il est ambigu, plus il devrait avoir d'influence sur la perception des stimuli. En tous les cas, lorsque l'incongruité est consciemment détectée, l'influence contextuelle sur la reconnaissance du stimulus aura été nulle ou faible.

Nous pouvons distinguer différents types de stimuli et de contexte en fonction de leur nature et de leurs modalités perceptives. La notion de nature fait référence à la catégorie conceptuelle à laquelle ils appartiennent (par exemple : textes, objets ou visages). Les modalités perceptives font référence aux sens qui permettent de les percevoir (vision, ouïe, toucher ou odorat). Tous les types de stimuli et de contexte peuvent être incongrus. Le type d'incongruité que nous utiliserons dans la partie expérimentale de cette thèse (section 3) concerne un visage vis-à-vis d'un contexte émotionnel linguistique. Cette incongruité repose sur le fait qu'un contexte linguistique permet la formation de modèles de situation émotionnels (Cf. section théorique 1.1.2), qui peuvent créer des attentes pragmatiques émotionnelles. Ainsi, une expression faciale incompatible avec l'attente émotionnelle créée par le contexte (ou si elle apparaît comme telle dans un premier temps), sera détectée comme étant incongrue.

Enfin, la détection d'une incongruité n'est pas nécessairement liée au fait qu'une association stimulus-contexte ne corresponde pas à la réalité physique du monde qui nous entoure. En effet, un monde imaginaire, peut également générer des attentes contextuelles, comme l'ont montré Filik et Leuthold (2008) et, par exemple, le fait qu'un homme soulève un camion pour le mettre sur la route n'apparait pas comme étant incongru lorsque cet homme est un super-héros (Filik et Leuthold, 2008).

1.3 Quelles sont les spécificités des incongruités sociales ?

1.3.1 La spécificité des attentes sociales

Nous avons défini en section 1.1 ce qu'était une attente cognitive. Nous allons maintenant étudier plus spécifiquement les attentes cognitives sociales. Ces attentes sont sociales car elles portent sur des stimuli sociaux, qui peuvent être des comportements, des attitudes ou encore des émotions. Les attentes sociales ont été définies comme « des cognitions à propos des comportements communicationnels anticipés de personnes spécifiées » (Burgoon et Walther, 1990 ; cité par Afifi et Burgoon, 2000). Les attentes sociales permettent de prédire le futur sur la base d'expériences et de connaissances passées (Mendes et coll., 2007, en référence à Olson et coll., 1996). Les attentes concernant les comportements d'autrui « servent de filtres perceptifs, influant significativement sur la manière dont les informations sociales sont traitées » et « elles sont basées sur des normes comportementales sociales » (Burgoon, 1993, cité par Johnson et Lewis, 2010). Ces attentes « peuvent être propres à un individu ou générales dans une communauté de langage ou un sous-groupe » (Johnson et Lewis, en référence à Burgoon, 1993).

Si la nature sociale de ces attentes les différencie, les processus de base qui permettent leur constitution ne sont à priori pas différents de ceux des attentes non sociales. Ainsi, Leuthold et ses collaborateurs (2011) ont présenté le modèle de situation de Zwann (2004, Cf. section 1.1) comme étant explicatif concernant la formation d'attentes sociales. De manière similaire, les études concernant la perception d'expressions émotionnelles faciales en contexte (Righart et de Gelder, 2008a,b ; Hietanen et Astikanen, 2012) révèlent des attentes contextuelles liés à des scènes sociales, dont les processus de formation ne semblent pas différents de ceux présentés par la théorie des schémas ou celle des modèles de correspondance. Toutefois, ces attentes étant de nature sociale, elles sont basées sur des stimuli sociaux, qui ont des caractéristiques propres. D'après Johnson et Lewis (2010, en référence à Burgoon, 1993), le développement d'attentes comportementales se fait sur la base des caractéristiques du communicateur, des relations et du contexte. En ce qui concerne le communicateur, ses caractéristiques « incluent des traits démographiques ou de personnalité, tels que l'agressivité verbale ou le sexe biologique, tandis que les caractéristiques relationnelles incluent les variables de puissance ou d'intimité, telles la position hiérarchique sociale ou des comparaisons entre relations allant d'amicales à étrangères. ». « Les caractéristiques contextuelles traitent d'un jeu d'interactions spécifique et peuvent inclure la présence de tierces parties ou de formalités situationnelles[1]. » (Johnson et Lewis, 2010 ; en référence à Burgoon, 1993).

- Les attentes liées aux caractéristiques du communicateur correspondent généralement à des stéréotypes concernant une catégorie sociale à laquelle le communicateur appartient. Par exemple,

[1] Renvoie au règles sociales régissant la conduite à tenir en lien avec une situation donnée, telles que, par exemple, les protocoles et les règles de bonne conduites dans le cadre professionnel.

plusieurs études ont porté sur la violation des attentes liées aux stéréotypes « raciaux » (Jussim et coll., 1987 ; Biernat et coll., 1999 ; Kernahan et coll., 2000) ou aux stéréotypes de genre (White et coll., 2009).

- Les attentes liées à la relation réfèrent aux différentes positions hiérarchiques sociales. Par exemple, dans l'étude de Johnson et Lewis (2010), il s'agissait des positions hiérarchiques « collègues » et « superviseurs ».
- Les attentes liées au contexte sont celles qui seront étudiées dans la partie expérimentale de cette thèse. Elles peuvent concerner divers aspects, tels que le type de langage utilisé (Johnson et Lewis, 2010) et les émotions (Bartholow et coll., 2001 ; Ferstl et coll., 2005 ; Leuthold et coll., 2011). Les attentes liées au communicateur, à la relation et au contexte ne sont pas indépendantes. Ainsi des attentes émotionnelles peuvent-elles être basées sur le contexte mais également être liées aux caractéristiques du communicateur, voire à la relation hiérarchique entre le communicateur et la personne (ou les personnes) à qui ce dernier s'adresse. Dans le cadre de cette thèse, nous nous focaliserons sur les attentes contextuelles émotionnelles. Nous nous intéresserons à l'empathie cognitive, en tant que mécanisme permettant l'inférence des émotions d'autrui, en se mettant (mentalement) à sa place. (Cf. section 4).

1.3.2 Les conséquences possibles d'une incongruité sociale

La spécificité de l'incongruité sociale est que, lorsque des observateurs la perçoivent, cela peut affecter leur jugement concernant la personne qui en est à l'origine, et, ainsi, influer sur les relations sociales.

Les violations (ruptures) d'attentes sociales peuvent être soit congrues, ce qui correspond au fait que le comportement observé est plus intense que prévu, soit incongrues, ce qui signifie que le comportement a une signification opposée à celui qui était attendu (Afifi et Burgoon, 2000). Il existe plusieurs modèles permettant de prédire les conséquences de la violation d'une attente sociale sur l'attirance vis-à-vis du de celui qui en est à l'origine (violateur). Un de ces modèles, la théorie de réduction de l'incertitude (Berger et Calabrese, 1975) considère que la communication, l'information et l'incertitude (incapacité à prédire et expliquer les actions d'autrui ; Berger, 1987) sont intrinsèquement liées et que la violation d'une attente accroit l'incertitude (Afifi et Burgoon, 2000). D'après cette théorie, la violation d'une attente sociale augmenterait l'incertitude, diminuant ainsi l'attirance sociale vis-à-vis du violateur. Nous reviendrons sur la théorie de réduction de l'incertitude dans la discussion générale (partie 2) et nous présenterons d'autres modèles permettant de prédire l'effet de la violation d'une attente sociale sur l'attirance concernant le violateur.

1.3.3 L'incongruité émotionnelle et ses conséquences

Nous allons maintenant nous intéresser plus spécifiquement à l'incongruité émotionnelle, qui est une violation incongrue d'une attente sociale. Ainsi les modèles présentés au paragraphe précédent peuvent-ils être utilisés pour prédire ses conséquences sur l'attirance portée au violateur. L'incongruité émotionnelle présente toutefois certaines spécificités. En effet, sa détection est potentiellement plus universelle dans l'espèce humaine que celle d'autres incongruités sociales, au moins en ce qui concerne les émotions primaires (Cf. section 2.1). Par ailleurs, la compréhension des émotions est une composante importante de la compréhension sociale (Farina et coll., 2007), ce qui fait du traitement de l'incongruité émotionnelle une habileté essentielle dans les relations humaines.

Le traitement de l'incongruité émotionnelle intervient dans la régulation de la perception des émotions d'autrui et dans les réactions que nous pouvons avoir face à ces émotions. La détection d'une incongruité émotionnelle peut agir comme un signal d'alarme, qui indique soit une mauvaise perception du contexte ou de l'émotion, soit un comportement suspect de la personne observée. Un comportement suspect peut correspondre à un problème non pathologique (un quiproquo, un mensonge, etc.) ou refléter une pathologie (Cf. section théorique 1.3.4). Nous souhaitons ici nous attarder un peu sur le mensonge émotionnel. Il s'agit d'un type de comportement suspect pouvant avoir pour but de déstabiliser l'observateur, par exemple en lui faisant croire qu'on est en train de gagner en affichant un large sourire tandis que le contexte du jeu nous est clairement défavorable (par exemple lors d'une feinte). L'observateur qui va détecter l'incongruité risque d'être pris d'un doute : suis-je vraiment en train de gagner ou mon adversaire adopte-t-il une stratégie qui m'échappe? Cela peut également avoir pour but de ménager autrui, en cachant ses véritables émotions, comme peut, par exemple, le faire quelqu'un qui vient de perdre son travail mais qui affiche une mine joyeuse pour éviter que les autres ne s'apitoient sur son sort (on porte un message consistant à « rassurer » l'observateur, qui, vu le contexte, pourrait s'inquiéter). Le mensonge émotionnel n'est pas destiné à être perçu et la détection de l'incongruité est dans ce cas malaisée. En effet, sa détection revient à repérer un mensonge, ce qui s'avère difficile (Ekman et O'Sullivan, 1991 ; Ekman 1996). L'incongruité qui sera éventuellement détectée ne sera pas nécessairement l'incongruité de l'émotion exprimée mais plutôt des caractéristiques comportementales, verbales ou non verbales, incongrues dans un contexte d'honnêteté. Ces caractéristiques comportementales peuvent inclure la manière dont les émotions sont exprimées (telles qu'un faux sourire, pour reprendre un exemple d'Ekman et O'Sullivan, 1991).

La détection d'une incongruité entre un contexte et une expression émotionnelle peut également venir d'une mauvaise perception du contexte par la personne qui exprime l'émotion incongrue. Ainsi une personne peut-elle croire être en train de gagner alors que la partie est déjà perdue pour elle. La détection de cette incongruité pourra être utilisée par son adversaire ou au contraire celui-ci pourra tenter de lui faire comprendre que la partie est perdue pour elle.

L'incongruité émotionnelle peut également survenir en dehors de la tromperie émotionnelle, par exemple lorsque quelqu'un ne sait pas comment se comporter dans une situation donnée ou est perturbé par un stress important. Nous avons exposé précédemment différentes théories permettant de prédire les conséquences de la violation d'une attente sociale par un individu sur l'attirance sociale qu'il exerce (Cf. section théorique 1.3.2). Ces théories peuvent s'appliquer à l'incongruité émotionnelle, car cette dernière constitue un cas particulier de violation incongrue d'une attente sociale. Aussi est-il socialement utile de présenter aux autres des émotions congrues avec le contexte. Cela renvoie à ce qu'Ekman et Friesen (1969) ont nommé le concept des règles d'affichage (« display rules ») et qui correspond au contrôle des expressions émotionnelles dans le but de satisfaire les normes sociales acquises régulant les expressions émotionnelles. Ainsi, d'après Ekman et Friesen (1969), est-il possible (afin de respecter des normes sociales) de réduire ou d'augmenter l'intensité d'une expression émotionnelle, d'afficher volontairement une expression neutre ou encore de masquer l'émotion ressentie par l'expression d'une autre émotion.

Le contrôle des expressions émotionnelles faciales est rendu possible par le fait que les expressions spontanées puissent être inhibées et qu'il existe des expressions volontaires. Les expressions faciales spontanées peuvent être déclenchées par l'un ou l'autre des hémisphères cérébraux et dont leurs commandes sont envoyées aux nerfs crâniens par l'intermédiaire du mésencéphale, qui les relaie vers les noyaux du nerf facial (sans passer par le cortex cérébral). Les expressions faciales volontaires proviennent de l'hémisphère gauche, ce qui permet de commander des expressions faciales sur la face droite du cerveau, par l'intermédiaire de la partie droite du nerf facial. Un signal est simultanément envoyé à l'hémisphère droit, par l'intermédiaire du corps calleux, afin de permettre de commander les expressions faciales de la partie gauche du visage (en passant par la partie gauche du nerf facial) et d'aboutir à des expressions faciale symétriques (Gazzaniga et coll., 2000). La Figure 2 présente les voies nerveuses que nous venons de mentionner.

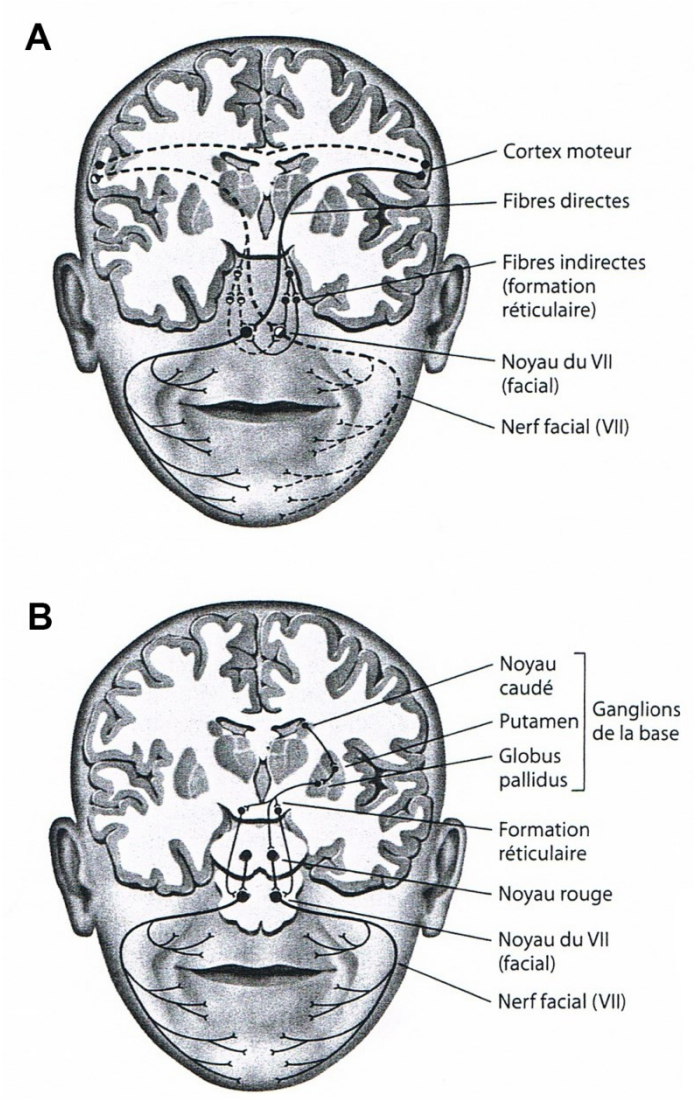


Figure 2 : Les voies nerveuses qui contrôlent l'expression faciale volontaire (A) et l'expression spontanée (B) sont différentes (Gazzaniga et coll., 2000).

Si l'incongruité émotionnelle peut avoir des conséquences sociales, s'entraîner à la congruité émotionnelle peut faciliter ses relations avec autrui. Cela ne concerne pas uniquement les émotions exprimées avec le visage mais également la prosodie (émotions exprimées dans l'intonation de la voix), les émotions exprimées corporellement (y compris lors d'échanges tactiles) et celles exprimées de manière linguistique. Le docteur Witchel, par exemple, explique l'intérêt de la congruité dans les relations sociales et propose des entraînements
(Cf. http://www.harrywitchel.com/articles/incongruencedoyousendmixedmessages.pdf).
De manière similaire, Pearse et Lansley (2010), expliquent l'importance de la lecture des émotions d'autrui.

Enfin, l'incongruité émotionnelle, peut, comme toute incongruité, être utilisée à des fins humoristiques (Cf. section 1.2). Ainsi un mauvais traitement de l'incongruité émotionnelle peut-il également dégrader les relations sociales par une mauvaise compréhension de l'humour.

1.3.4 Les liens entre l'incongruité émotionnelle et les pathologies psychiatriques, en particulier la schizophrénie

L'incongruité entre une émotion exprimée et un contexte émotionnel peut également être due à une pathologie et l'incongruité du comportement, au sens large, peut nous amener à penser que quelqu'un souffre d'une pathologie psychiatrique. Par exemple, lorsque nous observons quelqu'un qui se met à pleurer dans un contexte joyeux, nous pouvons penser que cette personne « ne va pas bien », qu'elle souffre de dépression. A l'inverse, un rire survenant dans un contexte ne s'y prêtant pas pourrait faire penser à la psychose. S'ensuivront ensuite des réactions d'évitement de quelqu'un perçu comme potentiellement dangereux ou inintéressant car stupide, ou d'approche vers quelqu'un perçu en état de détresse ou encore d'indifférence liée à une incompréhension. Ces comportements peuvent être problématiques pour les personnes souffrant de pathologies psychiatriques, qui peuvent ainsi se voir mises au ban de la société et/ou devenir involontairement le centre d'une attention bienveillante voire malveillante. En effet, si les professionnels travaillant avec des patients souffrant de pathologies psychiatriques sont formés pour adopter un comportement approprié face à ces pathologies, cela n'est pas toujours le cas du reste de la population, dont les réactions varient selon les individus et les cultures.

Parmi les pathologies psychiatriques, la schizophrénie nous semble tout particulièrement pertinente concernant l'incongruité émotionnelle. En effet, comme nous allons le décrire, les patients schizophrènes présentent des troubles de l'intégration contextuelle mais aussi de la production d'expression faciales émotionnelles, ce qui peut, non seulement les conduire à éprouver des difficultés à détecter l'incongruité émotionnelle mais également rendre leurs expressions faciales incongrues aux yeux de sujets sains. La schizophrénie est une pathologie psychiatrique ayant été décrite pour la première fois par Bleuler, qui a créé le terme (Bleuler, 1911). Elle se déclare généralement à la fin de l'adolescence et elle touche environ 1 % de la population. Si Bleuler l'a caractérisée comme une désorganisation de la pensée, trois types de symptômes sont associés à la schizophrénie : les symptômes positifs, les symptômes négatifs et la désorganisation. Les symptômes positifs et négatifs sont généralement testés par trois échelles : la « Scale for the Assessment of Negative Symptoms, SANS en abrégé, qui teste les symptômes négatifs (Andreasen, 1983), la « Scale for the Assessment of Positive Symptoms, SAPS en abrégé, qui teste les symptômes positifs (Andreasen, 1984) et la Positive and NegativeSyndrome Scale, PANSS en abrégé, qui teste à la fois les symptômes positifs et négatifs (Kay et coll., 1987). La désorganisation est testée par l'échelle « Thought, Language and Communication disorders, TLC en abrégé (Andreasen, 1979).

- Les symptômes positifs renvoient à des « hallucinations auditives, gustatives, olfactives, corporelles » et à « des idées délirantes (délire de persécution, le délire d'influence ou encore le vol de la pensée) » (Weiss, 2009).
- Les symptômes négatifs correspondent à un « manque d'énergie, des difficultés à prendre des décisions, des difficultés de concentration, la perte de plaisir dans les loisirs, et la perte d'intérêt pour les activités sociales » (Weiss, 2009).
- La désorganisation se manifeste par « un discours flou et peu compréhensible ». Elle peut parfois également se manifester par « un manque de logique et une incohérence des propos » (Weiss, 2009).

La cinquième et dernière version en date du « Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorder » (DSM V) a supprimé les sous-catégories de schizophrénie (simple, paranoïde, hébéphrénique, catatonique, dysthymique, pseudonévrotique et pseudo-psychopathique). Cette suppression a pour origine le fait que ces catégories n'avaient pas de pertinence clinique, en particulier du fait d'un manque de stabilité au cours du temps : les patients schizophrènes peuvent passer d'un sous-type à l'autre. En conséquence, nous ne traiterons pas de ces sous-types dans cette thèse.

Beaucoup d'études montrent que les patients schizophrènes présentent des difficultés dans la reconnaissance des émotions. Un certain nombre de ces études ont été passées en revue dans des méta-analyses (Chan et coll., 2009 ; Kohler et coll., 2010). Il ressort de la méta-analyse de Chan et ses collaborateurs, portant spécifiquement sur la perception des émotions faciales, que les patients schizophrènes ont également des difficultés dans la reconnaissance de visages non émotionnels, même si les tailles d'effet sont plus faibles. Les auteurs concluent à un déficit généralisé de la perception des expressions émotionnelles faciales chez les patients schizophrènes. Cela correspond dans les études analysées à un taux d'erreur de catégorisation plus élevé. Ce déficit est, toujours d'après cette méta-analyse, plus important chez les patients présentant d'importants symptômes négatifs mais uniquement ceux mesurés par la PANSS. La durée de la maladie a une implication marginale, avec une tendance à la détérioration de la reconnaissance des émotions au cours du temps. La méta-analyse de Kohler et ses collaborateurs confirme que les patients schizophrènes ont des difficultés à identifier et à différencier les émotions faciales. Les auteurs n'ont pas trouvé beaucoup de données permettant d'évaluer les effets du traitement médicamenteux mais il semblerait que celui-ci ne dégrade pas les performances des patients concernant le traitement des émotions faciales, les résultats indiquant une amélioration non significative. Cette méta-analyse a également révélé que les difficultés des patients concernant le traitement des expressions émotionnelles faciales étaient plus importantes lorsque l'âge du commencement de la maladie était plus avancé. Néanmoins, ce résultat est, selon les auteurs, inattendu et peut avoir été provoqué par des biais comme, par exemple, une variable non étudiée. Enfin, ces difficultés persistaient durant les périodes de rémission (Wölwer et coll., 1996) et restaient stables lorsque les symptômes évoluent (Addington et Addington, 1998).

Si les patients schizophrènes présentent des déficits dans la reconnaissance émotionnelle, ils en ont également en ce qui concerne la perception du contexte. Ainsi, les patients peuvent avoir du mal à le percevoir s'il est constitué d'éléments pour lesquels ils éprouvent des difficultés de reconnaissance, par exemple, les expressions faciales d'émotions. Cette difficulté perceptive éventuelle se double d'un déficit attentionnel concernant le contexte, comme le montre une étude (Green et coll., 2008) qui a trouvé que les patients regardaient moins le contexte que les sujets sains en analysant les saccades oculaires. Enfin, les patients présentent des déficits en ce qui concerne le traitement sémantique du contexte (Kuperberg et Heckers., 2000 ; Kostova et coll., 2003a ; Kostova et coll., 2003b Iakimova et coll., 2005 ; Kostova et coll., 2005 ; pour une revue, voir Green et coll., 2005). Le traitement sémantique est également perturbé chez les patients, au niveau des régions cérébrales génératrices de la N400 (pour une définition de la N400, voir la section théorique 3.1), tandis qu'une modulation provoquée par le traitement sémantique, absente chez les sujets sains, a été mises en évidence dans le cortex temporal droit de ces patients. (Vistoli et coll., 2011). Parmi ces difficultés concernant le traitement du contexte, des déficits de théorie de l'esprit (capacité d'inférer les états mentaux et actions d'autrui à partir d'un contexte, en anglais « Theory of Mind », « ToM » en abrégé) ont été mis en évidence chez les patients schizophrènes (Green et coll., 2005). Ces difficultés se retrouvent dans une expérience utilisant des petites séquences vidéo réalistes comme stimuli (Bazin et coll., 2009), ce qui nourrit l'idée que ces troubles de la ToM peuvent avoir des conséquences sur la vie sociale des patients. Les problèmes rencontrés par les patients concernant la théorie de l'esprit sont par ailleurs probablement corrélés avec ceux concernant la reconnaissance des expressions émotionnelles faciales, la capacité à reconnaître ces dernières ayant été montrée comme étant « le meilleur prédicteur des performances dans l'attribution de croyances », comparativement à la mémoire de travail et aux fonctions exécutives (Besche-Richard, 2012). Nous précisons que les déficits des patients ne concernent en fait pas uniquement les émotions, la perception du contexte et la ToM mais tous les domaines de la cognition sociale (Savla et coll., 2012). Malgré tout, une influence du contexte émotionnel, sur la perception des émotions faciales chez les patients schizophrènes, semblable à celle observée chez les sujets sains, a été observée dans une expérience utilisant des photographies (contextuelles et d'expressions faciales) comme stimuli (Chung et Barch., 2011). Les auteurs rapportent cependant que, contrairement aux sujets sains, les patients traitent les contextes sociaux et non sociaux de manière similaire. Les résultats de cette étude montrent qu'un contexte émotionnel peut être traité par des patients schizophrènes.

Les patients schizophrènes présentent des troubles concernant la saillance (Kohler et coll., 2008 ; Healey et coll., 2010) et la justesse (Schwartz et coll., 2005 ; Kohler et coll., 2008) des expressions faciales émotionnelles qu'ils produisent. Ce type de résultat a été montré comme n'étant pas lié au traitement médicamenteux, dans une expérience qui étudiait le nombre de réactions faciales congrues par rapport à des petits films élicitant des émotions (Kring et Earnst, 1999). Cette moindre saillance des émotions exprimées par les visages des patients schizophrènes les rend plus difficiles à percevoir pour

les observateurs, qui risquent d'y voir une incongruité par rapport au contexte (en cas de mauvaise reconnaissance). Le fait que les expressions faciales émotionnelles des patients puissent également être faussées, accroit encore le risque d'incongruité perçue par des observateurs. Enfin, même dans le cas où les expressions faciales émotionnelles des patients schizophrènes ne seraient pas faussées par rapport à leur compréhension du contexte, elles risqueraient tout de même d'être incongrues du fait d'une difficulté à comprendre le contexte. Si cette dernière possibilité concerne également les sujets sains, elle risque d'être plus fréquemment rencontrée chez les patients schizophrènes, si leur compréhension du contexte est altérée.

1.4 Que faut-il retenir concernant les conséquences de l'incongruité face aux attentes cognitives?

La perception d'un contexte tel qu'une scène visuelle ou un contexte présenté sous forme linguistique active des représentations mentales telles que les schémas perceptifs et les modèles mentaux de situation. Les schémas perceptifs et les modèles de situation créent des attentes contextuelles concernant les stimuli qui y sont associés.

Si un stimulus ne correspond pas à l'attente créée (par l'intermédiaire d'un schéma perceptif ou d'un modèle de situation) par le contexte dans lequel est perçu, il viole cette attente contextuelle. Si ce stimulus apparaît comme incompatible avec le schéma ou le modèle de situation, la violation est incongrue, sinon elle est congrue.

La détection d'une incongruité « vraie » nécessite la perception correcte d'un contexte et d'un stimulus. L'influence d'un contexte sur la perception d'un stimulus peut perturber la détection d'une incongruité.

L'incongruité a été théorisée comme étant explicative de l'humour.

Par incongruité émotionnelle, nous entendons incongruité entre l'observation d'une émotion exprimée et le contexte dans lequel l'expression de cette émotion a lieu. Cette incongruité peut être volontaire ou non et elle peut avoir des conséquences sur l'attirance sociale vis-à-vis de celui qui exprime une émotion incongrue.

Les patients schizophrènes pourraient avoir du mal à détecter l'incongruité émotionnelle, du fait que leur perception des expressions faciales et des contextes sociaux est altérée, ainsi que leur capacité d'intégration de stimuli à un contexte. De plus, leurs propres expressions émotionnelles pourraient paraître incongrues aux yeux de sujets sains, ce qui constituerait un facteur supplémentaire d'exclusion sociale.

2. Comment les expressions faciales émotionnelles sont-elles perçues ?

Le fait que l'incongruité que nous allons étudier dans la partie expérimentale de cette thèse concerne des expressions faciales émotionnelles primaires nous amène à nous interroger sur la manière dont celles-ci sont perçues. En particulier, nous nous interrogerons à propos de la possible influence du contexte sur la perception des expressions faciales primaires. En effet, si une expression faciale émotionnelle est plus difficile à percevoir correctement lorsqu'elle est incongrue par rapport au contexte, l'incongruité sera plus difficile à détecter. A l'extrême, si l'expression faciale incongrue est faussement perçue comme étant celle correspondant au contexte (par exemple une expression faciale de joie qui serait perçue comme une expression faciale de peur dans un contexte effrayant), l'incongruité ne pourra pas être détectée. Enfin, afin de pouvoir isoler les ondes liées à la détection d'une expression faciale émotionnelle lors de notre expérience utilisant l'EEG (section expérimentale 3), nous présenterons les corrélats neuroélectriques de la perception d'une expression faciale émotionnelle.

2.1 Qu'est-ce qu'une expression faciale émotionnelle ?

Les êtres humains peuvent exprimer leurs émotions suivant différentes modalités telles que les expressions faciales, les expressions corporelles, la prosodie ou encore le langage. Ces différents modes d'expressions des émotions ne s'opposent pas et peuvent très bien être utilisés simultanément. Nous pouvons par exemple exprimer de la peur avec une voix effrayée, un visage effrayé et une expression corporelle de peur. L'incongruité entre ces modalités peut entraîner une perturbation de la reconnaissance de l'expression faciale, qui se trouve alors biaisée par l'expression émotionnelle corporelle (Meeren et coll., 2005). Nous avons choisi de nous limiter aux expressions faciales des émotions. Cela ne signifie pas pour autant que nous considérons qu'il ne serait pas intéressant d'étudier les autres modalités. Au contraire, nous pensons que notre travail s'inscrit dans la continuité des études portant sur la perception des émotions, dans toute leur diversité.

La variété des émotions exprimées à l'aide du visage complexifie leur étude. Outre le fait qu'elle peut varier en fonction des cultures, leur perception varie également fortement en fonction du contexte et de ce que l'individu veut communiquer. Par exemple, un sourire ironique nécessite la compréhension de l'ironie pour être interprété comme tel. Afin de contourner ces éventuelles difficultés d'interprétation des émotions exprimées avec le visage, nous avons choisi de nous limiter à l'étude d'émotions basiques.

Darwin (1872) a posé les bases d'une analyse évolutionniste des expressions faciales émotionnelles en les décrivant comme étant universelles dans l'espèce humaine, issues de l'évolution et

adaptatives et qu'elles ont participé à l'adaptation de l'espèce à son environnement. Ekman et ses collaborateurs ont, en s'inspirant de Darwin (1872), montré que les expressions faciales de six émotions étaient universelles (Ekman et Friesen., 1971). Ces émotions, dites « primaires » (Ekman et Friesen, 2003), sont : la joie, la peur, la colère, la tristesse, le dégoût et la surprise (Cf. Figure 3). La description de ces émotions est à considérer dans une perspective évolutive plutôt que comme une base permettant de créer des émotions complexes. Il s'agit d'émotions dont l'expression comme la reconnaissance sont basées sur la biologie, modelées par l'évolution et qui sont universelles dans l'espèce humaine voire plus largement chez les primates (Ekman, 1999). Même si des différences culturelles et individuelles existent concernant les situations où elles seront exprimées et les inférences faites à leur propos, leur reconnaissance comme leur expression reste globalement commune dans l'espèce humaine (Ekman, 1973).

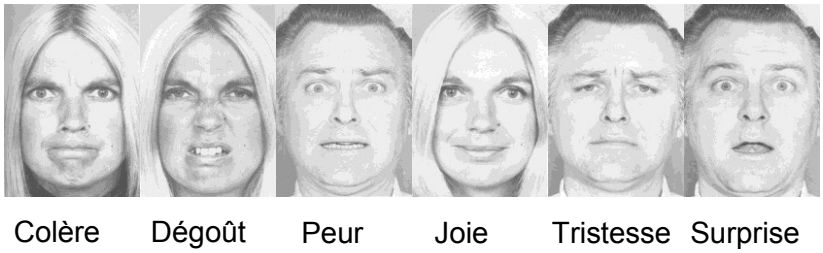


Figure 3 : Expressions faciales des émotions primaires (Ekman et Friesen, 2003).

Certains auteurs, comme Ortony et Turner, réfutent le fait qu'il existe des émotions primaires. Dans un article (Ortony et Turner, 1990), ils expliquent que les émotions sont produites « à partir d'un répertoire de composants biologiquement déterminés » et que « beaucoup d'émotions sont souvent, mais en aucun cas toujours, associées avec le même sous-ensemble de tels composants ». Autrement dit, une expression émotionnelle faciale serait formée en activant certaines composantes faciales, sans qu'une combinaison préétablie n'existe. Ekman leur a répondu qu'il n'y avait pas de preuve de l'universalité de la signification de tels sous-composants et que même s'il y en avait, « cela ne prouverait pas que la signification des expressions faciales complexes est dérivée des connaissances sur les éléments musculaires » (Ekman 1992). Si Ekman et Friesen (1978) ont décrit des unités d'actions dans leur système Facial Action Coding System (FACS), elles ne correspondent pas à des éléments musculaires mais à des caractéristiques morphologiques faciales permettant de décrire les émotions. Le système FACS est illustré Figure 4.

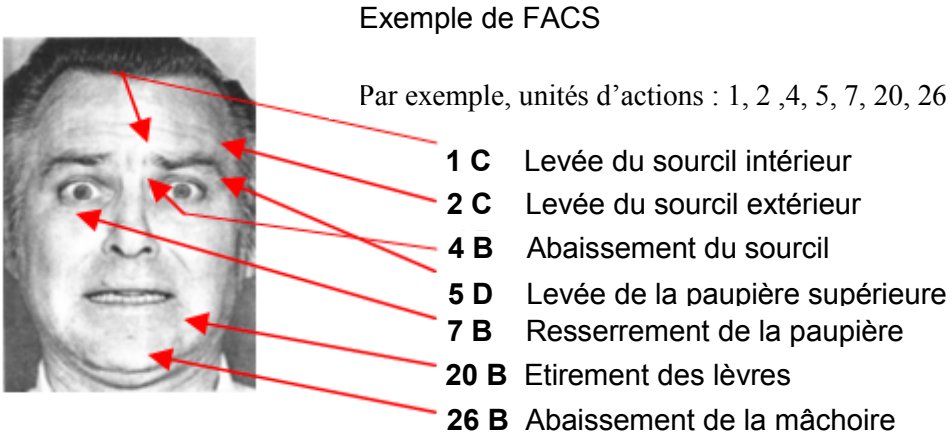


Figure 4 : Décomposition d'une expression faciale de peur à l'aide du système FACS (source : http://mplab.ucsd.edu/grants/project1/images/main-project-1gif.gif).

Concernant la partie expérimentale de cette thèse, nous n'utiliserons qu'une sélection restreinte d'émotions primaires (joie, peur, tristesse et colère). Nous avons exclu la surprise car elle nous a semblé compliquée à étudier, du fait de son caractère fugace. En effet, une fois l'effet de surprise passé, une autre émotion prend généralement rapidement la place et peut même s'y mélanger dans l'expression faciale (Ekman et Friesen, 2003). Ainsi pouvons-nous avoir une mauvaise surprise qui laisse place à la tristesse ou à la colère, une bonne surprise qui laisse place à la joie tandis qu'une attaque par surprise laissera rapidement place à la peur. Nous avons donc laissé la surprise de côté, afin de ne pas risquer d'étudier involontairement une autre émotion que celle-ci. Toujours dans le but d'éviter toute ambigüité émotionnelle, nous n'avons pas étudié le dégoût à cause de sa ressemblance avec le mépris, qui a été décrite par Ekman et Friesen (2003).

2.2 Quels sont les corrélats électrophysiologiques du traitement des expressions faciales émotionnelles?

Il existe plusieurs outils techniques apparentés à l'imagerie cérébrale fonctionnelle permettant d'étudier les mécanismes neurocognitifs, tels l'imagerie par résonance magnétique fonctionnelle (IRMf), la tomographie par émission de positrons (TEP), la Magnétoencéphalographie (MEG) et l'électroencéphalographie (EEG). Si l'EMG faciale n'est pas une technique apparentée à l'imagerie, elle n'en est pas moins pertinente pour les neurosciences cognitives, car elle permet d'enregistrer des activités musculaires faciales évoquées par un stimulus. Pour ce qui est de cette thèse, nous nous focaliserons sur l'EEG et l'EMG faciale, même si nous mentionnerons des études ayant utilisé d'autres techniques.

2.2.1 L'électroencéphalographie (EEG) et l'électromyographie faciale (EMG faciale)

L'électroencéphalographie est un outil fréquemment utilisé pour l'étude des mécanismes neurocognitifs. Elle consiste en l'enregistrement, sur le scalp, de potentiels, provenant des neurones pyramidaux corticaux, actifs et synchrones. Ces neurones reçoivent des excitations et des inhibitions synaptiques au niveau de leurs dendrites. Il en résulte des courants intracellulaires allant des dendrites vers le soma. La compensation de ces courants par des courants volumiques dans le milieu extracellulaire constitue des sources de courants dipolaires, qui sont enregistrés par l'EEG (da Silva et coll., 2008). La Figure 5 (da Silva et coll., 2008) illustre ce qu'enregistre l'EEG.

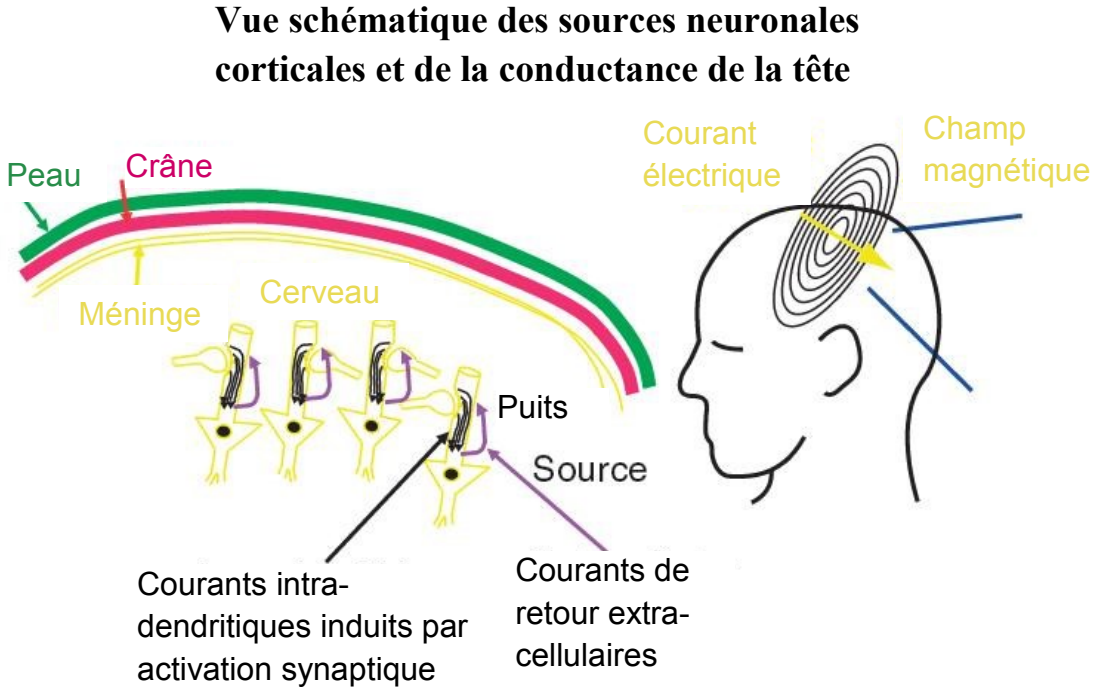


Figure 5 : Schéma descriptif de ce qui est enregistré par l'EEG (da Silva et coll., 2009)

L'EEG est un bon outil pour l'étude des activités cérébrales rapides évoquées par la présentation d'un stimulus en raison de sa résolution temporelle élevée, de l'ordre de la milliseconde. Le signal EEG est analysé à partir du moment où le stimulus est affiché. Les potentiels électriques évoqués par le stimulus sont généralement nommés en commençant par une lettre, « P » ou « N » en fonction de la polarité vers laquelle leur pic est orienté (Positive ou Négative), suivie soit d'un chiffre correspondant à leur ordre d'apparition par rapport aux autres potentiels positifs ou négatifs, soit d'un chiffre correspondant à la latence post-stimulus de leur pic. Un exemple de courbe présentant des potentiels évoqués est présenté Figure 6. Outre l'apport de la dimension temporelle du traitement, l'EEG permet également de comparer différentes tâches cognitives et de mettre en évidence des différences ou des

similarités dans leur traitement. Enfin, il est également possible de localiser les sources neuronales des potentiels évoqués, grâce à des techniques comme la Low Resolution brain Electromagnetic Tomography (LORETA, Pascual-Marqui et coll., 1994) mais la précision spatiale de l'EEG reste faible, même avec un grand nombre d'électrodes.

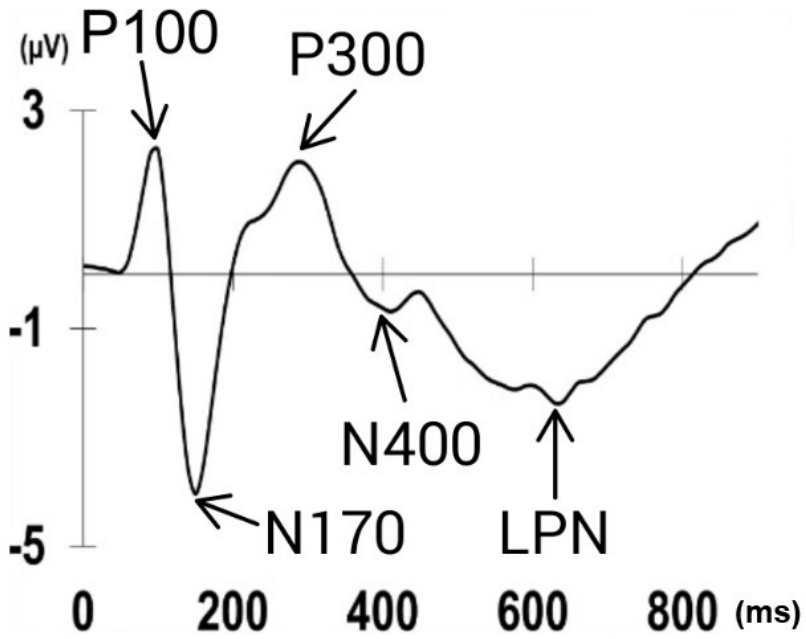


Figure 6 : Exemple de potentiels évoqués.

Tout comme l'EEG, l'électromyographie faciale (EMG faciale) est dotée d'une bonne résolution temporelle. Cependant, contrairement à l'EEG, l'EMG faciale n'enregistre pas des potentiels cérébraux mais musculaires. Ce qui est généralement étudié grâce à l'EMG faciale, ce sont des expressions faciales qui correspondent à une « interprétation de signaux comme intentions émotionnelles dans un contexte spécifique » plutôt qu'à l'imitation de mouvements du visage (pour une revue de la littérature, voir Hess et Fischer, 2013). Ainsi les expressions faciales d'émotions ne sont pas les seules à provoquer des micro-expressions faciales chez les sujets observateurs. Des sons émotionnellement chargés peuvent également éliciter des micro-expressions faciales (Hietanen et coll., 1998; Magnée, et coll., 2007; Hawk et coll., 2012). Magnée et ses collaborateurs (2007) ont également trouvé que la vue d'expressions corporelles d'émotions pouvaient éliciter des expressions faciales émotionnelles. Lorsque ces expressions faciales émotionnelles sont élicitées par la vue d'un visage exprimant une émotion, elles surviennent dans les 300-400 ms suivant sa présentation (Dimberg et Thunberg, 1998. Cela se traduit au niveau des signaux EMG faciaux par une augmentation de l'activité de certains muscles, en relation avec l'émotion perçue. Ainsi, comme le montre la revue de la littérature

précédemment citée (Hess et Fischer, 2013), la perception de la joie est associée à une augmentation de l'activité du *Zygomaticus Major* voire de l'*Orbicularis Oculi* ; la colère à celle du *Corrugator Supercilii* ; la peur à celles du *Corrugator Supercilii* et du *Frontalis* et la tristesse à celle du *Corrugator Supercilii*.

2.2.2 Les corrélats électrophysiologiques du traitement des expressions faciales émotionnelles présentées hors contexte

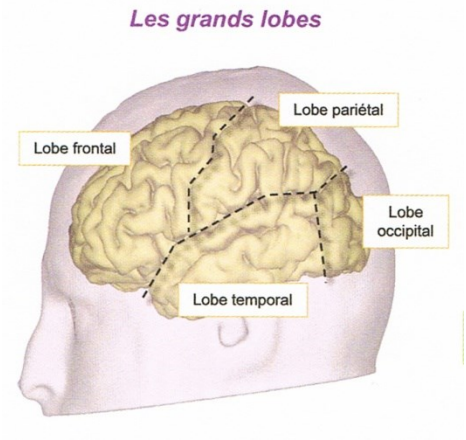


Figure 7 : Anatomie des lobes cérébraux (Dehaene, 2007).

Les études concernant la perception des visages ont montré qu'une onde allant vers les valeurs d'amplitude négatives était élicitée lors de la vue de visages et présentait un pic environ 170 ms après l'apparition du stimulus. Son amplitude est maximale dans les régions occipito-temporales (un schéma des lobes cérébraux est présenté Figure 7). Si cette onde n'est pas uniquement élicitée par la vue de visages, il semblerait néanmoins que cette onde soit plus ample lorsque les participants voient un visage que lorsqu'ils voient un objet. Cette sensibilité spécifique aux visages peut s'expliquer par le fait que la N170 correspond à un traitement visuel configurationnel (Eimer, 2011). La configuration spatiale classique d'un visage pourrait ainsi être détectée en tant que telle. Cette hypothèse est confortée par le fait que la N170 semble plus sensible à l'inversion d'un visage qu'à celle d'un objet, avec un retard du pic N170 d'environ 10 ms (Bentin et coll., 1996; Eimer, 2000; Itier et coll., 2006, 2007; Rossion et coll., 2000; Sagiv et Bentin, 2001) et une augmentation de son amplitude (Bentin et coll., 1996; Eimer, 2000; Rossion et coll., 2000; Sagiv et Bentin, 2001). Cet effet d'inversion ne concerne cependant probablement pas que les visages, un effet similaire ayant été observé avec des corps humains inversés (Stekelenburg et de Gelder, 2004). La revue de littérature d'Eimer (2011) mentionne un certain nombre de controverses concernant la N170 et les visages. Nous ne traiterons pas ces questions dans cette thèse. En revanche, nous nous intéresserons au fait que la N170 serait modulée par la perception d'émotions.

Dans sa revue de littérature, Eimer (2011) indique que la N170 est faiblement sensible aux expressions émotionnelles faciales. Or, ses travaux divergent avec un certain nombre d'autres, dont un qu'il cite (Batty et Taylor, 2003). Eimer sépare la N170 sensible aux visages d'autres potentiels évoqués, dans la même fenêtre temporelle que la N170 mais plus antérieurs. Cette séparation est basée sur un postulat de Bruce et Young (1986), qui sépare les traitements structurels et la détection de l'expression émotionnelle faciale. Contrairement à Eimer (2011), un certain nombre d'études (Stekelenburg et de Gelder, 2004; Sprengelmeyer et Jentzsch, 2006; Krombholz et coll., 2007; Blau et coll., 2007; Utama et coll., 2009) ont trouvé que la N170 était sensible aux émotions. Krombholz et ses collaborateurs ont observé une N170 plus ample lorsqu'elle est évoquée par des expressions faciales de colère, en comparaison avec des expressions faciales de joie. Les stimuli utilisés étaient des expressions schématiques mais il s'agissait quand même bien d'une N170, plus ample dans les régions postérieures et occipitales. Blau et ses collaborateurs ont également trouvé un effet des expressions émotionnelles faciales sur une N170 à la topographie correspondant à celle sensible aux visages. Il s'agissait cette fois d'une expérience utilisant des photographies de visages. Les auteurs ont trouvé une amplitude de la N170 plus grande pour les expressions faciales de peur que pour les neutres. Certains auteurs (Sprengelmeyer et Jentzsch, 2006 ; Utama et coll., 2009) ont également trouvé des effets de l'expression faciale émotionnelle sur une onde N170 classique (occipito-pariétale mais localisée à droite), à nouveau avec des photographies de visages. Ces auteurs ont trouvé que l'amplitude de la N170 augmentait linéairement avec l'intensité émotionnelle de la joie et du dégoût. Le fait que les auteurs qui ont étudié l'intensité émotionnelle aient trouvé des effets de celle-ci sur la N170 sans effet de la catégorie émotionnelle nous amène à nous interroger sur le sens des résultats obtenus par Krombholz, Blau, Stekelenburg et leurs collaborateurs. Les différences que ces auteurs ont mis en évidence sont-elles vraiment dues à la catégorie émotionnelle ou au fait que les différentes émotions présentées n'avaient pas la même intensité? Blau et leurs collaborateurs n'ont étudié qu'une émotion, la peur, comparée à l'absence d'émotion. Leur étude mentionne clairement le fait que la peur a été perçue comme émotionnellement plus intense que l'absence d'émotion par les participants. Stekelenburg et de Gelder (2004) n'ont également étudié que la peur et l'absence d'émotion, cette fois sans mentionner l'intensité émotionnelle. Quant à Krombholz et ses collaborateurs (2007), ils ont testé plusieurs émotions mais sans étudier la valence émotionnelle de leurs stimuli. Il est donc très probable que ces auteurs aient en fait observé une modulation de la N170 par l'intensité émotionnelle plutôt que par la catégorie émotionnelle. La N170 semble donc sensible à l'intensité de l'émotion faciale plutôt qu'à l'émotion faciale elle-même.

Une onde encore plus précoce, allant vers les valeurs d'amplitudes positives, a également été montrée comme étant liée à la perception des visages. Son pic survient environ 100 ms après l'apparition du stimulus. Cette onde P100 peut voir son amplitude augmenter lorsqu'un visage plutôt qu'un objet a été présenté (Herrmann et coll., 2004, Cf. Figure 8).

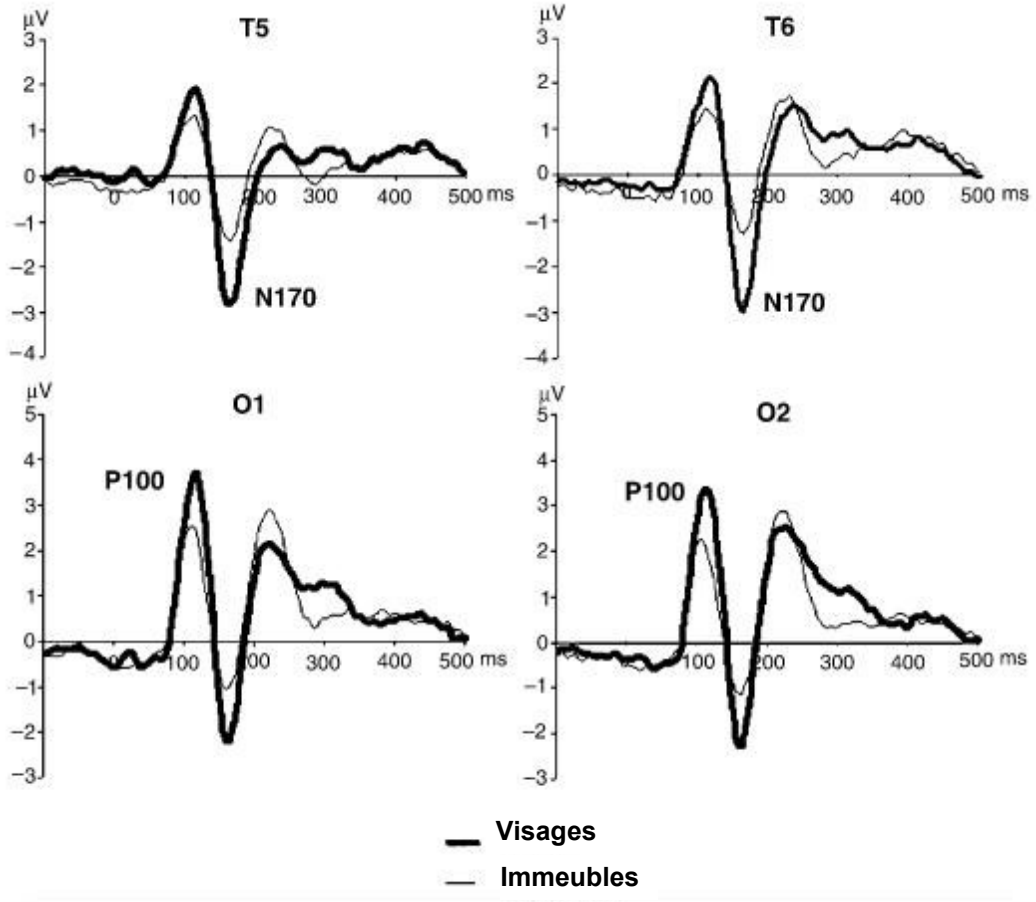


Figure 8 : La P100 et la N170 étaient plus amples lorsque les participants observaient un visage que lorsqu'ils observaient un immeuble (Herrmann et coll., 2004).

Elle semble également être sensible à l'expression émotionnelle présente sur le visage : la détection correcte de cette émotion a été trouvée corrélée à son amplitude. Celle-ci serait aussi corrélée avec l'intensité émotionnelle du visage mais dans une moindre mesure (Utama et coll., 2009).

Ces données électrophysiologiques mettent en évidence le caractère précoce du traitement des expressions faciales émotionnelles. Ce caractère précoce va dans le sens d'une vision évolutionniste de ces émotions ; certaines, comme la peur, nécessitant une perception rapide lorsqu'il s'agit, par exemple, d'éviter un danger. Par ailleurs, même lorsqu'il n'y a pas de menace pour la survie, nous pouvons penser que plus la perception des émotions est lente, moins les interactions interindividuelles sont fluides.

2.2.3 Les corrélats électrophysiologiques du traitement des expressions faciales présentées en contexte.

La perception des émotions faciales a beaucoup été étudiée en l'absence de contexte. Nous pensons que cela ne correspond pas à la réalité de nos relations interpersonnelles, un contexte étant toujours présent lors de la perception des émotions (en dehors des expériences scientifiques). La prise

en compte du contexte peut, par ailleurs, être soumise aux influences culturelles (pour des revues de la littérature, voir Barrett et coll., 2011 ; Wieser et Brosch, 2012). Si les études concernant la perception des émotions faciales hors contexte, citées dans la partie précédente, présentent l'intérêt de montrer que la catégorisation des émotions primaires ne nécessite pas d'information contextuelle pour être reconnues, cela ne signifie pas pour autant que le contexte n'ait pas d'influence sur leur perception et leur catégorisation. Cette influence est surtout perceptible lorsqu'il subsiste une ambiguïté quant à l'émotion exprimée. Le contexte peut alors faciliter la reconnaissance de l'émotion s'il la suggère (émotion congrue par rapport au contexte) ou au contraire la rendre plus difficile s'il suggère une autre émotion (émotion incongrue dans ce contexte). La facilitation de la reconnaissance des émotions par un contexte peut se traduire par une diminution du temps de réaction et une augmentation du taux de catégorisation correcte. A l'inverse, un contexte rendant l'émotion incongrue peut entraîner une augmentation du temps de réaction voire des erreurs de catégorisation à la faveur de l'émotion suggérée par le contexte (Righart et de Gelder, 2008b). Les deux principaux paradigmes permettant d'étudier l'influence du contexte sur la perception des émotions faciales sont les tâches de type « Stroop » et d'amorçage. La caractéristique commune de ces deux paradigmes est qu'il s'agit de tâches de catégorisation émotionnelle visant à étudier comment un contexte émotionnel va influer sur la perception d'une émotion. Nous nous limiterons ici à l'influence du contexte sur la perception des émotions exprimées à l'aide du visage mais cette influence contextuelle peut aussi concerner d'autres expressions émotionnelles, par exemple corporelles (Kret et de Gelder, 2010). Dans les tâche de type « Stroop », l'émotion exprimée par le visage est présentée en même temps qu'un contexte congru ou non avec l'expression faciale. Ce contexte peut-être une photographie représentant une scène (Righart et de Gelder, 2008a,b) ou le reste du corps (Meeren et coll., 2005). Les tâches d'amorçage présentent le contexte avant l'expression faciale. Ce contexte peut être, d'après Wieser et Brosch (2012) « intra-facial (orientation du regard, dynamique de l'expression), propre à la personne qui exprime l'émotion (posture corporelle, prosodie, apprentissage affectif), des caractéristiques environnementales (scène visuelle, autres visages, descriptions verbales de situations sociales), ou des caractéristiques de la personne qui perçoit l'émotion (apprentissage affectif, biais cognitifs, traits de personnalité) ».

L'influence contextuelle sur la reconnaissance de l'expression faciale d'une émotion primaire peut conduire à remettre en cause le caractère primaire de ces émotions. Pourquoi ces expressions faciales universellement reconnues subiraient-elles l'influence du contexte ? Matsumoto et Hwang (2010) expliquent que les études sur les jugements de stimuli incongrus ne peuvent pas être utilisées pour discuter de la validité des théories concernant les émotions. Il est en effet possible que les erreurs de reconnaissance induites par le contexte soient liées au fait que les personnes qui jugent ces expressions faciales pourraient avoir tendance à considérer l'expression faciale incongrue comme masquant l'émotion réellement ressentie par la personne qui l'exprime. Ainsi, les expressions émotionnelles primaires incongrues pourraient-elles être correctement catégorisées mais ensuite

interprétées comme un masque. L'émotion suggérée par le contexte serait donc considérée comme étant celle réellement ressentie par la personne, sans que la catégorisation de l'expression faciale ne soit faussée. Cela pourrait expliquer pourquoi Carroll et Russell (1996) ont trouvé que, lorsqu'une expression faciale était incongrue dans un contexte, l'émotion suggérée par le contexte biaisait plus la réponse des participants que celle exprimée par le visage, quelles que soient leurs ambiguïtés respectives. En effet, ces auteurs (Carroll et Russell, 1996) ont demandé aux participants quelles étaient les émotions ressenties par les personnes mentionnées et non qu'elles étaient les émotions correspondant aux expressions faciales. Cependant, Righart et de Gelder (2008a) ont trouvé que le contexte influait sur la catégorisation d'expressions faciales, dans une tâche qui portait sur la catégorisation de l'expression faciale elle-même (et non pas sur l'émotion ressentie par la personne, comme Carroll et Russell, 1996). L'influence du contexte sur la perception des émotions faciales s'observe également par une modification des potentiels neuroélectriques évoqués précoces, ce qui suggère que le contexte puisse biaiser la perception des expressions faciales émotionnelles. Ainsi, il a été montré que la N170 était modulée par l'incongruité d'un contexte (Righart et de Gelder, 2006 ; Righart et de Gelder, 2008b ; Hietanen et Astikanen, 2013), tout comme la P100 (Hietanen et Astikanen, 2013). Le fait que ces ondes précoces, associées à la perception des visages, soient affectées par le contexte, suggère que le contexte peut influer sur l'identification des visages, ce qui va à l'encontre du modèle d'isolation fonctionnelle. A l'inverse, Krombholz et ses collaborateurs (2007), n'ont pas trouvé d'effet de l'incongruité émotionnelle sur les ondes EEG évoquées précoces. Ces derniers auteurs avaient utilisé des expressions émotionnelles schématiques et des contextes constitués de simples mots émotionnels. Ils avaient, en outre, demandé aux participants de compter les essais congrus et incongrus.

Nous défendons l'idée que, dès lors que la tâche est clairement d'identifier une expression faciale, l'influence contextuelle s'exercera essentiellement si l'expression faciale est ambigüe alors que le contexte ne l'est pas. Ainsi, le fait que les expressions faciales émotionnelles de Krombholz et ses collaborateurs (2007) soient schématiques pourrait les rendre non ambiguës. Cette vision des choses est appuyée par le fait que de nombreuses études, que nous avons citées précédemment, ont mis en évidence le fait que les expressions faciales d'émotions primaires n'avaient pas besoin d'un contexte pour être reconnues. Les études rapportant un effet du contexte sur la perception d'expressions faciales d'émotions primaires auraient ainsi utilisé des expressions n'étant pas toujours correctement catégorisées en l'absence de contexte. Ainsi ce dernier pourrait-il exercer son influence, comme il peut le faire sur des expressions faciales neutres (Russel et Fehr, 1987 ; Müller et coll., 2011 ; Schwarz et coll., 2013). Par ailleurs, le fait que l'influence du contexte corresponde à une facilitation ou à une perturbation de la reconnaissance d'expressions faciales, plutôt qu'à un changement systématique de l'émotion perçue à la faveur du contexte, va dans le sens de l'existence d'une configuration faciale propre à une émotion, reconnaissable en tant que telle. Nous pensons également que le fait de demander aux participants de juger de la congruité (de l'expression faciale émotionnelle et du contexte) contribue

à supprimer l'influence contextuelle sur la perception et la catégorisation des expressions faciales émotionnelles. En effet, cela attire l'attention des participants sur le fait que l'expression faciale peut être incongrue, tout en imposant la reconnaissance correcte des expressions faciales comme des contextes (faute de quoi la tâche ne serait pas exécutée correctement).

Finalement, concernant cette thèse, ce qui nous importe le plus est le fait qu'il soit possible de catégoriser correctement une expression faciale émotionnelle incongrue car c'est une étape nécessaire à la détection de l'incongruité émotionnelle telle que nous l'étudierons dans la section théorique 3. Or, ce fait n'a (à notre connaissance) jamais été contesté, même par Carroll et Russell (1996).

2.3 Les visages émotionnels artificiels (issus avatars) sont-ils traités comme des vrais visages ?

Les expressions faciales émotionnelles utilisées comme stimuli sont souvent des photographies, comme c'est le cas dans presque toutes les études que nous avons citées dans la partie précédente. Utiliser des images provenant de vrais visages humains présente un certain nombre d'avantages. En effet, il est aisé de fabriquer des stimuli réalistes en procédant de la sorte et la production des émotions faciales peut être déléguée à des actrices ou à des acteurs. Néanmoins ces stimuli présentent un certain nombre de limitations. Ainsi est-il compliqué de contrôler précisément leur expression émotionnelle et de la modifier, même si des techniques de « morphing » (mélange) existent, comme celle utilisée dans une étude de Halberstadt et Niedental (2001). Ces limitations deviennent problématiques lorsqu'une utilisation interactive est envisagée, par exemple dans le cadre d'un protocole de remédiation cognitive. Par exemple, permettre une interaction avec un visage nécessite de pouvoir modifier l'expression faciale, avec un contrôle de la temporalité, ce que le morphing ne permet pas toujours de faire avec précision. Nous pouvons penser qu'en plus de la difficulté à contrôler finement les paramètres de l'expression du visage avec une technique de morphing, il est plus difficile de permettre à un programme informatique de modifier ces paramètres.

Pour pallier à ces difficultés techniques, il est possible d'utiliser des agents virtuels (avatars numériques). Ceux-ci sont de nos jours très ressemblant aux visages humains et ils peuvent être paramétrés précisément, y compris dans le cadre d'interactions avec les participants. Il a été montré que les expressions faciales émotionnelles d'avatars étaient reconnues de manière similaire à celles provenant d'êtres humains (Dyck et coll., 2008). De plus, les déficits de reconnaissance émotionnelle observés chez les patients schizophrènes se retrouvent avec des expressions faciales émotionnelles issues d'avatars (Dyck et coll., 2010).

Nous avons utilisé la plateforme M.A.R.C. (Multimodal Affective Reactive Characters ; Courgeon et coll., 2008) pour réaliser nos expressions faciales. Cette plateforme a été développée par

un laboratoire du Centre National pour la Recherche Scientifique, le Laboratoire d'Informatique pour la Mécanique et les Sciences de l'Ingénieur (L.I.M.S.I.). La plateforme M.A.R.C. a été conçue pour offrir des interactions en temps réel avec ses utilisateurs. Elle propose plusieurs personnages, pour lesquels il est possible de créer librement des expressions faciales et corporelles (Cf. http://marc.limsi.fr/).

2.4 Que faut-il retenir concernant la perception des visages émotionnels ?

L'EEG est une technique pertinente pour l'étude de mécanismes cérébraux rapides car elle possède une bonne résolution temporelle. La résolution temporelle de l'EMG faciale est également élevée et la forte sensibilité cette technique permet de détecter les micro-expressions faciales évoquées par un stimulus.

Nous pensons qu'il existe des émotions primaires, dont l'expression faciale et sa reconnaissance sont universelles dans l'espèce humaine.

Les expressions faciales émotionnelles primaires semblent être traitées rapidement, comme en témoignent les modifications qu'elles occasionnent sur les ondes EEG précoces P100 et N170.

Le contexte dans lequel les expressions émotionnelles faciales sont perçues peut influer sur leur perception. Cependant, nous pensons que des expressions faciales émotionnelles incongrues peuvent être correctement catégorisées comme telles.

Les expressions émotionnelles faciales exprimées par des avatars semblent traitées comme si elles étaient exprimées par de vrais visages humains.

3 Quels sont les corrélats neuronaux du traitement de l'incongruité ?

Nous souhaitons maintenant aborder la question des mécanismes cérébraux impliqués dans le traitement de l'incongruité et en particulier dans sa détection. Dans cette revue de la littérature, nous ne considèrerons que les articles traitant de l'incongruité pragmatique ou sémantique. Nous exclurons donc les articles portant uniquement sur des non correspondances entre deux stimuli, non pragmatiques, ni sémantiques et liées aux tâches expérimentales (par exemple une non correspondance entre deux formes géométriques, qui aurait été définie par l'expérimentateur). Comme nous l'avons montré dans le chapitre précédent (concernant la perception des visages émotionnels), le contexte peut influer sur la perception des émotions faciales. Cette possible influence du contexte sur la perception de stimuli peut modifier la perception de l'incongruité. Il est possible que des sujets ne perçoivent pas une incongruité car la perception du stimulus incongru aura été faussée par le contexte. Ainsi, par exemple, les sujets pourraient reconnaître une expression faciale de dégoût comme exprimant de la peur lorsque celle-ci est placée dans un contexte effrayant. Dès lors, ces sujets ne percevraient pas d'incongruité alors que les expérimentateurs considèreraient ce visage comme incongru. Afin de nous assurer que les participants des études que nous passerons en revue ont correctement perçu l'incongruité ou la congruité, nous retiendrons préférentiellement les études qui ont demandé aux participants de répondre à une question concernant celle-ci, avec une préférence pour les études n'ayant considéré que les bonnes réponses «essai congru » ou «essai incongru ».

3.1 Quels sont les corrélats neuronaux (EEG et MEG) du traitement de l'incongruité non sociale ?

La N400 est une onde négative ou allant vers les valeurs négatives et présentant un pic environ 400 ms après l'apparition du stimulus. La distribution de la N400 est classiquement centro-pariétale mais elle semble varier en fonction du type de stimuli utilisé. Ainsi, la N400 élicitée par des images a une distribution plus frontale Elle présente généralement une amplitude plus négative lorsqu'un stimulus est incongru par rapport à un contexte que lorsqu'il est congru (Cf. Figure 9), ce qui a conduit à la considérer comme reflétant le traitement sémantique ou pragmatique des stimuli (pour une revue de la littérature concernant la N400, voir Kutas et Federmeier, 2011).

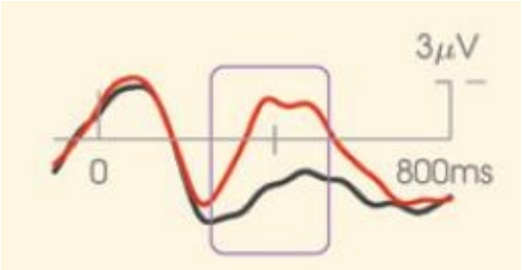


Figure 9 : Exemple d'effet de l'incongruité sur la N400 (Kutas et Federmeier, 2011). La courbe rouge correspond à la condition incongrue, la courbe noire correspond à la condition congrue.

La première étude que nous présenterons (Debruille et Renoult, 2009), a testé les effets de l'incongruité de mots par rapport à d'autres mots (sans les intégrer dans des phrases). Il s'agissait de la présentation successive de trois mots, le premier (« attention ») servant à annoncer le début de l'essai, le deuxième (amorce) servait dans une première version de l'expérience à annoncer la catégorie (« vivant » ou « chose ») tandis que le troisième mot (cible) correspondait à un animal ou à un objet. Une deuxième version de l'expérience correspondait à une inversion des deuxièmes et troisièmes mots. Les temps de réponse ont augmenté en condition non congruente par rapport à ceux observés en condition congruente. Les taux de réponses correctes n'ont pas été analysés. L'amplitude de la N400 était plus grande en condition non congruente qu'en condition congruente. La topographie de cet effet de l'incongruité était assez large.

Nous allons maintenant nous intéresser à des études ayant utilisé des images comme stimuli, présentées seules ou associées à du texte (Dikker et Pilkkanen, 2011 ; Demiral et coll., 2012) et une étude dans laquelle des vidéos sonores ont été présentées (Liu et coll., 2011). Toutes ces études ont analysé les potentiels évoqués en EEG (et en particulier la N400) ou en magnétoencéphalographie (MEG). Les images incongrues de l'étude de Demiral et ses collaborateurs (2012) sont des photographies dans lesquelles des objets apparaissent en séquence à des endroits incongrus, par exemple un camion dans le ciel. Des objets présents à des positions congrues, par exemple un avion dans le ciel, ont également été présentés. Les participants n'ont pas commis plus d'erreurs pour détecter l'incongruité que la congruité, ni mis plus de temps. En fait, c'était même plutôt l'inverse, même si la différence n'était pas statistiquement significative. Les auteurs ont suggéré que le fait que les participants n'aient pas eu pour consigne de répondre rapidement ait pu annuler les effets sur les temps de réponses. Dans une deuxième expérience, les auteurs ont directement présenté l'objet dans la scène. Il n'y a toujours pas eu d'effet de l'incongruité sur les temps de réponses, en revanche les participants ont commis significativement plus d'erreurs en condition incongrue qu'en condition congrue. Le fait que les participants n'aient pas eu la possibilité de traiter le contexte avant que l'objet apparaisse semble donc avoir rendu la perception de l'incongruité plus difficile. Concernant les données EEG, les auteurs ont

trouvé une amplitude moins négative pour un composant précoce (présentant un pic 166 ms après l'apparition de l'objet, plus grand dans la région fronto-centrale gauche) en condition incongrue qu'en condition congrue. Ils ont également trouvé une amplitude plus grande d'un complexe N300-N400 en condition incongrue qu'en condition congrue, avec une N300 plus ample dans la région centro-frontale et une N400 plus ample dans la région centro-pariétale. Les auteurs ont cherché à préciser l'origine des effets de l'incongruité et l'ont trouvée dans le gyrus temporal droit supérieur et médian. Lorsque l'objet et la scène ont été présentés simultanément, il ne subsistait plus qu'une petite augmentation de la N400 en condition incongrue par rapport à la condition congrue, dans l'hémisphère gauche. Ainsi, d'après ces résultats, il semblerait que l'effet de l'incongruité sur les potentiels EEG évoqués soit plus fort en cas de violation d'une attente liée à un contexte déjà présenté que lorsqu'un objet incongru dans un contexte donné apparaît simultanément avec celui-ci. L'analyse LORETA faite dans cette étude a situé l'effet de l'incongruité (lorsque le stimulus et le contexte sont présentés simultanément) dans le gyrus temporal médian gauche. Enfin, les auteurs ont trouvé des effets de l'incongruité sur des ondes tardives. Lorsque l'objet était présenté après la scène, les auteurs ont observé, à plusieurs endroits de la ligne cérébrale médiane, un effet du facteur congruité entre 500 et 850 ms après apparition de l'objet, sans préciser le sens de l'effet. Entre 1025 et 1200 ms après l'apparition de l'objet, les auteurs ont également observé un effet du facteur congruité, dans au moins un de leurs groupes d'électrodes situé dans l'hémisphère cérébral droit. Lorsque l'image et l'objet étaient présentés ensemble, les auteurs ont observé une onde (de 925 à 1125 ms après affichage de l'image) allant plus vers le positif en condition incongrue qu'en condition congrue (dans la région cérébrale postérieure gauche).

L'étude de (Dikker et Pilkkanen, 2011) a utilisé la MEG, une technique d'enregistrement des activités magnétiques concomitantes aux courants cérébraux dipolaires. Les auteurs ont présenté aux participants de leur expérience une image représentant un objet ou un champ sémantique, suivis d'un mot congru ou non avec l'image. Les auteurs n'ont pas communiqué de résultats comportementaux. En ce qui concerne les champs magnétiques évoqués par la lecture du nom, les auteurs ont trouvé une amplitude de la M100 plus élevée en condition incongrue qu'en condition congrue (la M100 est une onde magnétique précoce, homologue à la P100), uniquement lorsque le nom était précédé par un objet. Un résultat similaire a été trouvé dans la fenêtre 250-450 ms après l'apparition du nom. Cette fenêtre temporelle correspond à celle de la N400 observée en EEG. Les auteurs n'ont pas étudié la topographie des effets.

Liu et collaborateurs (2011) ont étudié les effets d'une incongruité entre les variations de la vitesse de déplacement d'un point et celles de la fréquence d'un son joué simultanément. Les conditions congrues correspondaient à une augmentation de la vitesse du point accompagnée d'une augmentation de la fréquence sonore ou à une diminution de la vitesse du point accompagnée d'une diminution de la fréquence sonore. Une augmentation de la vitesse du point accompagnée d'une diminution de la fréquence sonore ou une diminution de la vitesse du point accompagnée d'une augmentation de la

fréquence sonore constituaient les conditions incongrues. Les auteurs ont demandé aux participants si la vidéo était appropriée. Ils n'ont pas comparé les taux de reconnaissances entre les conditions congrues et incongrues et n'ont pas étudié les temps de réponse. En ce qui concerne les potentiels évoqués, les auteurs ont trouvé une amplitude de la N1 (onde allant vers les valeurs négatives, entre 150 et 170 ms après que le point ait commencé à changer de vitesse, que nous pourrions assimiler à une N170) augmentée en conditions incongrues par rapport aux conditions congrues. Il en va de même pour la N400 et une onde tardive, Late Posterior Negativity (LPN), entre 900 et 1000 ms après que le point ait commencé à changer de vitesse. Ces effets n'étaient pas spécifiques d'une région cérébrale.

Toutes les études que nous avons passées en revue dans cette section rapportent que la N400 (ou son équivalent magnétique) est affectée par l'incongruité. Les résultats concernant les ondes précoces et tardives sont plus complexes à interpréter : alors que Debruille et Renoult (2008) ne les ont pas analysées, les autres auteurs (Dikker et Pilkkanen, 2011 ; Liu et coll., 2011 ; Demiral et coll., 2012) ont trouvé des effets de l'incongruité sur les ondes précoces et deux des études présentent des effets de l'incongruité sur les ondes tardives (Liu et coll., 2011 ; Demiral et coll., 2012). Le fait que l'incongruité affecte les ondes précoces alors même qu'elle a été correctement détectée suggère qu'elle puisse affecter les processus précoces d'identification sans pour autant affecter la catégorisation consciente d'un stimulus non social. Afin de préciser l'origine neuronale de l'effet de l'incongruité, nous pouvons mentionner les résultats de l'étude de Debruille et Renoult (2008), qui ont tenté d'en localiser les sources neuronales, même si le nombre restreint d'électrodes employées (30) incite à la prudence concernant la précision de la localisation. Ces auteurs ont trouvé deux régions cérébrales possiblement impliquées dans l'effet de l'incongruité : la partie antérieure du gyrus parahippocampal et le gyrus frontal médian.

3.2 Quels sont les corrélats neuronaux du traitement d'une incongruité sociale ?

Lieberman (2003) a proposé un modèle des bases neurales des processus automatiques et contrôlés liés au jugement social et affectif. Il nous semble pertinent de présenter ce modèle avant de passer en revue la littérature concernant les corrélats neuronaux du traitement de l'incongruité sociale. Lieberman (2003) distingue deux systèmes : un système réflexif (ou système X) et un système réflectif (ou système C). D'après cet auteur, le système X lie l'affect et la signification sociale aux stimuli présentés, quelle que soit la manière dont ces stimuli sont activés (« bottom-up », comme le résultat de la perception en cours ou « top-down », comme les contenus de la mémoire de travail, sous forme de buts, pensée explicite ou mémoires récupérées). L'auteur décrit les anciennes associations stimulus-stimulus comme pouvant inclure « des théories de la personnalité implicites, des stéréotypes et d'autres

formes de cognition catégorielle dans lesquelles des caractéristiques, traits ou attributs variés sont considérés comme ayant lieu ensemble ». Lieberman (2003) précise que les associations stimulus-résultat réfèrent généralement aux processus affectifs, dans lesquels un signal indique que les buts vont évoluer ou être entravés. Les structures cérébrales du système X sont, d'après Lieberman (2003) l'amygdale, les ganglions de la base et le cortex temporal latéral. D'après cet auteur, l'amygdale répond à des signaux de menace et fait partie d'un système d'évitement automatique. Les ganglions de la base semblent faire partie d'un système d'approche automatique, répondant à divers prédicteurs de récompense. Il existe des liens entre l'amygdale et divers systèmes moteurs, ce qui leur permet d'initier des comportements. Le cortex temporal latéral est impliqué dans la reconnaissance de l'identité, des attributs et du comportement des objets sociaux (et non sociaux). Sa partie inférieure (ventrale) appartient au système « quoi » de la voie cérébrale du traitement visuel. Les régions contiguës qui constituent la voie visuelle ventrale font progressivement des inférences plus abstraites à propos de l'identité du stimulus sous-jacent. Toujours d'après Lieberman (2003), dans les étapes de traitement précoces dans la partie postérieure du cerveau), les attributs visuels sont construits à partir de lignes, de couleurs et de textures. Dans les étapes tardives, l'identité globale est activée de manière à ce que les attributs manquants ou cachés soient activés en plus de ceux qui sont strictement visibles. La partie supérieure du cortex temporal latéral, en particulier le sillon temporal supérieur (STS), est spécialisée dans l'identification de comportements. Cette région est impliquée dans l'extraction des intentions se trouvant à l'origine de comportements particuliers et elle a été théorisée comme étant critique dans le manque de théorie de l'esprit (inférence des états mentaux d'autrui) des enfants autistes (Baron-Cohen, 1995). Le cortex temporal ventral et le cortex temporal supérieur communiquent entre eux afin de permettre des inférences à propos des traits individuels et de groupe, basées sur des comportements observés et des inférences à propos des implications des comportements basées sur ceux qui les effectuent.

Le système C est, d'après Lieberman (2003) critique pour gérer les exceptions aux règles. Il intervient quand la situation pose problème au système X. Il est composé de trois aires cérébrales qui fonctionnent en étroite collaboration : le cortex cingulaire antérieur (ACC), le cortex préfrontal (PFC) et le lobe temporal médian (incluant l'hippocampe). L'ACC et le PFC sont décrits par Lieberman (2003) comme étant responsables de la détection d'un besoin de contrôle « top-down » et de l'implémentation de ce contrôle. Le lobe temporal médial stocke les informations à propos des épisodes passés lorsqu'ils nécessitent un processus contrôlé. L'ACC est sensible à des formes de conflit et d'erreurs dans le système X. Il alerte le cortex préfrontal qu'un contrôle est nécessaire, comme une charge de la mémoire de travail, un raisonnement propositionnel, une inférence causale, des constructions linguistiques, la génération de buts et la formation d'hypothèses.

D'après la description des systèmes X et C par Lieberman (2003), que nous venons d'énoncer, nous pouvons postuler que l'incongruité va activer le système C, car elle correspond à l'exception, à une perturbation de ce que le système X prédisait. Nous ne pouvons toutefois pas, à priori, totalement exclure le fait qu'une incongruité puisse être détectée au niveau du système X. En effet, Lieberman (2003) présente le modèle de Schultz et Lepper (1996), comme étant lié au système X et il le décrit comme suggérant que les cognitions soient représentées de manière interdépendantes. Ainsi, d'après la description faite par Lieberman (2003) du modèle de Schultz et Lepper (1996), les changements d'une cognition dans un réseau de cognitions ou l'introduction d'une nouvelle cognition peuvent avoir des répercussions sur les autres. D'après ce modèle, une incongruité pourrait être traitée par le système X si elle correspond à une nouvelle cognition ou au changement d'une cognition. Etant donné le fait que nous ne considérons pas l'incongruité comme une nouvelle cognition ou un changement de cognition mais comme une cognition incompatible avec une attente cognitive, nous ne pensons pas qu'elle puisse être traitée par le système X. De plus, il apparaît que, contrairement au système X, le système C est capable de tester des types variés de relations asymétriques et unidirectionnelles entre variables, plutôt qu'une simple association bidirectionnelle. Si le test d'associations complexes ne semble pas nécessaire pour détecter l'incongruité, il devrait l'être pour la résoudre. Enfin, les processus introspectifs reposent sur le système C et seul ce système permet le développement d'arguments logiques. Or, la résolution de l'incongruité repose sur des processus introspectifs et des raisonnements logiques. Il apparaît donc que le traitement de l'incongruité devrait activer le système C plutôt que le système X.

3.2.1 Les corrélats neuronaux d'une incongruité portant sur des stimuli sociaux visuo-visuels

Pour cette revue de la littérature, nous avons considéré l'incongruité comme sociale dès lors que tous les stimuli utilisés faisaient référence directement ou indirectement aux êtres humains. La question du jugement social n'est cependant pas nécessairement abordée dans toutes ces études. Par ailleurs, tout comme dans la section théorique 3.1, nous avons privilégié les études ayant vérifié que les participants ont bien détecté l'incongruité et la congruité (tâche de vérification), en ne conservant, de préférence, que les réponses correspondant à une détection correcte.

L'étude de Mudrik et ses collaborateurs (2010) a utilisé des photographies comme stimuli. Celles-ci représentaient des scènes qui étaient congrues ou incongrues (Cf. Figure 10). Les auteurs ont demandé aux sujets combien de mains ont été utilisées, par la personne présentée sur l'image, pour effectuer l'action. La tâche ne portait donc pas sur le caractère congru ou incongru des stimuli. Les auteurs ont cependant testé à postériori la reconnaissance du caractère congru ou incongru des scènes par les participants. Le fait que la tâche ne portait pas sur l'incongruité rend la comparaison des résultats comportementaux de cette étude difficiles avec ceux des autres études que nous passons en revue. Nous

pouvons néanmoins mentionner le fait que les réponses des participants à cette étude ont été plus précises et plus rapide en condition congrue qu'en condition incongrue. En ce qui concerne les potentiels évoqués (EEG) par ces scènes, les auteurs ont rapporté une N400 significativement plus négative en condition incongrue qu'en condition congrue, au niveau des électrodes frontales et centrales. Les auteurs ont également trouvé une plus grande négativité tardive (entre 650 et 850 ms après l'apparition de la scène) en condition incongrue qu'en condition congrue. Cet effet présente une distribution spatiale large. Nous pouvons cependant discuter le fait que les auteurs appellent cette onde « négativité » car, même si son amplitude est négative, elle semble aller vers les valeurs positives.

Figure 10 : Exemples de stimuli de l'étude de Mudrik et ses collaborateurs (2010). Les photographies présentées à gauche correspondent à la condition incongrue, celles présentées à droite correspondent à la condition congrue.

3.2.2 Les corrélats neuronaux d'une incongruité portant sur des stimuli sociaux linguistiques

Nous commencerons notre revue de la littérature concernant l'impact d'une incongruité portant sur des stimuli sociaux linguistiques par deux études ayant utilisé l'imagerie par résonance magnétique fonctionnelle (IRMf) afin de tenter d'identifier les régions cérébrales potentiellement affectées par l'incongruité (Ferstl et coll., 2005 ; Catarino et coll., 2011).

L'étude de Ferstl et ses collaborateurs (2005) concernait les effets d'une incongruité pragmatique émotionnelle. Il s'agissait d'étudier les effets de l'introduction d'un mot incongru (plus précisément « inconsistent », soit en français : « incohérent ») dans un paragraphe, présenté aux participants sous forme auditive. Les auteurs n'ont pas uniquement étudié les effets d'une incongruité émotionnelle mais ont également testé les effets d'une incongruité chronologique (avec des paragraphes différents), en comparant les deux. Dans les deux cas l'incongruité a été plus difficile à détecter en termes d'erreurs. En ce qui concerne les temps de réponses, ceux-ci étaient plus courts pour l'incongruité chronologique que pour la congruité chronologique mais la relation entre les temps de réponses pour l'incongruité et la congruité s'inversait pour l'incongruité émotionnelle (temps de réponses allongés en condition incongrue par rapport à la condition congrue). Concernant les résultats des activations cérébrales évoquées, les auteurs ont tout d'abord analysé les activations correspondant au moment où le mot cible (congru ou incongru) a été diffusé. L'audition d'un mot émotionnel (congru et incongru) a activé plus le cortex préfrontal ventromédial postérieur que l'audition des mots temporels. Les mots incongrus (émotionnels et chronologiques) ont activé le lobe temporal droit, en lien avec une petite activation dans l'operculum central et l'insula antérieure. Les auteurs ont ensuite étudié les activations cérébrales sur une période allant d'une seconde avant l'affichage du mot cible à une seconde après la fin de la diffusion du dernier mot du texte. Les histoires émotionnelles n'ont pas activé de régions différentes de celles activées par les histoires chronologiques. Les histoires comprenant un mot incongru ont activé les gyri orbitaux antérieurs et latéraux, ainsi que la partie antérieure gauche du gyrus frontal. Les paragraphes émotionnels incongrus ont activé le cortex préfrontal dorsomédian et la partie supérieure du gyrus frontal inférieur. Les résultats de cette étude montrent qu'il est possible de mettre en évidence une spécificité du traitement de l'incongruité émotionnelle en termes d'activations cérébrales.

L'étude de Catarino et coll. (2011) a été conduite chez une population de patients autistes et un groupe contrôle (constitué de sujets sains). Certaines des phrases utilisées comme stimuli étaient émotionnellement chargées, les autres décrivaient des aspects du monde physique. Voici un exemple de phrase incongrue émotionnellement chargée utilisée par les auteurs : « Scientists predicted an epidemic and she felt hungry », ce qui signifie « Des scientifiques ont prédit une épidémie et elle a eu faim ». Les phrases incongrues non émotionnelles utilisées étaient, par exemple, « The fountain pen leaked blue chocolate », soit en français : « Du chocolat bleu a fui du stylo plume ». Les participants devaient

indiquer si le dernier mot de la phrase était celui attendu. Les auteurs n'ont pas rapporté de différence entre les conditions en ce qui concerne le taux de bonnes réponses et les temps de réponses. Cela dit, étant donné que leur but était de comparer les groupes de sujets entre eux, il semblerait qu'ils n'aient pas testé statistiquement les éventuels effets comportementaux de l'incongruité chez les participants sains. Nous pouvons observer que les temps de réponses ont été plus longs pour les phrases émotionnelles incongrues que pour les congrues mais cela ne concerne pas les patients autistes et nous ne pouvons rien dire quant à la significativité de ce résultat. L'incongruité non émotionnelle a provoqué chez les participants sains une augmentation relative de l'activité du cortex cingulaire postérieur et, dans une moindre mesure, du lobe frontal inférieur gauche. A l'inverse, en ce qui concerne les phrases émotionnelles, c'est la condition congruente qui a conduit à une activité relative plus élevée. Pour ce qui est des participants sains, l'augmentation de l'activité relative a eu lieu dans les régions cérébelleuses antérieures gauches et droites ; dans les régions fusiformes antérieures gauches et droites ; dans le lobule pariétal inférieur droit ; dans le gyrus temporal supérieur gauche et dans le putamen gauche, s'étendant dans les deux hémisphères jusqu'aux régions insulaires. Afin d'expliquer le fait que l'effet de l'incongruité observé avec les phrases non émotionnelles s'inverse avec les phrases émotionnelles, les auteurs avancent l'idée que les mots finaux des phrases émotionnelles incongrues étaient moins inattendus que ceux des autres phrases. Les sujets sains auraient donc, toujours d'après les auteurs, jugé les phrases émotionnelles par rapport au fait qu'elles fassent émotionnellement sens ou non. Ainsi les activations observées en condition congruente par les auteurs seraient (d'après les auteurs) peut-être dues à une réponse empathique en condition congruente. Ces activations sont plus faibles chez les autistes mais, comme les auteurs le rappellent, les autistes ont des difficultés empathiques.

Ces deux études ayant utilisé l'IRMf (Ferst et coll., 2005 ; Catarino et coll., 2011) ont mis en évidence des aires activées par l'incongruité appartenant au système C, ce qui conforte notre hypothèse d'une implication de ce dernier dans la détection de l'incongruité. Nous allons maintenant passer en revue des études ayant utilisé l'EEG (Bartholow et coll., 2001 ; White et coll., 2009 ; Benau et coll., 2011 ; Leuthold et coll., 2011 ; van den Brink et coll., 2012 ; Jiang et coll., 2013).

La première étude que nous présenterons (Benau et coll., 2011) a testé deux niveaux d'incongruité pour les derniers mots des phrases : modérée (par exemple : « The parking lot was filled with lobsters », en français : Le parking était rempli de homards ») et forte (par exemple : « She called her dad at his pencil », en français : « Elle a appelé son père à son crayon. ». Cette étude comparait les résultats obtenus avec des participants enfants et adultes mais nous ne décrirons ici que ceux concernant les adultes. L'incongruité modérée a été moins bien reconnue que la congruité et l'incongruité élevée, avec des temps de réponses plus longs. L'incongruité élevée semble ici avoir été trop forte pour provoquer des effets comportementaux, les sujets la reconnaissant aussi facilement que la congruité. Concernant les potentiels EEG évoqués, les auteurs ont rapporté que l'amplitude de la N400 variait avec le niveau d'incongruité, le plus fort niveau d'incongruité correspondant à la plus grande amplitude de la

N400. Cet effet concernait toute la ligne médiane du cerveau (soit l'ensemble des électrodes enregistrées).

Jiang et ses collaborateurs (2013) ont testé les effets de l'incongruité pragmatique scalaire[2]à l'aide de phrases utilisant la structure « …même si… ». Ils ont trouvé un effet de l'incongruité sur la N400 qui était large et plus marqué dans l'hémisphère droit. Une onde négative tardive (de 550 à 800 ms après le début de la phrase) était également plus fortement négative en condition incongrue qu'en condition congrue. Enfin, les auteurs ont également trouvé une négativité maintenue, entre 200 et 800 ms après le début de la proposition confirmatoire, uniquement pour la condition incongrue. Nous remarquerons, comme pour l'étude de Mudrik et ses collaborateurs (2013), que cette négativité va vers les valeurs positives.

White et ses collaborateurs (2009) ont testé l'incongruité causée par le non-respect des stéréotypes de genre dans deux mots présentés à 100 ms d'intervalle, l'un présentant un genre, l'autre un trait ou un non-trait associé à un stéréotype de genre. L'EEG a été utilisée afin d'étudier les potentiels évoqués par des mots incongrus. Les deux mots pouvaient par exemple être : « men » (« hommes ») et « makeup » (« maquillage »). Les auteurs de cette étude ont également montré que les participants commettaient plus d'erreurs en condition non congruente qu'en condition congruente, avec des temps de réponses plus longs. White et ses collaborateurs (2009) n'ont étudié que les électrodes inter-hémisphériques (White et se collaborateurs ont testé les autres électrodes en les regroupant par hémisphères, sans trouver d'interaction significative entre l'hémisphère et la congruité) mais ont trouvé un effet de l'incongruité sur la N400 pour chacune de ces électrodes.

Van den Brink et ses collaborateurs (2012) ont étudié, à la fois les effets de l'incongruité dans des phrases entendues par les participants, par exemple : « You wash your hands with "horse" and water' » (en français : « Tu te laves les mains avec du « cheval » et de l'eau ») et dans la non-conformité entre les stéréotypes associés à la personne que les sujets entendent, par exemple la voix d'un jeune enfant disant « Every evening I drink some "wine" before I go to sleep » (ce qui signifie en français : « Je bois du « vin » tous les soirs avant de me coucher »). L'EEG a été utilisée afin d'étudier les potentiels évoqués par les mots congrus et incongrus. Les auteurs ont trouvé que l'incongruité pouvait affecter la N400 (plus fortement négative en condition incongrue), sur l'ensemble des électrodes étudiées, électrodes qui étaient occipitales, pariétales et centro-pariétales. Nous reviendrons ultérieurement sur cette étude (section 4.3), à propos des liens entre les effets de l'incongruité observés et l'empathie, qu'elle a également testés.

Bartholow et ses collaborateurs (2001) ont comparé les effets de l'incongruité pragmatique émotionnelle à l'aide des potentiels évoqués (EEG) et d'un paradigme proche de celui que nous avons

[2] Les échelles pragmatiques renvoient à des constructions grammaticales qui hiérarchisent le langage. Par exemple, la formulation « …même… » donne de l'importance à ce qui suit le mot « même ».

utilisé (Cf. Partie expérimentale, section 3). Concernant la tâche portant sur l'incongruité pragmatique émotionnelle, les auteurs ont d'abord présenté aux participants un paragraphe introduisant quelqu'un se trouvant dans un contexte susceptible de provoquer une émotion positive ou négative. Ils ont ensuite présenté une phrase dont le dernier mot faisait que cette phrase correspondait ou non à l'attente que les participants pouvaient avoir d'après le paragraphe précédant cette phrase. La tâche concernant l'incongruité sémantique ne comportait que des phrases, dont le dernier mot pouvait être sémantiquement congru ou incongru. Les effets comportementaux de l'incongruité n'ont pas été testés dans cette étude, qui ne comportait pas de tâche de détection de l'incongruité. Par contre, l'activité EMG faciale a été enregistrée (Cf. section théorique 3.3.2) et un test de rappel des stimuli cibles a été effectué, à l'aide d'une tâche de complétion des phrases utilisées lors de l'expérience. Concernant les données EEG (analysées par rapport aux deniers mots des phrases), Bartholow et ses collaborateurs rapportent que l'incongruité pragmatique émotionnelle a induit une P300 plus fortement positive que la congruité pragmatique émotionnelle (localisation de l'effet non précisée) tandis que, concernant la tâche sémantique, la N400 était plus fortement négative en condition incongrue qu'en condition congrue (pour les trois électrodes testées, se trouvant sur la ligne cérébrale médiane). En ce qui concerne le rappel des phrases cibles, les participants se rappelaient mieux des phrases présentant une incongruité pragmatique que de celles n'en présentant pas. En revanche, les participants se rappelaient mieux des phrases sémantiquement congrues que des phrases sémantiquement incongrues. Globalement, les textes faisant appel à des attentes pragmatiques étaient mieux récupérés que les phrases pouvant être sémantiquement congrues ou incongrues.

La dernière étude que nous présenterons (Leuthold et coll., 2011) a testé les effets de l'incongruité pragmatique émotionnelle à l'aide des potentiels évoqués (EEG) et d'un paradigme proche de celui de Bartholow et ses collaborateurs (2001, Cf. ci-avant), sans tester la détection consciente de l'incongruité. Comme pour l'étude de Batholow et ses collaborateurs (2001), des textes étaient présentés aux participants décrivant un contexte émotionnel mais ils étaient moins longs et ils introduisaient moins spécifiquement une personne. Une phrase cible était ensuite présentée aux participants. Le dernier mot de cette phrase cible la rendait congrue ou incongrue par rapport au contexte. Les auteurs n'ont pas trouvé d'effet de l'incongruité pragmatique émotionnelle sur la P300 mais ils en ont trouvé un sur la N400 (plus fortement négative en condition incongrue qu'en condition congrue), au niveau de la ligne cérébrale médiane centro-postérieure et des électrodes latérales (l'effet de l'incongruité était plus fort dans l'hémisphère droit et dans les régions dorsales). Ils ont proposé que le fait d'avoir utilisé des textes plus courts que Bartholow et ses collaborateurs (2001), n'introduisant pas une personne spécifique, a permis une activation plus facile du modèle de situation adéquat, facilitant ainsi la prédiction de la réponse du personnage, ce qui correspond aux prérequis nécessaire à la formation d'un large effet de l'incongruité sur la N400. Ils ont également rapporté que l'amplitude d'une composante positive frontale tardive était plus élevée en condition incongrue qu'en condition congrue, tandis que l'amplitude d'une

composante tardive négative postérieure était plus fortement négative dans l'hémisphère droit. Cependant, les courbes présentées par ces auteurs ne permettent pas d'identifier formellement une composante négative ou allant vers les valeurs négatives, sur la fenêtre temporelle considérée (600-1000 ms, Cf. Figure 11), à l'exception des courbes enregistrées au niveau de l'électrode PO7, pour laquelle aucun effet de l'incongruité n'a été mis en évidence sur cette fenêtre temporelle. Nous retiendrons donc uniquement le fait que l'amplitude enregistrée en condition incongrue n'était pas toujours plus fortement positive que celle enregistrée en condition congrue.

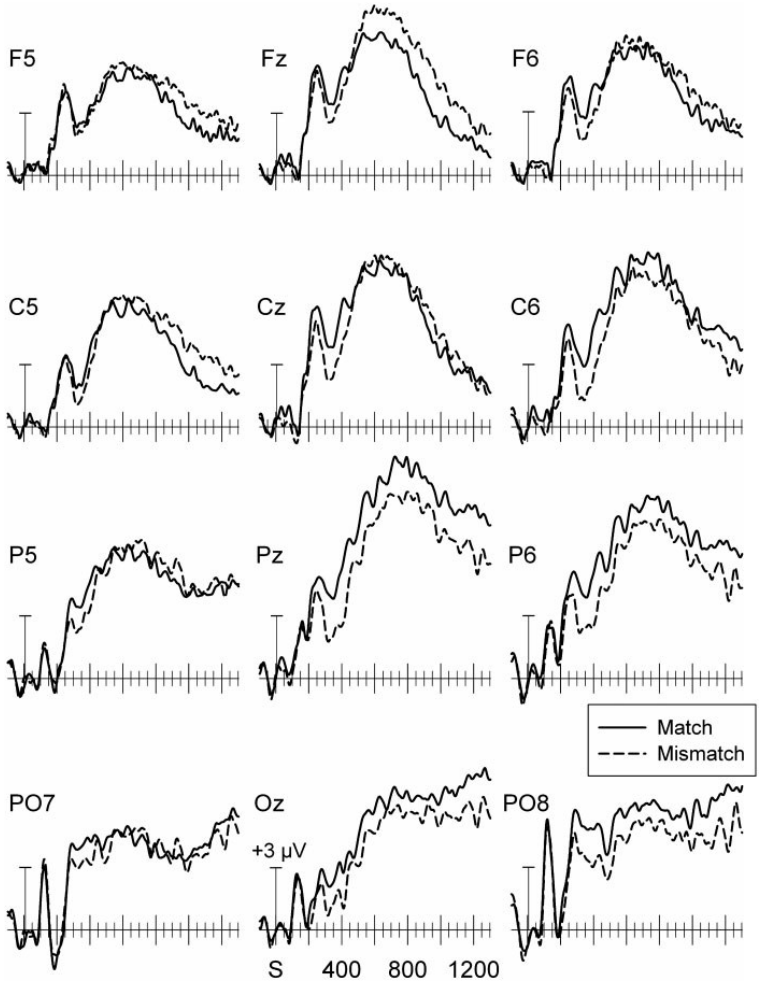


Figure 11 : Figure présentée par Leuthold et ses collaborateurs (2011) et représentant les grandes moyennes des potentiels évoqués, en condition congrue (« Match ») et incongrue (Mismatch »).

Nous voyons à travers ces études que les effets d'une incongruité portant sur des stimuli sociaux affectent presque systématiquement la N400. Aucun n'effet de l'incongruité sur les ondes précoces n'est rapporté dans ces études. En revanche, trois de ces études (Mudrik et coll., 2010 ; Bartholow et coll., 2001 ; Leuthold et coll., 2011) ont mis en évidence un effet de l'incongruité sur une onde tardive (nous pouvons considérer la P300 rapportée par Bartholow et ses collaborateurs comme une onde tardive).

Ces ondes tardives sont les seules qui pourraient distinguer les corrélats neuroélectriques de la détection des incongruités sociales visuo-visuelles et linguistiques mais nous ne disposons pas d'assez d'études pour conclure à ce propos. Enfin, si l'EEG n'est pas une technique spatialement précise, l'identification de la source des potentiels évoqués reste possible et celles de la N400, généralement montrée comme plus fortement négative en condition incongrue qu'en condition congrue, correspondent au système C, avec des générateurs localisés dans le cortex préfrontal et les lobes temporaux médiaux (Kutas et Federmeier, 2011).

3.3 Pourrait-il y avoir une spécificité du traitement cérébral de l'incongruité sociale?

3.3.1 Les potentiels évoqués neuroélectriques affectés par l'incongruité ne sont pas en soit spécifiques d'un type de stimuli.

Concernant les éventuelles spécificités du traitement de l'incongruité sociale, nous avons trouvé une étude (Caldara et coll., 2004) comparant le traitement d'incongruités sociales (émotionnelles ou d'identité) et non sociales (sémantiques). Cette étude a comparé l'incongruité lexico-sémantique et l'incongruité entre deux images, en l'occurrence des photographies de visages humains. En ce qui concerne l'incongruité lexico-sémantique, les auteurs ont testé l'effet de l'incongruité du dernier mot d'une phrase. Quant aux visages, ceux-ci étaient multiples et présentaient ou non une émotion (joie ou peur). L'incongruité entre trois visages présentés successivement pouvait concerner l'identité ou l'émotion présentée lors de la troisième présentation du visage. La Figure 12 illustre le protocole. Les sujets ont commis significativement plus d'erreurs dans la reconnaissance de l'incongruité que dans celle de la congruité en ce qui concerne les visages mais pas pour les phrases. Les temps de réponses étaient significativement plus longs en condition non congruente qu'en condition congruente, quel que soit le type de stimulus. Aucun effet de l'incongruité n'a été rapporté par les auteurs sur la N170. L'incongruité a toujours été associée à une N400 plus fortement négative (sur la fenêtre 250-450 ms après apparition du dernier mot ou de la dernière image). Néanmoins, les auteurs ont trouvé des différences entre conditions sur la fenêtre 300-400 ms : l'effet de l'incongruité n'était significativement présent que pour les mots, et la tâche d'identité des visages. Nous voyons ici que l'incongruité des expressions faciales n'a pas tout à fait été traitée de la même manière que l'incongruité des mots et de l'identité faciale. Les auteurs ont cherché à préciser la localisation des effets à l'aide de la Low Resolution Electromagnetic Tomography Analysis (LORETA). Ils ont localisé la source de l'effet de la N400 dans le cortex frontal latéral gauche pour les mots, dans le cortex frontal latéral gauche ainsi que dans l'occipito-temporal droit pour l'incongruité concernant l'identité des visages, et dans « la région occipito-temporale droite plutôt que dans le cortex frontal gauche » pour l'incongruité portant sur les

expressions faciales. Il semblerait donc que les différences de traitement entre les différentes incongruités se manifestent plus au niveau des aires cérébrales concernées que des ondes neuroélectriques.

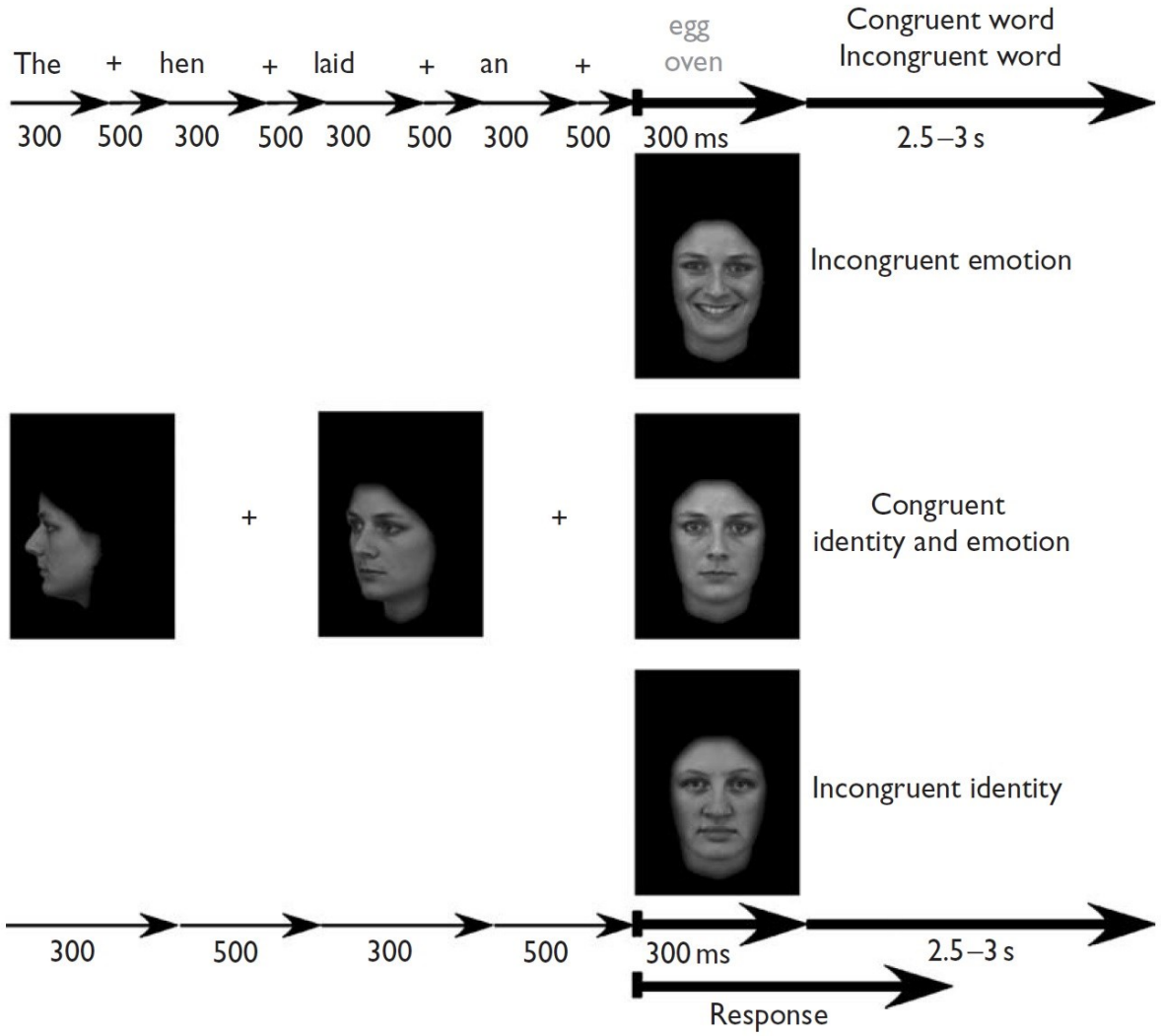


Figure 12 : Procédure expérimentale de l'étude de Caldara et ses collaborateurs (2004).

Nous souhaitons maintenant reprendre l'ensemble des résultats des études que nous avons passées en revue dans cette section 3 (Cf. tableau 1). Nous observons que l'incongruité affecte la N400, quelle que soit le type de stimulus utilisé, sauf dans le cas de l'incongruité sociale de l'étude de Bartholow et ses collaborateurs (2001). Cette exception signifie que les stimuli et le contexte doivent présenter certaines caractéristiques pour observer un effet de l'incongruité sur la N400. D'après les études que nous avons passées en revue et en accord avec ce que proposent Leuthold et ses collaborateurs (2011), ces caractéristiques requises pour l'observation d'effets de l'incongruité sur la N400 ne

correspondraient pas à leur nature (visuelle, linguistique, sociale, non sociale, etc.) mais plutôt au degré d'accessibilité du modèle de situation ou du schéma perceptif. Si des différences concernant les potentiels tardifs évoqués par des incongruités visuo-visuelles et linguistiques pourraient exister, nous n'avons pas assez de données pour le montrer. Nous n'avons trouvé d'effets de l'incongruité sur les ondes précoces que pour l'incongruité non sociale. Cela pourrait donc être un facteur de différenciation entre incongruité sociale et non sociale. Cependant, nous avons montré en section théorique 2.2.3 que l'incongruité émotionnelle pouvait affecter les potentiels précoces liés à la perception d'un visage. Même si les études mentionnées dans cette section ne testaient pas la détection correcte de l'incongruité et de la congruité, cela signifie qu'il est possible que les ondes précoces liées à la perception d'un stimulus social soient affectées par un contexte social. Il semblerait donc que le fait que les ondes précoces soient affectées ou pas par l'incongruité ne dépende pas de la nature sociale ou non de ceux-ci. Nous pouvons penser que cet effet est plus lié au degré d'ambiguïté des stimuli et du contexte. Toutefois, si nous avons défendu (section théorique 2.3) que le fait de demander aux participants d'effectuer un jugement concernant la congruité pouvait inhiber les influences contextuelles, cela est contredit par deux études (Liu et coll., 2011 ; Demiral et coll., 2012), qui ont rapporté un effet de l'incongruité sur un potentiel évoqué précoce (l'onde N1). Il reste malgré tout que ces deux études ont porté sur la détection d'incongruités non sociales et qu'aucun effet de l'incongruité sur des ondes évoquées précoces n'ont été rapportés dans les études portant sur l'incongruité sociale que nous avons passées en revue. Il est donc possible que l'hypothèse que nous défendons, selon laquelle les effets de l'incongruité sur les potentiels évoqués précoces ne sont pas observés lorsque celle-ci est correctement (consciemment) détectée, ne s'applique qu'à l'incongruité sociale. Enfin, le fait que ces études aient rapporté un effet de l'incongruité sur un potentiel évoqué EEG précoce n'exclut pas que cet effet ait pu être réduit par le fait d'avoir demandé aux participants de juger explicitement de la congruité des stimuli, au lieu de leur demander de les catégoriser ou de simplement les observer.

.

Tableau 1 : Récapitulation des effets de l'incongruité dans les études ayant utilisé l'EEG.

Type de stimuli	Nature des stimuli	Effets comportementaux	Onde ou fenêtre temporelle	Distribution	Références
Texte (sémantique)	Sociale	Moins bonne reconnaissance, temps de réponses allongés	N400	Large	Benau et coll., 2011 (incongruité modérée uniquement) White et coll., 2009
Texte (sémantique)	Non sociale	Temps de réponses allongés	N400	Large	Debruille et Renoult, 2008
Texte (pragmatique)	Sociale	Temps de réponses réduits	N400	Large, plus marqué dans l'hémisphère droit	Jiang et coll., 2013
Texte (pragmatique et sémantique)	Sociale	n.c.[3]	N400	Large	van den Brink et coll., 2012
Image	Non sociale	Aucun	N1	Centro-frontale gauche	Demiral et coll., 2012
			N300	Centro-frontale	
			N400	Centro-pariétale	
			Tardive	Partie de l'hémisphère droit Région postérieure gauche	
Image	Sociale	n.c.[3]	N400	Frontale et centrale	Mudrik et coll., 2010
			Tardive	Large	
Vidéo	Non sociale	n.c.[3]	N1	Large	Liu et coll., 2011
			N400	Large	
			Tardive (LPN)	Large, postérieure	
Image et texte	Sociale (émotionnelle et non émotionnelle) et non sociale	Moins bonne reconnaissance (uniquement avec les stimuli « visages »), temps de réponses allongés	N400 (effet réduit pour l'incongruité entre les expressions)	Centro-pariétale	Caldara et coll., 2004
Texte (pragmatique)	Emotionnelle	n.c.[3]	P300		Bartholow et coll., 2001
Texte (sémantique)	n.c.[3]	n.c.[3]	N400	Ligne cérébrale médiane (autres électrodes non testées)	
Texte (pragmatique)	Emotionnelle	N.C.[3]	N400, tardive	Large	Leuthold et coll., 2011

[3] n.c. = information non communiquée par les auteurs

3.3.2 L'électromyographie faciale et l'étude du traitement de l'incongruité émotionnelle

Si, comme le prétendent Hess et Fischer (2013), l'EMG facial n'enregistre pas uniquement des réactions faciales imitant simplement des mouvements faciaux, nous pouvons penser que l'incongruité émotionnelle impactera son signal. Nous pouvons ainsi faire l'hypothèse qu'en cas d'incongruité émotionnelle il n'y ait pas d'expression faciale évoquée, ou alors une expression faciale correspondant au traitement de l'incongruité (et non à la dernière émotion perçue). Cette expression faciale émotionnelle pourrait être de la surprise, du fait du caractère inattendu de la dernière émotion (incongrue) perçue. La surprise étant généralement très fugace, comme nous l'avons expliqué précédemment, une autre émotion pourrait prendre sa place, en rapport avec la façon dont l'observateur perçoit l'incongruité émotionnelle dans chaque cas. L'EMG facial pourrait permettre de mettre en évidence ce phénomène, par des activations musculaires différentes de celles observées en condition congrue. La catégorisation précise de l'expression faciale émotionnelle évoquée serait en revanche difficile à effectuer à l'aide de l'EMG facial, la relation entre activités musculaires et expressions faciales n'étant qu'approximative, étant donné qu'un muscle peut être associé à plusieurs expressions faciales émotionnelles. Ainsi la surprise a été montrée comme étant associée à une augmentation des activités du *Frontalis* et du *Corrugator Supercilii*, tout comme la peur (résultats relevés dans la revue de littérature d'Hess et Fischer, 2013). L'étude de Bartholow et ses collaborateurs (2001), que nous avons présenté en section 3.2.2, a, en plus des activités EEG évoquées par l'incongruité pragmatique émotionnelle, étudiée les activités EMG faciales élicitées par la lecture du dernier mot des phrases cibles, en prenant en compte la valence émotionnelle (positive ou négative) du paragraphe contextuel. L'incongruité pragmatique émotionnelle enregistrée après les textes négatifs a provoqué une augmentation de l'activité du *corrugator*, tandis que celle enregistrée après les textes positifs n'était pas affectée par l'incongruité. Leurs résultats étaient en accord avec la théorie de la valence (Cf. section théorique 1.3.2) et ces auteurs n'ont décrit aucune activité EMG faciale évoquée liée à la surprise.

3.4 Que faut-il retenir concernant les corrélats neuronaux du traitement de l'incongruité?

Le traitement de l'incongruité (tout au moins de l'incongruité sociale) est probablement effectué par le système réflectif (système C).

Le principal potentiel neuroélectrique évoqué affecté par une incongruité est la N400. Cette onde négative, ou son pic (survenant environ 400 ms après l'apparition de l'incongruité) pointe vers les valeurs négatives, de manière plus prononcée lorsqu'une incongruité est présentée à des participants (comparativement à la condition congrue).

Des potentiels neuroélectriques évoqués précoces comme l'onde N1 et tardifs comme la P300 (tardive) et la LPN peuvent également être affectés par l'incongruité.

Les potentiels évoqués affectés par l'incongruité ne semblent pas différer selon la nature (en particulier sociale et non sociale) de cette incongruité. En revanche, il est possible que les aires cérébrales impliquées dans le traitement de l'incongruité diffèrent selon la nature de cette dernière.

L'EMG faciale pourrait être un bon outil pour étudier l'incongruité émotionnelle si les activités musculaires qu'il enregistre ne correspondent pas à une simple imitation d'expressions faciales.

4 Le traitement de l'incongruité émotionnelle peut-elle être lié à l'empathie ?

Nous considérons la dimension cognitive de l'empathie comme un processus permettant de générer des attentes cognitives concernant les émotions d'autrui. Nous pensons donc qu'elle peut être impliquée dans la détection de l'incongruité émotionnelle et nous le testerons dans la partie expérimentale. Nous allons auparavant définir l'empathie et introduire son utilisation dans la partie expérimentale. Nous montrerons que le degré d'empathie des personnes peut influer sur l'activité EMG faciale. Nous nous focaliserons sur le fait que l'implication du processus d'empathie cognitive puisse être observée à l'aide de l'EEG.

4.1 Qu'est-ce que l'empathie ?

4.1.1 Quelles sont les différentes dimensions de l'empathie ?

Le terme « empathie » est une traduction du mot allemand « Einfuhlung », inventé en 1909 par Tichener et qui signifie « se projeter dans ce qu'on observe » (Titchener, 1909). L'empathie est un concept aux contours difficiles à définir. En effet, d'après Baron-Cohen et Wheelwright (2004), deux camps s'opposent traditionnellement : les théoriciens, qui ne considèrent que la dimension affective de l'empathie et les cognitivistes, qui ont une approche plus cognitive. L'approche affective est définie par Baron-Cohen et Wheelwright comme étant « une réponse émotionnelle d'un observateur à l'état affectif d'autrui ». L'approche cognitive est quant à elle définie par ces auteurs comme impliquant « la compréhension des sentiments d'autrui ». Baron-Cohen et Wheelwright (2004) contestent la dichotomie entre les approches affectives et cognitives. Pour ces auteurs, les deux approches sont nécessaires pour définir l'empathie.

La dimension affective de l'empathie pose des problèmes de définition. Baron-Cohen et Wheelwright (2004) se sont interrogés : doit-on parler d'empathie émotionnelle uniquement lorsque l'émotion ressentie est la même que celle d'autrui (Hoffman, 1984; Eisenberg et Miller, 1987), lors du ressenti d'une émotion simplement appropriée à celle d'autrui (Stotland, 1969), lors d'une réponse émotionnelle quelconque à une émotion d'autrui (Stotland et coll., 1971) ou encore lorsque nous sommes affectés par quelqu'un en détresse ou que nous avons de la compassion pour lui (Batson, 1991 ; Baron-Cohen et Wheelwright (2004) ont retenu tous ces cas de figure, hormis la réponse émotionnelle quelconque, de la définition de la dimension affective de l'empathie. Nous considérons, dans cette thèse, la dimension affective de l'empathie comme correspondant au ressenti de la même émotion qu'autrui. Nous pensons en effet que, seul le ressenti de l'émotion d'autrui correspond, idéalement, au fait de se mettre à sa place, le ressenti d'une autre émotion que l'autre, même congrue, nous plaçant dans une perspective extérieure. Cependant, ressentir une autre émotion qu'autrui pourrait être lié à un processus empathique, qui serait alors erroné

ou partiel. Ainsi, le fait qu'un processus empathique conduise au ressenti d'une émotion différente de celle de la personne pour laquelle nous avons de l'empathie pourrait provenir d'une mauvaise simulation de son ressenti (erreur d'empathie cognitive). Le fait ressentir une autre émotion qu'autrui pourrait également provenir d'une prise en compte du contexte émotionnel avec sa propre perspective et non celle d'autrui, ce qui ne correspondrait alors pas à de l'empathie. Enfin, il est possible que les émotions ressenties soient compassionnelles (ressentir quelque chose pour autrui) et donc non empathiques.

La dimension cognitive de l'empathie pose également des problèmes de définition. Nous considèrerons qu'elle correspond à la compréhension du ressenti d'autrui (Kohler, 1929, cité par Baron-Cohen et Wheelwright, 2004). Si cette définition peut sembler claire, il n'en reste pas moins que sa dissociation avec d'autres concepts reste floue. Baron-Cohen et Wheelwright (2004) ont ainsi relevé qu'on pouvait faire référence à la dimension cognitive de l'empathie en tant que « théorie de l'esprit » (Astington et coll., 1990 ; Wellman, 1990) ou « lecture d'esprit » (« mindreading ») (Whiten, 1991 ; Baron-Cohen, 1995). Baron-Cohen et Wheelwright (2004) ont précisé la définition de la dimension cognitive de l'empathie. Nous en retiendrons que cela correspond essentiellement à prendre la perspective de quelqu'un, à lui attribuer un état mental (ou une « attitude ») (Leslie, 1987) et ensuite à simuler le contenu probable de son état mental, étant donné ce que nous connaissons de son vécu. Si cette définition correspond en effet à celle de la théorie de l'esprit, nous pourrions tout de même envisager de la restreindre au domaine émotionnel, des différences d'activations cérébrales ayant été mises en évidence entre la théorie de l'esprit cognitive et la théorie de l'esprit affective, dans une expérience utilisant l'imagerie cérébrale fonctionnelle (IRMf) (Corradi-Dell'Acqua et coll., 2013). Nous pouvons penser que les différences observées proviennent de l'imbrication de la dimension cognitive de l'empathie avec sa dimension émotionnelle.

Decety et Jackson (2004) ont quant à eux proposé un modèle neuro-fonctionnel de l'empathie. Ce modèle comporte trois composantes fonctionnelles majeures, qui interagissent dynamiquement :

1) « échange émotionnel entre soi et autrui basé sur le couplage perception-action, qui conduit à des représentations partagées »;

2) « la conscience du soi et du non soi, même quand il y a une identification temporaire, il n'y a pas de confusion entre soi et non soi » ;

3) « la flexibilité mentale permettant d'adopter le point de vue d'autrui et les processus d'auto régulation ».

Le premier point renvoie à la composante émotionnelle de l'empathie, que nous avons décrite précédemment. Le deuxième point met en évidence le fait que pour se mettre à la place d'autrui, il faut correctement distinguer soi et autrui. Le dernier point correspond aux capacités cognitives de prise de perspective. Les auteurs incluent dans le troisième point les processus d'auto régulation qui permettent d'inhiber sa propre perspective pour pouvoir adopter celle d'autrui. Il s'agit également de réguler l'émotion partagée avec autrui, afin d'éviter, lorsque celle-ci est négative, qu'elle n'engendre une

souffrance et une anxiété. Le cortex préfrontal semble jouer un rôle primordial dans cette régulation (Fuster, 2008). En ce qui concerne les autres mécanismes neuronaux de l'empathie, les auteurs (Decety et Jackson, 2004) n'ont pas identifié de sites corticaux particuliers mais un modèle d'activation large, qui dépend de la tâche effectuée, de l'émotion concernée et de l'information mémorisée (Cf. Figure 13).

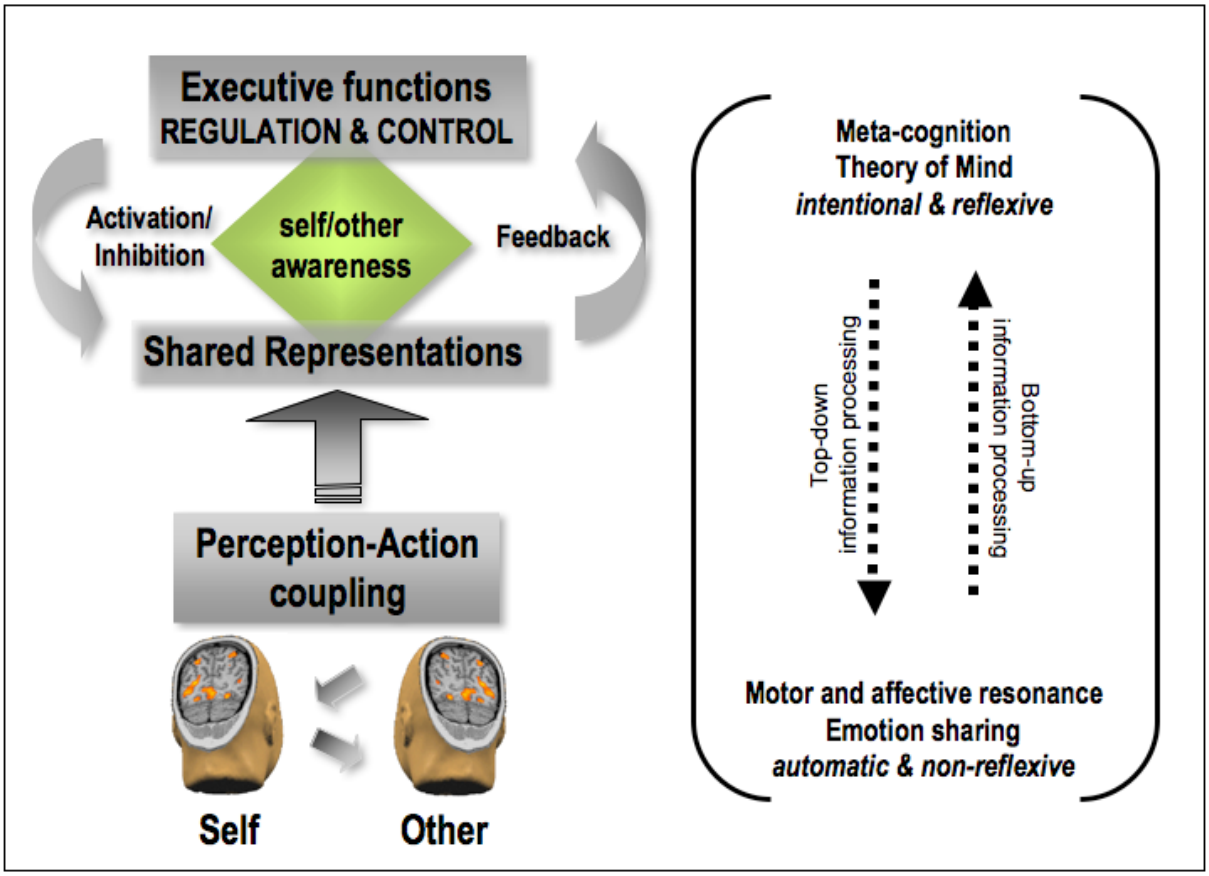


Figure 13 : Représentation schématique des processus d'information « bottom-up » (i.e., correspondance directe entre perception et action) et « top-down» (i.e., régulation et contrôle), impliqués dans l'empathie humaine. Ces deux niveaux de traitement sont corrélés. Le niveau le plus bas, qui est automatiquement activé, (sauf lorsqu'il est inhibé) par l'entrée perceptuelle, compte pour le partage émotionnel, qui conduit à la reconnaissance implicite que les autres sont comme nous. Les fonctions exécutives, implémentées dans le cortex préfrontal, servent à réguler à la fois la cognition et l'émotion, notamment à travers l'attention sélective et l'autorégulation. Ce méta-niveau est continuellement mis à jour par les informations « bottom-up[1] » (guidées par le stimulus) et, en retour, contrôle le niveau le plus bas en fournissant des entrées « top-down[2] ». Ainsi, la régulation « top-down[2] », à travers les fonctions exécutives, module les bas niveaux et ajoute de la flexibilité, rendant l'individu moins dépendant des indices externes. Le retour métacognitif joue un rôle crucial dans la prise en compte de sa compétence mentale dans le but de réagir (ou pas) aux états affectifs des autres. Decety et Lamm, 2006

Si les auteurs ne relient pas la conscience de soi à une région cérébrale particulière, ils mentionnent une étude (Keenan et coll., 2003) qui montre que le cortex préfrontal et le lobe pariétal inférieur sont impliqués, avec une prédominance de l'hémisphère droit.

Selon Pacherie (2004), il est possible de distinguer trois degrés d'empathie. Le premier degré « consiste à comprendre quelle est l'émotion éprouvée par autrui ». Le second degré « apparaît lorsqu'un sujet devient capable non seulement d'identifier l'émotion ressentie par autrui mais encore d'en comprendre l'objet ». Le dernier degré est une « forme sophistiquée d'empathie mise en œuvre pour comprendre ce qu'éprouve autrui lorsque la situation n'est pas transparente, soit que l'émotion ne soit pas ouvertement exprimée, soit que la perspective motivationnelle ou cognitive de l'autre personne diverge de la nôtre ». Cette approche de l'empathie utilisant des degrés présente l'avantage de présenter ses deux composantes (cognitive et affective) de manière ordonnée. Ainsi, le premier degré correspondrait à la dimension affective tandis que les deux derniers correspondraient à sa dimension cognitive. Nous pouvons toutefois nous interroger sur la pertinence de diviser la dimension cognitive en deux degrés. Cela correspond-il réellement à une différence de traitement autre qu'une surcharge cognitive ? L'auteure ne nous présente pas d'étude appuyant la séparation de ces deux degrés d'empathie. Par ailleurs, le premier degré ne peut-il pas apparaître après le deuxième ou le troisième ? Nous pensons que c'est le cas, qu'il est possible de chercher à ressentir l'émotion d'autrui après l'avoir comprise. De Vignemont et Singer (2006) traitent de cette possibilité, même s'ils considèrent ce que nous avons nommé « empathie cognitive » comme ne faisant pas partie de l'empathie.

Il existe un débat concernant la théorie de l'esprit, qui peut être considérée soit comme étant une théorie de la théorie (Carruthers, 1996; Gopnik et Wellman, 1992 ; Stich et Ravenscroft, 1994), soit comme une simulation (Gordon, 1986, Goldman, 1992 ; Harris, 1992). Elisabeth Pacherie (2004) présente la théorie de la théorie comme « une théorie, innée ou acquise, de la structure et du fonctionnement de l'esprit ». Elle présente le processus de simulation ainsi : « nous nous plaçons en imagination dans la situation d'un autre et utilisant nos propres mécanismes de raisonnement pratique pour décider ce que nous penserions ou ferions dans cette situation et lui attribuons sur cette base des intentions et croyances ». Nous pensons avec Elisabeth Pacherie que la théorie de la simulation est plus pertinente concernant l'empathie. Nous envisagerons donc l'empathie comme un processus de simulation, qui vise à simuler le contexte émotionnel dans lequel se trouve autrui ainsi que les émotions ressenties et exprimées par autrui dans ce contexte. Nous pensons en revanche, que l'empathie n'est pas « ce que nous penserions ou ferions dans cette situation » (Pacherie, 2004) mais ce qu'autrui penserait ou ferait dans cette situation. L'empathie n'est donc pas « moi dans cette situation » mais « ce que j'infère comme correspondant à cette personne, dans cette situation », par simulation. Il apparaît ici que les connaissances que nous avons concernant cette personne vont jouer un rôle déterminant quant à notre capacité de simulation empathique. Nous ne considérons donc pas la théorie de la simulation comme étant exempte de théorie. Cette théorie pourrait être liée à la psychologie « populaire », également appelée « sens commun », comme dans la théorie de la théorie. Cependant, utiliser une « théorie » (psychologie « populaire ») que nous qualifierons de généraliste, ne permet pas de se mettre à la place d'autrui (Gordon, 1986). Cela peut fonctionner si, par chance, la personne dont nous simulons le ressenti

réagit comme la psychologie populaire le définit, par contre, la compréhension du ressenti de quelqu'un qui ne réagit pas selon les prédictions de la théorie est impossible. A l'inverse, si nous couplons la simulation avec des connaissances théoriques concernant la personne, nous pouvons simuler ce qu'elle ressentirait en connaissant non seulement le contexte dans lequel elle se trouve mais également ses caractéristiques propres, en particulier sa personnalité, son vécu et son état psychologique. Si la simulation échoue, nous pouvons alors chercher à comprendre pourquoi et corriger nos connaissances sur cette personne. Il y a donc plusieurs simulations possibles pour un même contexte émotionnel, l'enjeu de l'empathie étant d'effectuer la bonne. Enfin nous considérons que les théories concernant autrui sont évolutives, contrairement à la psychologie populaire.

Keysers et Gazzola (2007) ont proposé un modèle neuro-fonctionnel de la théorie de l'esprit qui correspond à notre définition de l'empathie comme un processus de simulation (Cf. Figure 14). Il comporte à la fois un stade pré-réflectif, qui fait intervenir les neurones miroirs (Uddin et coll., 2007) afin de percevoir, dans le cas de l'empathie, l'état émotionnel d'autrui. Une introspection aboutit ensuite à une représentation réfléchie, en lien avec la représentation que l'on a de la personne avec qui on a de l'empathie. Ce modèle stipule également qu'on puisse ne pas utiliser les neurones miroirs pour percevoir l'état émotionnel d'autrui, ce qui pourrait être notamment le cas lorsque celui-ci est décrit (par exemple dans un texte) et non observé à travers des expressions émotionnelles.

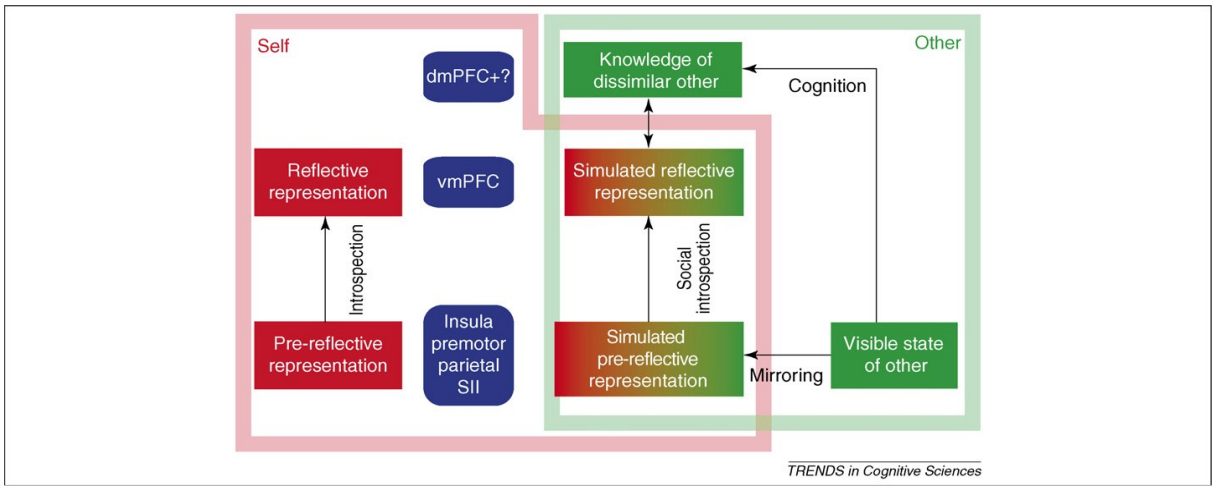


Figure 14 : Illustration du modèle (Keysers et Gazzola, 2007). Le soi est présenté en rouge, autrui est présenté en vert et les régions cérébrales possiblement impliquées sont montrées en bleu. Durant les expériences des auteurs, les représentations pré-réflectives ont pu mener, à travers l'introspection, à des représentations réflectives (rouge). Lorsque nous observons les états des autres, le système miroir conduit à des activations qui simulent des représentations pré-réflectives de nos propres corps. Un processus d'introspection sociale, utilisant les mécanismes de l'introspection, active des représentations qui simulent des représentations réflectives de nos propres états corporels. Une voie plus cognitive conduit à une connaissance plus abstraite d'autrui, qui échappe aux contraintes de nos propres expériences.

Le fait de se mettre à la place des autres est un moyen de raisonner à leur propos, pas nécessairement le seul, y compris en ce qui concerne les états émotionnels. Il est tout à fait possible de le faire à partir de son propre point de vue. Néanmoins, l'empathie permet d'approcher plus finement la pensée d'autrui, en prenant en compte le fait qu'autrui ne pense pas forcément de la même manière que soi. Dans un même contexte, par exemple la naissance d'un enfant, nous pouvons simuler de la joie si l'enfant était désiré mais également de la tristesse si celui-ci ne l'était pas. Dans ce cas, sans utiliser l'empathie, nous inférerons l'émotion qui nous sied, selon notre propre désir d'enfant et non selon celui de la personne en question. Nous pourrions également nous baser sur la psychologie populaire pour inférer l'émotion, pour reprendre notre exemple en associant la naissance d'un enfant à la joie. Notre propos n'est donc pas d'exclure une possible utilisation de la théorie de la théorie pour inférer les émotions d'autrui mais de considérer cette possibilité comme différente du processus de simulation empathique.

4.1.2 L'empathie est-elle un trait de personnalité, peut-on autoévaluer sa capacité empathique ?

Le construit empathique n'est pas le même pour tout le monde. L'empathie peut donc être définie comme un trait de personnalité, même si elle constitue également un état et peut ainsi présenter des variations intra-individuelles (Nezlek et coll., 2001). Il existe des outils pour mesurer ce trait empathie. Ils peuvent prendre la forme de tâches, comme la tâche d'attribution émotionnelle (il faut indiquer quelle émotion les protagonistes d'une histoire peuvent ressentir) ou la tâche faux pas (il s'agit ici de détecter les faux pas dans des histoires) (pour plus de détails, voir Decety et Jackson, 2004). Ils peuvent également prendre la forme d'auto-questionnaires. Nous nous attarderons plus longuement sur le questionnaire « Empathy Quotient », en français « quotient empathique » (Baron-Cohen et Wheelwright, 2004) mais nous allons auparavant revenir sur les autres questionnaires mesurant l'empathie, en montrant ce qui a incité Baron-Cohen et Wheelwright à en créer un nouveau. Si nous ne considérons que les auto-questionnaires, le premier exemple cité par ces auteurs est « Empathy scale » (EM), en français « échelle d'empathie » (Hogan, 1969). Cette échelle mesure plutôt les habiletés sociales que l'empathie (Davis, 1994), avec des facteurs comme, « confiance en soi »; et « non-conformité ». En fait, seul le facteur « sensitivity », « sensibilité », s'apparente à l'empathie.

Le « Questionnaire Measure of Emotional Empathy » (QMEE), questionnaire de mesure de l'empathie émotionnelle (Mehrabian et Epstein, 1972) a été créé pour tester la tendance individuelle à réagir fortement au ressenti des autres. Outre le fait que cette échelle ne concerne que la dimension « réactivité émotionnelle » de l'empathie, elle est jugée globalement confuse par Baron-Cohen et Wheelright (2004).

Enfin, le questionnaire « Interpersonal Reactivity Index » (IRI), index de réactivité interpersonnelle (Davis, 1980), teste la prise de perspective, la préoccupation empathique, la détresse personnelle et la fantaisie. Si la réactivité interpersonnelle et la préoccupation empathique renvoient bien à l'empathie, la fantaisie renvoie plus à des considérations égocentrées qu'à l'empathie. La détresse personnelle est dans un cas de figure similaire, même si dans certains cas elle peut être liée à l'empathie (non régulation ou régulation incomplète d'émotions négatives élicitées par empathie).

Contrairement aux questionnaires que nous venons de citer, le questionnaire Empathy Quotient (EQ) (Baron-Cohen et Wheelwright, 2004) considère l'empathie dans toutes ses dimensions (cognitive et affective), en y ajoutant cependant une dimension concernant les habiletés sociales (Lawrence et coll., 2004). Il est composé de soixante questions. Quarante questions testent l'empathie, les vingt autres sont du remplissage destiné à éviter que les participants comprennent trop précisément le fonctionnement du test et répondent en fonction de leur désirabilité sociale (ce biais correspond au fait que les personnes répondent par rapport à ce qu'elles voudraient être et non ce qu'elles sont réellement). Ce questionnaire donne un score sur quatre-vingt. Afin d'éviter les biais de réponse, les items sont divisés en deux parties à peu près égales : l'une qui attendait une réponse « d'accord », l'autre « pas d'accord ». Les auteurs ont

commencé par tester le questionnaire sur des sujets sains et des patients autistes atteints du syndrome d'Asperger. Il a été montré que les femmes avaient en moyenne un score plus élevé que les hommes et que les patients avaient un score en moyenne plus faible que les sujets sains. A ce titre, l'EQ est utilisé dans le cadre du diagnostic du syndrome d'Asperger.

Si les auteurs de l'EQ ont commencé par renoncer à décomposer leur questionnaire en sous-échelles (Baron-Cohen et Wheelright, 2004), un modèle est sorti d'une analyse en composante principale (Lawrence et coll., 2004). Ce modèle met en évidence trois facteurs : la réactivité émotionnelle, l'empathie cognitive et les habiletés sociales. Nous pouvons ici formuler le même style de critiques que Baron-Cohen et Wheelwright ont faites concernant les autres auto-questionnaires (Baron-Cohen et Wheelright, 2004) : l'EQ ne mesure pas uniquement l'empathie mais également les habiletés sociales. Certes l'empathie est une habileté sociale, mais il y en a d'autres et cette dimension contribue à biaiser le questionnaire. Par contre, l'article de Lawrence et ses collaborateurs (dont Baron-Cohen est co-auteur), valide le questionnaire comme étant peu sensible au biais de désirabilité sociale. La reproductibilité des résultats a également été montrée. Enfin, une corrélation a été trouvée entre le score EQ et le score à la tâche « Eyes test », une tâche qui mesure la capacité à inférer des états mentaux à partir d'image d'yeux présentés seuls (Baron-Cohen et coll., 2001 ; Shaw et coll., 2003). La décomposition de l'EQ en trois sous-échelles a été validée par une analyse psychométrique confirmatoire (Muncer et Ling, 2006). Ces auteurs proposent toutefois la suppression de certains items.

Deux questionnaires d'auto-évaluation de l'empathie ont été publiés après l'EQ. Il s'agit du « Basic Empathy Scale » (BES ; Jolliffe et Farrington, 2006) et du « Questionnaire of Cognitive and Affective Empathy » (QCAE ; Reniers et coll., 2011). Le questionnaire BES est un questionnaire entièrement nouveau, qui teste les composantes cognitives et affectives de l'empathie. Ce questionnaire présente l'avantage de ne tester que l'empathie, en séparant ses composantes cognitives et affectives. Les auteurs ne mentionnent pas l'EQ dans leur article et ne justifient donc pas la création du BES par rapport à l'EQ. Les auteurs du QCAE le font, en expliquant que l'EQ ne distingue pas les dimensions cognitives et affectives de l'empathie (ce qui est inexact, Cf. paragraphe précédent). Ils justifient également la création de ce nouveau questionnaire par rapport au BES en reprochant aux auteurs de ce dernier une définition imprécise de l'empathie et un possible biais statistique. Le QCAE reprend des items provenant de certains questionnaires d'empathie déjà publiés. Il teste l'empathie dans ses dimensions affective et cognitive. Des sous-composantes ont été rapportées par les auteurs pour chacune de ces dimensions. Ainsi l'empathie affective comprendrait la contagion émotionnelle, la réactivité proximale et la réactivité périphérique. L'empathie cognitive comprendrait quant à elle la prise de perspective et la simulation en ligne. Certaines de ces sous-composantes révèlent selon nous que la définition de l'empathie utilisée par les auteurs manque de précision. Nous pensons en effet que la contagion émotionnelle n'est pas de l'empathie, puisqu'elle suppose une absence de distinction soi-

autrui. Nous pensons également que la simulation est le processus responsable de l'empathie. En faire une sous-composante de la dimension cognitive de l'empathie n'a pas de sens car la simulation concerne toutes les dimensions de l'empathie.

Des études ont révélé que les patients schizophrènes présentent des déficits empathiques. Une étude (Montag et coll., 2007), qui n'a malheureusement pas utilisé de moyen de contrôle des résultats des auto-questionnaires, a montré que les patients présentaient un score au questionnaire IRI inférieur à celui des sujets sains en ce qui concerne l'empathie cognitive mais semblable pour ce qui est de l'empathie émotionnelle. Une seconde étude (Derntl et coll., 2009) a montré que les patients souffrent d'un « déficit généralisé de toutes les composantes principales de l'empathie », à l'aide de tâches de reconnaissance émotionnelle, prise de perspective émotionnelle et d'inférence d'une réponse émotionnelle. Cette étude ne retrouve pas totalement ce déficit dans les résultats des auto-questionnaires remplis par les patients. En effet, ceux-ci ne présentent des scores inférieurs aux sujets sains que pour le questionnaire QMEE, ainsi que les sous-échelles « fantaisie » et « détresse personnelle » de l'IRI. Il semble ici que les patients surestiment leurs performances empathiques. Toujours dans le même ordre d'idée, il a été montré que les déficits empathiques des patients se retrouvaient lorsque des proches remplissaient l'EQ mais pas dans les réponses des patients eux-mêmes (Bora et coll., 2008). Cela a encore été confirmé par une étude utilisant le questionnaire IRI et une tâche d'évaluation de l'état émotionnel d'autrui (Lee et coll., 2011). Une dernière étude (Lysaker et coll., 2012) confirme cette surestimation mais elle précise que les patients présentant « une meilleure reconnaissance émotionnelle, une meilleure perspicacité, moins de symptômes positifs et moins de symptômes dépressifs » évaluent leur degré d'empathie (à l'aide du questionnaire EQ) de manière plus corrélée avec celle d'hétéro-évaluateurs. Les résultats de ces études montrent que non seulement les patients schizophrènes souffrent d'un déficit empathique mais qu'en plus ils n'en ont pas ou peu conscience. Cette non conscience de leurs difficultés par les patients ne concerne en fait pas uniquement l'empathie mais l'ensemble des fonctions cognitives (Poletti et coll., 2012), dans le cadre d'une anosognosie (David et coll., 1995; Lysaker et Buck, 2008).

Les difficultés que rencontrent les patients concernant l'empathie renvoient aux problèmes concernant l'incongruité émotionnelle que nous avons décrits précédemment. Le déficit empathique peut entraîner des réactions émotionnelles incongrues qui vont être détectées par les sujets sains et possiblement nuire aux relations sociales des patients. De plus, les patients n'ayant pas ou peu conscience de leurs déficits empathiques, ils risquent de persister dans leurs erreurs, sans chercher à les corriger, ce qui risque d'aggraver leurs relations avec les sujets sains. En effet, même lorsque ces derniers comprennent qu'ils sont en présence de personnes qui présentent des troubles psychiatriques, ils risquent de les éviter, par peur, par dégoût ou encore par désintérêt.

4.2 Existe-t-il des corrélations entre l'empathie et les données d'EMG faciale ?

Nous avons décrit l'empathie dans ses différentes sous-composantes (Cf. section 4.1.1). Sa composante « réactivité émotionnelle », est supposée refléter l'élicitation d'émotions par rapport aux émotions d'autrui. Ces émotions devraient logiquement se retrouver sur le visage des personnes qui éprouvent de l'empathie, au moins sous la forme de micro-expressions (Hess et Fischer, 2013). L'EMG facial est un bon outil pour étudier cette question, du fait de sa forte sensibilité. Les études qui ont comparé des groupes de sujets faiblement et fortement empathiques ont montré que les sujets fortement et faiblement empathiques se différenciaient quant à leur activité EMG faciale. Deux études similaires (Sonnby-Borgström, 2002 ; Sonnby-Borgström et coll., 2003), ont trouvé plus d'expressions émotionnelles faciales (liées à la perception d'expressions émotionnelles faciales) chez les sujets fortement empathiques que les sujets faiblement empathiques. Ces différences ont été trouvées pour des temps de présentation des visages courts (17-56 ms), représentant, selon les auteurs des réactions automatiques. Contrairement à ceux concernant les sujets fortement empathiques, les résultats concernant les sujets faiblement empathiques n'ont pas présenté d'imitations des expressions faciales. Cela ne provient pas d'une activité EMG nulle (ni même faible) mais d'une absence de différenciation correcte par rapport aux stimuli. Cependant, ces études n'ont pas retrouvé ces résultats avec des temps d'exposition aux stimuli plus longs (2500 ms), considérés par les auteurs comme entraînant des réactions contrôlées. Le questionnaire d'empathie utilisé dans ces études était le QMEE, ce qui nous semble approprié car seule la dimension « réactivité émotionnelle » de l'empathie était ici importante. Une autre étude a trouvé des résultats similaires (Dimberg et coll., 2011). Cette fois, il s'agit d'une expérience n'utilisant qu'une seule durée, longue (5000 ms), d'exposition aux visages émotionnels. Les participants fortement empathiques ont réagi en activant des muscles différents selon l'émotion du stimulus (*zygomaticus major* pour la joie, *corrugator supercilii* pour la colère). Cela n'a pas été le cas pour les participants faiblement empathiques. Ainsi, même si elles ne correspondent vraisemblablement pas à des simples imitations (Hess et Fischer, 2013), les micro-expressions faciales enregistrées suite à la présentation brève d'expressions faciales émotionnelles ne sont pas pour autant des réactions contrôlées.

4.3 Quelles sont les implications possibles de l'empathie dans la reconnaissance de l'incongruité pragmatique émotionnelle ?

Nous avons vu précédemment que la détection de l'incongruité émotionnelle et l'empathie étaient des habiletés sociales importantes. Nous allons maintenant tenter de montrer les liens qui existent entre les deux. Nous pouvons envisager la perception de l'incongruité émotionnelle comme une inadéquation entre le modèle de situation émotionnelle simulé d'après le contexte et celui perçu à travers l'expression d'une émotion, sa dénomination ou sa description.

L'empathie, dans sa dimension cognitive est un processus permettant de simuler le contexte émotionnel dans lequel se trouve quelqu'un, en adoptant la perspective de la personne et de simuler l'émotion que cette personne pourrait ressentir. Elle peut donc logiquement intervenir dans la simulation du modèle de situation émotionnelle et dans l'éventuelle inférence de l'émotion attendue d'après ce modèle. Etant donné que la détection de l'incongruité émotionnelle nécessite, au minimum la conceptualisation du contexte émotionnel (sous la forme d'un modèle de situation), elle pourrait faire intervenir le processus d'empathie cognitive. Ainsi, deux études ont montré un lien entre le score d'empathie des participants et des potentiels évoqués. La première (van den Brink et coll., 2012), que nous avons décrite en section 3.3.1, n'a pas testé spécifiquement l'empathie cognitive mais elle a utilisé le score global au questionnaire EQ. D'après les résultats de cette étude l'empathie n'intervient pas dans le traitement d'une incongruité purement lexico-sémantique mais dans celui d'une incongruité concernant l'identité du locuteur, avec un effet de l'incongruité sur la N400 plus marqué pour les participants fortement empathiques. Par ailleurs l'implication de l'empathie expliquait au moins en partie, les effets du genre. Les auteurs ont proposé que les participants fortement empathiques aient utilisé un mode de traitement « top-down » afin de traiter le langage et de réaliser des inférences à propos du locuteur. A l'inverse, les participants faiblement empathiques auraient utilisé un mode de traitement « bottom-up », qui ne leur aurait pas permis d'utiliser les informations concernant les stéréotypes sociaux nécessaires au traitement de cette tâche. La seconde étude (Rak et coll., 2009) a étudié spécifiquement l'empathie cognitive, testée à l'aide du Multifaceted, Empathy Test (MET, test d'empathie utilisant des photographies de visages émotionnels ; Dziobek, 2008). Il s'agissait de stimuli sociaux constitués de phrases dont le dernier mot pouvait ou non rendre la phrase sémantiquement incongrue. D'après les résultats, la N400 était plus fortement négative en condition incongrue et la P600 était plus fortement positive. L'effet de l'incongruité sur la N400 était plus fort pour les participants ayant une forte empathie cognitive, tandis que le score d'empathie cognitive n'affectait pas l'effet de l'incongruité trouvé sur la P600. Ces deux études nous montrent que, si les potentiels EEG évoqués affectés par l'incongruité ne semblent pas sensibles au type d'incongruité (Cf. section théorique 3.3.1), la spécificité de l'incongruité sociale est que des différences interindividuelles dans son traitement peuvent être liées à des différences concernant la personnalité des participants, au moins en ce qui concerne l'empathie.

Enfin, un manque d'empathie émotionnelle peut donner lieu à une expression émotionnelle incongrue pour la personne pour laquelle nous aurions pu avoir de l'empathie. Il s'agit dans ce cas d'un contexte émotionnel devant être simulé par empathie. Par exemple, si j'exprime de la joie face à quelqu'un qui m'annonce avoir perdu quelqu'un qui lui était cher, cela risque fort de paraître incongru pour cette personne (ainsi que pour les éventuelles personnes présentes, si elles ont correctement effectué la simulation empathique). Il peut s'agir d'une absence d'empathie mais aussi d'une inférence erronée (« je crois que la personne en face de moi détestait celui qui est décédé »). Si l'inférence erronée va pouvoir être rapidement détectée par la personne empathique, qui va comprendre son erreur au vu de la réaction de l'autre et/ou des observateurs, la personne faiblement empathique risque de ne pas ou mal comprendre pourquoi la personne réagit mal à son sourire. Nous voyons ainsi que le déficit empathique peut conduire à de grandes difficultés dans les réactions sociales.

4.4 Que faut-il retenir concernant l'empathie ?

L'empathie est un processus visant à se mettre à la place d'autrui afin de ressentir et comprendre ses émotions. Nous considérons qu'elle engage un traitement de type « simulation interne ».

L'empathie est également un trait de personnalité, qui peut se mesurer, entre autres à l'aide d'auto-questionnaires. Parmi ces auto-questionnaires, l'EQ (Baron-Cohen et Wheelwright, 2004) nous semble le plus pertinent.

La simulation empathique pourrait être l'un des mécanismes permettant de traiter l'incongruité émotionnelle, par comparaison entre l'émotion d'autrui simulée (pour un contexte émotionnel donné, si possible en y ajoutant des connaissances sur autrui) et celle perçue (à travers une expression émotionnelle, par exemple).

L'empathie (en particulier sa dimension cognitive) peut expliquer des différences interindividuelles dans les corrélats neuroélectriques du traitement de l'incongruité sociale.

Les personnes fortement empathiques peuvent dans certains cas exprimer plus de micro-expressions faciales liées à l'observation d'expressions faciales d'autrui (enregistrées à l'aide d'EMG faciale) que les personnes faiblement empathiques.

L'empathie n'aidera pas les patients schizophrènes à traiter l'incongruité émotionnelle étant donné qu'ils ont également des déficits à ce niveau. Par ailleurs, leurs propres expressions émotionnelles faciales risquent d'être perçues comme incongrues par les sujets sains, du fait de déficits portant sur la perception et la production des expressions faciales émotionnelles ou sur le traitement du contexte.

Problématiques et hypothèses

Cette thèse vise à étudier les mécanismes permettant la détection, par le cerveau humain, d'une incongruité pragmatique émotionnelle, considérée comme la violation incongrue d'une attente pragmatique émotionnelle. A cette fin, nous présenterons une courte phrase à la troisième personne du singulier, permettant de simuler un modèle de situation émotionnel, suivi d'une expression faciale. De manière générale, l'incongruité est plus difficile à reconnaître que la congruité et s'accompagne d'une modulation de l'onde cérébrale N400. Notre première hypothèse (H1) est que l'incongruité pragmatique émotionnelle sera plus difficile à détecter que la congruité pragmatique émotionnelle (moins bonne reconnaissance de l'incongruité que de la congruité, avec des temps de réponses augmentés).

Notre seconde hypothèse (H2) est que, étant donné qu'il semble que les potentiels évoqués affectés par l'incongruité ne diffèrent pas selon la nature des stimuli utilisés, les potentiels neuroélectriques évoqués affectés par l'incongruité pragmatique émotionnelle devraient être ceux trouvés dans des tâches similaires utilisant des stimuli de nature différente. En particulier, l'onde cérébrale N400 devrait être affectée par l'incongruité pragmatique émotionnelle (N400 allant plus vers les valeurs négatives en condition incongrue qu'en condition congrue).

Nous pensons que le traitement cérébral de l'incongruité sociale, et en particulier celui de l'incongruité émotionnelle, possède des spécificités. Aussi allons-nous tester si un trait de personnalité lié aux émotions, l'empathie, pourrait moduler les résultats EEG, expliquant ainsi une part de la variabilité interindividuelle. A cette fin, nous utiliserons le questionnaire EQ (Empathy Quotient, Baron-Cohen et Wheelwright, 2004). Nous faisons l'hypothèse (H3) que l'effet de l'incongruité pragmatique émotionnelle sur la N400 sera modulé par le score d'empathie cognitive.

L'implication de l'empathie devrait, selon notre quatrième hypothèse (H4), également se vérifier au niveau comportemental, par une relation positive entre les performances de reconnaissance de l'incongruité émotionnelle et les capacités empathiques des sujets. Même si cela ne concerne qu'indirectement l'empathie, les habiletés sociales testées par le questionnaire EQ pourraient être la variable concernée, étant donné que, d'après-nous, le traitement de l'incongruité émotionnelle est une habileté sociale.

Le fait d'utiliser des expressions faciales comme stimuli, devrait nous conduire à observer des ondes P100 et N170. Nous défendons l'idée que le contexte émotionnel ne devrait pas affecter la perception des expressions faciales émotionnelles primaires si celles-ci ne sont pas ambigües et si la tâche expérimentale nécessite de détecter l'incongruité. Nous sélectionnerons les expressions faciales pour leur faible ambiguïté et seuls les corrélats cérébraux correspondant à des détections correctes de l'incongruité et de la congruité seront analysés (excluant de ce fait les catégorisations faciales incorrectes). Nous ne nous attendons donc pas à ce qu'elles soient affectées par l'incongruité pragmatique émotionnelle, ce qui constitue notre cinquième hypothèse (H5). Il reste toutefois possible que l'image mentale du visage attendu, si elle existe, soit suffisamment précise pour affecter la N170, comme c'est le cas dans l'étude de Ganis et Schendan (2008).

La perception d'émotions peut entraîner en réaction la production de micro-expressions faciales enregistrables à l'aide de l'EMG faciale. Nous faisons l'hypothèse (H6) que, si des micro-expressions faciales sont enregistrées en condition congrue, l'incongruité émotionnelle va les affecter.

D'après notre septième hypothèse (H7), si des difficultés de traitement de l'incongruité pragmatique émotionnelle pouvaient être associées à une faible capacité empathique (en particulier en termes d'habiletés sociales), cela serait associé à des expressions faciales associées à cette difficulté (expressions faciales de confusion et d'incompréhension, par exemple).

Des difficultés de reconnaissance émotionnelle et d'intégration contextuelle pourraient perturber la perception de l'incongruité émotionnelle chez les patients schizophrènes. Si nous ne testerons pas directement le traitement de l'incongruité pragmatique émotionnelle par ces patients, nous étudierons leur aptitude à catégoriser les stimuli que nous avons utilisés pour l'expérience concernant l'incongruité pragmatique émotionnelle, à savoir des phrases présentant quelqu'un dans un contexte émotionnel et des expressions faciales d'émotions. Au vu des difficultés rencontrées par les patients schizophrènes concernant la catégorisation émotionnelle, que nous avons abordées dans la partie théorique de cette thèse, nous nous attendons (hypothèse, H8) à ce que les patients rencontrent des difficultés dans la catégorisation des phrases. De même, nous nous attendons à ce que les patients schizophrènes présentent des difficultés concernant la catégorisation des expressions faciales (hypothèse H9).

Partie expérimentale : comment l'incongruité émotionnelle est-elle traitée ?

1 Description générale des expériences

La partie expérimentale de cette thèse se compose d'expériences comportementales et d'expériences utilisant des techniques d'électrophysiologie (EEG et EMG faciale). La première expérience réalisée au cours de cette thèse (expérience 1) avait pour but de tester les stimuli que nous avons créés (phrases et expressions faciales) afin de les sélectionner pour les expériences ultérieures. Une petite partie des stimuli testés au cours de l'expérience 1 ont été améliorés et testés lors de l'expérience 1'. Une sélection de ces stimuli (incluant ceux refaits) a été présentée à des patients schizophrènes. Enfin, une autre sélection des stimuli testés lors des expériences 1 et 1' a été utilisée pour les expériences 3 et 3'. L'expérience 3 visait à tester les corrélats cérébraux de l'incongruité émotionnelle d'une expression faciale par rapport à une phrase présentant un contexte émotionnel (ou neutre), en utilisant l'EEG. L'expérience 3' est similaire à l'expérience 3 mais l'EMG faciale a été ajoutée au dispositif expérimental.

En ce qui concerne les analyses, nous comparerons les résultats des expériences 1 et 2. Nous regrouperons l'analyse des données EEG issues des expériences 3 et 3' (dans l'article). Les données d'EMG faciale issues de l'expérience 3' seront analysées séparément.

La Figure 15 détaille le plan expérimental de cette thèse et la distribution des stimuli pour chaque expérience.

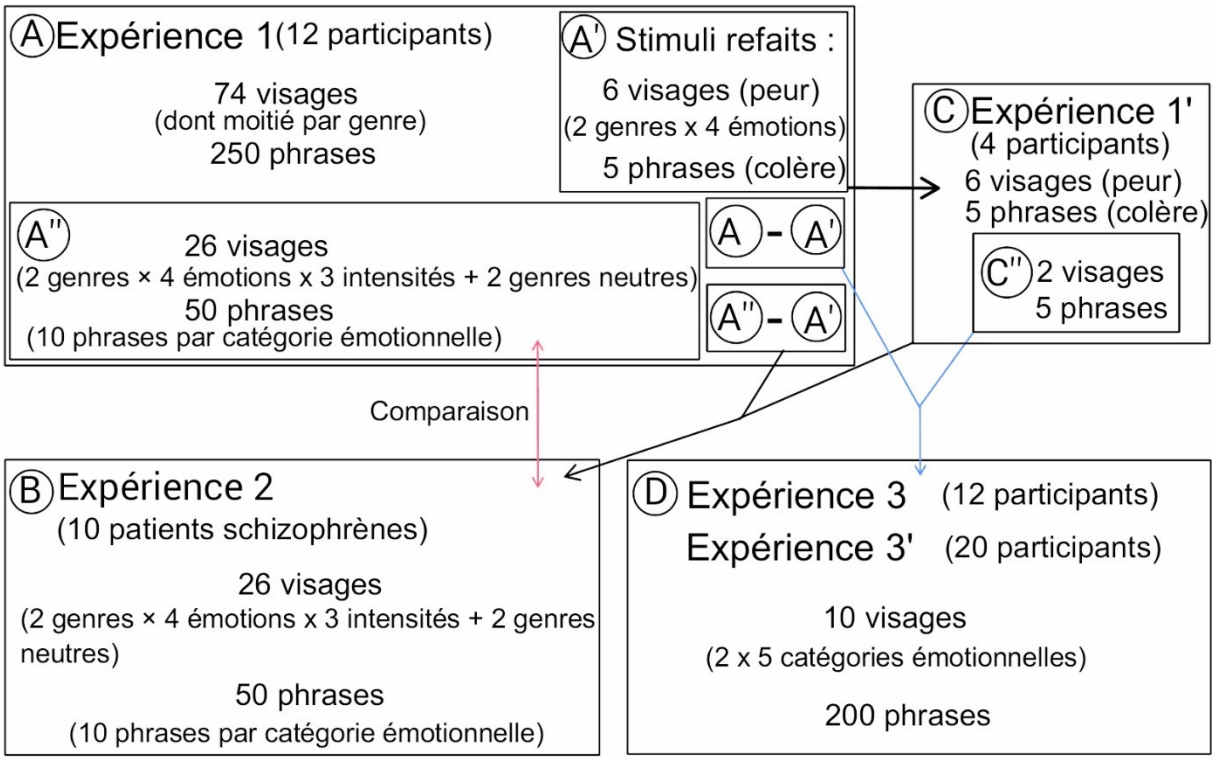


Figure 15 : Plan expérimental de la thèse.

2 Stimuli utilisés dans les expériences

Les stimuli utilisés pour cette thèse étaient de deux types : des phrases et des visages. Ces types de stimuli étaient présentés séparément (expériences 1, 1' et 2) ou ensemble : une phrase puis un visage (expériences 3 et 3').

2.1 Phrases

Les phrases présentaient quelqu'un dans un contexte qui pouvait le rendre joyeux (phrases joie), lui faire peur (phrases peur), l'énerver (phrases colère), l'attrister (phrases tristesse) ou le laisser indifférent (phrases neutre). Les phrases étaient rédigées à la troisième personne. La personne dont il était question dans la phrase pouvait être présentée comme une femme (« elle ») ou un homme (« il ») ; certaines phrases ne mentionnaient pas le genre de cette personne. Les phrases étaient les plus courtes possibles, afin de limiter les mouvements oculaires, qui auraient pu affecter le signal de l'EMG faciale durant leur lecture. Le fait que les phrases soient courtes a également pu faciliter leur lecture et leur compréhension. Les phrases étaient affichées centrées à l'écran, en police « Times New Roman » de taille 26. Afin de nous aider dans la rédaction de ces phrases, nous avons mis en ligne un questionnaire visant à recueillir des exemples de contextes joyeux, effrayant, énervants, attristants ou émotionnellement neutres. Vingt-cinq personnes y ont répondu. Nous nous sommes également inspirés des phrases rédigées par Russ et ses collaborateurs (2008).

2.2 Expressions faciales

Nous avons créé des expressions faciale sur des visages artificiels issus de deux avatars du logiciel M.A.R.C. (©L.I.M.S.I ; Courgeon et coll., 2008), l'un représentant un visage féminin, l'autre représentant un visage féminin. Les expressions crées correspondaient aux quatre émotions suggérées par les phrases (joie, peur, colère et tristesse), ainsi qu'à l'absence d'émotion (neutre). Afin de créer les expressions faciales émotionnelles, nous nous sommes aidés des descriptions réalisées par Ekman et Friesen (2003). Chaque expression émotionnelle a été réalisée à trois niveaux d'intensité (définis dans le logiciel M.A.R.C.) : 50%, 75% et 100% (100% correspondant à une intensité émotionnelle maximale). Ces visages mesuraient 4 cm en vertical et 4 cm en horizontal, ce qui correspondait à des angles visuels étaient de 4° en vertical et 4° en horizontal (les participants étaient placés à 57 cm de l'écran). Leur

petite taille visait à limiter les mouvements oculaires, qui bruitent les signaux de l'EEG et de l'EMG faciale. Ils étaient affichés sur un fond gris.

3 Corrélats neuro-électriques du traitement de l'incongruité pragmatique émotionnelle : l'empathie importe.

L'article qui suit porte sur la principale expérience réalisée durant cette thèse. Il s'agissait d'étudier les effets neurocognitifs de la présentation d'une expression faciale lorsque celle-ci était incongrue par rapport à un contexte (une phrase présentée juste avant le visage), en comparaison avec la présentation d'une expression faciale congrue

3.1 Méthodologie

Nous avons utilisé un paradigme de vérification de compatibilité entre une image et une phrase présentant quelqu'un dans une situation pouvant (ou non) éliciter une émotion. Les images représentaient des visages exprimant ou non une émotion. Les émotions que nous avons utilisées sont la joie, la peur, la colère et la tristesse. Les participants devaient indiquer si l'expression faciale était « identique » ou « différente » à celle qu'ils devaient simuler d'après la phrase. La validation des stimuli a été faite lors d'une expérience comportementale pilote, qui est décrite dans la section 2. Pour l'expérience EEG subséquente, nous avons sélectionné les stimuli les mieux reconnus.

Nous avons utilisé ce paradigme car il permet de forcer les participants à simuler l'émotion de quelqu'un d'après un contexte émotionnel situationnel, ce qui crée les conditions nécessaires au traitement de l'incongruité pragmatique. En effet, un modèle de la situation peut être simulé par les participants, à partir des inférences pragmatiques faites lors de la lecture d'un texte et ce modèle peut contenir des informations émotionnelles (de Vega et coll., 1996; Ferstl et coll., 2005; Siemer et Reisenzein, 2007 ; Leuthold et coll., 2011). Il en résulte une image mentale de la situation et de l'émotion attendue dans cette situation. Notre paradigme est proche de celui de Leuthold et ses collaborateurs (2011) mais nous avons étudié les potentiels EEG évoqués par la vue d'expressions faciales après lecture et non de derniers mots de phrases. Par ailleurs, nous n'avons étudié que les résultats correspondant aux réponses correctes car nous souhaitions étudier le cas où les participants avaient perçu consciemment l'incongruité et la congruité. Nous ne pouvons certes pas exclure la possibilité que les participants aient correctement répondu par erreur ou par hasard mais nous considérons que cela peut, au pire, ajouter du bruit dans les données, sans modifier les résultats en profondeur.

Afin d'étudier le rôle de l'empathie dans le traitement de l'incongruité émotionnelle, nous avons effectué des régressions sur les activités cérébrales évoquées et les résultats comportementaux (taux de réponses correctes, temps de réponse), avec les scores aux sous-échelles du questionnaire EQ en prédicteur. Les deux premières échelles concernent les deux dimensions de l'empathie (cognitive et émotionnelle). La troisième teste les habiletés sociales, c'est-à-dire la « spontanéité et l'intuitivisme dans

le traitement de l'information sociale » (Lawrence et coll., 2004). Nous avons sélectionné les items correspondant aux sous-échelles d'après les résultats d'une ACP préliminaire réalisée à partir de 1463 réponses à l'EQ.

3.2 Résultats

3.2.1 Résultats comportementaux

L'incongruité émotionnelle est significativement moins bien reconnue que la congruité émotionnelle et sa reconnaissance correcte augmente les temps de réponse (par rapport à la congruité émotionnelle). Ces résultats confirment notre hypothèse H1, selon laquelle l'incongruité pragmatique émotionnelle serait plus difficile à détecter que la congruité émotionnelle. D'après les résultats de la régression, les effets de l'incongruité émotionnelle sur les temps de réponses sont significativement prédictibles par le score d'habileté sociale et ils semblent essentiellement concerner les participants ayant un faible score d'habiletés sociales. L'hypothèse H4, qui stipulait que le score d'habiletés sociales prédirait les résultats comportementaux, est donc vérifiée concernant les temps de réponses mais pas concernant les taux de réponses correctes.

3.2.2 Résultats concernant les potentiels évoqués

Si nous observons des ondes P100 et N170 en réponse aux visages, elles ne sont pas affectées par l'incongruité pragmatique émotionnelle. Notre hypothèse H5, qui indiquait que nous n'attendions pas d'effet de l'incongruité sur les potentiels évoqués précoces (P100 et N170) est donc confirmée.

L'incongruité émotionnelle a eu un effet marginal sur la P300, avec une onde moins fortement positive en condition incongrue qu'en condition congrue. L'incongruité pragmatique émotionnelle provoque en partie un effet sur la N400 similaire à celui que nous avons décrit dans la partie théorique de cette thèse (N400 plus fortement négative, ou allant plus vers le négatif en condition incongrue qu'en condition congrue), dont la distribution spatiale est large, avec un effet de l'incongruité sur la N400 dans la région centro-pariétale, ainsi que dans les parties postérieures et centrales (considérées ensemble) de la ligne médiane. Cela confirme l'hypothèse H2, selon laquelle l'incongruité augmenterait l'amplitude de la N400. Dans la région occipitale gauche, l'effet de l'incongruité sur la fenêtre temporelle de la N400 n'était, d'après les résultats de l'ANOVA, pas significatif (même marginalement). Il était en revanche significativement prédictible par le score d'empathie cognitive, l'effet de la N400 diminuant avec le score d'empathie cognitive et allant jusqu'à s'inverser, ce qui correspond à une N400 plus négative ou allant plus vers les valeurs négatives en condition congrue qu'en condition incongrue. Cette modulation de l'effet de l'incongruité pragmatique émotionnelle sur la fenêtre temporelle de la N400 valide en partie notre hypothèse H3 (stipulant que l'effet de l'incongruité sur la N400 serait prédit par le score d'empathie cognitive). L'hypothèse H3 n'est pas totalement validée car nous ne pouvons pas affirmer qu'il concerne effectivement l'onde N400, étant donné sa localisation inhabituelle, dans la région cérébrale occipitale plutôt que dans les régions cérébrales centro-pariétales (voire frontales). Au niveau de la région frontale, un effet inversé de l'incongruité sur la N400 a été trouvé.

L'incongruité émotionnelle entraîne également une diminution de l'amplitude d'une onde tardive, qui est positive mais dont la courbe pointe légèrement vers les valeurs négatives (excepté dans la région frontale). Cet effet de l'incongruité est observé dans les régions centro-pariétale et postéro-centrale médiane. Il n'est pas prédit par les scores aux sous échelles du questionnaire EQ.

3.3 Discussion

Dans cet article, nous avons mis en évidence le fait que l'incongruité pragmatique émotionnelle entre une phrase et un visage provoquait des effets à la fois comportementaux (l'hypothèse H1 est vérifiée) et neurophysiologiques (l'hypothèse H2 est également vérifiée). Les effets comportementaux correspondent à une détection plus difficile de l'incongruité émotionnelle que de la congruité émotionnelle, concernant à la fois le taux de reconnaissance et les temps de réponses. Il semblerait néanmoins que l'allongement des temps de réponses en condition incongrue soit lié à de faibles habiletés sociales (conformément à l'hypothèse H4). De plus, une différence concernant les effets de l'incongruité émotionnelle sur la fenêtre temporelle de l'onde cérébrale N400 a été montrée comme étant liée aux capacités (autoévaluées) d'empathie cognitive (comme le prédisait l'hypothèse H3).

Les effets neurophysiologiques concernent principalement la N400 et la LPN. L'effet marginal de l'incongruité sur la P300, onde ayant été décrite comme reflétant le traitement de stimuli rares ou nouveaux (Polich et coll., 2007) pourrait correspondre au caractère émotionnel des stimuli. En effet, même si notre expérience ne portait pas sur la rareté ou la nouveauté de stimuli, elle utilisait des stimuli visuels émotionnels, ce qui peut entraîner une augmentation de la P300 par rapport à des stimuli visuels non émotionnels (Keil et coll., 2002; Herbert et coll., 2006; Delaney et coll, 2013). Nous pouvons postuler que l'incongruité pragmatique émotionnelle va diminuer la perception des visages émotionnellement chargés, tandis que la congruité pourrait la renforcer. Une autre explication semble néanmoins plus plausible. En effet, il a été montré que la P300 était sensible à la difficulté de catégorisation de stimuli, avec une amplitude diminuant avec l'augmentation de la difficulté (Mecklinger et Ullsperger, 1993; Palmer et coll., 1994; Azizian et coll., 2006; Ma et coll., 2008). La congruité du contexte pourrait donc, dans le cas de notre expérience, avoir facilité la catégorisation des visages.

Si nous observons un effet classique de l'incongruité sur la N400, dans les régions centro-pariétale et centro-postéro médiane, cet effet s'inverse dans la région frontale. Nous pouvons l'interpréter à l'aide de la théorie d'inhibition centre-périphérie « center-surround inhibition » (Carr et Dagenbach, 1990; Bermeitinger et coll., 2008), qui postule qu'un stimulus faiblement perçu va inhiber la perception de stimuli pragmatiquement proches, afin d'améliorer sa conceptualisation. Nous pouvons extrapoler que, dans le cas de notre expérience, des difficultés de compréhension des phrases (en termes

d'inférences émotionnelles) correspondraient à une faible perception de ces stimuli et entraîneraient une perception dégradée des visages congrus, ce qui provoquerait un effet sur la N400 plus grand que celui de l'incongruité (à cause de l'inhibition de la perception des stimuli congrus). Cependant, cette théorie semble incompatible avec une inversion localisée de l'effet N400.

Le score d'empathie cognitive prédisait l'effet de l'incongruité sur la N400 dans les régions occipitales et temporales. Le fait que les participants ayant un faible score d'empathie cognitive présentent un effet N400 inversé pourrait également être expliqué par la théorie d'inhibition centre-périphérie (Carr et Dagenbach, 1990; Bermeitinger et coll., 2008) mais, à nouveau, elle semble incompatible avec des inversions localisées de l'effet N400. En revanche, le fait que cela ne concerne que les participants ayant un faible score d'empathie cognitive est cohérent avec l'idée, défendue par la théorie d'inhibition centre-périphérie, d'une inversion de l'effet N400 liée à une mauvaise compréhension du contexte. Néanmoins, le fait que les scores d'empathie cognitive ne prédisent pas les résultats comportementaux indique que nous sommes plus en présence de différences que de difficultés, dans le traitement de l'incongruité émotionnelle. Le fait que ces différences modulent la N400 pourrait traduire le fait que cette dernière reflète en partie un retraitement du contexte.

S'il est possible de considérer l'onde tardive observée dans nos résultats comme une onde positive tardive (LPP, LPC ou P600), l'effet de l'incongruité apparaîtrait alors comme étant inversé par rapport à la littérature, dans laquelle ces ondes sont plus fortement positives en condition incongrue qu'en condition congrue. Si nous ne pouvons pas exclure que cet effet ne corresponde à un effet N400 retardé ou maintenu, il existe une onde qui pourrait correspondre à l'onde tardive que nous observons. Il s'agit de la LPN pour « Late Posterior Negativity » (négativité postérieure tardive).L'onde LPN est généralement observée dans des études concernant la mémoire épisodique (pour une revue de la littérature, voir Johansson et Mecklinger, 2003). En ce qui concerne notre étude, étant donné que l'effet de l'incongruité sur cette onde n'est pas prédit par les échelles du questionnaire EQ, elle ne semble pas refléter une simulation utilisant l'empathie cognitive. Etant donné qu'il s'agit de la dernière onde observable durant la présentation des visages, elle pourrait refléter une vérification et/ou une prise de décision concernant la réponse (« identique » ou « différent »). Cette vérification ne conduirait pas le lecteur à simuler à nouveau un modèle de situation émotionnelle à partir de la phrase en utilisant l'empathie cognitive : soit elle reprendrait la simulation déjà effectuée, soit elle en ferait une autre en utilisant un autre mécanisme, par exemple à partir des connaissances conceptuelles stéréotypées que les participants ont par rapport au contexte présenté par la phrase. Il est également possible que l'effet de l'incongruité concernant cette onde reflète la résolution de l'incongruité émotionnelle. Nous serions alors en présence de deux processus bien distincts : la détection de l'incongruité émotionnelle, utilisant éventuellement l'empathie cognitive (afin de simuler à nouveau le modèle de situation émotionnelle), affectant la N400, et la résolution de l'incongruité émotionnelle, affectant la LPN. Nous ne pouvons toutefois pas conclure à ce propos car notre tâche ne testait pas la résolution de l'incongruité. Il serait

intéressant d'élaborer un paradigme permettant de dissocier la détection de l'incongruité émotionnelle et sa résolution.

L'interprétation fonctionnelle des ondes pour lesquelles il existe un effet significatif de l'incongruité émotionnelle est synthétisée dans le tableau 2 ci-après :

Tableau 2 : Interprétation des effets significatifs de l'incongruité émotionnelle, par ondes.

Onde	Interprétation de l'effet de l'incongruité émotionnelle
N400	Comparaison entre le modèle de situation émotionnelle et l'émotion perçue sur le visage, avec possiblement un nouveau traitement du contexte.
Onde tardive (LPN ?)	Vérification avant réponse, prise de décision et, hypothétiquement, résolution de l'incongruité.

Si l'article fait état de résultats comportementaux et électrophysiologiques, des enregistrements EMG faciaux ont également été enregistrés pour 20 participants. Les résultats de ces enregistrements EMG seront abordés ultérieurement (Cf. section expérimentale 4).

3.4 Article de revue : Neuroelectric correlates of pragmatic emotional incongruence processing: empathy matters.

Dorian Dozolme[1], Eric Brunet-Gouet[2], Christine Passerieux[2], Michel-Ange Amorim[1]

[1] EA CIAMS 4532, Univ Paris Sud, 91405 ORSAY Cedex, France

[2] EA ECIPSY 4047, Université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines, Centre Hospitalier de Versailles, 78157 - Le Chesnay Cedex

3.4.1 Abstract

Emotions felt by people can be simulated internally from emotional situational contexts. In the present study, we assessed the behavioral and neuroelectric effects of seeing an unexpected emotional facial expression. **Method:** We investigated the correct answer rate, response times and Event-Related Potential (ERPs) effects during an incongruence paradigm between emotional faces and sentential contexts allowing emotional inferences. Most of the 36 healthy participants were recruited from a larger population (1 463 subjects), based on their scores on the Empathy Questionnaire (EQ, [1]). Regression analyses were conducted on these ratings using EQ factors as predictors (cognitive empathy, emotional reactivity and social skills as labeled by Lawrence et al., [2]). **Results:** Recognition of pragmatic emotional incongruence was less accurate ($P < .05$) and slower ($P < .05$) than recognition of congruity. The incongruence effect on response times was inversely predicted by social skills. A significant N400 incongruence effect was found at the centro-parietal ($P < .01$) and centro-posterior midline ($P < .01$) electrodes. Cognitive empathy predicted the incongruence effect in the left occipital region, in the N400 time window. Finally, an incongruence effect was also found on a late wave in the centro-parietal ($P < .05$) and centro-posterior midline ($P < .05$) regions, with no modulation by empathy. **Conclusion:** Processing pragmatic emotional incongruence is more cognitively demanding than congruence (as reflected by both behavioral and ERP data). This processing shows modulation by personality factors at the behavioral (by self-reported social skills) and neuroelectric levels (through self-reported cognitive empathy).

3.4.2 Introduction

If you know that someone's greatest dream has just come true, you would expect him or her to be happy, rather than sad or angry. Then, if you see this person showing anger, you would be disturbed by it, because this expression does not match the one you expected. This situation represents what we call a pragmatic emotional incongruence, i.e. a discrepancy between a cognitive model of reference and a stimulus, as conceptualized by Forabosco [3]. While such incongruence may be premeditated, for example with a humoristic goal [3], it could also reflect a true anomaly, like a misunderstanding of the emotional context or a psychiatric pathology. Below, we will focus on the case where the cognitive model of reference regards emotional cues and is drawn from a sentential context. Sentential contexts refer to the concept of pragmatics, as do other inferences from language cues [4]. Within the embodiment theoretical framework, which posits that sensorimotor information and introspective states ground cognition [5], reading a sentential context should "activate and combine experiential traces in the mental simulation of the described events" [6] that provide cognitive models of reference. These reference models are a mental imagery of the situation described in a text [7] and generated with the help of a simulation [7]-[8]. Cognitive models of reference related to the present study can be considered as situation models, possibly including the following dimensions: time, space, causation, motivation, focal entity, perspective, background entity and features [9]. Such models appear to encode emotional cues [10]-[13].

Apart from research on humor, expectation violation paradigms have been used, using a reading task and event-related potentials (ERPs), to demonstrate that emotional expectancies are processed online [13] and that violations of social expectancies are more cognitively demanding than consistencies with social expectancies [13]-[21]. Basically, studies assessing emotional situation model or social trait inferences test the effects of an inconsistent word in a single text using a verification task [11] or a word that renders a target sentence incongruent with respect to a prime text, using a reading task [10], [13]-[22]. Reading emotional cues that violate a situation model have been shown to slow reading [10], [22] and it has been evidenced that it takes more time to determine that a word is emotionally incongruent than emotionally congruent [11]. Studies employing the sentence-verification task reported similar results, with a shorter time required to correctly respond that a picture matched the sentence than to correctly respond that it mismatched [8], [23]. Error rates have also been shown to be lower in the match condition than in the mismatch [23]. Facial expressions are one of the most relevant stimuli when studying human social interaction [24]. However, although the pragmatic emotional incongruence issue is very relevant in social interaction, we were surprised to find only one ERP study presenting a sentential context, followed by an emotional facial expression rather than a textual target. This study [24] used an effective judgment task in order to assess the integration of the sentential emotional context

and emotional facial expression information. As this study included no sentence-verification task, the correct detection of incongruence could not be tested.

To better understand the neurocognitive mechanisms used to cope with pragmatic emotional incongruence, we used a sentence-picture verification task to investigate the electrical neural response (ERP) elicited when one perceives an unexpected emotional (or neutral) facial expression subsequent to an emotional (or neutral) situational context. We used facial expressions of basic emotions because they have been shown to be universally recognized by human beings [25], which should help prevent misdetections of pragmatic emotional incongruence caused by misrecognitions of our emotional facial expression stimuli. In order to force participants to cognitively process the context in an emotionally pragmatic way, we created emotional contexts based on sentences that described someone in a situation that would or would not elicit basic emotions of joy, fear, sadness or anger. For example, one of the sentences presenting someone in a joyful context was: “Elle/Il a le sentiment d'avoir complètement réussi sa vie.” (“She/He feels like she/he has been a total success.”). These sentences were presented to the participants, followed by either a face expressing an emotion or an emotionally neutral face, which was either congruent or incongruent with the context. The faces were rendered using a computer 3D-model in order to create customized emotional facial expressions. While it is supposed that two stages are involved in the brain process of incongruence (the detection of incongruence and its resolution [3]), we sought to focus on the detection of incongruence, by asking the participants to judge whether the emotion (or lack thereof) displayed by the face matched the one that could be inferred from the sentence.

ERP insights on emotional incongruence

Classically, two early ERP waves have been shown to be elicited by seeing faces: the P100 and the N170 waves [26]. To our knowledge, there is no strong evidence that incongruence between subsequent or simultaneous stimuli can affect the P100 wave, as only a marginal enhancement of P100 amplitude has been found in an emotionally incongruent condition as opposed to a congruent one [27]. Consequently, we did not expect any incongruence effect on the P100 wave. As regards the N170 wave, in affective judgment experiments which were not assessing pragmatics but used faces as stimuli, emotional incongruence has been found to enhance N170 amplitude, [28]-[31]. Another study using an affective judgment task [27] reported a reduced N170 amplitude in the incongruent with respect to the congruent condition. However, the N170 wave has also been shown to be affected by emotional cues, with a greater amplitude for emotional faces than for neutral faces [32]-[33] and for angry faces than for happy faces [34]. Moreover, emotion recognition itself can be improved by congruent contexts, linguistic ones included, and reduced by incongruent contexts, as demonstrated in affective judgment paradigms [27]-[28], [30]-[31], [35]-[36]; for a review, see [37]. Because these studies did not assess whether the participants actually detected incongruence, it is not possible to disentangle incongruence effects *per se* on the N170 wave from effects reflecting misrecognitions of emotions caused by

incongruent contexts. Moreover, the effects of facial expressions of emotions on the N170 wave may be reduced by attention-gated influences [38]. Consequently, in studies presenting a context and a facial expression simultaneously [28]-[31], [39] , the N170 wave might reflect the processing of the context more than of the face. As none of the studies that we mentioned as reporting emotional incongruence effects on the N170 waves used a sentence-verification task, these effects could have been linked to the paradigm used (especially affective judgment). It is difficult to compare paradigms because, to our knowledge, only one study has assessed emotional incongruence on the N170 wave using a paradigm similar to the sentence-verification task. This study [34] used emotional words and schematic faces. In it, the authors did not report emotional incongruence effects on the N170 wave. They did not directly assess the recognition of incongruence but asked participants to count congruent and incongruent trials. This may have inhibited the automatic context effects on the recognition of emotion, because the participants had to be alert for possible incongruence. It is also possible that the schematic emotional faces used in this study were easier to categorize than are true emotional faces, with a reduced contextual influence. However, a study using a non-emotional sentence-verification task [7] reported an effect of context on ERP amplitude in the N170 time window. This study assessed the effect of a mismatch between a picture of an object and a previously presented auditory noun phrase, describing an object with a particular shape. Mismatch effects for both the object and the object's shape were tested. ERP amplitude in the N170 time window was lower when the object was not the one mentioned in the sentence but there was no effect of shape mismatch on ERP amplitude in this time window. These authors had found effects of shape (mis)match on a MEG component in a previous study [40] and considered them to be predicted by the simulation theory. One of the explanations proposed by these authors [7] for the absence of an ERP effect regarding the shape (mis)match is that the generation of a mental image takes several seconds and that their latter experiment did not allow sufficient time for the simulation to affect processing of the pictures. Another study on non-emotional imagery [41] reported enhanced N170 amplitude for faces of famous people that did not match the previously mentally-imaged ones. According to the results reported in these two studies [7], [41], we could argue that Krombholz et al. [34] did not observe an emotional congruence effect on the N170 wave because their task did not allow participants to create sufficiently developed mental images (especially because single words were used as primes, without specifically associated learned imagery). Although one cannot exclude that a sentence-verification task about emotional faces might elicit incongruence effects on the N170 wave, one study using an affective judgment task did not report any effect of a sentential context on this early wave [24] either. This suggests that the task alone is not sufficient to explain why incongruence with the context does not always affect the amplitude of the N170 wave. Therefore, we propose that emotional incongruence effects on such early ERP waves are linked to the fact that the incongruent context disturbs attention or primes a facial emotion strongly enough to disturb recognition of a different emotion in the target face.

We recorded ERPs during the presentation of faces and thus expected to observe an N170 wave. However, according to previous studies using similar stimuli [24], [34], i.e. a linguistic emotional context and an emotional face (or schematic face), not presented simultaneously, we did not expect any incongruence effect on N170 waves. Moreover, since we only analyzed data corresponding to incongruent or congruent stimuli correctly categorized as such by participants (which implied correct recognition of the facial expressions), we actually avoided including trials with misrecognitions of emotional faces. This in turn might prevent emotional incongruence effects on the N170 wave. On the other hand, we used a small set of faces and participants could mentally constitute (by simulation) a precise image of the expected face. As a result, the amplitude of the N170 wave could be reduced [7] or enhanced [41] by incongruence. Moreover, in a reading task about discourse-level integration [17], emotional inconsistency of words has been shown to induce larger amplitudes of some early ERP waves (N1, P200) than emotional consistency. This indicates that linguistic contexts can influence emotion recognition. Finally, finding a reduced amplitude of the N170 wave would indicate a precise image of the expected face. However, we did expect such effects to occur because our task required the correct recognition of the facial expressions, which could inhibit the influence of context (while categorizing facial expressions), by forcing participants to temporarily make an abstraction of the context and its associated mental imagery.

The centro-parietal N400 ERP component has been evidenced as reflecting semantic contextual processing and is classically enlarged by semantic incongruity (for a review, see [42]). However, the N400 wave is not related to semantic processing alone. Indeed, the N400 wave has also been shown to reflect pragmatic processing and stimulus integration with world knowledge [13], [42]-[44] or stereotypes [21], [45]. Moreover, incongruence between a picture and a mental image can elicit a classic N400 effect [5], [7]. Thus, we could expect pragmatic emotional incongruence to affect the N400 wave. This was the case in several studies using a reading task in order to examine discourse-based emotion-related violations [13], [17], [19]-[20]. We found one study reporting an increased late P300 wave instead of an N400 effect in response to a social expectancies violation [15]. It is worth noting that this study was more about trait violations than emotional violations. Along these lines, Leuthold et al. [13] studied online processing when reading emotional sentences violating (or not) expectancies based on a sentential context. They suggested that they found a classic N400 effect because, unlike Bartholow et al. [15], they used shorter vignettes that did not introduce a specific person to the reader, which would have facilitated the activation of an appropriate situation model and the prediction of a character's response. While N400 waves time-locked to pictures have been reported with a more frontal distribution [42], to our knowledge, only three facially time-locked ERP studies have assessed emotional incongruence effects on an N400 component [24], [27], [34]. The first [34] involved the presentation of schematic faces expressing joy or anger, following (after 500 ms) the words "happiness" or "anger", in a task similar to a verification task. The second [24] was similar to ours but used an affective judgment

task instead of a sentence-verification task. The third study [27] used true facial expressions of joy and sadness, primed by positive or negative affective scenes. While Krombholz et al. [34] reported that incongruence between the schematic facial expression and the word led to a greater N400 wave than did congruence, the two other studies [24], [27] found no classic N400 incongruence effect over the entire scalp. In fact, most studies not reporting a classic N400 effect for emotional incongruence used affective judgment tasks [24], [27]-[31]. Since we used a verification task, we expected to observe an emotional incongruence effect on the N400 wave. Thus, the N400 wave would reflect the online check of an emotional facial expression with respect to an emotional situation model established from a briefly described situational context.

The Late Positive Potential (LPP) is known to reflect motivational significance and arousal in response to stimuli [46]. It is a positive-going centro-parietal [47] or midline [46] ERP component peaking between 500 and 800 ms. The LPP time-locked to a stimulus is sensitive to a preceding context [48] and has been described as being enhanced by emotional incongruence in affective judgment tasks [24], [27]. The LPP wave has also been found to be enhanced by trait-based expectancy violations in reading tasks [16], [18]. In addition, Bartholow et al. [15] reported a P300 wave enlarged by social expectancy violations that might also be called "LPP" [49]. In our task, the motivational significance or the arousal of our stimuli could be reduced by incongruence, but this was not assessed by the task. Moreover, none of the studies listed above as reporting effects on the LPP [16], [18], [24], [27] used verification tasks. The LPC (Late Positive Complex) is similar to the LPP and has been described as being enhanced by incongruence [14] and related to the reanalysis of incongruent stimuli [48], which might be the case in our task. A last component that we might observe is the P600 wave, a centro-parietal positive component occurring between 500 and 1 000 ms after stimulus onset. It has been related to schematic-thematic constraints [50]. The P600 wave "may reflect rather controlled attempts to reanalyze and fix" an anomaly [51] and its amplitude can be enhanced by semantic anomalies [8], [52]. The P600 wave is generally time-locked to textual stimuli but can also be evoked by other types of stimulus (e.g. a picture) if it reflects a reanalysis of previously displayed textual information [8]. According to the literature described above, we expected to observe an incongruence effect on a late positive potential, although our paradigm does not preclude other evoked late waves.

Self-reported empathy and the incongruence effect

One specificity of situation models referring to emotions is that they might, at least partially, be simulated with the help of cognitive empathy. This is because cognitive empathy refers to inferences of someone else's emotional state that are made by "putting ourselves in their shoes" [1]. In this way, van den Brink et al. [21] assessed the influence of self-reported empathy on N400 incongruence effects, using the Empathy Quotient questionnaire (EQ, [21]). They presented (non-emotional) sentences spoken by people whose identity (e.g., adult or child) could be congruent or incongruent with the meaning of

the sentences. They reported greater N400 incongruence effects for high rather than low empathizers. In an unpublished study, Rak et al. [52] assessed the effect of empathic dispositions, measured with the help of the multifaceted empathy test, on a task assessing how emotion words are integrated. Words were placed in sentences and were either congruent, incongruent or unrelated to the sentence they were in. They studied sentences related to intentional emotion, proprioceptive emotion and physical control and reported that high cognitive empathizers elicited a stronger N400 incongruence effect for the intentional emotion condition than did low cognitive empathizers. This effect of cognitive empathy was greater in the fronto-central regions. While they found incongruence effects on a late component (P600), it was not affected by empathic dispositions. In order to investigate how dispositions to cognitive empathy could explain some inter-individual differences in the process of pragmatic emotional incongruence, we used a French translation of the EQ [1], which was described by Lawrence et al. [2] as having three subscales. According to these authors, the first one, labeled "cognitive empathy", corresponds to "the intellectual/imaginative apprehension of another mental state". We presumed that if cognitive empathy was needed to deal with our task, it should predict behavioral results (i.e. response times and correct answer rate). Moreover, we expected incongruence effects on brain activity to be linked to the cognitive empathy score, because by definition, it refers to cognition and has never been shown to modulate the N400 incongruence effect [52]. The second subscale, labeled "emotional reactivity", reflects "the tendency to have an emotional reaction in response to others' mental states". We did not expect self-reported emotional reactivity to be linked to any of our behavioral or electrophysiological results because the task we used did not require the participants to feel the emotion it described. In a task like ours, behavioral results (correct response/error rates, response time) integrate several brain processes. Consequently, if a psychological construct influences just a few of these processes, it could be reflected in behavior. By contrast, ERP waves are more specific to a process and psychological constructs have to influence this process strongly in order to reach statistical significance. As the last subscale, labeled "social skills", refers to social adaptation abilities, which might include several psychological constructs (not clearly defined by Lawrence and her collaborators [52]), it might not influence a brain process sufficiently strongly to present an identifiable link with ERPs. Still, we expected high social skills scores to be associated with behavioral data and low social skills scores to be related with a poorer detection of pragmatic emotional incongruence.

3.4.3 Materials and methods

3.4.3.1 Participants

Thirty-seven participants, fluent in French, took part in the EEG experiment, but statistical analyses were conducted on data from only 32 participants (16 women, 16 men; *M*age: 22.9 years ± 3.5

SD). We excluded data from participants having correctly answered less than 70% of each condition or whose data presented too many artifacts, so that there were always at least 50% of retainable trials per condition (i.e. 50 trials). Handedness was assessed using a French version of the Edinburgh Handedness Inventory [53]. Twenty-nine participants were right handed, two left handed and one was ambidextrous. None reported any neurological or psychiatric disease. They had normal or corrected-to-normal vision.

All participants gave informed written consent before the experiment, in accordance with the ethical standards of the Declaration of Helsinki. The EA 4532 local Ethics Committee of University Paris-Sud approved this study specifically

3.4.3.2 Empathy questionnaire

Figure 1 illustrates the procedure for assessing empathy.

Initially, 16 participants performed our task before completing a French translation [54] of the Empathy Quotient questionnaire [1]. In order to involve more participants presenting more highly contrasting scores on the EQ, we recruited additional participants based on their scores. To this end, we uploaded the French translation of the EQ questionnaire on internet. There were 835 female and 628 male (*M*age: 23.27 years ±6.13 *SD*) respondents, mostly from Université Paris-Sud. The EQ questionnaire contains 40 empathy and 20 filler items. The scores range from 0 (low empathy) to 80 (high empathy). This questionnaire was cross-culturally validated with healthy subjects and with patients having autistic spectrum disorders [54]. Correlations with neurofunctional data were reported in fMRI [55] as well as both correlations and regressions with EEG data [21].

The 1 463 online participants completing the online EQ questionnaire obtained an average score of 37.76/80 ± 9.24 *SD* on the EQ. We performed an ANOVA on the Empathy Quotient score, using gender (2) as factor. On average, women scored significantly higher than men, with 40.06/80 versus 34.67/80 for men, $F(1,15) = 133.87$; $P < .01$, $\eta^2 = .08$.

We screened the respondents in order to recruit the 20 participants with the highest and lowest EQ scores (10 highest, 10 lowest; at least one standard deviation from the average calculated on our 1 463 respondents). The participants who had not completed the EQ online were required to complete a printed version at the end of the experiment.

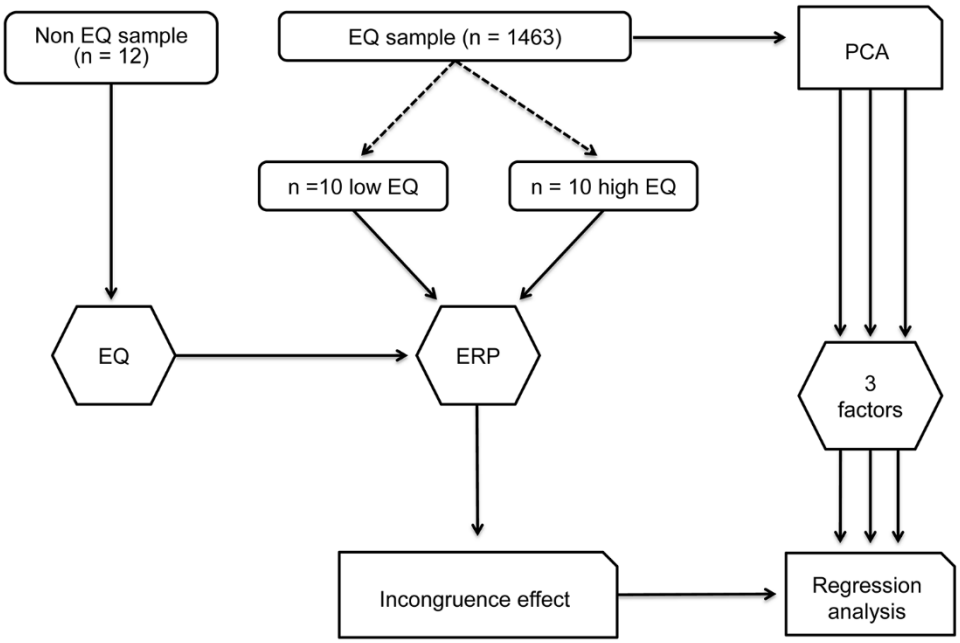


Figure 1: Illustration of the procedure used as regards empathy.

The EQ questionnaire contains three subscales [2]. These are: “cognitive empathy”, “emotional reactivity” and “social skills”. The subscale items were chosen according to the factors we found while running a PCA on the 1 463 online respondents to the EQ questionnaire. The results of this PCA are presented in Table 1.

We kept only items with loadings ≥.50 (that is ≥ 25% of explained variance). Items 19, 25, 26, 41, 44, 52, 54, 55 and 58 were considered as assessing “cognitive empathy”. We took items 6, 32, 42, 48 and 59 as representing “emotional reactivity”. Finally, items 4, 8 and 14 were grouped as evaluators of “social skills”. The score for each EQ subscale was computed from the average score on the items representative of the subscale (according to the PCA). On average, the participants in the ERP experiment scored 8.1/18 ± 4.9 *SD* on the cognitive empathy scale, 5.4/10 ± 3.3 *SD* on the emotional reactivity scale and 2.8/6 ± 1.6 *SD* on the social skills scale.

Table1. Results of the PCA made with Lawrence et al. (2004)'s items, using data from 1463 respondents to the EQ questionnaire.

	EQ Items	Factor 1	Factor 2	Factor 3
cognitive empathy	19	**0.702**	-0.069	0.058
	25	**0.648**	0.182	0.096
	26	**0.639**	0.143	0.099
	44	**0.597**	0.136	0.070
	52	**0.737**	0.170	0.092
	54	**0.607**	0.046	0.067
	55	**0.738**	0.028	0.053
	58	**0.595**	-0.096	0.005
	41	**0.590**	-0.002	0.086
emotional reactivity	6	0.150	**0.536**	0.024
	42	0.162	**0.587**	-0.086
	59	0.131	**0.675**	-0.065
	21	0.059	0.442	0.330
	32	-0.051	**0.703**	-0.017
	48	-0.065	**0.644**	0.179
Social skills	4	0.071	0.009	**0.552**
	8	0.135	-0.023	**0.681**
	12	-0.012	0.405	0.448
	14	0.055	0.193	**0.562**
	35	0.129	-0.225	0.418
	Prop.Explained Variance	0.198	0.128	0.083

Loadings of the items that we used for regression analyses on behavioral and ERP data are bold-typed.

3.4.3.3 ERP experiment

During the experiment, the subjects were presented 20 blocks of 10 trials. Each trial consisted of a sentence describing an emotional situation followed by an emotional static face. The subjects were asked to decide whether the facial emotion was congruent with the situation described in the sentence.

3.4.3.4 Selection of stimuli

All of the stimuli were chosen based on the results of a forced choice validation study (12 participants: 6 women, 6 men, *M*age: 32.7 years ± 14.6 *SD*). The participants were required to categorize emotionally each stimulus as joy, fear, anger, sadness or neutral. An analog scale was also used to test the participants' perceived emotional intensity (except for neutral stimuli). They were instructed to click

on the scale with the computer mouse, from *low emotional intensity* to *high emotional intensity*. There were 10 groups of 25 sentences (250 trials) and 8 groups of 8 faces (80 trials). The groups of sentences and faces were alternated. The sentences were presented for 3 000 ms, the participants were allowed to answer (by clicking on a box) during sentence presentation and had 2 000 additional milliseconds to answer after the sentence disappeared. The procedure was similar for faces, except that they were displayed for only 1 000 ms.

Sentences. The sentences described a situation that would elicit a specific and unambiguous basic emotion in a person such as joy, sadness, fear or anger. Some situations were inspired by the material described in Russ et al. [56]. Neutral sentences (with no inferable emotion) were added. There were 20 different sentences for each emotional category. Each sentence was formulated in the third person with either a male/female or neutral gender, resulting in a total of 200 sentences. Sentence stimuli were 89% (± 8% *SD*) correctly categorized on average. The perceived intensity for emotional (non-neutral) sentences was 68% (± 14% *SD*) on average. The sentences are provided as Supporting Information (S1).

Faces. The facial expressions for primary emotions (for a description, see Ekman and Friesen, 2003) of joy, fear, anger and sadness plus neutral expressions were generated on M.A.R.C. software [57]. In order to match the sentences' gender, one female and one male virtual character was employed. This resulted in ten different facial expressions, one for each emotional category and avatar (Cf. Figure 2). The pictures measured 4 cm x 4 cm, corresponding to 4° x 4° visual angles at the participants' viewing distance. The emotional faces were correctly categorized 83% (± 17% *SD*) of the time on average. The average perceived emotional intensity of non-neutral facial expressions was 69% (± 6% *SD*).

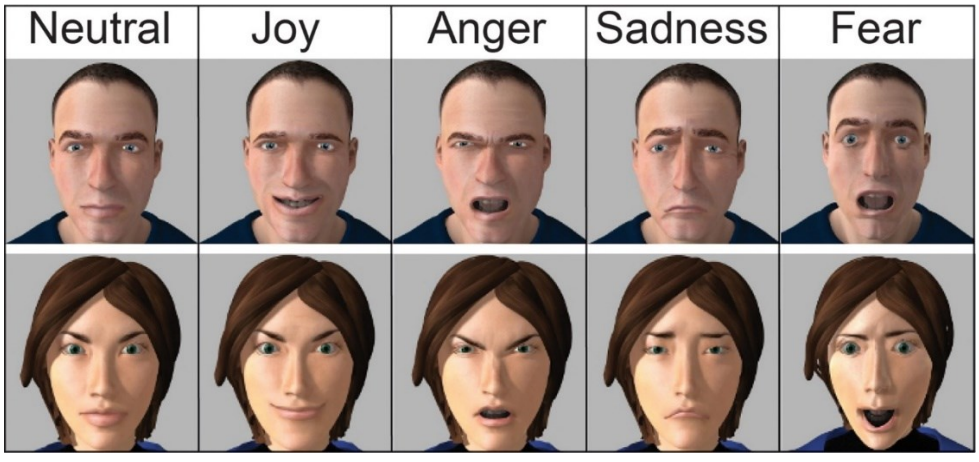


Figure 2: Faces. The facial expressions of joy, anger, sadness, fear and the neutral faces were created using M.A.R.C. software (L.I.M.S.I). All of the faces are presented here.

3.4.3.5 Experiment

The participants were seated in a dimly lit room in front of a screen, at a 57-cm viewing distance from a 24-inch LCD monitor. They were provided oral and written instructions on the experimental task prior to training. The participants were provided ear plugs to avoid noise disturbance, and were asked to keep their gaze directed at the center of the screen. The participants were instructed to read sentences presenting someone in a particular situation potentially eliciting joy, fear, anger or sadness. They were advised that a situation not eliciting any emotion should be considered as neutral. We informed the participants that a face would be displayed after each sentence, expressing joy, fear, anger or sadness or a neutral expression. We then asked them to judge whether the facial expression matched or mismatched the emotion (or absence of emotion) suggested by the sentence.

The experiment included 20 blocks of 10 trials, randomized between participants. Fifty percent of the trials were congruent, and 50% were incongruent. The experiment was performed using PST software Eprime 2.0. The participants started with a set of ten practice trials using stimuli different from the experiment.

Each trial began with an eye-symbol displayed for a random duration of 2 200 to 2 700 ms inviting the subjects to blink (to prevent blinking during the stimuli display). Then a fixation cross was displayed for a random duration of 1 000 to 2 000 ms. After the fixation cross, a sentence was displayed for 3 000 ms. The fixation cross appeared again, with a random duration of 1 000 to 2 000 ms. Then, a face appeared for 1 000 ms, followed by the answer screen composed of two choices: “identique” or “différent” (resp. “same” or “different”). Each feminine sentence was followed by a female face and each masculine sentence was followed by a male face. The participants were allowed 2 000 ms to answer using number pad keys “1” and “3” (with their right hand). They had to answer “same” if they thought the face was congruent with the sentence and “different” if it was not. The order of the answer keys (and onscreen boxes) were randomized between participants. The procedure is illustrated in Figure 3.

Each sentence was randomly paired with all facial expressions (by gender) across participants, without counterbalancing constraint.

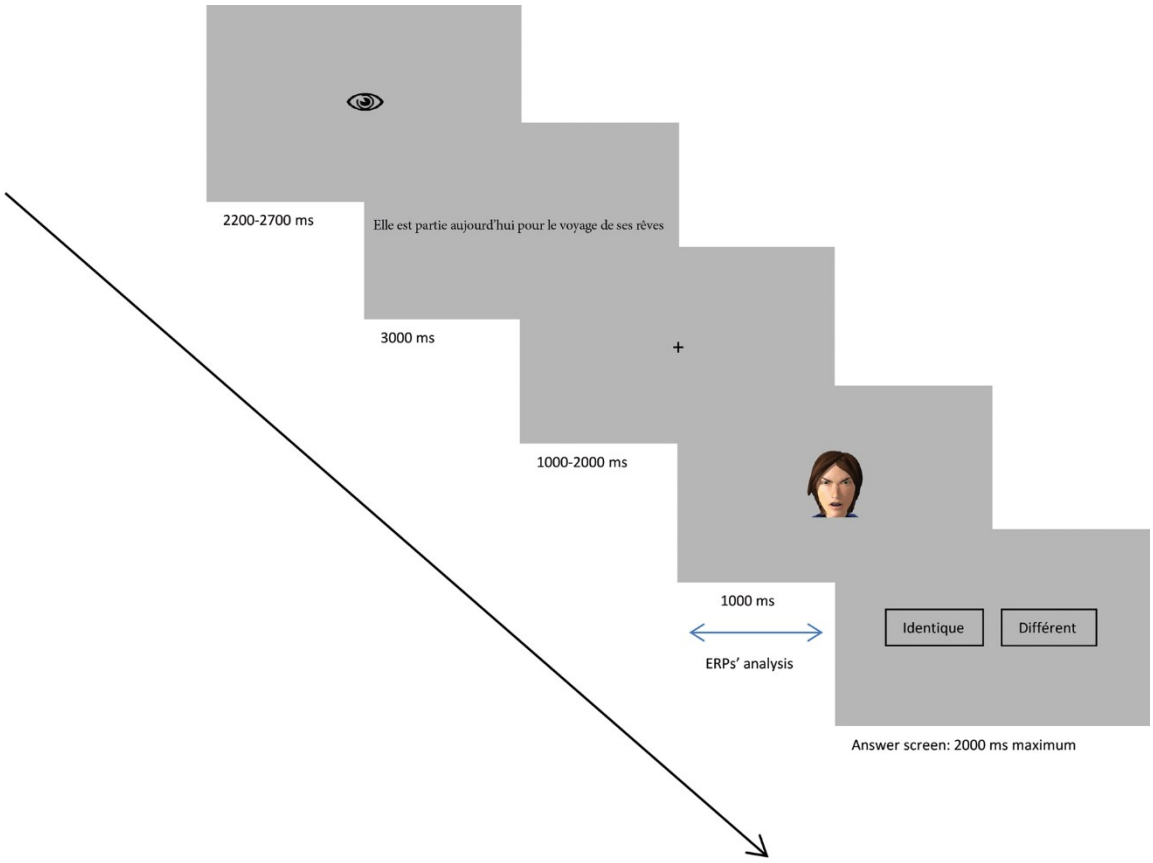


Figure 3: Experimental procedure. A sentence presenting someone in an emotional (joyful, fearful, angry, sad) or neutral context was displayed, followed by a face expressing an emotion (joy, fear, anger, sadness) or not (neutral). Participants were asked to answer "Same" if the emotion expressed by the face corresponded to the emotion suggested by the sentence, and "Different" if it was not the case. Here, the angry face is incongruent with the sentence "Today she left on the trip of her dreams".

3.4.3.6 EEG recording

The EEG was recorded by 32 active Ag-AgCl electrodes (ActiCap), placed on the scalp with an elastic cap, connected to a BrainAmp system (Brain Products ©). The electrode positions were compliant with the 10-20 system. The sampling rate was 1 000 Hz. No filter was applied during data acquisition. Electrode impedances were kept below 20 kΩ.

Recorded data were then processed using Brainvision Analyzer 2 software, using the FCz electrode as reference (this reference was also used offline for data analyses). The EEG signal was band-pass filtered (0.1-30 Hz, 12 dB/Octave). Filtered data were segmented into periods from 500 ms before to 1 000 ms after the presentation of the emotional faces. Segmentation was performed within subjects according to experimental conditions (congruent and incongruent). Only segments corresponding to correct answers were analyzed. Automatic artifact rejection was done to remove segments with a

gradient greater than 50 μV/ms, difference (max-min) greater than 200 μV by 200 ms interval and activity of less than 0.5 μV by 100 ms interval. Then a second, semi-automatic, artifact rejection was performed to reject segments containing ocular artifact bases upon visual inspection. We could have corrected data for ocular artifacts but chose not to do so as we considered rejecting affected trials as less data disruptive. On average, we rejected 14.6% of trials due to ocular and other artifacts. The number of trials per remaining participant available for statistical analyzes was 79 in the congruent condition and 76 in the incongruent one. A t-test on the number of rejected trials by condition revealed no significant difference (P >.1). Baseline correction was done taking the 200 ms prestimulus period as the reference. Then the segments were averaged for each participant and condition. Finally, an initial attempt to analyze data by smaller time windows led us to compute a moving average with a 20 ms overlapping window (using a 10 ms overlap at each window extremity). We removed 30 ms from all time values for the computer monitor's 30 ms latency, in order to time-lock ERPs at stimulus onset.

3.4.3.7 Data analysis

Behavioral data

Repeated measures analyses of variance (ANOVAs) were conducted on behavioral correct answer rates and response times to correct answers, with congruence (two levels) as the main factor.

Event Related Potentials (ERP).

First of all, regions of interest (ROI) were defined according to functional anatomical regions: occipital (O ROI), centro-parietal and parietal sites (CP ROI), temporal sites (T ROI), frontal sites (F ROI), and centro-posterior midline electrodes (M ROI). Functionally, the occipital and temporal regions are known to be associated with ERPs reflecting visual processes and related to face processing, concomitant with P100 and N170 waves [48]. The centro-parietal and frontal regions are associated with higher level processes such as context integration, echoed by the N400 wave [42]. Electrodes FC1, FC2 and Fz were excluded from analysis because their overall amplitude was close to zero. ROIs are summarized in Figure 4. The following time windows were considered: [50; 120 ms] after emotional faces stimuli onsets for the P100 wave; [120; 200 ms] for the N170 wave; [200; 340 ms] for the P300 wave; [340; 470 ms] for the N400 wave; and [470; 960 ms] for the Late Potential.

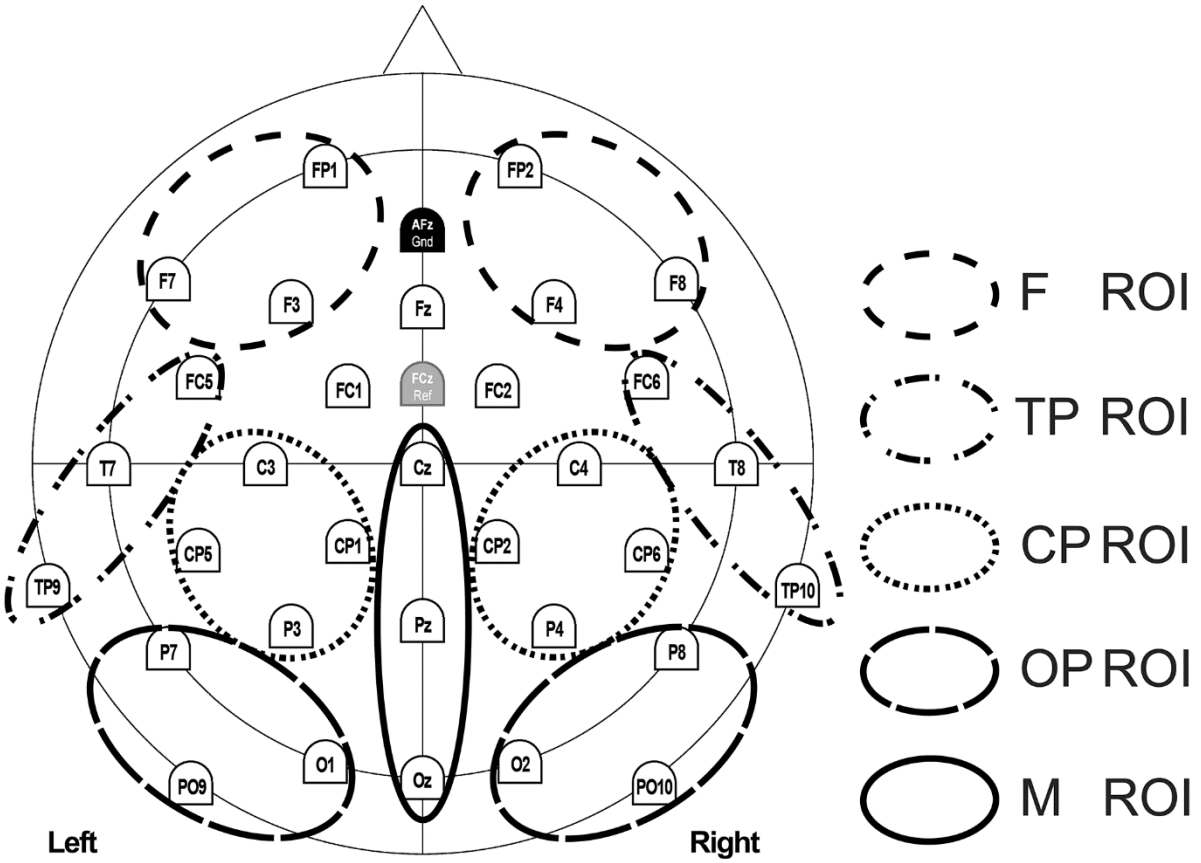


Figure 4: Regions of interest (ROIs): frontal (F), temporal (T), centro-parietal (CP), occipital (O) and centro-posterior midline (M) groups of electrodes. ROIs were further subdivided by hemispheres (except for M).

To assess the incongruence effect, we conducted ANOVAs on amplitude value (μV), for each considered time-window, with all ROIs (9) and congruence (2) as within-subject factors. Note that, for the purpose of these particular ANOVAs, we did split each initial ROI (whether O, CP, T or F) in two: one for the left hemisphere and one for the right hemisphere (except for the M ROI). When a significant "congruence x ROI" interaction was found, we conducted subsequent separate ANOVAs, for each concerned time-window and ROI. These separate ANOVAs were conducted on amplitude value (μV), with congruence (2) and hemispheres (2) as within-subject factors. The analysis of Midline ROI did not involve the hemisphere factor. When appropriate, Greenhouse-Geisser corrections were applied to the p-values. Because we aimed to study correctly perceived incongruence effects, only correct answers were considered for analyses on ERP data.

Analyses of empathy correlates

In order to bring to light the different relationships between the empathy subscales and findings as defined above, we performed regressions on incongruence effects (data value in incongruent

condition – data value in congruent condition) with the three EQ subscales as continuous predictors for each wave and ROI, as well as on behavioral data (response time and correct answer rates). We used multiple regression models with forward and backward procedures. We checked for outliers in all significant or marginally significant regressions, using the standard residual method (> 2 * sigma). We observed two outliers for the regression from the O ROI in the N400 time window. Correct answer rates and response time regressions each presented two outliers.

As regards ANOVAs, we considered *P* values below .05 as significant and $.05 \leq P < .01$ as marginally significant. Regressions were considered as significant when the *P* values were below .0056, according to the Bonferroni correction for multiple comparisons (9 comparisons were done for each analysis) with an initial $\alpha = .05$ criterion.

3.4.4 Results

3.4.4.1 Behavioral measures

Description of the behavioral incongruence effect

Correct answer rates were significantly lower in the incongruent condition (M = 88.66%) than in the congruent one (M = 93.00%), $F(1,31) = 6.58$, $P < .05$, $\eta^2 = .18$. Likewise, response times were significantly higher for incongruent stimuli (M = 631.16 ms) than for congruent stimuli (M = 603.84 ms), $F(1,31) = 4.21$, $P < .05$, $\eta^2 = .12$.

Regression of EQ subscales on the behavioral incongruence effect

The incongruence effect (response to incongruent stimuli minus response to congruent stimuli) on response times was predicted significantly by the scores at the social skills subscale (Cf. Table 3). The greater the social skills, the greater the sensitivity to incongruent versus congruent stimuli (cf. Figure 6 A).

3.4.4.2 Event related potentials

Topography and chronometry of the components

Independent of the congruity factor, five ERP components were evoked by emotional face onsets (see Figure 4). The first component was a P100 wave, positive going and peaking around 100 ms after stimulus onset in the O ROI. The main effect of ROI was significant, $F(8,248) = 42.45$, $P < .001$, $\varepsilon_{g\text{-}g} = .27$. The second component was an N170 wave, peaking at around 150 ms in the O ROI. We found a significant main effect of ROI, $F(8,248) = 4.87$, $P < .01$, $\varepsilon_{g\text{-}g} = .26$. The third component was a positive-going P300 wave, peaking at around 310 ms in the M ROI. There was a significant main effect of ROI in the P300 time window, $F(8,248) = 71.24$, $P < .001$, $\varepsilon_{g\text{-}g} = .32$. The fourth component was a negative-going N400 wave, peaking at around 380 ms in all ROIs. A significant main effect of ROI was found in this time-window, $F(8,248) = 52.20$, $P < .001$, $\varepsilon_{g\text{-}g} = .25$. Finally, the last component was a late positivity, following the N400 wave and lasting until around one second after stimulus onset. Again, a significant main effect of ROI was found in this time-window, $F(8,248) = 7.87$, $P < .01$, $\varepsilon_{g\text{-}g} = .20$.

Lateralization effects are reported in supplementary material S2.

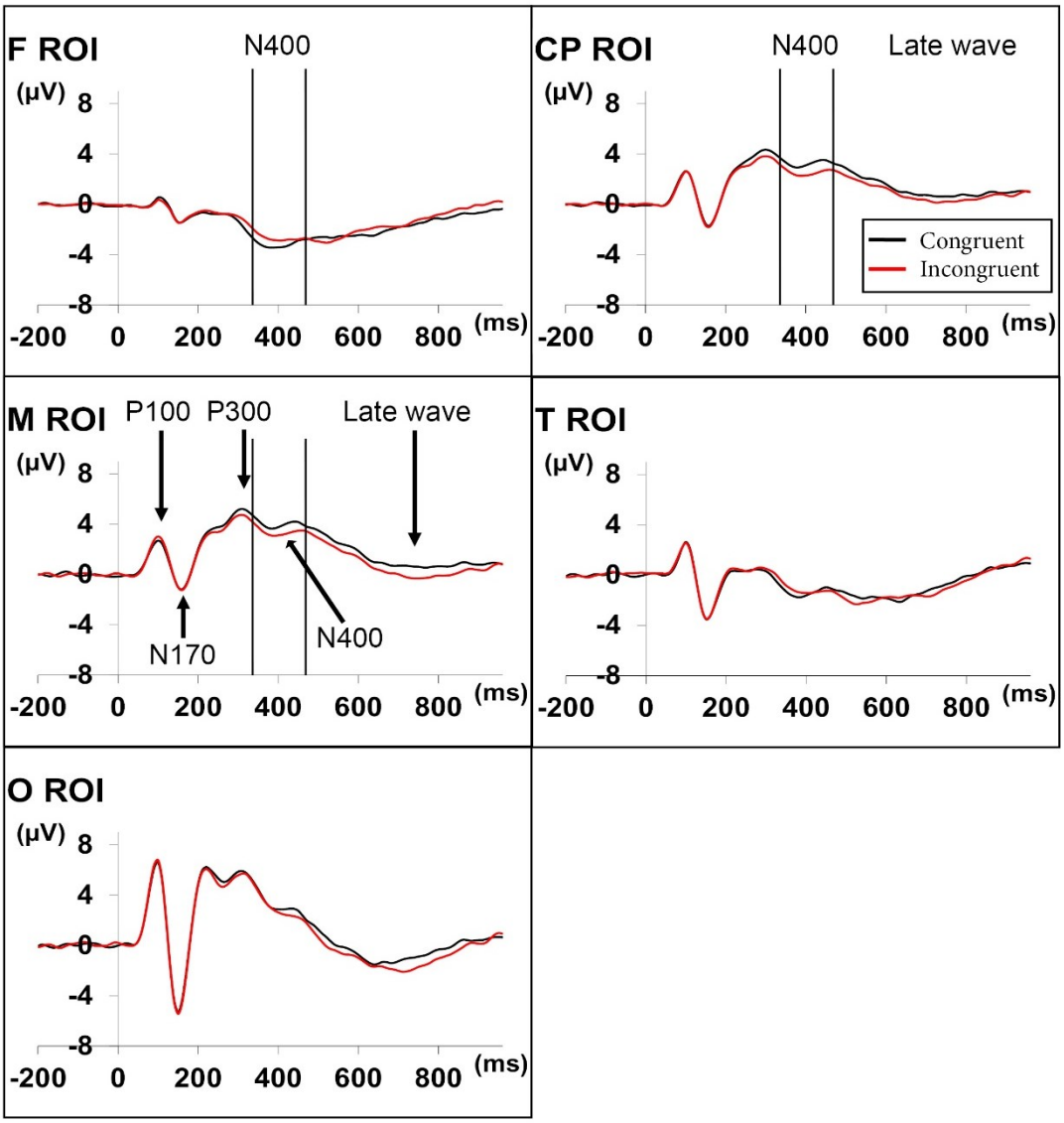


Figure 5: Overall average ERPs for congruent and incongruent conditions (all participants combined). The incongruence-related N400 deflection is significantly lower than the congruence-related deflection in CP and M ROIs, and higher in the F ROI. The incongruence-related late wave deflection is lower than the congruence deflection in CP and M ROIs.

Incongruence event-related potentials

Main effects of incongruence on the ERPs (by ROIs) are reported in Table 2. Potentials are shown in Figure 5. Note that no significant or marginally significant interaction was found between the hemisphere and congruence factors. There was no incongruence effects on the amplitude of the P100 and N170 waves. The "congruence x ROI" interaction was significant, $F(8,248) = 4.42$, $P < .01$, $\varepsilon_{g\text{-}g} = .40$. In the CP ROI, the amplitude of the P300 in the incongruent condition tended to be lower (less

positively going) than in the congruent condition. A similar marginal effect was found in the M ROI. As regards the N400, a significant "congruence x ROI" interaction was found, $F(8,248) = 9.40$, $P < .001$, $\varepsilon_{g\text{-}g} = .40$. CP and M ROIs exhibited significant main effects of incongruence with more negative-going N400 components in the incongruent condition. In contrast, the F ROI presented a significant reverted N400 effect with a smaller N400 component in the incongruent condition. Finally, there was also a significant "congruence x ROI" interaction in the late positivity time window, $F(8,248) = 3.35$, $P < .05$, $\varepsilon_{g\text{-}g} = .32$. CP and M ROIs presented significantly more negative-going waves in response to incongruent stimuli during this time window.

Table 2: Significant or marginal ANOVAs' results involving the factor incongruence.

Wave	ROI	F value	Significance	Amplitude (μV)	η²
P300	CP	$F(1,31)=3.88$	$P<.06$	C=3.53 I=3.22	.03
	M	$F(1,31)=3.39$	$P<.08$	C=4.06 I=3.72	.1
N400	CP	$F(1,31)=12.96$	$P<.01$	C=3.36 I=2.70	.07
	F	$F(1,31)=6.39$	$P<.05$	C=-3.17 I=-2.68	.07
	M	$F(1,31)=7.68$	$P<.01$	C=4.01 I=3.40	.2
Late wave	CP	$F(1,31)=5.21$	$P<.05$	C=1.33 I=.87	.04
	M	$F(1,31)=6.81$	$P<.05$	C=1.40 I=.81	.2

3.4.4.3 Regression of EQ subscales on event-related potentials

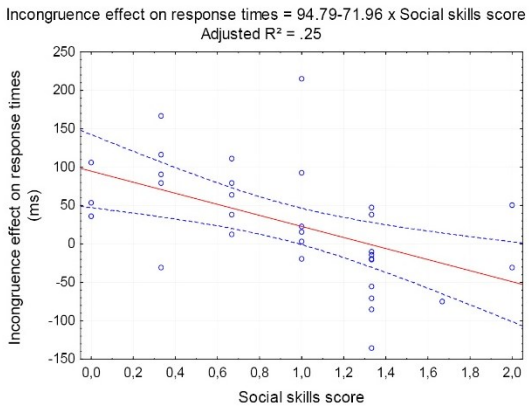
Linear prediction of ERP incongruence effects (i.e. incongruent minus congruent potentials) by EQ sub-scales are reported in Table 3.

The incongruence effect in the N400 time window was significantly predicted by the score at the cognitive empathy scale in the left O ROI. A similar prediction was also observable in the right O ROI but did not reach the Bonferroni corrected α criterion (i.e., $\alpha < .05/9$), although it was close to it. The predicted effect reflected a more negative-going curve for participants with high cognitive empathy scores and tended to reverse for lower cognitive empathy scores (cf. Figure 6 B).

Table 3: Significant regressions on incongruence effects.

Adjusted R^2=.20 for RTs				
	Variable	Estimate (SE)	β (SE)	Statistics
	Social skills	-78.28 (24.47)	-.57 (0.18)	$t(28)=3.20$, $P=.0034$
Adjusted R^2= .30 for N400 incongruence effect (μV) in the left O ROI				
Adjusted R^2= .15 for N400 incongruence effect (μV) in the right O ROI				
Hemisphere	Variable	Estimate	β (β SE)	Statistics
Left	Cognitive empathy	-1.78 (.51)	-.60 (.17)	$t(27)=3.46$, $P=.0018$
Right	Cognitive empathy	-1.64 (.57)	-.55 (.19)	$t(27)=2.88$, $P=.0075$

A



B

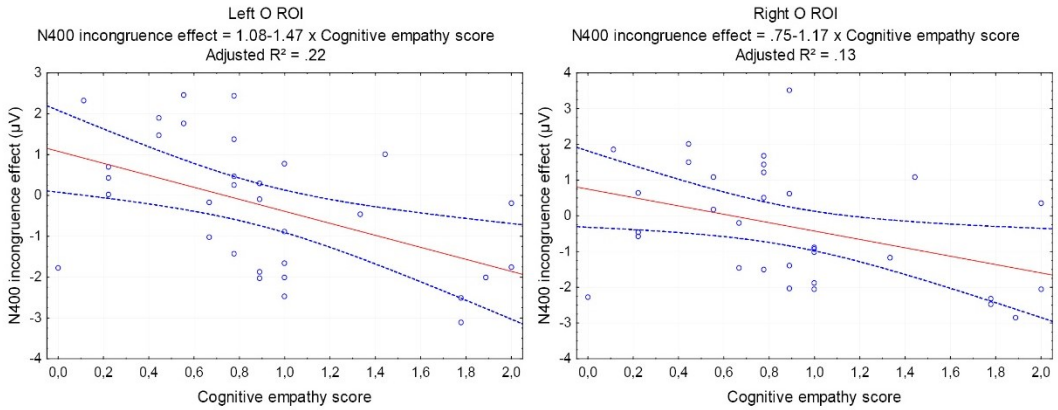


Figure 6: Scatterplots illustrating simple regressions corresponding to significant multiple regressions. A: Scatterplots of the regression on the response times. B: Scatterplots of the regressions on the N400 incongruence effect in the O ROI (by hemisphere). The N400 incongruence effect appears increased for high cognitive empathy scores and linearly decreases until reverse for low cognitive empathy scores.

3.4.5 Discussion

This study explored the neuroelectric correlates (ERPs) of pragmatic emotional incongruence (i.e. emotional expectancy violation) effects among healthy participants with various self-reported empathic dispositions. We presented faces displaying basic emotions that were congruent or incongruent with a prior emotional sentential context. The participants were required to judge sentence-facial expression congruence. We studied incongruence effects per se and not the influence of the context on the perception of facial expressions of emotions. Our results indicate that pragmatic emotional incongruence is harder to process than pragmatic emotional congruence (with a greater tendency to make errors and longer response times). Moreover, response times were predictable by self-reported social skills, and difficulties in detecting incongruence appeared to be greater in participants with low social skills. The first effect of pragmatic emotional incongruence on ERPs might be a lowered P300 wave. Then, pragmatic emotional incongruence enhanced the N400 wave in the centro-parietal and centro-postero midline electrodes. In the frontal region, the N400 incongruence effect was reversed, in that it was decreased by incongruence. In the N400 time window, the amplitude in the occipital region was predicted by the cognitive empathy score, with a more negative amplitude in response to incongruent stimuli among high cognitive empathizers and a reversed pattern for low cognitive empathizers. Finally, a late centro-parietal and midline positive component appeared to be reduced by pragmatic emotional incongruence. As the emotional reactivity score did not predict any result, the emotional reactivity component appears unrelated to the process of pragmatic emotional incongruence. It is worth noting that the experimental setup was not designed to provide evidence that the task elicited emotional reactivity.

3.4.5.1 Behavioral effects of pragmatic emotional incongruence

Reporting inconsistency between stimuli has been found to be more cognitively demanding than reporting consistency. Indeed, some studies employing a picture-sentence verification task have shown that it takes less time to correctly respond that a picture matched a sentence than to correctly respond that it mismatched [8], [23]. Similarly, lower error rates have been observed when the picture matched the sentence than when it did not [23]. In this study, we extended this finding to a situation where the participants judged the emotional congruence between a face and a previous sentence describing someone in a situational context. To our knowledge, we provide the first evidence of incongruence effects on response times linked to self-reported social skills (as defined by Lawrence et al. [2]), in that they would be observable mainly among subjects with lower social skills. According to Lawrence et al. [2], “social skills” refer to spontaneity and intuitivism in the process of social information, a construct that was operationalized through Empathy Quotient items such as “I often find it difficult to judge if someone is rude or polite” or “I find it hard to know what to do in a social situation”. The fact that the ability to detect quickly pragmatic emotional incongruence was predicted by self-reported social skills

confirms its importance in everyday social relationships. To summarize, our results suggest that mentally imaging a social situation requires social skills. As behavioral results were not predicted by the score to the cognitive empathy subscale, the use of cognitive empathy did not appear to be required to deal with the task we used. Thus, taking another person's perspective appears to be useless for detecting pragmatic emotional incongruence. However, it is worth noting that the sentences we presented to the participants were designed to be as universally understandable as possible. Moreover, the participants were not required to adopt the perspective of the people mentioned in the sentences (i.e. to put themselves in their shoes), like in tasks assessing agents' false beliefs, such as the Sally and Ann task [58]. Thus, it remains possible that a more complex emotional situation model needs the use of cognitive empathy to be correctly inferred.

Evaluative processes, which correspond to judgments made by people about a stimulus, have been shown to be more difficult (increased response times, more error prone) when a stimulus is incongruently primed (by another stimulus). Priming effects are usually considered as reflecting automatic evaluative processes as regards one stimulus (for a review about behavioral effects of evaluative processes, see [59]). Behavioral results should not reflect such priming effects, at least for response time, because they would contradict our regression findings with social skills as a predictor. Indeed, if the increase in response time were due to priming effects, the prime should be the mental images simulated from the sentences. Mental images have been shown as being able to act as primes [5], [8] but this implies that improved mental imagery leads to a greater priming effect. As we do not see any reason that this would explain why participants with low social skills scores would simulate the emotional situation model from the sentences better than participants with high social skills scores, the incongruence effect on response times should not be linked to evaluative priming. Consequently, the behavioral results we observed in this experiment might, at least as regards response time, reflect a difficulty in affirming that an emotional face violates a context and/or a puzzled state caused by an expectancy violation.

3.4.5.2 Early ERP components seem unaffected by emotional incongruence

P100 and N170 components were evoked by facial expressions but, as we expected, incongruence did not modulate these early waves. In this way, our results resemble those of Krombholz et al. [34] who used a paradigm similar to the sentence-picture verification task. While incongruence effects on the N170 wave are usually observed with affective judgment tasks using visual cues (pictures or words) as contexts [27]-[31], the task does not appear as determinant here. Indeed, such an incongruence effect has been reported using a verification task [7] while no similar effect was reported by a study using an affective judgment task [24]. That said, we argue that, in order to correctly recognize a stimulus as incongruent, one must categorize it correctly, which implies avoiding misrecognitions (that might affect the N170 wave). Finally, the nature of the context appears to be the key factor. Indeed, the

particularity of the study from Diéguez-Risco and her collaborators [24] is that the context was set up with sentences similar to the one we used. These authors suggested that the absence of N170 modulation by emotional congruence between the face and the sentence could be linked to the fact that they did not present the context and the face simultaneously, which would produce perceptual interactions. This explanation stands in contrast with results by Hietanen and Astikainen [27] reporting an incongruence effect on the N170 amplitude in an affective judgment task where contexts (visual affective scenes) were presented before the emotional faces. Another explanation given by Diéguez-Risco et al. [24] was that the gist of the scene would be more directly accessible from pictures than from a context that has to be inferred from a text. According to that, in order to increase the amplitude of the N170 wave, a linguistic context would have to induce a sufficiently precise image of the expected facial expression, anticipating critical visual features, which would, *in fine*, make it similar to a visually presented context. This was, indeed, apparently not the case in the study from Diéguez-Risco et al. [24] and we can interpret our own absence of incongruence effects on the N170 wave in a similar manner. We may expect that our participants generated more precise mental images of the expected face (better anticipating critical visual features of a given emotion condition) than the participants in the Diéguez-Risco et al. study [24]. Indeed, we presented only ten different target faces, while twenty target faces were presented in their study, which would constitute a larger number of critical facial visual features to learn. This might still be the case but it would not be sufficient to be reflected by an enhanced or reduced amplitude of the N170 wave. One possible explanation would be that, by analyzing only ERPs for correct answers, we tended to exclude trials where faces were misrecognized. Such trials might be those eliciting greater incongruence effects (enhancement or reduction of the amplitude) on the N170 wave.

3.4.5.3 Pragmatic emotional incongruence might modulates the N400 component

Incongruence is classically found to increase negativity of the N400 wave (supposedly reflecting semantic integration) in centro-parietal regions (for a review, see [42]). In this study, pragmatic emotional incongruence elicited this N400 incongruence effect, not only in the centro-parietal region (with no lateralization effect), but also in the centro-posterior midline region. Thus, we globally replicated the well-established modulation of the N400 concomitant with social expectancy violations using reading tasks [7], [13], [16]-[21], [43]-[44], [60] with especially enhanced N400 amplitudes in the case of social expectancy violation or incongruence. In this way, our results confirm that violations of expectations from emotional pragmatic situation models can elicit classic N400 incongruence effects. Our findings also fit well with results from studies using a sentence-verification task [7]-[8] or a paradigm similar to a sentence-verification task [34]. A reversed N400 effect was found in the frontal ROI, with an enhanced N400 for congruent rather than incongruent faces. Topographical maps (Cf. Figure 7) suggest that the associated dipolar source does not differ between conditions. Therefore, it is doubtful that reversal would be due to the orientation of the dipolar source that would produce a posterior

negative and frontal positive ERP effect due to volume conduction. Consequently, although the orientation of the dipolar source might explain why the N400 was negative in the frontal region while it was positive in the centro-parietal region, it does not account for the reversal of the incongruence effect. Reversed N400 effects (higher N400 for congruent conditions) are usually reported by studies using affective judgment tasks. [27], [36], [61].

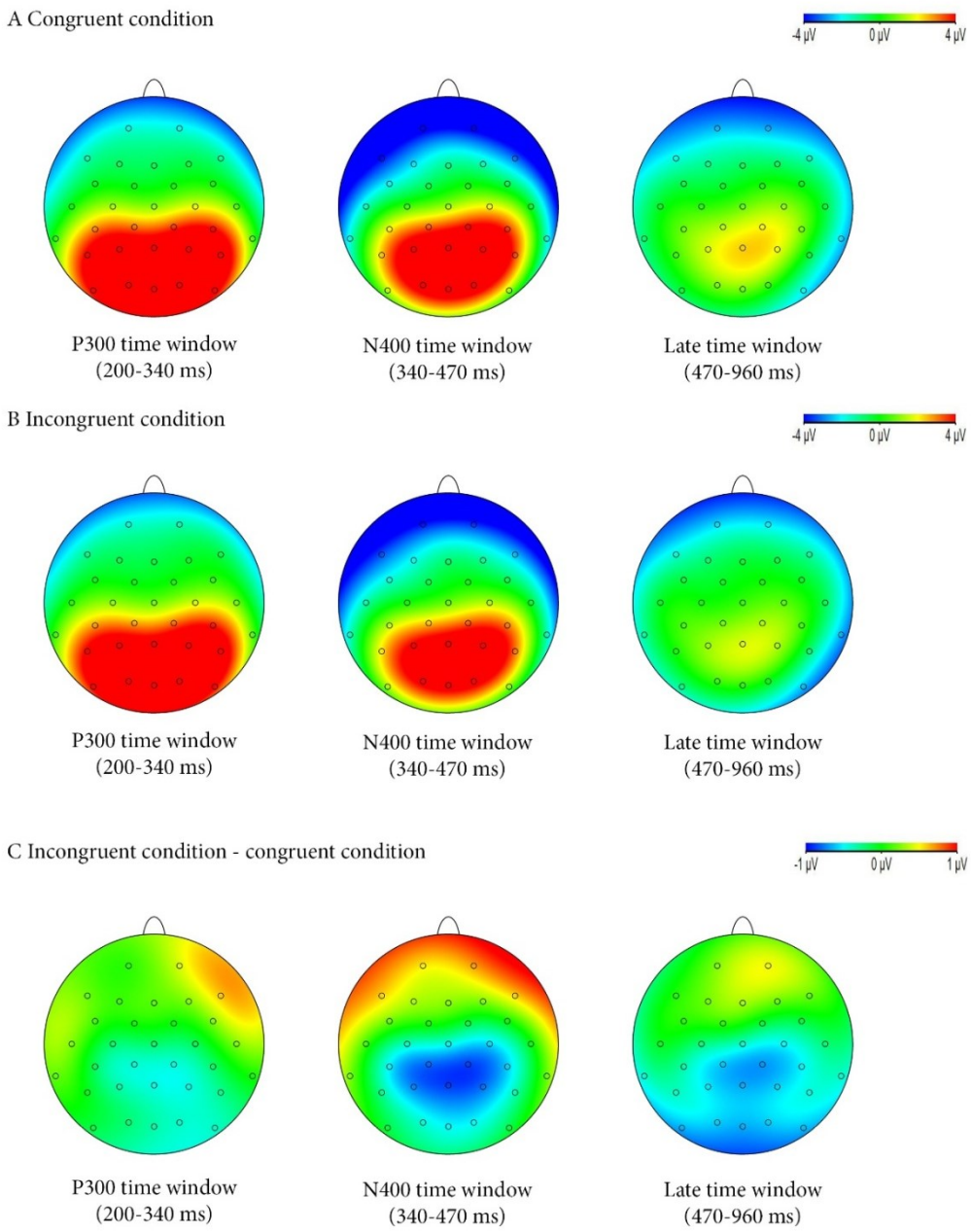


Figure 7: Topographical maps of ERP's grand averages for the P300, N400 and P600 time windows in: A - the congruent condition; B - the incongruent condition; and C - of the differences between the incongruent and congruent conditions.

An alternative account for N400 reversal may come from the center-surround inhibition theory [62], [63]. According to it, barely perceived primes cannot activate associated concepts correctly. In order to improve prime conceptualization, target surrounding concepts are inhibited, leading to greater N400 waves in response to congruent stimuli. For our experiment, we could hypothesize that difficulties reading sentences or inferring associated emotions would be similar to short prime exposures. However, because we selected sentences from a pilot study for which emotional content was easy to categorize, these difficulties would have concerned a limited set of sentences, and concept inhibition would be minimal. As reversed N400 effects have been linked with emotional valence [27], [61], another explanation for reversed N400 effects would be that the N400 wave reflects a double evaluation of emotional valence and emotion content. The fact that there are many facial expressions for negative emotions, whereas a smile alone is sufficient to suggest a positive emotional valence, might make a negative stimulus more difficult to integrate in a negative (congruent) context than in a positive (incongruent) one. This probabilistic imbalance would favor increased N400 amplitude in congruent conditions rather than in incongruent conditions, as evidenced in a study on face-word affective priming [61]. This might explain why only some of our sentences would lead to reversed N400 effects. However, this account contrasts with another study [27] that reported greater N400 amplitude in the positive congruent condition than in the negative one. Finally, to our knowledge, reversed N400 effects have never been paired with classic N400 effects in a single experimental condition. This suggests that the frontal N400 might be dissociated from the centro-parietal one.

3.4.5.4 Pragmatic emotional incongruence effects on other ERP waves

We observed a wave before the N400 wave, peaking at around 300 ms post stimulus onset. This wave, which we identified as a P300, was barely lowered by pragmatic emotional incongruence in the centro-parietal and midline ROIs. After the N400 time window, a late slow positive wave was observed. Its amplitude was weaker in response to incongruent stimuli than to congruent ones. The topography of the incongruence effect in the P300 time window (Cf. figure 7) does not appear to be significantly different from the late positivity, so both could belong to the same component, which would partially overlap with the N400 wave. In contrast, we observed large differences in topographies for the time window preceding the N400 time window and for those following it, between the congruent and the incongruent conditions considered separately. Consequently, we may conclude that they are two different waves, or, at least, two different components of the same P300 family of waves. One study on expectancy violation (using a reading task) distinguished an early P300 wave (peaking around 300 ms time-locked to the stimulus onset) and an LPC [14]. A smaller P300 amplitude was reported in incongruent conditions with respect to congruent conditions, like we did. However, as regards the

incongruence effect on the LPC, a more positive amplitude in an incongruent condition than in a congruent condition was found, contrary to our results.

As regards the (early) P300 wave, the fact that it was less positive in an incongruent condition than in a congruent one is in synch with previous studies showing that P300 reflects difficulty in categorizing stimulus, with greater P300 amplitudes for stimuli that are easier to categorize [64]-[67]. Thus, we suggest that pragmatic emotional incongruence made emotional facial expressions harder to categorize. The increased response times we observed in the incongruent condition might mirror a difficulty in categorizing the incongruent faces and should result in a delayed P300 wave in an incongruent condition. Since we did not precisely assess ERP latencies, we cannot exclude that P300 was delayed in the incongruent condition. However, both our data curves and topographical maps do not suggest such a delay. The fact that our participants were required to wait until the end of the presentation of the faces before being allowed to answer might explain why P300 was not delayed in our case. Consequently, response times would reflect hesitation in response rather than difficulty in categorizing faces. As P300 amplitude has been found to be increased by task-relevant meaningful stimuli [68] and enhanced for visual emotional rather than neutral stimuli [69]-[71], an alternative explanation might be that the P300 wave we observed was linked to the fact that we used emotional stimuli. Consequently, observing a greater P300 in the congruent rather than in the incongruent condition would indicate that congruent stimuli could slightly reinforce the emotional meaning of stimuli while incongruence could disrupt it somewhat.

The incongruence effect on the late positivity reversed unexpectedly, with less positive amplitude in the incongruent condition than in the congruent one. Such a result would mean that the process was facilitated by the incongruence, which is not in synch with the increased difficulty suggested by the behavioral results. One or more components overlapping between the late wave and a former wave could also lead to a reversed effect in the late positivity. While our data curves (Cf. figure 5) and ERP topographies (Cf. figure 7) do not appear to reflect any jittered component, it is possible that the N400 would persist. In that way, it would be logical that the curve would still remain less positive (more negative going) in an incongruent condition than in a congruent one.

A last possibility could be that the late potential was in fact an LPN (Late Posterior Negativity). Indeed, instead of considering the late potential as positive, one could interpret it as barely negative-going, especially in the centro-parietal and midline regions where we found incongruence effects. Consequently, the greater amplitude in the incongruent condition would be interpreted as more negative-going than the amplitude in the congruent condition. This would reflect a higher cognitive load in the incongruent condition rather than in the congruent condition, as suggested by behavioral results (greater tendency to error, increased response time). The LPN wave is classically elicited by some item-recognition and memory tasks (for a review, see [72]). To our knowledge, the LPN has never been

reported in the context of sentence-picture verification or in affective judgment paradigms. Thus, we could not expect to observe such a wave. However, while we did not directly assess memory in our experiment, the sentences were no longer visible when we presented the faces. Consequently, any reprocessing of the sentences would imply memory retrieval. This could be what distinguished our experiment from those eliciting P600 waves while sentences were displayed, suggesting reprocessing of these sentences [51]. In our case, if we consider that the incongruence is clearly detected during the N400 time-window, the late wave should reflect a check process (reprocessing of the memorized sentence) in order to verify the simulated situation model. It would tap working memory in order to retrieve the sentence. Moreover, a new simulation of the situation model might imply information retrieval in episodic memory, in order to test whether another situation model could be simulated from the sentence. This would fit the description of the LPN wave as possibly reflecting "retrieval processes that may act to reconstruct the prior study episode when task-relevant attribute conjunctions are not readily recovered or need continued evaluation" [72]. Consequently, the fact that, in our experiment, the LPN would be more negative-going in the incongruent condition than in the congruent one, might be interpreted as an increase in the need for continued evaluation caused by incongruence. One might argue that Diéguez-Risco et al. [24] reported an LPP (with a classically increased amplitude in incongruent condition) while using sentences as context. Their findings are consistent with them using an affective judgment task in which participants just categorized faces emotionally. This means that their task could be performed without processing the context. Moreover, due to evaluative priming effects (for a review of behavioral literature, see [59]), an incongruent context might perturb correct processing in affective judgment. Consequently, poor comprehension of an incongruent context could lead to better processing of the affective judgment task. In contrast, our verification task could not be performed successfully (except by chance) without a correct comprehension of the context. That is, our task might have necessitated reprocessing the context whereas inhibition of contextual influences and a refocus on the emotional target are required in affective judgment tasks instead.

Last, the late wave that we found might also reflect resolution (i.e. understanding of the incongruence) of a previously detected incongruence. This resolution would correspond to an update of the situation model or to the assimilation of the stimulus to the situation model [3]. Nevertheless, this hypothesis is highly speculative because our task did not require resolution of the incongruence between stimuli *per se*. However, if such a resolution occurred, it certainly would have involved cognitive empathy, that is, the ability to take others' perspective.

3.4.5.6 Modulation of ERP incongruence effects by cognitive empathy

As we defined cognitive empathy as a way of inferring emotional states, we predicted that the N400 incongruence effect would at least be modulated by self-reported cognitive empathy, similar to Rak et al. [52]. We showed that, in the N400 time window, the amplitude in the left occipital region (and, marginally the right occipital region) was predicted by the participants' score on the cognitive empathy subscale. Participants with high self-reported cognitive empathy showed more negative amplitudes in the incongruent condition than in the congruent condition. In contrast, regression analyses predicted a reversed incongruence effect for participants with low self-reported cognitive empathy (a less negative-going amplitude in the incongruent condition than in the congruent one). While these modulations in amplitude caused by incongruence might resemble classic and reversed N400 effects, the occipital region is not a brain area where N400 effects are classically described. Therefore, we consider this prediction of ERP amplitude in the occipital region as a data-driven observation in need of explanation and replication. Future research exploring the neural sources of this effect with the help of magnetoencephalography or high density EEG technologies might provide some insights for this issue. Overall, our results indicate that participants with high cognitive empathy dispositions process pragmatic emotional incongruence quite differently from those with low cognitive empathy dispositions. In this sense, we replicated the results of studies evidencing that empathy constructs can explain some of the inter-individual differences in the contextual integration of social stimuli [21], [52]. Inter-individual differences in solving our experimental task could be related to the fact that some people preferentially simulate others' emotions by adopting their perspective (i.e. with the help of cognitive empathy) or by keeping their own perspective. A second way of simulating others' emotions could be to use general knowledge about how people should feel in a particular situation. We do not exclude that these two ways might co-occur.

Last, social skills scores did not modulate incongruence effects on ERPs although they predicted the incongruence effect on response times. The lower their social skills, the more difficulties the participants experienced in detecting pragmatic emotional incongruence with respect to congruence. These difficulties did not manifest in ERPs because social skills refer to many psychological constructs that could be associated with numerous cognitive processes that are distributed in the entire brain rather than being sharply localized.

3.4.6 Conclusion

This study evidenced that detecting an incongruent facial expression in a given mentally simulated situational context is more cognitively demanding than detecting a congruent one. It is more difficult to detect pragmatic emotional incongruence than congruence, especially for people with low social skills. This link with self-reported social skills emphasizes the social importance of the ability to detect pragmatic emotional incongruence. While pragmatic emotional incongruence impacted some

ERPs (mainly N400 and later wave), we evidenced ERP modulation by one EQ personality dimension, namely cognitive empathy. Further investigations should be conducted in order to better disentangle the neuroelectric correlates of the detection versus the resolution of pragmatic emotional incongruence.

3.4.7 References

1. 1. Baron-Cohen S and Wheelwright S (2004) The Empathy Quotient: An Investigation of Adults with Asperger Syndrome or High Functioning Autism, and Normal Sex Differences. J Autism Dev Disord 34: 163-175.

2. Lawrence EJ, Shaw P, Baker D, Baron-Cohen S and David AS (2004) Measuring empathy: reliability and validity of the Empathy Quotient. Psychological Medicine 34: 911-919.

3. Forabosco G (2008) Is the concept of incongruity still a useful construct for the advancement of humor research? Lodz Papers in Pragmatics 4: 45-62.

4. Farina E, Albanese O and Pons F (2007) Making inferences and individual differences in emotion understanding. Psychology of Language and Communication 11: 3-19.

5. Schendan HE and Ganis G (2012) Electrophysiological potentials reveal cortical mechanisms for mental imagery, mental simulation, and grounded (embodied) cognition. Frontiers in psychology 3.

6. Zwaan RA and Madden CJ (2005) Embodied sentence comprehension. Grounding cognition: The role of perception and action in memory, language, and thinking: 224-245.

7. Hirschfeld G, Feldker K and Zwitserlood P (2012) Listening to "flying ducks": Individual differences in sentence–picture verification investigated with ERPs. Psychophysiology 49: 312-321.

8. Lüdtke J, Friedrich CK, De Filippis M and Kaup B (2008) Event-related potential correlates of negation in a sentence–picture verification paradigm. Journal of cognitive neuroscience 20: 1355-1370.

9. Zwaan RA (2004) The immersed experiencer: Toward an embodied theory of language comprehension. Psychology of learning and motivation 44: 35-62.

10. Vega M (1996) The representation of changing emotions in reading comprehension. Cognition & Emotion 10: 303-322.

11. Ferstl EC, Rinck M and Von Cramon DY (2005) Emotional and temporal aspects of situation model processing during text comprehension: An event-related fMRI study. Journal of Cognitive Neuroscience 17: 724-739.

12. Siemer M and Reisenzein R (2007) The process of emotion inference. Emotion 7(1): 1-20.

13. Leuthold H, Filik R, Murphy K and Mackenzie IG (2012) The on-line processing of socio-emotional information in prototypical scenarios: inferences from brain potentials. Social Cognitive and Affective Neuroscience 7: 457-466.

14. Chung G, Tucker DM, West P, Potts GF, Liotti M, et al. (1996) Emotional expectancy: Brain electrical activity associated with an emotional bias in interpreting life events. Psychophysiology 33: 218-233.

15. Bartholow BD, Fabiani M, Gratton G and Bettencourt BA (2001) A psychophysiological examination of cognitive processing of and affective responses to social expectancy violations. Psychological science 12: 197-204.

16. Van Berkum JJA, Holleman B, Nieuwland M, Otten M and Murre J (2009) Right or wrong? The brain's fast response to morally objectionable statements. Psychological Science 20: 1092-1099.

17. León I, Díaz JM, de Vega M and Hernández JA (2010) Discourse-based emotional consistency modulates early and middle components of event-related potentials. Emotion 10.

18. Baetens K, der Cruyssen LV, Achtziger A, Vandekerckhove M and Van Overwalle F (2011) N400 and LPP in spontaneous trait inferences. Brain research 1418: 83-92.

19. Moreno EM and Vázquez C (2011) Will the glass be half full or half empty? Brain potentials and emotional expectations. Biological psychology 88: 131-140.

20. Moreno EM and Rivera IC (2013) Setbacks, pleasant surprises and the simply unexpected: brainwave responses in a language comprehension task. Social cognitive and affective neuroscience.

21. van den Brink D, Van Berkum JJA, Bastiaansen MCM, Tesink CMJY, Kos M, et al. (2010) Empathy matters: ERP evidence for inter-individual differences in social language processing. Social Cognitive and Affective Neuroscience 7: 173-183.

22. Gernsbacher MA, Goldsmith HH and Robertson RRW (1992) Do readers mentally represent characters' emotional states? Cognition & Emotion 6: 89-111.

23. Reichle ED, Carpenter PA and Just MA (2000) The neural bases of strategy and skill in sentence–picture verification. Cognitive psychology 40: 261-295.

24. Diéguez-Risco T, Aguado L, Albert J and Hinojosa JA (2013) Faces in context: Modulation of expression processing by situational information. Social neuroscience 8: 601-620.

25. Ekman P and Friesen WV (2003) Unmasking the face: A guide to recognizing emotions from facial clues. Ishk.

26. Utama NP, Takemoto A, Koike Y and Nakamura K (2009) Phased processing of facial emotion: An ERP study. Neuroscience Research 64: 30-40.

27. Hietanen JK and Astikainen P (2013) N170 response to facial expressions is modulated by the affective congruency between the emotional expression and preceding affective picture. Biological Psychology 92: 114-124.

28. Meeren HKM, van Heijnsbergen CCRJ and de Gelder B (2005) Rapid perceptual integration of facial expression and emotional body language. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 102: 16518-16523.

29. Righart R and de Gelder B (2008) Rapid influence of emotional scenes on encoding of facial expressions: an ERP study. Social Cognitive and Affective Neuroscience 3: 270-278.

30. Zhu X-r, Zhang H-j, Wu T-t, Luo W-b and Luo Y-j (2010) Emotional conflict occurs at an early stage: Evidence from the emotional face–word Stroop task. Neuroscience Letters 478: 1-4.

31. Baggott S, Palermo R and Fox AM (2011) Processing emotional category congruency between emotional facial expressions and emotional words. Cognition & Emotion 25: 369-379.

32. Stekelenburg JJ and de Gelder B (2004) The neural correlates of perceiving human bodies: an ERP study on the body-inversion effect. Neuroreport 15: 777-780.

33. Blau V, Maurer U, Tottenham N and McCandliss B (2007) The face-specific N170 component is modulated by emotional facial expression. Behavioral and Brain Functions 3.

34. Krombholz A, Schaefer F and Boucsein W (2007) Modification of N170 by different emotional expression of schematic faces. Biological Psychology 76: 156-162.

35. Righart R and De Gelder B (2008) Recognition of facial expressions is influenced by emotional scene gist. Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience 8: 264-272.

36. Paulmann S and Pell MD (2010) Contextual influences of emotional speech prosody on face processing: How much is enough? Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience 10: 230-242.

37. Barrett LF, Lindquist KA and Gendron M (2007) Language as context for the perception of emotion. Trends in Cognitive Sciences 11: 327-332.

38. Eimer M and Holmes A (2007) Event-related brain potential correlates of emotional face processing.

39. Righart R and de Gelder B (2006) Context influences early perceptual analysis of faces—an electrophysiological study. Cerebral Cortex 16: 1249-1257.

40. Hirschfeld G, Zwitserlood P and Dobel C (2011) Effects of language comprehension on visual processing–MEG dissociates early perceptual and late N400 effects. Brain and language 116: 91-96.

41. Ganis G and Schendan HE (2008) Visual mental imagery and perception produce opposite adaptation effects on early brain potentials. Neuroimage 42: 1714-1727.

42. Kutas M and Federmeier KD (2011) Thirty Years and Counting: Finding Meaning in the N400 Component of the Event-Related Brain Potential (ERP). Annual Review of Psychology 62: 621-647.

43. Hagoort P, Hald L, Bastiaansen M and Petersson KM (2004) Integration of word meaning and world knowledge in language comprehension. Science 304: 438-441.

44. Filik R and Leuthold H (2008) Processing local pragmatic anomalies in fictional contexts: Evidence from the N400. Psychophysiology 45: 554-558.

45. White KR, Crites SL, Taylor JH and Corral G (2009) Wait, what? Assessing stereotype incongruities using the N400 ERP component. Social cognitive and affective neuroscience 4: 191-198.

46. Hajcak G, MacNamara A and Olvet DM (2010) Event-related potentials, emotion, and emotion regulation: an integrative review. Developmental neuropsychology 35: 129-155.

47. Citron FMM (2012) Neural correlates of written emotion word processing: a review of recent electrophysiological and hemodynamic neuroimaging studies. Brain and language 122: 211-226.

48. Ibanez A, Melloni M, Huepe D, Helgiu E, Rivera-Rei A, et al. (2012) What event-related potentials (ERPs) bring to social neuroscience? Social neuroscience 7: 632-649.

49. Bartholow BD and Dickter CL (2007) Social Cognitive Neuroscience of Person Perception. Social neuroscience: Integrating biological and psychological explanations of social behavior.

50. Vissers CTWM, Kolk HHJ, Van de Meerendonk N and Chwilla DJ (2008) Monitoring in language perception: evidence from ERPs in a picture–sentence matching task. Neuropsychologia 46: 967-982.

51. Steinhauer K and Connolly JF (2008) Event-related potentials in the study of language. Handbook of the neuroscience of language: 91-104.

52. Rak N, Kontinen J, Kuchinke L and Werning M (2009) Does the Semantic Integration of Emotion Words Depend on Emotional Empathy? N400, P600 and Localization Effects for Intentional and Proprioceptive Emotion Words in Sentence Contexts. Proceedings of the 35th Annual Conference of the Cognitive Science

53. Oldfield RC (1971) The assessment and analysis of handedness: the Edinburgh inventory. Neuropsychologia 9: 97-113.

54. Berthoz S, Wessa M, Kedia G, Wicker B and Grèzes J (2008) Cross-cultural validation of the empathy quotient in a French-speaking sample. Can J Psychiatry 53: 469-477.

55. Chakrabarti B, Bullmore E and Baron-Cohen S (2006) Empathizing with basic emotions: Common and discrete neural substrates. Social Neuroscience 1: 364-384.

56. Russ JB, Gur RC and Bilker WB (2008) Validation of affective and neutral sentence content for prosodic testing. Behav Res Methods 40: 935-939.

57. Courgeon M, Martin J-C and Jacquemin C (2008) Marc: a multimodal affective and reactive character. Proceedings of the AFFINE workshop on Affective Interaction in Natural Environments held at the 10th International Conference on Multimodal Interfaces (ICMI 2008) (Chania, Crete, 24th of October 2008).

58. Baron-Cohen S, Leslie AM and Frith U (1985) Does the autistic child have a “theory of mind”? Cognition 21: 37-46.

59. Herring DR, White KR, Jabeen LN, Hinojos M, Terrazas G, et al. (2013) On the automatic activation of attitudes: a quarter century of evaluative priming research.

60. Delaney-Busch N and Kuperberg G (2013) Friendly drug-dealers and terrifying puppies: Affective primacy can attenuate the N400 effect in emotional discourse contexts. Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience 13: 473-490.

61. Aguado L, Dieguez-Risco T, Méndez-Bértolo C, Pozo MA and Hinojosa JA (2013) Priming effects on the N400 in the affective priming paradigm with facial expressions of emotion. Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience 13: 284-296.

62. Carr TH and Dagenbach D (1990) Semantic priming and repetition priming from masked words: evidence for a center-surround attentional mechanism in perceptual recognition. Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition 16.

63. Bermeitinger C, Frings C and Wentura D (2008) Reversing the N400: Event-related potentials of a negative semantic priming effect. NeuroReport 19: 1479-1482.

64. Mecklinger A and Ullsperger P (1993) P3 varies with stimulus categorization rather than probability. Electroencephalography and clinical neurophysiology 86: 395-407.

65. Palmer B, Nasman VT and Wilson GF (1994) Task decision difficulty: effects on ERPs in a same-different letter classification task. Biological psychology 38: 199-214.

66. Azizian A, Freitas AL, Watson TD and Squires NK (2006) Electrophysiological correlates of categorization: P300 amplitude as index of target similarity. Biological Psychology 71: 278-288.

67. Ma Q, Wang X, Shu L and Dai S (2008) P300 and categorization in brand extension. Neuroscience letters 431: 57-61.

68. Johnson R (1988) The amplitude of the P300 component of the event-related potential: Review and synthesis. Advances in psychophysiology 3: 69-137.

69. Keil A, Bradley MM, Hauk O, Rockstroh B, Elbert T, et al. (2002) Large-scale neural correlates of affective picture processing. Psychophysiology 39: 641-649.

70. Delplanque S, Silvert L, Hot P and Sequeira H (2005) Event-related P3a and P3b in response to unpredictable emotional stimuli. Biological Psychology 68: 107-120.

71. Herbert C, Kissler J, Junghöfer M, Peyk P and Rockstroh B (2006) Processing of emotional adjectives: Evidence from startle EMG and ERPs. Psychophysiology 43: 197-206.

72. Johansson M and Mecklinger A (2003) The late posterior negativity in ERP studies of episodic memory: action monitoring and retrieval of attribute conjunctions. Biological Psychology 64: 91-117.

4. L'incongruité pragmatique émotionnelle modifie-t-elle l'activité musculaire faciale des personnes qui la perçoivent ?

Nous avons expliqué dans la partie théorique en quoi l'EMG faciale nous renseignait sur les expressions émotionnelles faciales évoquées par un stimulus (Cf. section théorique 2.2.1). Nous avons fait l'hypothèse (H6) que cette activité EMG faciale serait affectée par l'incongruité pragmatique émotionnelle. Par ailleurs, l'hypothèse H4 étant vérifiée, nous pouvons penser que les participants ayant de faibles scores d'habiletés sociales présenteront des expressions faciales liées à la difficulté (hypothèse H7), qui pourront se retrouver au niveau des enregistrements EMG faciaux. L'expérience 3' a permis de tester cette réactivité, qui peut être non seulement élicitée par la vue de visages artificiels exprimant des émotions congrues ou non par rapport à un contexte, mais également par la lecture de phrases contextuelles. Nous avons enregistré le *zygomaticus major*, dont la contraction provoque le sourire (Hess et Fischer, 2013), le *corrugator supercilii*, dont la contraction provoque le froncement des sourcils (Kanade et coll., 2000), l'*orbicularis oculi*, qui plisse les yeux (Kanade et coll., 2000) et le *transverse nasalis*, dont la contraction « comprime et allonge le nez, contracte les narines et rapproche les vestibules » (Guyuron, 2006).

Nous pouvons faire l'hypothèse que l'incongruité pragmatique émotionnelle va inhiber les réactions faciales émotionnelles d'imitation. Cela signifierait que la réactivité émotionnelle faciale serait en réponse à un stimulus contextualisé et non à une simple imitation décontextualisée d'un stimulus. Une autre possibilité envisageable serait que l'incongruité émotionnelle élicite une expression de surprise sur le visage des participants, qui se traduirait par une augmentation de l'activité EMG du *corrugator supercilii* (Hess et Fischer, 2013). Une réaction émotionnelle faciale par rapport aux phrases montrerait que les micro-expressions faciales enregistrées en EMG facial ne sont pas ou pas toujours des imitations, en accord avec Hess et Fischer (2013). En effet, si nos phrases présentent quelqu'un dans un contexte émotionnel, aucun visage n'est visible et donc imitable durant leur présentation. De même, concernant les visages, si la réactivité émotionnelle était plus faible en condition incongrue qu'en condition congrue, cela signifierait que cette réactivité serait modulée par le contexte et qu'elle ne correspond ainsi pas à une simple imitation.

Dans leur étude, Bartholow et ses collaborateurs (2001) ont à la fois enregistré les activités EEG (Cf. section théorique 3.2.2) et EMG faciale, évoquées par l'incongruité pragmatique émotionnelle. En enregistrant les activités musculaires du *corrugator supercilii* et du *zygomaticus major*, les auteurs cherchaient à tester deux modèles. Le premier modèle stipule que « la violation d'une attente entraîne toujours une réaction émotionnelle négative, quelle que soit la valence de la violation » (Mandler, 1990 ; Olson et coll., 1996 ; cité par Bartholow et coll., 2001). Le second modèle (Bettencourt et coll.) « prédit que la réponse émotionnelle initiale dépend de la valence de la violation » (cité par Bartholow et coll., 2001). Ainsi, d'après ce deuxième modèle, si l'émotion incongrue est positive, elle va éliciter une

émotion positive chez l'observateur et si l'émotion incongrue est négative, elle va provoquer une réaction négative chez l'observateur. Les résultats de l'étude de Bartholow et ses collaborateurs (2001) appuient ce dernier modèle, même si les auteurs n'ont pu montrer qu'une plus grande activité du *corrugator supercilii* après les émotions incongrues négatives qu'après les positives ; leurs données concernant le *zygomaticus major* ayant été exclues car aucune activité évoquée n'y était observable.

Il a été montré que les participants faiblement empathiques présentaient une réactivité faciale aux stimuli émotionnels moindre (Sonnby-Borgström, 2002 ; Sonnby-Borgström et coll., 2003 ; Dimberg et coll., 2011). Etant donné que la sous-échelle « réactivité émotionnelle » du questionnaire EQ est la seule qui concerne le ressenti des émotions d'autrui, elle devrait être la seule à prédire les activités EMG faciales correspondant à de la réactivité émotionnelle.

L'EMG faciale ne permet pas uniquement d'enregistrer des activités musculaires liées à la perception d'émotions. Elle peut aussi enregistrer des expressions liées à la confusion (Rozin et Cohen, 2003 ; Silvia 2009 ; Durso et coll., 2012) ou la concentration, les deux expressions étant proches, comme le montre l'article de Rozin et Cohen (2003). Ainsi, la fermeture des yeux (contraction de l'*orbicularis oculi*) correspond, d'après Rozin et Cohen (2003) plus à la concentration qu'à la confusion, et la différence entre les deux expressions est plus floue en ce qui concerne les mouvements des sourcils (abaissés lors de la contraction du corrugator). Nous avons montré dans l'article intégré à cette thèse (Cf. Section 3 de la partie expérimentale), qu'un faible score d'habiletés sociales rendait l'incongruité pragmatique émotionnelle plus difficile à détecter et nous pouvions nous attendre à ce que ces difficultés éprouvées par les participants présentant un faible score d'habiletés sociales se traduisent par des expressions faciales du participant, qui pourraient correspondre à de la confusion ou refléter un effort de concentration. Lorsqu'il est faible, le score d'empathie cognitive pouvait lui aussi être associé à de telles expressions, étant donné que, d'après les résultats de notre article, il est associé au traitement cérébral de l'incongruité pragmatique émotionnelle. Ainsi, plus le score d'habiletés sociales et/ou d'empathie cognitive serait faible, plus les participants devraient exprimer des expressions liées à la difficulté (confusion ou concentration), qui se traduiraient par une activité plus élevées des muscles *corrugator* et *orbicularis*.

4.1 Matériels et méthodes

Les signaux EMG faciaux des vingt derniers participants de l'expérience décrite dans l'article ont été enregistrés en même temps que les signaux EEG. Les participants ont été sélectionnés en fonction de leurs scores d'empathie, afin de réaliser deux groupes de dix sujets : l'un avec dix participants faiblement empathiques, l'autre avec dix sujets fortement empathiques. Les critères d'inclusion dans les groupes sont ceux décrits dans l'article. Il y avait autant de femmes que d'hommes dans chaque groupe.

Le protocole est le même que celui décrit dans l'article, à l'exception des huit électrodes EMG placées sur la partie gauche du visage des participants. Ces électrodes ont été placées, en mode bipolaire (deux électrodes par muscle, Cf. schéma présenté Figure 16) sur le *corrugator supercilii*, l'*orbicularis oculi*, le *nasalis (*dans sa portion transverse, *compressor nasi)* et le *zygomaticus major*. Elles étaient reliées à un module BrainAmp ExG (Brain products).

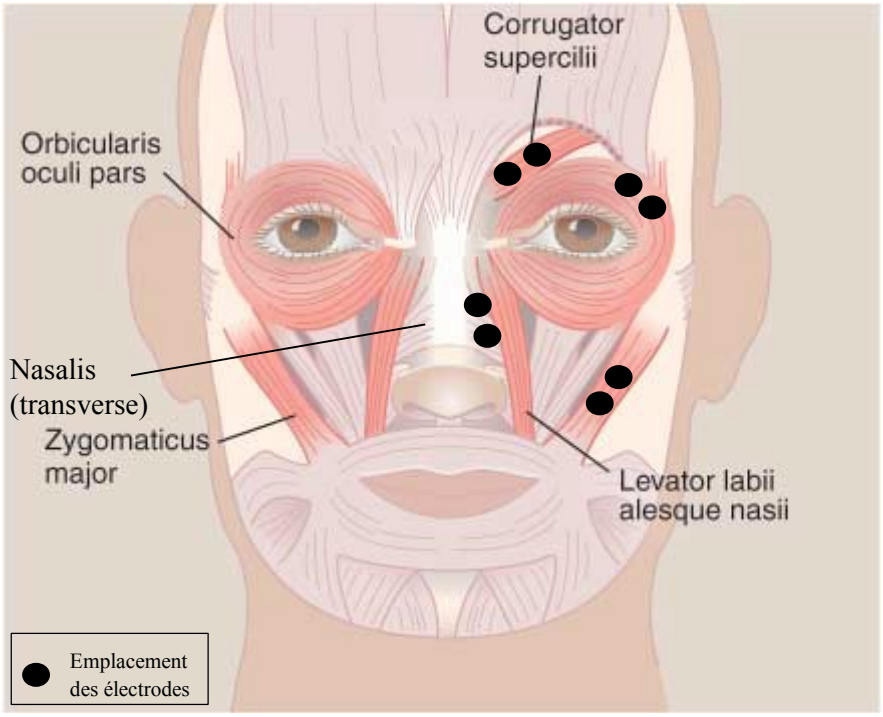


Figure 16 : Muscles enregistrés lors de notre expérience. Nous n'avons enregistré ces muscles que sur la partie gauche du visage. Le schéma présenté provient d'un article de Niedenthal (2007).

Les participants ne savaient pas que leur activité musculaire faciale était enregistrée. Il leur a été dit qu'il s'agissait d'électrodes EEG supplémentaires. La vraie fonction de ces électrodes leur a été donnée après l'expérience.

L'impédance était toujours inférieure à 20 kOhms. Le signal a été traité après l'expérience. Le signal a été traité avec le logiciel BrainVision Analyzer 2. Un filtre passe bas à 450 Hz a été appliqué, ainsi qu'un passe haut à 20 Hz. Un filtre « notch » à 50 Hz a également été appliqué. Tous les filtres étaient à 12 Db/octave. Le signal a ensuite été segmenté. Les segments ont été créés autour de l'apparition des stimuli : [-200 ms ; + 1000 ms] pour les visages, et [-200 ms ; + 3000 ms] pour les phrases. Une moyenne mobile par fenêtre temporelle de 200 ms avec un chevauchement de 100 ms a été appliquée, ce qui produit un point moyen toutes les 100ms.

Pour chaque sujet, ses essais (ex., 20 phrases par émotion) ont été moyennés[4] de façon à obtenir une valeur par muscle, émotion et, le cas échéant (visages), condition d'(in)congruité. Un score Z a ensuite été calculé pour chaque sujet et cellule de « muscle x (in)congruité x fenêtre temporelle x émotion », sur la base de la moyenne et de l'écart-type inter-sujets par cellule. Enfin, la « baseline[5] » (ligne de base) a été soustraite des valeurs du z-score. Les fenêtres temporelles des données concernant les phrases ont été moyennées en cinq fenêtres : 370 à 870 ms ; 870 à 1370 ms ; 1370 à1870 ms ; 1870 à 2370 ms et 2370 à 2870 ms. Les fenêtres temporelles des données concernant les visages ont été moyennées en trois fenêtres : -30 à 270 ms ; 270 à 570 ms ; 570 à 870 ms. Les temps sont indiqués pour les fenêtres temporelles tiennent compte du retrait de 30 ms nécessaire pour corriger la latence du dispositif d'affichage.

Le traitement statistique des données obtenues a consisté en une série de régressions multiples. En ce qui concerne les phrases, les régressions multiples ont été réalisées pour chaque émotion, avec les trois échelles (empathie cognitive, réactivité émotionnelle et habiletés sociales du questionnaire EQ (Baron-Cohen et Wheelwright, 2004, Lawrence et coll., 2004) comme prédicteurs. Les signaux EMG enregistrés durant l'affichage des visages ont eux aussi été analysés, par émotion, à l'aide de régressions multiples, utilisant les mêmes variables prédictrices que celles utilisées pour les phrases (empathie cognitive, réactivité émotionnelle et habiletés sociales). De manière similaire, des régressions multiples ont été réalisées sur les valeurs correspondant à la différence entre la condition incongrue et la condition congrue. Nous avons, à chaque fois, ainsi réalisé cinq analyses (une par émotion considérée et une pour l'absence d'émotion). Chaque analyse comportait les données EMG des quatre muscles durant chacune des cinq (pour les phrases) ou trois (pour les visages) fenêtres temporelles. En dehors de l'analyse portant sur l'effet de l'incongruité, les analyses portant sur l'activité EMG enregistrée durant la présentation des visages comportaient les données correspondant à chacune des conditions (congrue et incongrue).

[4] Les valeurs correspondant à un point moyen toutes le 100ms ont été transformées en leur logarithme népérien et re-moyennées sur la base de 2 points, correspondant à une fenêtre temporelle de 300ms avec 100ms de recouvrement.

[5] Cette « baseline » est la moyenne des valeurs entre -230 ms et -30 ms par rapport à l'apparition du stimulus (-230ms, -130 ms et -30 ms) en ce qui concerne le signal correspondant aux visages et entre 170 ms et 370 ms (170 ms, 270 ms, 370ms) pour celui concernant les phrases.

4.2 Résultats concernant les données EMG

Afin de faciliter la lecture des résultats, les résultats des régressions linéaires sont présentés sous forme de tableaux et nous ne rapporterons que ceux significatifs ($P \leq .01$).

4.2.1 Activité musculaire faciale enregistrée durant la lecture des phrases

a) Phrases joie

R^2 ajusté = 0,35 pour le *nasalis*, 2370-2870 ms.				
Fenêtre t	Variable	Estimation	β (β SE)	Statistiques
2370-2870	Habiletés sociales	-0,28 (0,08)	-0,77 (0,22)	$t(16) = 3,53$, $P = 0,0028$

L'échelle d'habiletés sociales prédisait significativement les données d'EMG faciale concernant la lecture des phrases suggérant la joie, pour le *nasalis* sur la fenêtre temporelle [2370-2870 ms] (Cf. Figure 17). L'activité musculaire moyenne diminuait linéairement lorsque le score d'habiletés sociales augmentait.

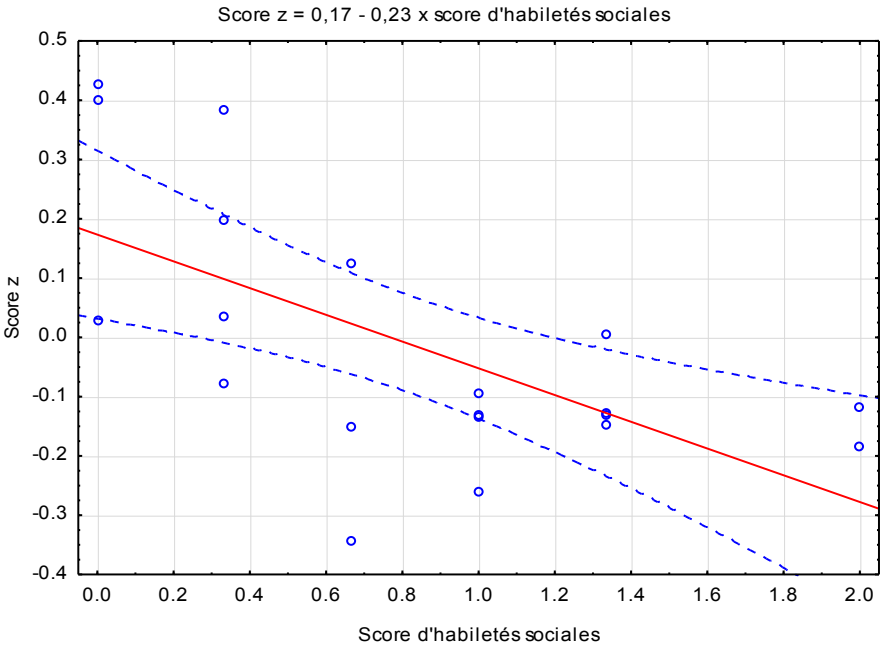


Figure 17 : Prédiction de l'activité du *nasalis* par le score d'habiletés sociales, pour les phrases suggérant de la joie, sur la fenêtre temporelle [2370-2870 ms].

b) Phrases colère

R^2 ajusté = 0,33 pour le *nasalis*, 1370-1870 ms.				
Fenêtre t (ms)	Variable	Estimation	β (β SE)	Statistiques
1370-1870	Habiletés sociales	-0,25 (0,08)	-0,70 (0,22)	$t(16) = 3,17$, $P = 0,006$

L'activité moyenne du *nasalis* accompagnant la lecture des phrases suggérant la colère était significativement prédite par le score d'habiletés sociales durant la fenêtre temporelle [1370-1870 ms] (Cf. Figure 18). Il y avait une diminution linéaire de l'activité moyenne du *nasalis* lorsque le score d'habiletés sociales augmentait.

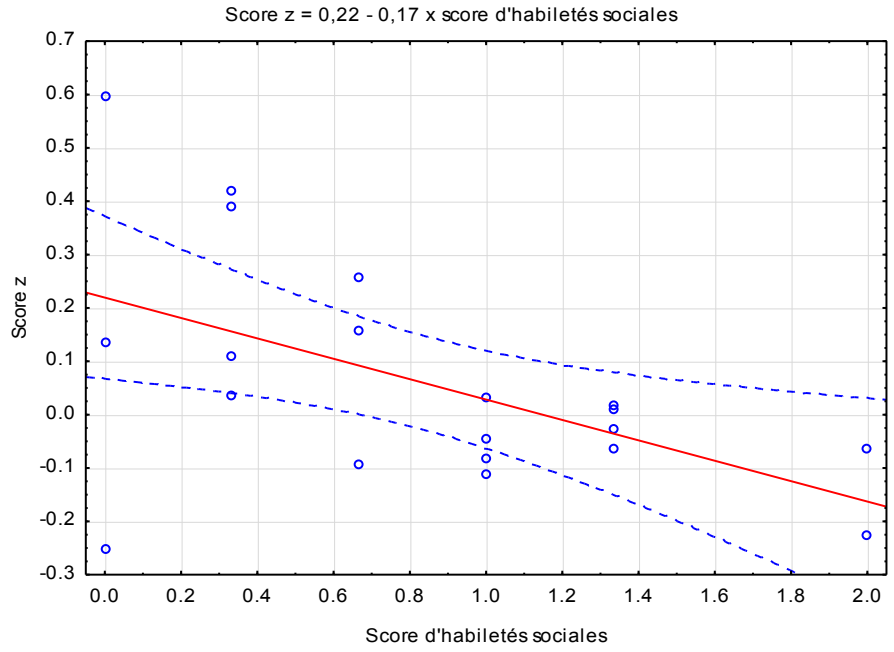


Figure 18 : Prédiction de l'activité du *nasalis* par le score d'habiletés sociales, pour les phrases suggérant de la colère, sur la fenêtre temporelle [1370-1870 ms].

4.2.2 Effet de l'incongruité sur l'activité musculaire faciale enregistrée lorsque les participants observaient les visages exprimant de la peur

R² ajusté = 0,35 pour l'*orbicularis*, 270-570 ms.				
Fenêtre t (ms)	Variable	Estimation	*β* (*β* SE)	Statistiques
270-570	Habiletés sociales	-0,13 (0,04)	-0,75 (0,22)	*t*(16) = -3,44, *P* = 0,0034

L'effet de l'incongruité (différence phrase incongrue-congrue) concernant les visages exprimant de la peur sur l'activité moyenne de l'*orbicularis* enregistrée sur la fenêtre [270-570 ms] était significativement prédit par le score d'habiletés sociales (Cf. Figure 19). Nous observions une relation linéaire entre le score d'habiletés sociales et l'activité moyenne de l'*orbicularis* (diminution de l'activité EMG avec l'augmentation du score d'habiletés sociales). Cette relation semblait être plus fortement liée à la condition incongrue (Cf. Figure 21), qu'à la condition congrue (Cf. Figure 20).

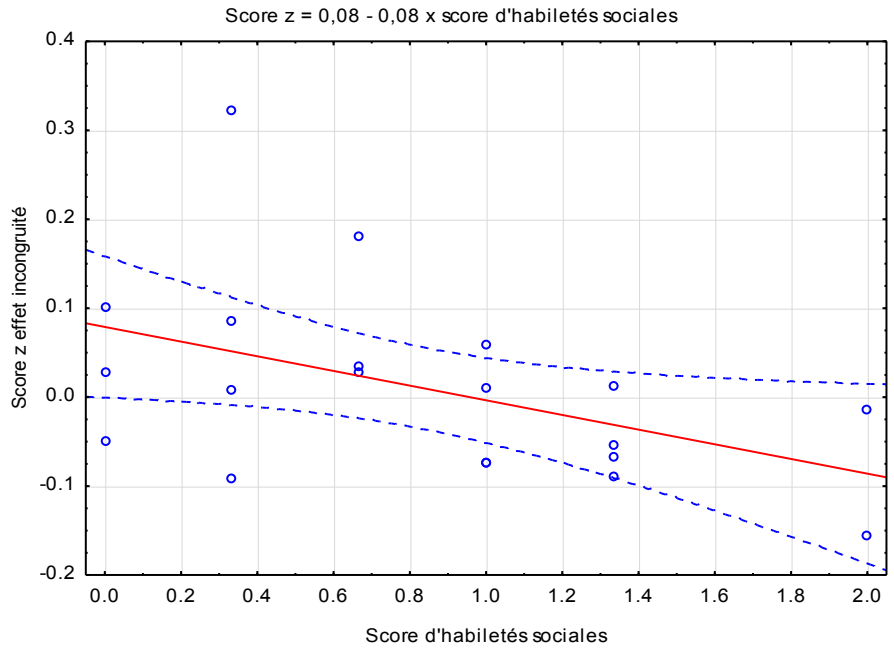


Figure 19 : Prédiction de l'effet de l'incongruité sur l'activité de l'orbicularis par le score d'habiletés sociales, pour les visages exprimant de la peur, sur la fenêtre temporelle [270-570 ms].

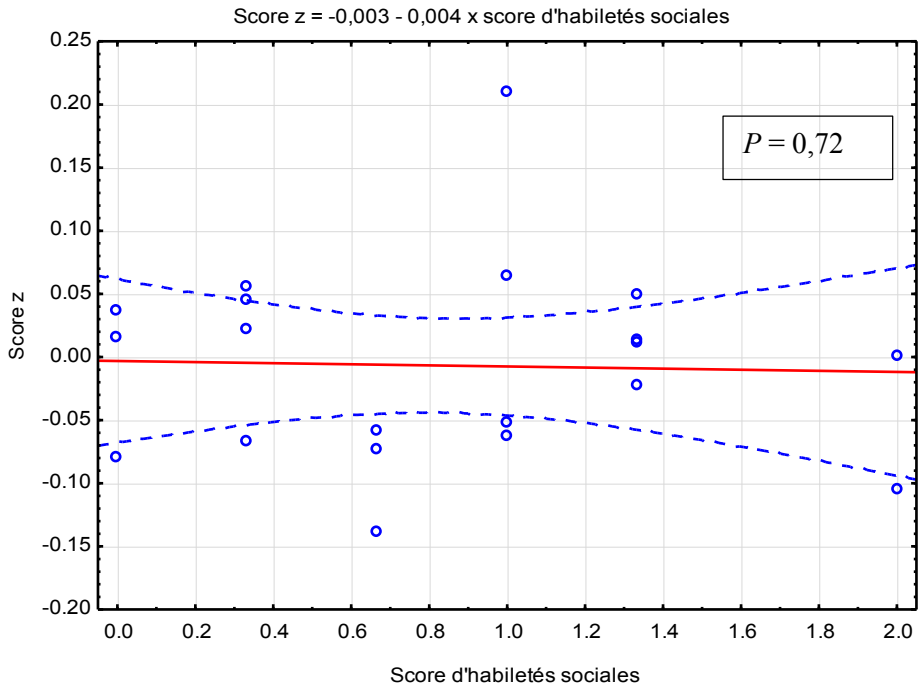


Figure 20 : Prédiction de l'activité de l'*orbicularis* par le score d'habiletés sociales, pour les visages congrus exprimant de la peur, sur la fenêtre temporelle [270-570 ms].

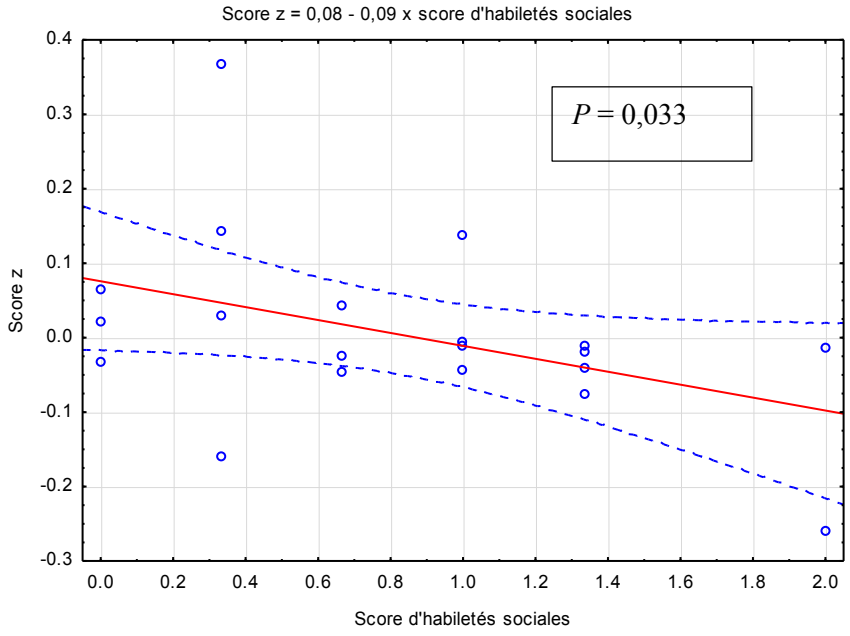


Figure 21 : Prédiction de l'activité de l'*orbicularis* par le score d'habiletés sociales, pour les visages incongrus exprimant de la peur, sur la fenêtre temporelle [270-570 ms].

4.3 Discussion des résultats EMG

Nous avons enregistré l'activité musculaire de quatre muscles faciaux afin de déterminer si la lecture de phrases émotionnellement chargées ou la vue de visages exprimant une émotion allait provoquer une modification de cette activité. Nos résultats font état de l'existence d'une modulation de l'activité de certaines activités musculaires par les habiletés sociales telles que mesurées par l'EQ. Ces résultats sont synthétisés dans le tableau 3 ci-après.

Tableau 3 : Prédiction des modifications de l'activité EMG par l'échelle d'habiletés sociales

Type stimulus	Muscle	Catégorie émotionnelle du stimulus	Fenêtre temporelle (ms)	Prédiction variation activité musculaire quand score échelle habiletés sociales augmente	Interprétation
Phrases	*Nasalis*	Joie	2370-2870	négative	Difficulté
		Colère	1370-1870		
Effet incongruité	*Orbicularis*	Peur	270-570	négative	Difficulté

Nous attendions des réactions faciales correspondant aux émotions présentés par les stimuli congrus (*i.e.* activation du *zygomaticus* pour les visages exprimant la joie, etc.). Les visages incongrus auraient quant à eux pu provoquer des expressions de surprise, une inhibition des expressions faciales ou des expressions liées à la valence émotionnelle de l'expression faciale incongrue. Nous n'avons rien trouvé de tout cela, ce qui pourrait, correspondre à des problèmes d'enregistrement EMG semblables à celui que Bartholow et ses collaborateurs (2001ont rencontré en ce qui concerne le *zygomaticus* (amplitude moyenne du signal EMG proche de zéro).

Nous avons toutefois trouvé modulation significative de l'activité musculaire par des scores d'habiletés sociales : l'activité EMG était d'autant plus faible que le score augmentait. Nous proposons que cela reflète le fait que les participants à faible score éprouvent plus de difficulté à simuler un modèle

de situation émotionnel (cf. l'activité du *nasalis* enregistrée durant la lecture des phrases suggérant la joie et la colère) et à traiter l'incongruité (cf. l'activité de l'*orbicularis*, enregistrée lors de la présentation des visages effrayés incongrus). Le fait que la contraction de l'*orbicularis* provoque le plissement (voire la fermeture des yeux), soit observée dans des expressions faciales de participants reflétant la concentration (Rozin et Cohen, 2003) va dans ce sens. Le muscle *nasalis* pourrait également voir son activité augmentée par la difficulté, même si nous n'avons rien trouvé à ce propos dans la littérature. Nous retrouverions ainsi, concernant la lecture des phrases, les difficultés associées à un faible score d'habiletés sociales que nous avions observé dans le traitement de l'incongruité pragmatique émotionnelle (Cf. section 3.2 de la partie expérimentale). Le fait que les difficultés de simulation du modèle de situation émotionnelle liées à des faibles scores d'habiletés sociales ne concernent pas toutes les émotions pourrait signifier que ces modèles sont plus difficiles à générer pour certaines émotions, i.e., d'après nos résultats, la joie et la colère. Il est également possible que nos phrases suggérant de la joie ou de la colère soient plus ambiguës que les autres. Cette dernière explication semble plus probable car le test des phrases faisant varier leur niveau d'ambiguïté n'a pas révélé de différences entre les émotions (Cf. section expérimentale 5.2.1).

Concernant le seul effet significatif de l'incongruité que nous ayons trouvé (la prédiction par le score d'habiletés sociales de l'activité de l'*orbicularis* évoquée par les visages effrayés), il est sujet à caution car les autres émotions n'ont pas présenté de tels résultats. De plus, la prédiction allait dans le sens d'une plus forte activité musculaire pour les participants ayant des scores d'habiletés sociales plus faibles, ce qui est contradictoire avec une réaction liée à la détection d'une incongruité puisque le fait que ces participants aient mis plus de temps à détecter correctement l'incongruité pragmatique émotionnelle irait plutôt dans le sens d'une moindre réactivité à cette incongruité. Si elle était avérée, cette prédiction de l'effet de l'incongruité pragmatique émotionnelle sur l'activité de l'*orbicularis* par le score d'habiletés sociales ne devrait pas provenir d'une difficulté à générer le modèle de situation émotionnel. En effet, elle concerne les visages incongrus exprimant la peur, qui faisaient donc suite à des phrases suggérant la joie, la colère, la tristesse et l'absence d'émotion. Si les phrases ayant causé des difficultés aux participants ayant un faible score d'habiletés sociales (joie et colère) constituent la moitié de ces phrases, c'est également le cas en ce qui concerne les phrases ayant précédé les visages neutres et tristes incongrus. La prédiction aurait donc dû être similaire pour ce qui est de l'effet de l'incongruité concernant ces visages, ce qui n'est pas le cas puisque le seul résultat significatif concerne les visages effrayés. Ces visages effrayés étaient semble-t-il plus difficiles à reconnaître que les autres (Cf. section expérimentale 5.2.2) et il est possible que cette plus forte ambiguïté des visages effrayés les ait rendus plus sensibles à l'influence du contexte. Néanmoins, cette plus forte influence contextuelle aurait dû concerner en priorité les participants ayant un score d'habiletés sociales élevé, étant donné qu'ils ont plus de facilité à interpréter le contexte émotionnel, observons l'inverse. Il semblerait donc

plutôt que l'activité musculaire enregistrée soit le reflet d'une double difficulté : une difficulté à générer un modèle de situation et une difficulté à reconnaître les visages effrayés. Ainsi, l'une ou l'autre de ces difficultés ne suffirait pas à elle seule à provoquer une activité EMG significative, la confusion liée à la catégorisation des visages effrayés s'ajoutant à celle provoquée par la difficulté d'interprétation du contexte.

5. Les patients schizophrènes reconnaissent-ils les émotions véhiculées par nos stimuli (phrases et visages) de la même manière que les participants sains ?

Afin de tester les hypothèses H8 et H9, concernant la capacité des patients schizophrènes à effectuer les étapes préliminaires à la détection de l'incongruité pragmatique émotionnelle (reconnaissance des expressions faciales émotionnelles et simulation de modèles de situation émotionnels), nous avons présenté certains de stimuli issus de l'expérience 1 à des patients schizophrènes, ce qui constitue l'expérience 2. Etant donné que l'expérience 1 avait été conçue pour une passation par des sujets sains, des ajustements ont été nécessaires afin de l'adapter aux patients. Nous avons, entre autres, supprimé le temps imparti pour les réponses, afin de ne pas stresser les patients. Nous n'avons pas uniquement présenté des stimuli ayant été parfaitement catégorisés par les sujets sains, afin d'étudier l'effet de l'ambiguïté des stimuli émotionnels chez les patients schizophrènes. Nous nous attendions à un taux d'erreur de catégorisation des patients supérieur à celui des sujets sains, avec des temps de réponses allongés.

5.1 Matériels et méthodes

5.1.1 Participants

a) Participants sains (expériences 1 et 1')

Douze participants sans pathologie neurologique ou psychiatrique connue, ayant une vision normale ou correctement corrigée et parlant français, 6 femmes et 6 hommes (*M*âge 33, σ = 15 ans) ont constitué le panel « sujets sains » de cette expérience.

b) Patients schizophrènes (expérience 2)

Dix patients, diagnostiqués schizophrènes conformément aux critères du DSM IV (4 femmes et 6 hommes, *M*âge 50 ± 15 ans), sous traitement antipsychotique et suivis en ambulatoire à l'hôpital de Versailles, ont participé à notre expérience en tant que patients schizophrènes. Tous les sujets avaient une vision normale ou corrigée pour atteindre la normale.

La différence d'âge entre les groupes de participants sains et patients schizophrènes est significative, d'après l'ANOVA $F(1,20) = 7.49$, $P < .05$.

5.1.2 Stimuli

Les stimuli utilisés pour l'expérience 2 sont une sélection de ceux utilisés lors de l'expérience 1 (Cf. Figure 15).

a) Phrases

Les phrases sélectionnées pour l'expérience 2 l'ont été en fonction de leur taux de reconnaissance chez les sujets sains (expériences 1 et 1'), afin de faire varier leur niveau d'ambiguïté. Elles se répartissaient en trois groupes : ≥ 90% de reconnaissance, entre 60% et 90% de reconnaissance, ≤ 60% de reconnaissance. Nous voulions ainsi tester si les patients schizophrènes sont sensibles à l'ambiguïté du contenu émotionnel des phrases. Les phrases sélectionnées sont présentées en annexe.

b) Expressions faciales

Les expressions faciales utilisées lors de l'expérience 2 sont également une sélection de celles utilisées lors des expériences 1 et 1'. Elles sont présentées Figure 22. Les participants sains avaient catégorisé « correctement » ces expressions faciales dans 25% à 100 % des cas, avec une intensité émotionnelle perçue (hors expressions neutres) comprise entre 33% et 80%.

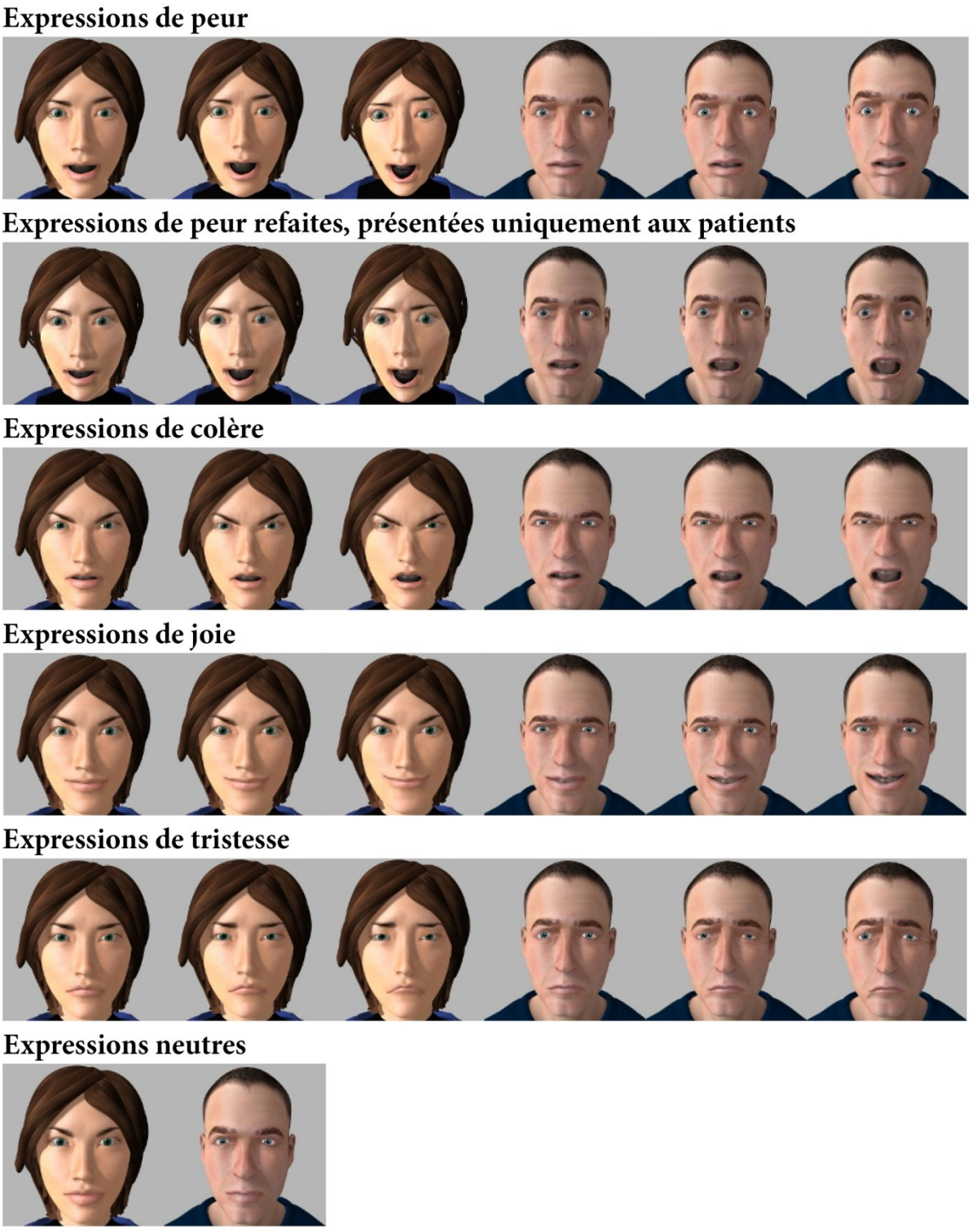


Figure 22 : Expressions utilisées pour la comparaison des performances de catégorisation entre les participants sains et les patients schizophrènes.

5.1.3 Procédure des expériences 1 et 1' (participants sains)

Avant l'expérience tous les stimuli ont été présentés aléatoirement aux participants, avec une durée d'affichage de 1000 ms, afin qu'ils puissent se faire une idée de la variété des intensités et éviter ainsi les effets de régression vers la moyenne.

L'expérience 1 était composée de 10 séquences de 25 phrases, 8 séquences de 8 captures d'écran et 1 séquence de 10 captures d'écran. Les stimuli étaient distribués aléatoirement dans chaque séquence. Les séquences de phrases et de captures d'écran alternaient selon le modèle suivant : une séquence de phrases, une séquence de captures, une séquence de phrases, une séquence de captures, etc. L'expérience 1' était similaire mais elle n'était composée que d'une séquence de 6 visages et une séquence de 5 phrases.

Chaque participant a vu au final deux fois chaque stimulus (une fois avant l'expérience, une fois durant l'expérience).

Durant l'expérience, les participants devaient catégoriser les stimuli (choix forcé), puis évaluer leurs intensités émotionnelles, à l'aide d'une échelle analogique (sauf en cas de réponse « neutre »).

Les participants furent informés de la procédure qu'ils devaient suivre par une consigne, qui leur a été lue. Ils étaient assis dans une pièce semi obscure, à environ 57 cm d'un écran 1920*1200 pixels (de 51,69 cm de large et 32,31 cm de haut), relié à un pc sous Windows XP. L'expérience a été réalisée à l'aide du logiciel « Eprime 2.0 Professionnal ». Les participants répondaient à l'aide d'une souris.

Les participants ont tout d'abord effectué une session d'entraînement de 2 blocs d'essais composés de 3 stimuli, un essai comportant trois phrases contextuelles, l'autre trois visages. Les stimuli en question ne faisaient pas partie de l'expérience mais étaient suivis des modalités de réponse et précédés d'une croix de fixation.

Après l'entraînement, «Nouveau bloc, cliquez à l'aide de la souris pour commencer » était affiché au centre de l'écran, en caractères (taille 26 de police Times New Roman) noir sur fond gris. Les participants devaient appuyer sur un bouton de la souris pour commencer le premier bloc.

Un signe « plus » de fixation était affiché au centre de l'écran, en noir sur un fond gris, durant un laps de temps allant de 100 à 500 ms. Suivait aussitôt après disparition du « plus » la présentation de la première phrase durant 3000 ms maximum, avec en-dessous de celle-ci 5 cases, chacune d'elles indiquant une réponse possible : «Neutre», «Joie», « Peur », « Colère », et « Tristesse ». Le texte était en caractère Arial 15, centré et en noir sur fond gris. Le participant devait cliquer avec le bouton gauche de la souris sur la case qui correspond à l'émotion suggérée par la phrase ou sur la case « neutre » si la

phrase est émotionnellement neutre. L'ordre des cases était variable d'un participant à l'autre. Au bout de 3000 ms la phrase disparaissait. Le participant avait au maximum 5000 ms pour répondre, soit les 3000 ms durant lesquelles la phrase était affichée plus les 2000 ms durant lesquelles il ne restait plus que les cases de réponses. Immédiatement après la réponse du participant, une échelle analogique était présentée. Elle était noire sur fond gris. En haut de l'écran était noté « Intensité émotionnelle » (en noir, police Time New Roman 30). A gauche de cette échelle était écrit (Time New Roman de taille 21) : « faible», et à droite de cette échelle était écrit : «élevée ». Les participants devaient cliquer à l'endroit qui correspondait selon eux le mieux à l'intensité émotionnelle induite par la phrase présentée, en utilisant la totalité de l'échelle. Dans le cas où les participants avaient répondu « Neutre », ils devaient cliquer n'importe où sur l'échelle. Le premier essai se terminait dès que le participant avait cliqué. Le premier bloc se terminait lorsque les 25 essais qui le composaient s'étaient déroulés.

Une fois le premier bloc terminé, était à nouveau affiché à l'écran le texte : « Nouveau bloc », cliquez à l'aide de la souris pour commencer ». Le participant pouvait se reposer avant de cliquer. Lorsque le participant cliquait, un bloc d'expressions faciales commençait.

Un signe « plus » de fixation était affiché en noir sur fond gris durant un laps de temps allant de 100 à 500 ms. Une expression faciale était présentée centrée à l'écran, sur un fond gris, durant 1000 ms. Le déroulement de l'essai était ensuite identique à celui des phrases contextuelles. Les participants n'avaient dans ce cas que 3000 ms pour répondre (les 1000 ms durant lesquels l'avatar était affiché plus 2000 ms). Le premier essai se terminait dès que le participant avait cliqué sur l'échelle. Le deuxième bloc se terminait lorsque les 8 essais qui le composaient s'étaient déroulés.

Les blocs s'enchaînaient sur le modèle : un bloc de phrases, un bloc d'expressions faciales, un bloc de phrases, etc. Il n'y avait jamais deux blocs du même type d'affilée. Les participants pouvaient se reposer entre chaque bloc. Le dernier bloc d'expressions faciales comportait 10 expressions faciales.

A la fin du dernier bloc était affiché « Merci pour votre participation ». Les participants étaient également remerciés par oral.

5.1.4 Procédure de l'expérience 2 (patients schizophrènes)

La procédure était similaire à celle de l'expérience 1. Néanmoins, les limitations de durées d'affichage et de réponse ont été supprimées. Ainsi, les phrases comme les visages étaient affichés avec leurs cases de réponses jusqu'à ce que les patients répondent, sans limite de durée. Par ailleurs, les réponses étaient toutes données au clavier, des touches étant affectées aux différentes réponses possibles. L'échelle analogique continue a été transformée en une échelle discrète comportant neuf points. Des points de plus en plus gros ont été dessinés sur des étiquettes collées sur les touches 1 à 9 du clavier

(hors pavé numérique), correspondant à des intensités émotionnelles de faible à forte. Ces modifications ont été effectuées afin de faciliter la tâche aux patients schizophrènes, qui peuvent présenter des déficits concernant la motricité fine (prévision, vitesse).

Enfin, l'expérience n'était pas réalisée dans la pénombre mais dans un cabinet de consultation. La passation a été réalisée à l'aide d'un pc portable doté d'un écran de 15 pouces (diagonale).

5.1.5 Analyse

Il s'agissait de comparer les résultats de l'expérience 2 avec ceux de l'expérience 1.

Le taux de catégorisation correcte ainsi que les temps de réponses correspondant à ces catégorisations correctes ont été étudiés au moyen d'analyses de la variance (ANOVAs). Le degré d'ambiguïté des phrases (faible, moyenne, élevée), l'intensité logicielle des visages (50%, 75%, 100%) ainsi que la catégorie émotionnelle étudiée (joie, peur, colère, tristesse et neutre) étaient des facteurs intra-sujet, alors que le groupe de participants (sains, schizophrènes) était un facteur inter-sujets. En résumé, les sources de variance considérées pour les analyses étaient, pour les phrases : émotion (5), ambiguïté (3), groupe de participants (2) et pour les visages : émotion (5), intensité émotionnelle (3) groupe de participants (2). La correction de Greenhouse-Geisser a été appliquée aux valeurs de P.

L'intensité émotionnelle perçue a également été étudiée, lorsque la catégorisation du stimulus concerné était correcte. Les temps de réponse pour les échelles ne seront pas étudiés car les modalités de réponses différaient entre les groupes de sujets (échelle continue avec réponse à l'aide de la souris pour les sujets sains et réponse au clavier avec une échelle discrète pour les patients). Les mêmes facteurs que pour les taux de bonnes réponses ont été considérés.

Afin de décomposer les interactions significatives, des tests post-hocs de Tukey ont été utilisés. Des t-tests ont également été utilisés pour tester si des valeurs différaient du hasard ou du maximum. Le seuil de significativité a été corrigé selon le critère de Bonferroni.

Etant donné que certains des stimuli vus par les patients schizophrènes ont été améliorés par rapport à ceux utilisés lors l'expérience 1 (Cf. Figure 15), nous vérifierons donc que nos résultats restent les mêmes sans les données les concernant, c'est-à-dire, pour les phrases : la colère et pour les visages : la peur.

Sur les figures, nous reporterons la significativité des analyses de la manière suivante : * : $P <$ .05.

5.2 Résultats

5.2.1 Résultats concernant les phrases

5.2.1.1 Analyse des taux de catégorisation correcte

Avec 72,69 % de catégorisations correctes, les patients schizophrènes n'ont pas significativement moins bien catégorisé les phrases que les participants sains (75,25 % de catégorisations correctes), $P > .6$. L'hypothèse H8 n'est donc pas vérifiée en ce qui concerne le taux de catégorisation.

Le facteur ambiguïté a eu un effet moyen significatif, sur l'exactitude des réponses $F(2,40) = 31.44$, $P < .0001$, $\varepsilon_{g\text{-}g} = .67$. Le test post-hoc montre que les phrases fortement ambiguës (61,14 % de reconnaissance correcte) sont moins bien reconnues que les moyennement ambiguës (71,12% de reconnaissance correcte), $P < .01$. De même, les phrases moyennement ambiguës sont moins bien catégorisées que les phrases faiblement ambiguës (90.00% de catégorisation correcte), $P < .001$. Les phrases fortement ambigües sont donc logiquement moins bien reconnues que les faiblement ambigües, $P < .001$.

Les résultats précédents sont cependant à nuancer au regard de l'interaction ambiguïté x groupe de participants, qui est significative, $F(2,40) = 7.51$, $P < .01$, $\varepsilon_{g\text{-}g} = .67$. Nous retrouvons chez les participants sains la différenciation entre les niveaux d'ambigüité, ce qui valide la sélection des phrases et leur classement en catégories. Ainsi, le test post-hoc montre pour les participants sains une différence significative entre la catégorisation correcte des phrases fortement ambigües (55,42 %) et celle des phrases moyennement ambigües (73,83 %), $P < .01$. De même, les phrases moyennement ambigües sont significativement moins bien reconnues que les faiblement ambigües (96,5% de reconnaissance correcte), $P < .001$. Les phrases faiblement ambigües sont donc mieux reconnues que les phrases fortement ambigües, $P < .001$. Nous ne retrouvons pas de tels résultats en ce qui concerne les patients schizophrènes. Nous pouvons tout de même relever que les phrases faiblement ambigües (82,20% de reconnaissance correcte) ont été marginalement mieux reconnues par les patients schizophrènes que les phrases moyennement ambigües (67,87% de reconnaissance correcte), $P < .1$ et fortement ambigües (68.00%), $P < .1$. Ces différences concernant l'effet de l'ambigüité ne se retrouvent pas quand on compare le taux de catégorisation correcte entre les groupes, celui des patients schizophrènes n'étant jamais significativement différent de celui des sujets sains, quel que soit le niveau d'ambigüité, $P > .2$. En revanche, lorsque les phrases sont faiblement ambigües, seuls les patients schizophrènes les reconnaissent à un taux significativement inférieur à 100 %, $P < .05$. L'hypothèse H8 est donc,

finalement, partiellement vérifiée (concernant les taux de catégorisation). Le graphique de la Figure 23 illustre ces résultats.

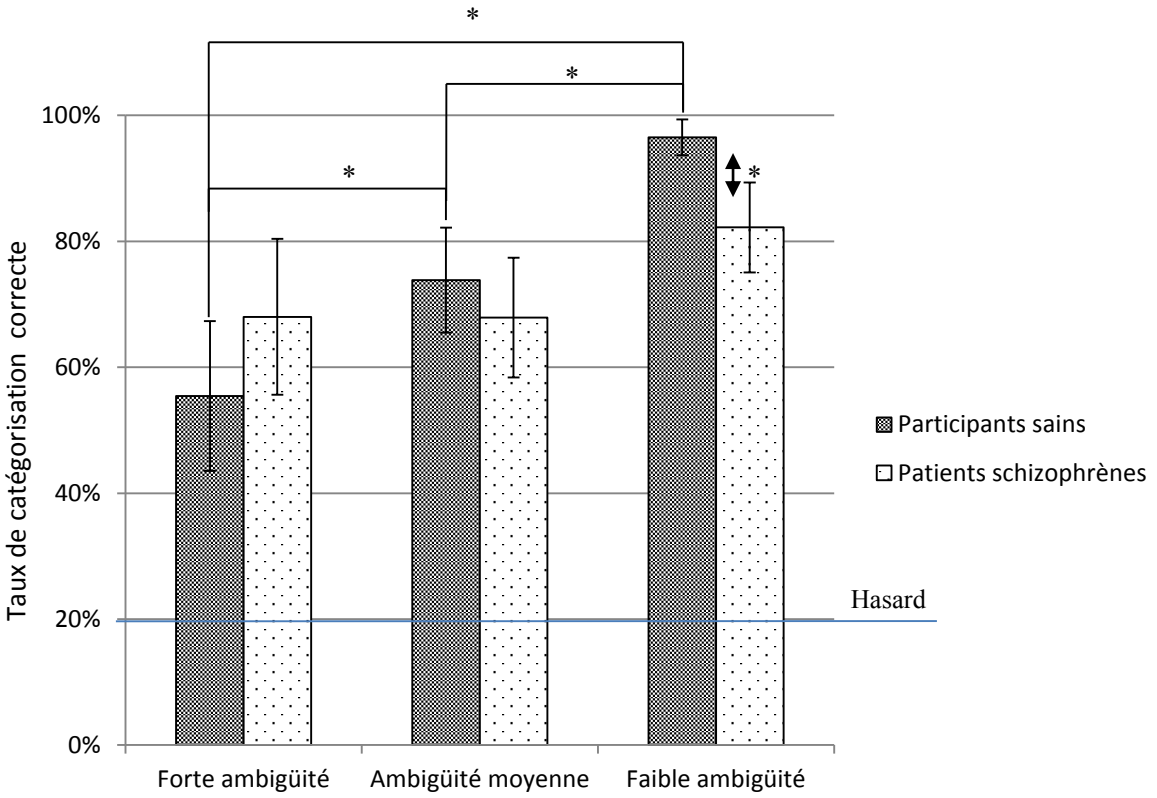


Figure 23 : Catégorisation correcte des phrases en fonction de leur degré d'ambiguïté, par les deux groupes de sujets. L'ambigüité n'a pas significativement affecté la reconnaissance des phrases par les participants schizophrènes.

5.2.1.2 Analyse des taux de catégorisation correcte, sans les stimuli modifiés (phrases suggérant la colère)

Le retrait des données concernant la colère fait passer la valeur de *P* de l'interaction ambigüité x groupe de participants au-dessus du seuil de significativité usuel mais elle reste marginalement significative, $F(2,40) = 3.04$, $P < .1$, $\varepsilon_{g\text{-}g} = .63$. Cela dit, le graphique reste similaire donc nous pouvons raisonnablement considérer que la différence entre les groupes de participants n'est pas uniquement un artéfact dû au fait que certaines phrases suggérant la colère soient plus ambigües dans leur version initiale (lue uniquement par les sujets sains). Le graphique sans la colère est présenté en annexe, Figure 35 Nous pouvons ajouter que l'interaction ambiguïté x émotion x groupe de participants n'est pas significative lorsque les données concernant la colère sont inclues dans l'analyse alors qu'un artéfact dû aux phrases « colère » pourrait rendre cette interaction significative.

5.2.1.3 Analyse des temps de réponse correcte

Les temps de réponses ont été significativement plus longs pour les patients schizophrènes (*M* = 6246,82 ms) que pour les participants sains (*M* = 3134,71 ms), comme l'a mis en évidence l'effet du groupe de participants, $F(1,20) = 22.83$, $P < .05$, $\varepsilon_{g\text{-}g} = .75$. L'hypothèse H8 est donc vérifiée pour ce qui est des temps de réponses. L'ambiguïté a eu un effet significatif sur les temps de réponse, $F(2,40) = 6.16$, $P < .01$. Le test post-hoc montre une diminution significative du temps de réponse pour les phrases faiblement ambiguës (*M* = 4361 ms), $P < .01$, par rapport aux phrases fortement ambiguës (*M* = 4993 ms). Le groupe de participants n'intervient pas significativement dans ce résultat, $P > .3$. En revanche, l'interaction ambiguïté x émotion x groupe de participants est marginalement significative, $F(8,160) = 2,42$, $P <.1$, $\varepsilon_{g\text{-}g} = .38$.

5.2.1.4 Analyse des temps de réponse correcte, sans les stimuli modifiés (phrases suggérant la colère)

La suppression des données correspondant à la colère ne fait pas disparaître l'effet du groupe de participants, qui reste significatif, $F(1,20) = 18.98$, $P < .001$. L'effet de l'ambigüité devient marginal, $F(2,40) = 2.92$, $P < .07$, $\varepsilon_{g\text{-}g} = .86$ mais l'interaction ambigüité x émotion x groupe de participants reste marginalement significative, $F(6,120) = 2.32$, $P < .1$, $\varepsilon_{g\text{-}g} = .43$. Le retrait des données concernant la colère n'a que peu affecté les résultats statistiques concernant les temps de réponses (pour les phrases) et nous pouvons penser que les effets liés au groupe de participants ne sont pas liés au fait que certaines phrases suggérant la colère aient été modifiées avant d'être présentées aux patients schizophrènes.

5.2.1.5 Analyse de l'intensité émotionnelle perçue dans les phrases

En raison d'un trop grand nombre de données manquantes, nous n'avons pas analysé l'intensité émotionnelle des phrases fortement ambigües. En ce qui concerne les phrases moyennement et faiblement ambiguës, les patients schizophrènes ne les ont pas significativement perçues comme moins intenses, $P > .1$. L'hypothèse H8 ne se vérifie donc pas au niveau de l'intensité émotionnelle perçue. En revanche, l'intensité émotionnelle perçue semble varier en fonction de l'émotion, $F(3,54) = 4.73$, $P < .01$, $\varepsilon_{g\text{-}g} = .89$. Le test post hoc nous montre que l'intensité moyenne perçue de la colère (67 %) est plus faible que celles de de la peur (76 %), $P < .05$ ainsi que de la tristesse (78 %), $P < .01$, graphique présenté en annexe (Figure 34).

L'effet principal de l'ambigüité est marginal, $F(1,18) = 4.20$, $P < .06$, avec des phrases faiblement ambiguës qui seraient en moyenne perçues comme plus intenses (74,38 %) que les phrases moyennement ambiguës (72 %). Par contre, l'interaction ambiguïté x émotion est significative $F(3,54) = 5.25$, $P < .05$, $\varepsilon_{g\text{-}g} = .51$. Le test post hoc montre, pour les phrases faiblement ambiguës, une intensité

moyenne perçue de la colère significativement plus faible (62 %) que celle de la joie (78 %), $P < .05$, de la peur (81 %), $P < .01$ et de la tristesse (76 %), $P < .05$, graphique présenté en Figure 24.

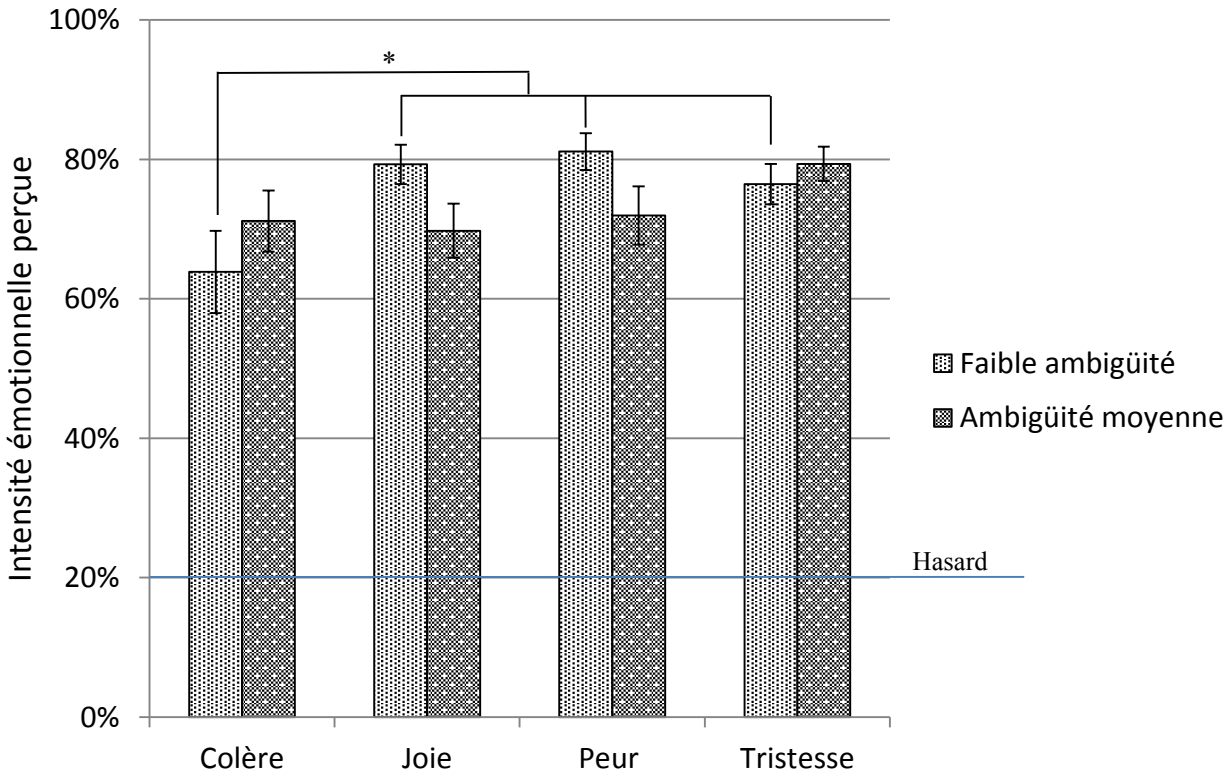


Figure 24 : Intensité émotionnelle perçue en fonction du degré d'ambigüité des phrases et de l'émotion étudiée. En ce qui concerne les phrases faiblement ambigües, la colère a été perçue comme moins intense que les autres émotions.

5.2.1.6 Analyse de l'intensité émotionnelle perçue dans les phrases, sans les stimuli modifiés (phrases suggérant la colère)

En retirant les données concernant les phrases suggérant la colère, l'effet du groupe de participants devient presque significatif, $F(1,19) = 4.38$, $P = .050$. Les patients schizophrènes auraient, en moyenne, marginalement perçu les émotions comme étant plus intenses (M = 81 %) que les participants sains (M = 71 %). Cependant, nous attirons l'attention sur le fait que les patients ont eu à leur disposition une échelle discrète et non pas une échelle continue, ce qui peut être à l'origine de cette différence. L'effet de l'ambigüité est devenu significatif, $F(1,19) = 6.67$, $P < .05$. L'intensité émotionnelle perçue est en moyenne plus forte pour les phrases faiblement ambiguës (79 %) que pour celles moyennement ambiguës (73 %). L'interaction ambigüité x émotion est également significative, $F(2,38) = 5.15$, $P < .05$, $\varepsilon_{g\text{-}g} = .89$. Il apparaît, d'après le test post hoc, que la joie et la peur faiblement ambiguës ont été en moyenne perçues comme plus intenses que leurs homologues faiblement ambigües,

P < .05 dans les deux cas (*M*joie faiblement ambiguë = 79 %, *M*joie moyennement ambiguë = 69 %, *M* peur faiblement ambiguë = 80 %, *M*peur moyennement ambiguë = 71 %). Par ailleurs, la tristesse moyennement ambiguë (*M* = 79 %) a été perçue comme moins intense que la joie moyennement ambiguë.

5.2.2 Résultats concernant les visages

5.2.2.1 Analyse des réponses aux visages « neutres »

Les patients n'ont jamais catégorisé les avatars neutres correctement. L'ANOVA montre que ce résultat est significativement différent de celui des participants sains (59,72 % de catégorisation correcte), $F(1,20) = 40.12$, $P < .0001$. Ce résultat est conforme à l'hypothèse H9. Nous remarquons ici que le taux de reconnaissance du neutre par les participants sains est relativement faible. Ce taux comprend les mauvaises réponses mais également les non réponses. Sa faiblesse est probablement due à un défaut de conception des avatars, dont l'intensité logicielle nulle correspond à une expression ambigüe au lieu d'être parfaitement neutre.

Nous avons utilisé cette ambigüité des avatars neutres pour comparer les erreurs des patients schizophrènes avec celles des participants sains. Nous avons observé un effet principal du groupe de participants, qui confirme que les patients ont bien commis plus d'erreurs (non réponses exclues), avec 37,50 % de mauvaises catégorisations que les sujets sains (7,29 % de mauvaises réponses), $F(1,20) = 48.49$, $P < .0001$. Le facteur émotion est significatif, $F(3,60) = 4.81$, $P < .01$, $\varepsilon_{g\text{-}g} = .81$. Le test post-hoc montre que le taux moyen de mauvaises réponses « tristesse » (40,91 %) est significativement plus élevé que celui des mauvaises réponses « peur » (11,36 %), $P < .05$. L'interaction émotion x groupe de participants est également significative, $F(3,60) = 8.35$, $P < .001$, $\varepsilon_{g\text{-}g} = .81$. D'après le test post-hoc, le taux plus élevé de mauvaises réponses « tristesse » ne concerne que les patients schizophrènes, avec 90.00 % contre 20.00% pour la colère, la joie et la peur, $P < .001$. Ce taux n'est par ailleurs pas significativement différent de 100 % ($P > .3$). Les participants sains n'ont jamais répondu « tristesse » et aucune différence significative n'est notable en ce qui concerne les réponses indiquées lors de leurs erreurs ($P > .7$). En dehors de la fausse reconnaissance de la tristesse par les patients schizophrènes, aucune autre fausse reconnaissance ne présente un taux significativement différent de 0%. Le taux de fausses reconnaissances pour les participants sains est significativement inférieur à celui correspondant à une réponse par hasard pour la peur ($P < .05$). En ce qui concerne les patients schizophrènes, le taux de fausses reconnaissances ne diffère significativement du hasard que pour la tristesse ($P < .001$). Le graphique de la Figure 25 illustre ces résultats. Enfin, il est à notre avis important de signaler que les

patients ont toujours reproduit leurs erreurs de reconnaissance concernant les visages neutres tandis que les participants sains ont présenté différentes réponses erronées au fil des essais.

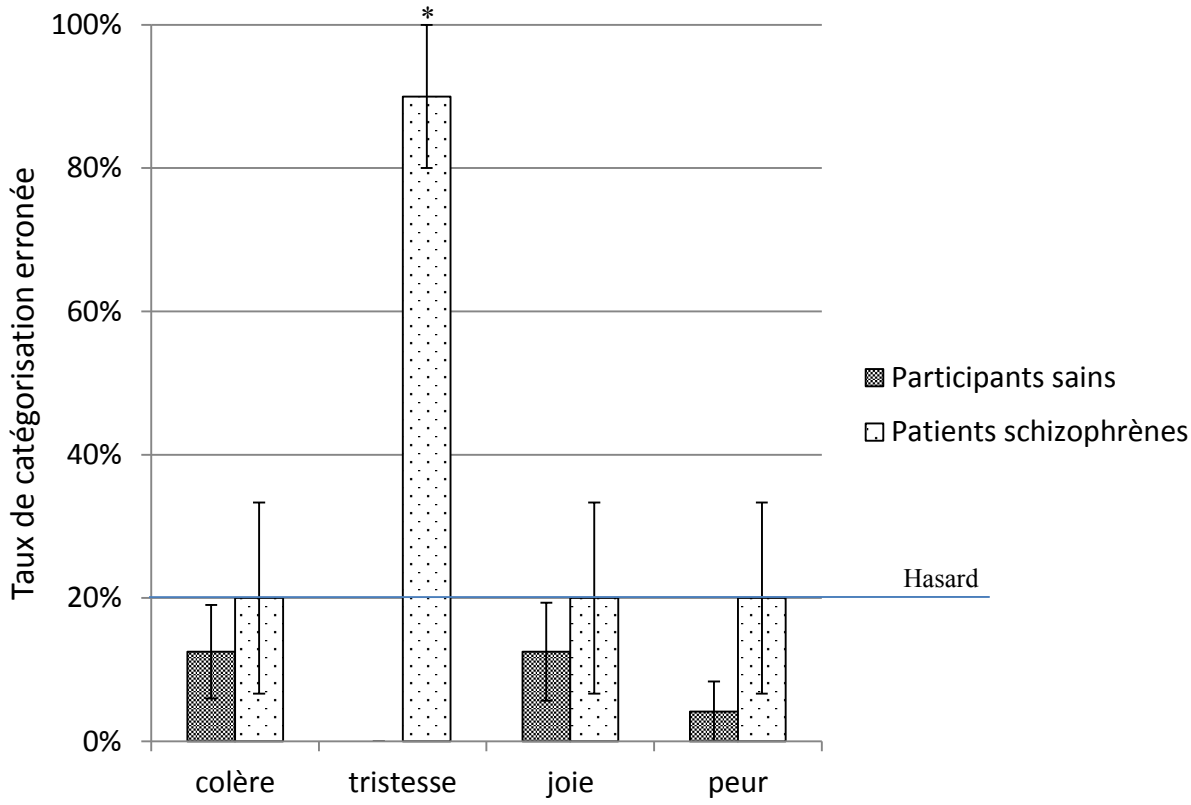


Figure 25 : Emotions faussement reconnues dans les visages neutres, par groupe de participants. Les patients ont le plus souvent confondu le neutre avec la tristesse.

5.2.2.2 Analyse des taux de reconnaissance des expressions émotionnelles

Les patients schizophrènes ont globalement moins bien catégorisé les visages émotionnels que les participants sains, avec 52,78 % de bonnes réponses en moyenne, contre 68,69 % pour les participants sains, $F(1,19) = 5.17$, $P < .05$. L'hypothèse H9 se trouve donc à nouveau confirmée. Le facteur émotion est significatif, $F(3,57) = 13.41$, $P < .0001$, $\varepsilon_{g\text{-}g} = .88$. Le test post-hoc révèle que la peur a été moins bien reconnue que la joie ($P < .05$), la colère ($P < .01$) et la tristesse ($P < .001$). Il révèle également que la colère a été moins bien reconnue que la tristesse ($P < .05$). Le taux de reconnaissance de la peur est toutefois significativement supérieur à celui correspondant à des réponses hasardeuse, $P < .001$. Le graphique de la Figure 26 illustre les résultats concernant le facteur émotion.

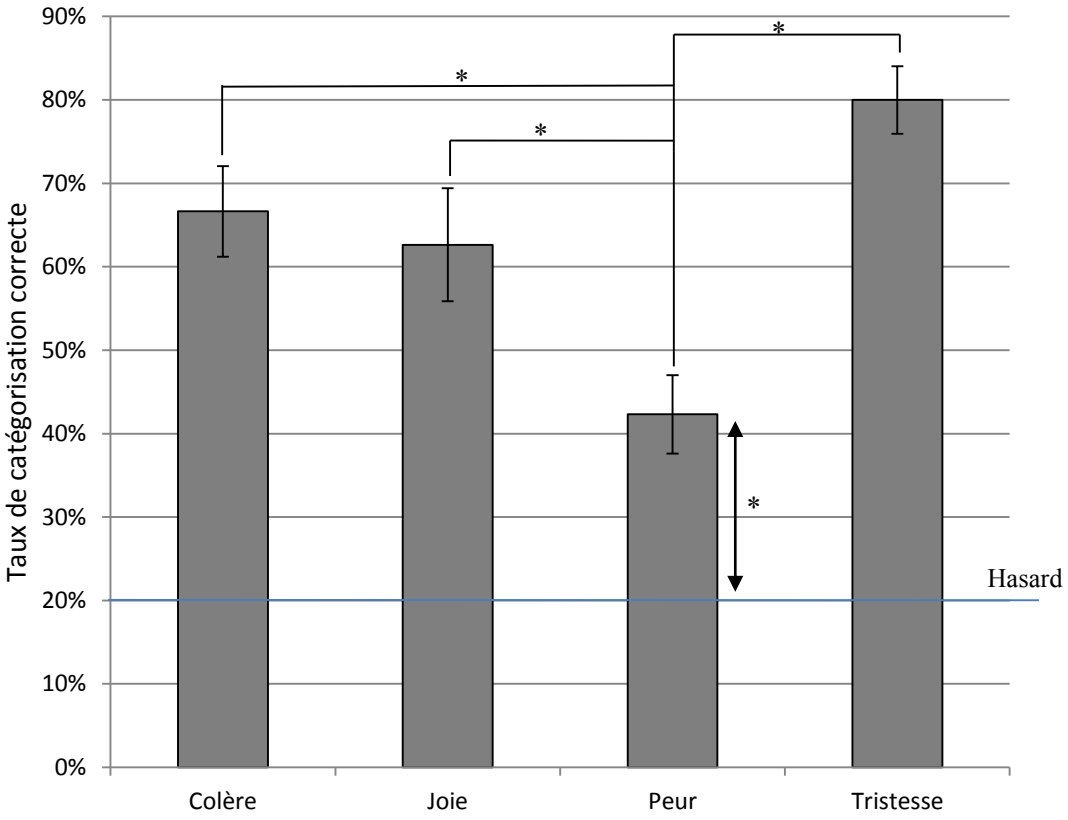


Figure 26 : Catégorisation des visages émotionnels en fonction de l'émotion étudiée. La peur a été particulièrement moins bien reconnue que les autres émotions.

Le groupe de participants n'interagit que marginalement avec le facteur émotion, $F(3,57) = 2.42$, $P < .08$, $\varepsilon_{g\text{-}g} = .88$. D'après la Figure 27, les patients semblent avoir aussi bien catégorisé la tristesse que les participants sains. En revanche, les taux de catégorisation de la joie et de la peur par les patients schizophrènes ne diffèrent pas significativement de celui correspondant au fait de répondre par hasard.

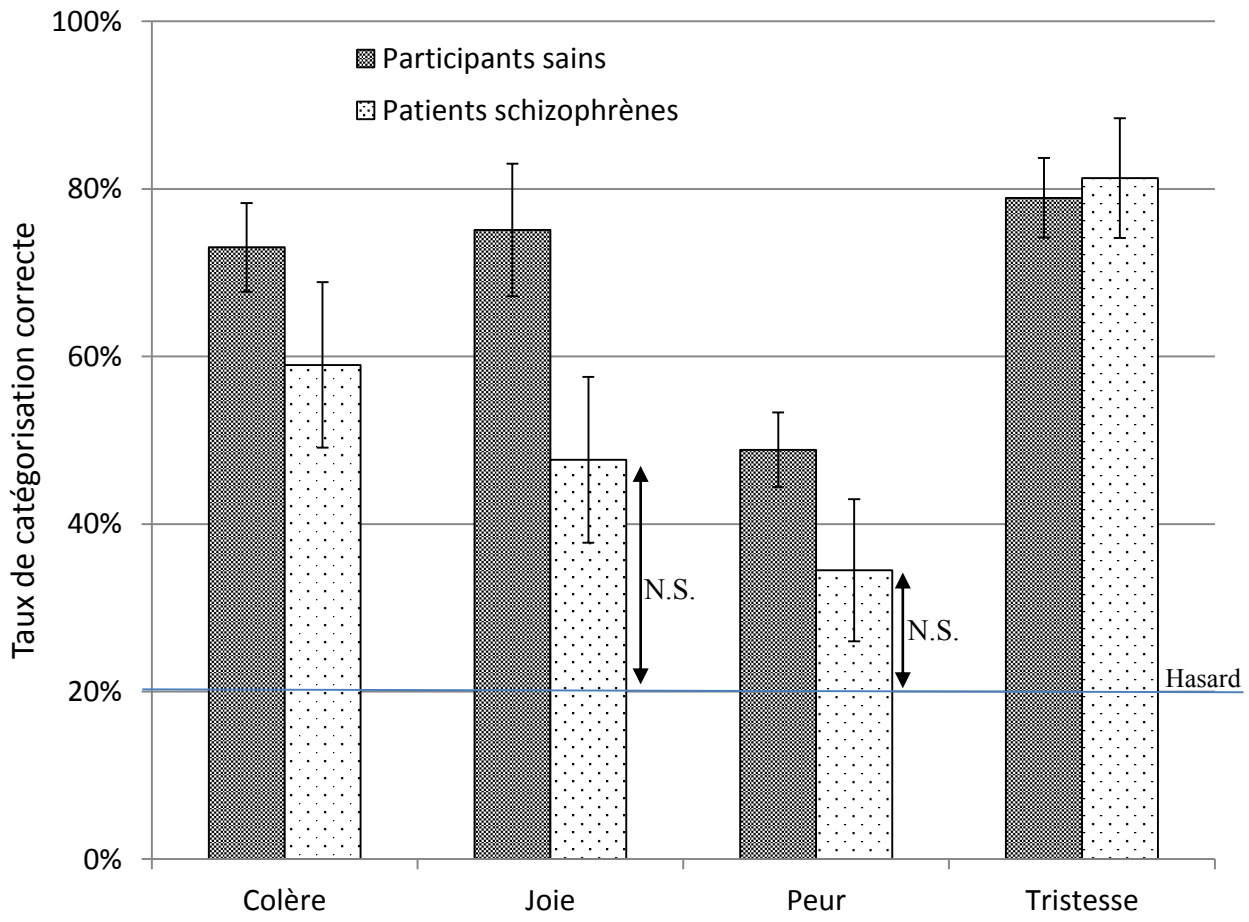


Figure 27 : Catégorisation des visages en fonction de l'émotion et du groupe de participants. Les patients semblent avoir aussi bien catégorisé la tristesse que les participants sains. N.S. : Non Significatif

L'intensité émotionnelle définie dans le logiciel (M.A.R.C.) a également un effet significatif sur la reconnaissance des émotions, $F(2,38) = 10.02$, $P < .01$, $\varepsilon_{g\text{-}g} = .73$, avec une relation quasi-linéaire entre le taux de reconnaissance et l'intensité émotionnelle. D'après les résultats du test post-hoc, les visages présentant une intensité émotionnelle de 50% ont été moins bien reconnus que ceux présentant une intensité de 75%, $P < .05$ et que ceux présentant une intensité de 100 %, $P < .001$. De même, les visages présentant une intensité émotionnelle de 100 % ont été mieux reconnu que ceux présentant une intensité de 75% (Cf. Figure 28).

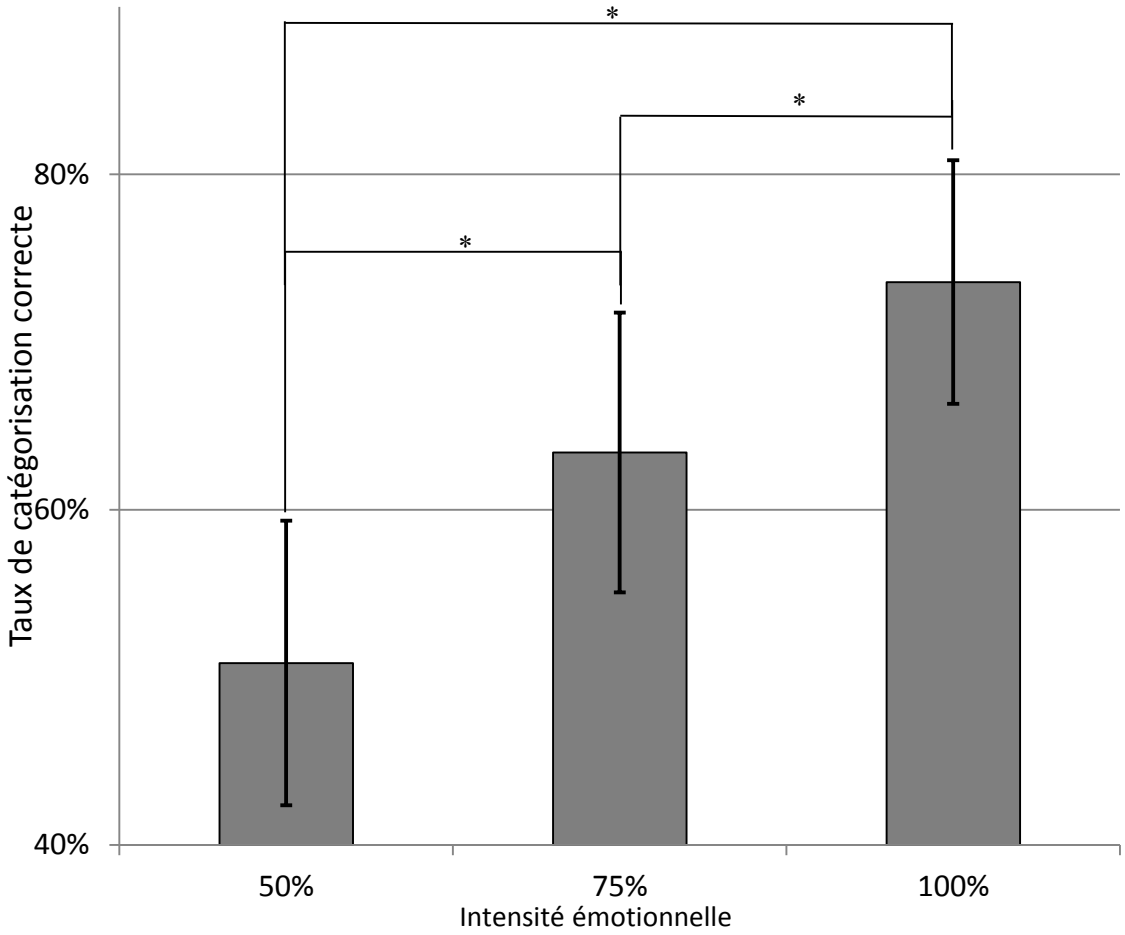


Figure 28 : Reconnaissance des visages en fonction de l'intensité émotionnelle (définie dans le logiciel). L'augmentation de l'intensité logicielle entraîne une amélioration de la reconnaissance des visages.

Enfin, l'interaction émotion x intensité émotionnelle est significative, $F(6,114) = 3.22$, $P < .05$, $\varepsilon_{g\text{-}g} = .73$ (Cf. Figure 29). D'après le test post-hoc, les visages exprimant de colère ont été moins bien reconnus à 50 % d'intensité émotionnelle qu'à 75 % ($P < .05$) et 100 % ($P < .01$). Les taux de reconnaissance de la colère à 50 % d'intensité émotionnelle et de la peur à 50 et 75% d'intensité émotionnelle, ne diffèrent pas significativement du taux de reconnaissance théorique correspondant au fait de répondre au hasard.

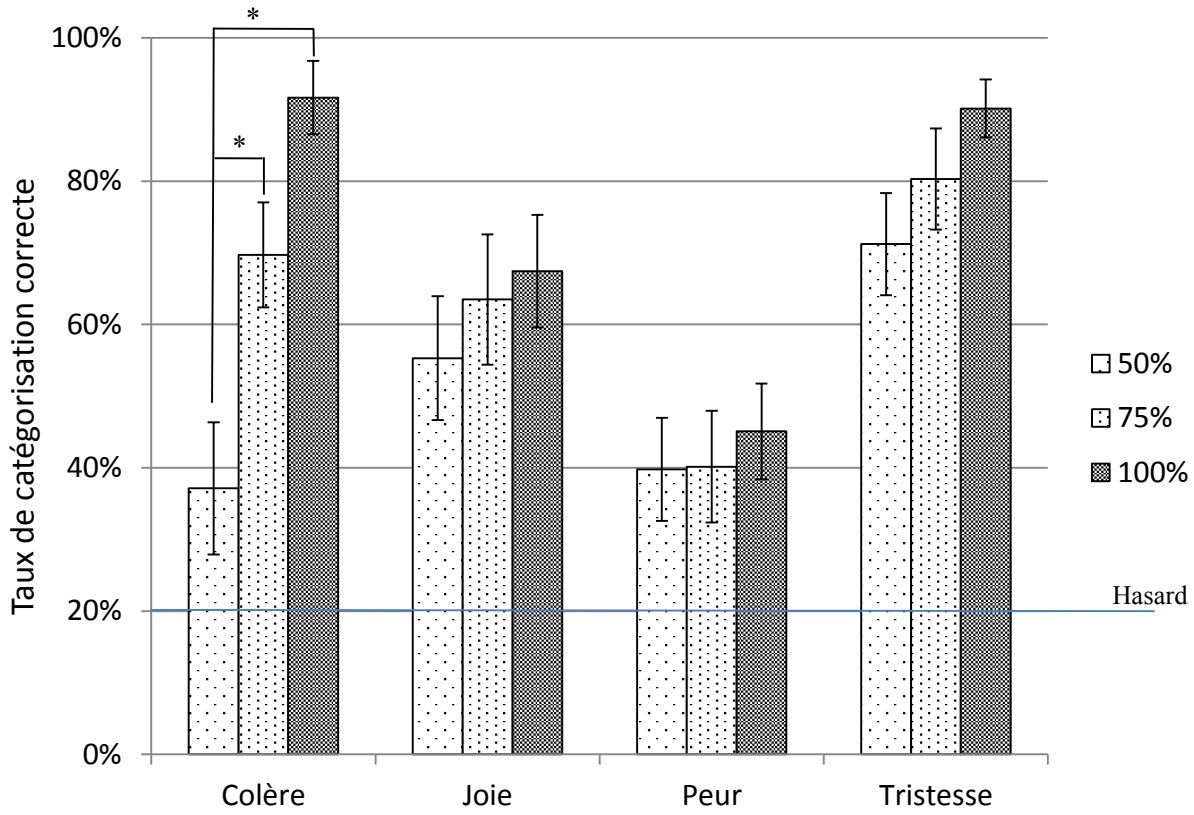


Figure 29 : Reconnaissance des visages en fonction de l'intensité émotionnelle et de l'émotion étudiée. Seule la colère à un taux de reconnaissance qui augmente avec l'intensité logicielle.

5.2.2.3 Analyse des taux de reconnaissance des expressions émotionnelles sans les stimuli modifiés (visage effrayés)

Le retrait des données concernant la peur fait que l'interaction émotion x groupe de participants devient significative, $F(2,38) = 3.38$, $P < .05$, $\varepsilon_{g\text{-}g} = .97$. Une fois encore, la significativité de cette interaction ne semble pas refléter un artéfact puisqu'elle était marginale avec les données correspondant aux visages effrayés. Cela dit, les différences entre les groupes de participants étudiées à l'aide du test post hoc ne donnent qu'une différence marginale concernant la reconnaissance de la joie, avec en moyenne 43 % de reconnaissance pour les patients contre 74 % pour les participants sains, $P < .06$.

5.2.2.4 Analyse des temps de réponses concernant la catégorisation émotionnelle des visages

Les patients schizophrènes n'ayant jamais catégorisé le neutre correctement, nous avons retiré le neutre des analyses concernant les temps de réponse. En raison d'un trop grand nombre de données manquantes (cas où il n'y a aucune réponse correcte pour un participant, une émotion et une intensité donnée), nous n'avons pas analysé les temps de réponses en fonction de l'intensité émotionnelle définie

dans le logiciel. Les patients schizophrènes ont mis significativement plus longtemps à catégoriser correctement les visages émotionnels que les participants sains, avec en moyenne 4363 ms contre 1579 ms pour les participants sains, $F(1,20) = 12.79$, $P < .01$. Ce résultat confirme l'hypothèse H9. Le facteur émotion est significatif, $F(3,60) = 6.88$, $P < .01$, $\varepsilon_{g\text{-}g} = .48$. Le post-hoc montre que les temps de réponses pour la peur (en moyenne 4331 ms) sont significativement plus élevés que ceux de de la colère (en moyenne 2418 ms), $P < .01$ et de la joie (en moyenne 2248 ms), $P < .01$. Ils ne sont que marginalement plus élevés que ceux de la tristesse (en moyenne 2887 ms), $P = .05$. L'interaction émotion x groupe de participants est également significative, $F(3,60) = 5.31$, $P < .05$, $\varepsilon_{g\text{-}g} = .48$ (Cf. Figure 30). Le test post-hoc montre qu'en fait, en regardant émotion par émotion, seuls les temps de réponses corrects « peur » ont été significativement plus longs pour les patients schizophrènes, avec en moyenne 6875 ms contre 1786 ms pour les participants sains, $P < .001$. Cela va à l'encontre du fait que les patients aient vu des visages effrayés améliorés par rapport à ceux vus par les participants sains. Nous pouvons en conclure que, soit l'amélioration n'est pas avérée, soit les patients ont des difficultés à reconnaître les expressions faciales de peur. Par ailleurs, les patients ont mis significativement plus de temps à catégoriser les visages effrayés que les visages exprimant la colère (*M* colère = 3352 ms), $P < .001$; joyeux (*M* joie = 2911), $P < 001$ et tristes (*M* = 4313 ms), $P < .05$. Les visages effrayés sont également correctement catégorisés plus lentement par les patients que pour les participants sains. Nous avons déjà effectué la comparaison inter-groupe pour les seuls visages effrayés, les résultats sont similaires en ce qui concerne les autres émotions faciales, $P < .001$ dans tous les cas (*M* sains colère = 1484 ms ; *M* sains joie : 1585 ms ; *M* sains tristesse = 1461 ms).

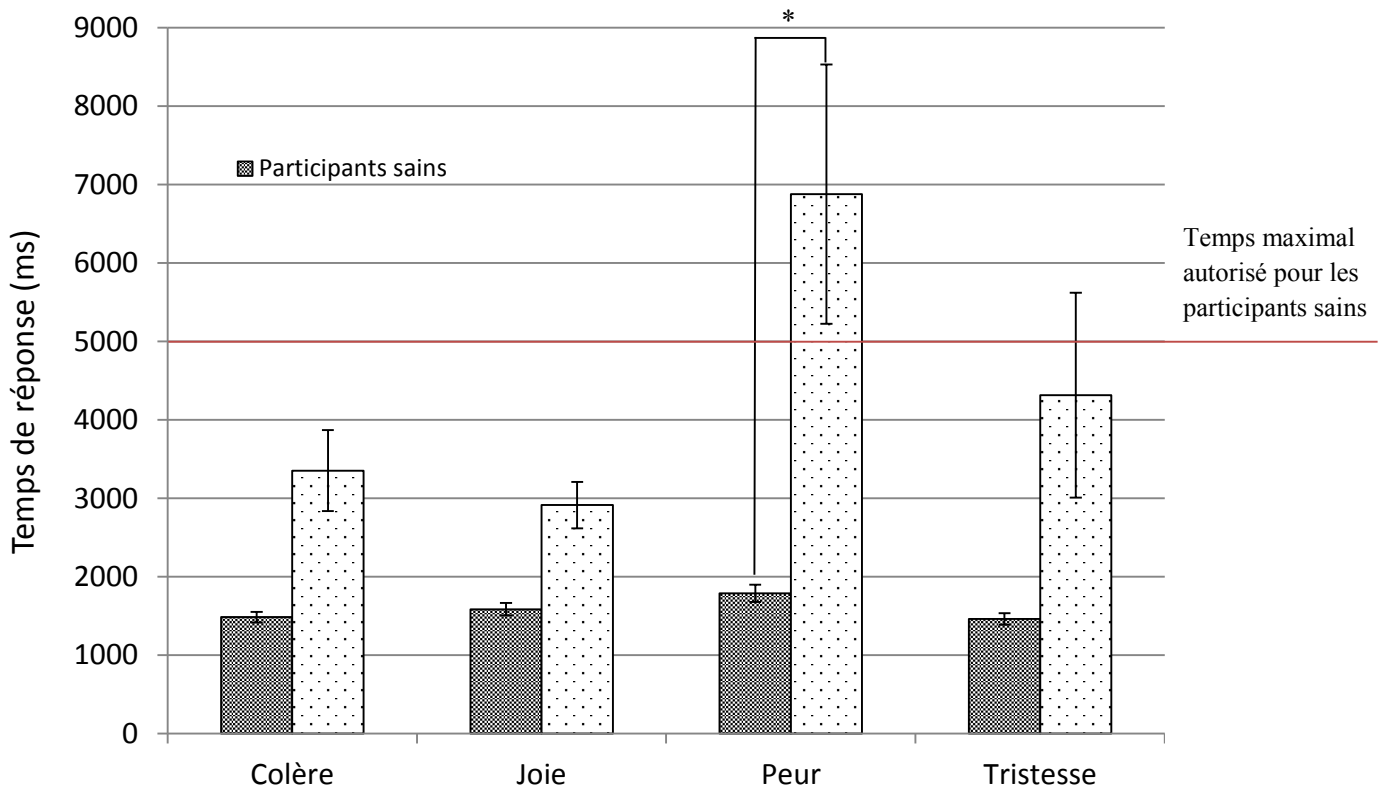


Figure 30 : Temps de réponses pour les bonnes réponses concernant visages, en fonction de l'émotion considérée et du groupe de participants. Les patients schizophrènes ont mis plus de temps que les participants sains à catégoriser la peur.

5.2.2.5 Analyse des temps de réponses concernant la catégorisation émotionnelle des visages perçue sans les stimuli modifiés (visage effrayés)

Après le retrait des données concernant les visages effrayés, seul le facteur groupe de participants reste significatif, $F(1,20) = 12.29$, $P < .01$. Les patients schizophrènes ont mis plus de temps à répondre ($M = 3526$ ms) que les participants sains ($M = 1510$ ms).

5.2.2.6 Analyse de l'intensité émotionnelle perçue sur les visages

L'étude des intensités émotionnelles perçues ne fait pas apparaître de différence entre les groupes de participants, $P > .7$. Ce résultat va à l'encontre de l'hypothèse H9.

Le seul facteur significatif est le facteur émotion, $F(3,60) = 4.06$, $P < .05$, $\varepsilon_{g\text{-}g} = .75$. Le test post-hoc montre que la joie a été perçue de façon moins intense (en moyenne 61 %) que la tristesse (70 %), $P < .05$. Nous pouvons tout de même relever le fait que l'interaction émotion x groupe de participants soit marginale, $F(3,60) = 2.74$, $P < .06$.

5.2.2.7 Analyse de l'intensité émotionnelle perçue sans les stimuli modifiés (visage effrayés)

Le retrait des données concernant les visages exprimant de la peur ne fait pas apparaitre ou disparaitre des effets. Ainsi, le facteur émotion reste significatif, $F(2,40) = 6.67$, $P < .01$, $\varepsilon_{g\text{-}g} = .95$. D'après le post-hoc, la joie est en moyenne significativement perçue comme moins intense que la colère, avec 61 % contre 68 %, $P < .05$ et la tristesse, qui est en moyenne perçue avec une intensité de 70 %, $P < .01$. L'interaction émotion x groupe de participants reste marginale, $F(2,40) = 3.06$, $P < .06$, $\varepsilon_{g\text{-}g} = .95$, ce qui confirme le fait qu'elle ne provenait pas d'un artéfact lié aux modifications apportées aux visages effrayés. L'interaction semble toujours due à une perception par les patients schizophrènes des visages exprimant la colère comme plus intenses que ceux exprimant la joie.

5.3 Discussion des résultats concernant la reconnaissance des émotions par les patients schizophrènes et les sujets sains

Nous avons présenté des phrases à la troisième personne, suggérant ou non une émotion (joie, peur, tristesse, colère), à des patients schizophrènes ainsi qu'à des sujets sains. Nous avons fait de même avec des visages artificiels exprimant ou non ces mêmes émotions. Les patients ont catégorisé les phrases de manière similaire aux participants sains mais cela leur a pris plus de temps (l'hypothèse H8 est donc au minimum vérifiée pour ce qui est des temps de réponse). Les phrases n'ont par ailleurs pas été perçues comme étant émotionnellement moins intenses par les patients. Contrairement aux phrases, les visages ont été moins bien catégorisés par les patients que par les participants sains (hypothèse H9 vérifiée), cependant l'intensité émotionnelle perçue reste semblable entre les deux groupes de participants. Les patients ont, en ce qui concerne la reconnaissance des visages, à nouveau mis plus de temps à répondre que les participants sains. Enfin, les patients n'ont jamais reconnu l'absence d'émotion sur les visages neutres.

Le fait d'avoir utilisé des visages artificiels ne semble pas avoir impacté nos résultats. En effet, ces visages ont été, de manière générale, correctement reconnus par les participants sains et les résultats concernant les patients schizophrènes font écho à ceux décrits dans des expériences utilisant des photographies de visages humains (pour une méta-analyse, voir Kohler et coll., 2009). Les intensités émotionnelles définies dans le logiciel ont globalement été perçues correctement par les participants sains et les patients schizophrènes. Nous avons néanmoins rencontré un certain nombre de difficultés avec l'utilisation des avatars : les expressions de peur ont été difficiles à créer et les intensités émotionnelles maximales sont parfois impossibles à atteindre car des déformations artefactuelles du visage surviennent.

Le fait d'avoir amélioré certains stimuli avant de les présenter aux patients pourraient leur avoir donné un avantage, tout comme le fait de ne pas leur imposer de temps limite pour la réponse. Toutefois, le retrait des données concernant les stimuli retouchés n'entraîne que peu de changements concernant les résultats, ce qui laisse à penser que la retouche de ces stimuli n'a pas vraiment aidé les patients. En revanche, la suppression de la limite temporelle pour les réponses pourrait avoir aidé les patients, qui ont mis plus de temps à répondre que les participants sains et ont largement dépassé le temps imparti à la réponse pour les participants sains. Aussi pouvons-nous penser que le fait de leur imposer la même limite temporelle qu'aux participants sains aurait dégradé leurs performances de catégorisation émotionnelle. Cette lenteur relative des patients viendrait de la pathologie plutôt que des effets secondaires des neuroleptiques, si l'on en croit une étude montrant les effets de ces derniers sur la vitesse de traitement comme étant limités (Frasch et coll., 2012). De plus, des études ont montré que les patients schizophrènes présentaient un ralentissement dans les processus cognitifs, en particulier une recherche

sémantique ralentie (Nestor et coll., 1997; Strandburg et coll., 1997 ; Hokama et coll., 2003; Niznikiewicz et coll., 2004, cités par Iakimova et coll., 2005). Le fait que les patients soient en moyenne plus âgés que les sujets sains a également pu jouer un rôle. Cela serait en accord avec les conclusions d'une méta-analyse (Dykiert et coll., 2012), qui mettent en évidence une augmentation des temps de réponses liée à l'avancement en âge. Enfin, le fait que les participants sains aient une limite temporelle pour leur réponse, contrairement aux patients, peut également avoir influé. En effet, les patients auraient peut-être répondu plus vite si une limite temporelle leur avait été donnée, tandis qu'à l'inverse les participants sains auraient peut-être répondu moins vite. Le fait de mettre plus longtemps à répondre peut correspondre à un manque de réactivité et ainsi nuire aux relations sociales. Aussi, même lorsque les patients ont correctement répondu, cela ne signifie pas pour autant une absence de troubles socialement handicapants.

Si les patients schizophrènes n'ont pas moins bien catégorisé les phrases que les participants sains, ils semblent ne pas avoir parfaitement reconnu les phrases faiblement ambigües (contrairement aux participants sains). D'après les temps de réponse, les patients semblent tout de même avoir catégorisé avec plus de facilité les phrases faiblement ambigües que celles moyennement et faiblement ambigües (les temps de réponse sont plus court quand l'ambigüité est faible, pour les deux groupes de participants). Nous pouvons faire l'hypothèse que le fait que les patients soient contraints de répondre, contrairement aux participants sains a pu les aider concernant les phrases fortement ambigües (une réponse au hasard pouvant être correcte, contrairement à une absence de réponse). Cela tendrait ainsi à réduire artificiellement l'effet de l'ambiguïté des phrases chez les patients comparativement aux participants sains. Nous ne pouvons donc pas affirmer que l'ambiguïté des phrases n'a pas eu d'effet sur leur catégorisation émotionnelle par les patients schizophrènes.

Nos résultats concernant la perception des visages correspondent à ce qui est décrit dans la méta-analyse de Kohler et ses collaborateurs (2010), à savoir que les patients ont des difficultés à reconnaître les expressions faciales d'émotions, quelle que soit l'émotion. En effet nous n'observons que quelques différences de catégorisation entre les émotions (en particulier concernant la joie, qui semble moins bien reconnue que les autres émotions et la tristesse, qui semble mieux reconnue) mais elles sont marginales. Il apparaît néanmoins que les patients schizophrènes ont mis plus de temps à catégoriser les expressions faciales de peur. Cela va dans le sens d'une difficulté des patients schizophrènes à reconnaître les expressions faciales de peur, qui a déjà été décrite dans la littérature (Edwards et coll., 2001 ; Kohler et coll., 2003).

Si des difficultés de reconnaissance des émotions faciales par les patients schizophrènes ont souvent été décrites (Kohler et coll., 2009), peu d'études mentionnent des difficultés à catégoriser l'absence d'émotion faciale. Nous en avons trouvé une qui montre un biais d'erreur positif du neutre

vers la joie (Sekiyama et coll., 2008) et une autre qui montre un biais d'erreur négatif (Thaler et coll., 2013). La non reconnaissance du neutre par les patients ayant participé à notre expérience pourrait venir de la qualité des stimuli. Il apparaît cependant que, même si les participants sains ont également eu des difficultés à reconnaître l'absence d'émotion faciale, leurs fausses reconnaissances sont différentes de celles des patients. En effet, tandis que les participants sains n'ont pas répondu ou ont répondu indifféremment l'une ou l'autre des émotions, la plupart des patients y ont vu de la tristesse. Ce résultat concernant la tristesse fait écho au fait que la tristesse semble avoir été aussi bien reconnue par les patients schizophrènes que par les participants sains. Nous pouvons penser que certains patients présentent un biais de reconnaissance, vers la tristesse, qui va les aider à reconnaître cette dernière mais également les induire en erreur en cas d'expression faciale émotionnellement neutre. Le fait que chaque patient ait toujours vu la même émotion dans les expressions neutres alors que les participants sains étaient plutôt variables dans leurs erreurs va également dans ce sens. Nous avons retrouvé le biais négatif de Thaler et ses collaborateurs (2013), en contradiction avec Sekiyama et ses collaborateurs (2008). Cependant le biais positif trouvé par Thaler et ses collaborateurs concernait la perception auditive de l'absence d'émotion, ce qui rend la comparaison difficile avec nos résultats, qui portent sur son expression faciale. Nous tout de même relever le fait que les biais de catégorisation du neutre par les patients schizophrènes sont variables d'une étude à l'autre. Enfin, le fait que les patients schizophrènes aient toujours répondu, contrairement aux participants sains, ne peut pas être discuté car ils étaient obligés de répondre pour passer à l'essai suivant (du fait de la suppression de la limite temporelle).

Nos résultats suggèrent que les difficultés que rencontrent les patients schizophrènes concernant la perception des émotions ne seraient pas d'ordre conceptuel mais plutôt perceptif. En effet, si nous avons trouvé que les patients catégorisaient moins bien les visages, en accord avec un grand nombre d'études (voir la méta-analyse de Kohler et coll., 2009), et si les patients semblent avoir des difficultés à catégoriser la prosodie, tout en y étant sensible (Roux et coll., 2010), ils semblent capable de générer un modèle de situation émotionnel à partir de phrases mentionnant quelqu'un se trouvant dans un contexte donné. Les patients peuvent donc, d'après nos résultats, effectuer correctement (mais plus lentement que les sujets sains) la première étape préalable à la détection de l'incongruité pragmatique émotionnelle, à savoir la simulation d'un modèle de situation émotionnel. Ils ont en revanche eu des difficultés à reconnaître les expressions faciales d'émotions (hormis, semble-t-il, les expressions faciales de tristesse), ce qui pourrait les empêcher de détecter correctement l'incongruité pragmatique émotionnelle.

Discussion générale

1. Modélisation du traitement de l'incongruité pragmatique émotionnelle

1.1 Synthèse des résultats expérimentaux

1.1.1 Synthèse des résultats EEG et EMG

L'incongruité pragmatique émotionnelle peut se définir comme la situation dans laquelle une émotion exprimée par autrui ne correspond pas à celle attendue d'après nos connaissances sur la personne et sur le contexte dans lequel elle se trouve. Traiter l'incongruité émotionnelle nécessite d'interpréter le contexte dans lequel se trouve une personne. Cela signifie qu'il faut comprendre ce que signifie le contexte, d'un point de vue psycho-social. Pour ce qui est de cette thèse, le contexte était présenté sous la forme de phrases qui, par inférences pragmatiques, vont générer, par simulation incarnée (Glenberg, 1997), un modèle mental de situation (Zwaan, 2004). D'après les résultats des EMG faciales que nous avons enregistrées durant la lecture des phrases, les habiletés sociales du participant pouvaient être mises à contribution lors de la construction d'un modèle de situation encodant les informations émotionnelles (à partir de nos phrases contextuelles).

Une fois le modèle de situation émotionnelle simulé mentalement (Glenberg, 1997, Zwaan, 2004), cela créait une attente concernant l'expression faciale émotionnelle qui devait y être associée. Cette attente pouvait potentiellement être à l'origine de la formation d'une image mentale, plus ou moins précise, de l'expression faciale attendue. Nous avons étudié les corrélats neuroélectriques et les effets comportementaux (taux de réponses correctes, temps de réponse) liés à la détection d'une expression faciale incongrue (et donc inattendue) d'après le contexte. Les expressions émotionnelles qui devaient être jugées d'après le contexte étaient des expressions faciales issues de visages artificiels.

Afin de tester les effets de l'incongruité pragmatique émotionnelle autres que ceux liés à une influence contextuelle sur la catégorisation émotionnelle, nous n'avons présenté aux participants des expériences 3 et 3' que les visages ayant été le mieux reconnus lors des expériences 1 et 1'. Le fait d'avoir demandé aux participants de juger le caractère identique ou différent de l'émotion exprimée par le visage, comparativement à celle suggérée dans la phrase devait également participer à éviter que le contexte n'influence la perception de l'émotion (ou de son absence) exprimée par le visage. En effet, cette tâche attirait l'attention des participants sur le fait que le visage pouvait ne pas être en adéquation avec le contexte et qu'il fallait donc prêter séparément attention au contexte et au visage. L'incongruité pragmatique émotionnelle a été moins bien détectée que la congruité, avec des temps de réponses plus longs, ce qui valide notre hypothèse H1. Par ailleurs, cette difficulté de reconnaissance de l'incongruité

était, en termes de temps de réponses, d'autant plus forte que les participants présentaient un faible score d'habiletés sociales. Cette difficulté supplémentaire à détecter l'incongruité pragmatique émotionnelle semble provenir d'une interprétation malaisée du contexte émotionnel, qui génèrerait ainsi des doutes sur le caractère incongru de l'expression émotionnelle perçue. Cela valide l'hypothèse H3 et confirme le fait que la détection de l'incongruité pragmatique émotionnelle soit une habileté sociale.

En ce qui concerne les corrélats neuroélectriques, la perception des visages a tout d'abord entraîné l'apparition d'une onde pariéto-occipitale P100 (présentant un pic environ 100 ms après l'apparition du visage ; Herrmann et coll., 2004) puis d'une onde temporo-pariétale N170 (présentant un pic environ 170 ms après l'apparition du visage ; Eimer 2011). Ces ondes n'étaient pas affectées par l'incongruité pragmatique émotionnelle (hypothèse H5 validée), contrairement à ce qui a été décrit dans des études testant l'influence du contexte sur la catégorisation émotionnelle (Meeren et coll., 2005; Barrett et coll., 2007, Righart et de Gelder, 2008b; Paulmann et Pell, 2010; Zhu et coll., 2010; Baggott et coll., 2011; Hietanen et Astikainen, 2013). Cette absence d'effet de l'incongruité sur les potentiels évoqués précoces suggère que, lorsque l'incongruité émotionnelle d'une expression faciale est correctement détectée, le contexte n'avait pas influencé sa perception. En effet, la détection correcte de l'incongruité comme de la congruité (pragmatique émotionnelle) suppose que les expressions faciales soient correctement perçues. Cela signifie en outre une faible ambigüité des expressions faciales émotionnelles qui aurait pu inhiber les possibles effets d'influence contextuelle sur leur reconnaissance. Cet absence d'effet pourrait également provenir d'une ambigüité du contexte mais le fait que les taux de bonnes réponses soient globalement élevés suggère que les contextes ont été le plus souvent correctement interprétés (et les visages correctement catégorisés). Par ailleurs, cette absence d'effet de l'incongruité sur les ondes évoquées précoces interroge quant à l'image mentale correspondant à l'expression faciale attendue. En effet, étant donné que nous n'avions que dix visages différents, les participants auraient pu produire une image mentale précise du visage attendu. Cependant, une telle image mentale devrait augmenter (Ganis et Schendan, 2008) ou diminuer (Hirschfeld et coll., 2012) l'amplitude de la N170. Le fait qu'Hirschfeld et ses collaborateurs (2012) aient utilisé une tâche de vérification, semble indiquer que nous notre tâche aurait pu nous permettre d'observer un effet similaire. Nous pouvons donc penser que l'image mentale produite n'était pas suffisamment précise pour affecter l'amplitude de la N170. Il est également possible que, lorsque l'onde N170 a été affectée, cela ait causé une détection erronée de l'incongruité. Etant donné que nous n'avons analysé que le signal EEG correspondant aux essais pour lesquels les participants ont correctement répondu, les essais présentant un effet de l'incongruité sur l'amplitude de la N170 se seraient ainsi retrouvé exclus des analyses. Enfin, il se pourrait qu'aucune image mentale du visage attendu n'ait été générée par les participants, rendant ainsi impossible son influence sur la N170. Cela pourrait s'expliquer par le fait que nous n'ayons pas demandé aux participants de produire des telles images mentales et cela serait en accord avec la théorie de la cognition incarnée. En effet, selon Gleneberg (1997), les inférences sont classiquement définies

comme encodant une nouvelle proposition, ce qui pourrait correspondre, dans notre cas, à la production d'une image mentale de l'expression faciale attendue. Toujours selon Glenberg (1997), la théorie de la cognition incarnée remplace les inférences (au sens classique du terme) par la notion compatibilité avec la conceptualisation incarnée. Ainsi, les participants à notre expérience n'auraient pas inféré d'image mentale de l'expression faciale attendue. La tâche aurait donc été traitée en jugeant la compatibilité entre l'expression faciale perçue et le modèle de situation simulé. Une fois l'expression faciale perçue, elle était probablement catégorisée. En effet, si la catégorisation émotionnelle n'était pas nécessairement explicite, la réalisation correcte de la tâche imposait le fait de ne pas se limiter à la valence émotionnelle, les émotions de même valence y étant différenciées. Ainsi, par exemple, un visage effrayé (valence négative) était considéré comme incongru dans un contexte suggérant la tristesse ou la colère (valence négative). En termes de potentiels EEG évoqués, la catégorisation émotionnelle pourrait être reflétée par la troisième onde que nous avons observée : la P300. En effet, certaines études ont montré que cette onde était impliquée dans le processus de catégorisation (Mecklinger et Ullsperger, 1993; Palmer et coll., 1994; Azizian et coll., 2006; Ma et coll., 2008) et nous avons trouvé qu'elle était, de manière marginalement significative, moins fortement positive en condition incongrue. L'incongruité pourrait donc perturber la catégorisation émotionnelle. Cela signifierait que, même lorsque l'attente créée par le contexte ne perturbe pas la reconnaissance des caractéristiques physiques d'une expression faciale (émotionnelle ou neutre), comme le suggère l'absence d'effet de l'incongruité sur l'amplitude des ondes P100 et N170, elle peut toujours perturber sa catégorisation. Si l'étude Schendan et Ganis (2012) rapporte de résultats similaires concernant la P300 (notée P3), avec une amplitude plus fortement positive en condition incongrue, elle relate également un effet de l'incongruité sur la N170 (voir également Ganis et Schendan, 2008). Cette étude de Schendan et Ganis (2012 et Ganis et Schendan, 2008 ; les deux publications référant aux mêmes expériences) commençait par entraîner les participants à produire des images mentales de personnes célèbres (à partir de photographies), avant d'étudier ensuite les potentiels neuroélectriques cérébraux évoqués lors de la présentation d'une photographie de célébrité correspondant ou non à l'image mentale préalablement réactivée. Il s'agissait donc d'une expérience portant spécifiquement sur l'imagerie mentale, ce qui n'est pas le cas de nos expérience 3 et 3'. Le fait que l'incongruité n'ait pas affecté la N170 suggère que cette difficulté de catégorisation émotionnelle (reflétée par la P300), causée par l'incongruité, serait liée à l'incompatibilité de l'expression faciale avec le modèle de situation émotionnelle plutôt qu'à l'influence d'une image mentale de l'expression attendue. Nous ne pouvons toutefois pas trancher cette question, étant donné que, comme nous l'avons expliqué dans le paragraphe précédent, l'absence d'effet de l'incongruité sur l'amplitude de la N170 ne signifie pas nécessairement une absence d'imagerie mentale.

Dans la région centro-pariétale et au niveau de la ligne médiane centro-pariétale du cerveau, l'effet de l'incongruité sur la N400 est classique (amplitude allant plus vers les valeurs négatives en condition incongrue qu'en condition congrue) et conforme à ce qui a été trouvé dans d'autres études

portant sur la violation d'attentes sociales (Haggort et al., 2004; Filik and Leuthold; 2008; Van Berkum et al., 2009; Leon et al., 2010; Baetens et al., 2010; Leuthold et al., 2011; Moreno et al., 2011; Hirschfeld et al., 2012; van den Brink et al., 2012; Moreno et al., 2013; Delaney-Busch et al., 2013).Cela valide notre hypothèse H2, selon laquelle la N400 devrait être affectée par l'incongruité pragmatique émotionnelle. Le fait que le premier effet significatif de l'incongruité que nous ayons trouvé concerne l'onde N400 (qui fait directement suite à la P300) indique que l'incongruité pragmatique émotionnelle était détectée suite à la catégorisation de l'expression faciale émotionnelle. Nous pouvons considérer que cette détection correspond à la violation incongrue de l'attente émotionnelle générée par le modèle de situation émotionnelle.

Etant donné le fait que, dans nos expériences (3 et 3'), le contexte n'était plus visible lors de la présentation de l'expression faciale, le modèle de situation émotionnelle avait été simulé préalablement et il subsistait dans la mémoire de travail des participants, ainsi que, possiblement, l'expression faciale attendue (image mentale) qui y était associée. Pour autant, il ne semble pas que ce modèle de situation soit figé dans la mémoire de travail. En effet, nous avons trouvé que le score d'empathie cognitive des participants pouvait prédire l'amplitude et le signe de l'effet de l'incongruité sur la fenêtre temporelle de la N400 (dans la région occipitale). Ainsi, il semblerait que la perception d'une expression faciale inattendue ait provoqué la simulation d'un nouveau modèle de situation émotionnelle. L'implication de l'empathie cognitive dans la simulation du nouveau modèle de situation émotionnelle (ou dans la mise à jour du modèle de situation déjà simulé) pourrait signifier qu'il s'agit de tenter de construire un modèle de situation correspondant le mieux possible à la personne qui exprime l'incongruité émotionnelle, même si, dans notre cas, l'empathie cognitive n'était pas nécessaire pour simuler correctement ce modèle (du fait qu'il était possible de simuler le modèle sans se mettre à la place de la personne décrite dans la phrase). Il se pourrait également que l'empathie cognitive soit utilisée afin de construire une image mentale de l'expression faciale attendue mais, à nouveau, cela serait contradictoire avec les résultats concernant la N170, dont nous n'avons pas plus trouvé de modulation de l'amplitude par le score d'empathie cognitive que par l'incongruité pragmatique émotionnelle. Notre résultat concernant l'empathie cognitive est toutefois à considérer avec prudence, étant donné qu'il concerne la région occipitale, qui n'est pas une région dans laquelle les effets de l'incongruité sur la N400 sont classiquement observés. Il est donc possible que cet effet ne concerne pas la N400 et qu'il ne puisse pas être interprété de la manière dont nous l'avons fait. Enfin, si nos résultats EEG n'indiquent pas que les habiletés sociales soient impliquées dans cette simulation du nouveau modèle de situation, un de nos résultats EMG semble montrer que les participants ayant de faibles scores d'habiletés sociales aient eu plus de difficulté à identifier les visages effrayés comme étant incongrus que comme étant congrus. Cela suggère que les habiletés sociales pourraient, à nouveau, être mises à contribution lors de la simulation d'un nouveau modèle de situation émotionnel.

L'effet de l'incongruité pragmatique sur la N400 enregistrée dans la région frontale était inversé, tout comme, pour les participants ayant de faibles scores d'empathie cognitive, ceux sur la N400 enregistrée dans la région occipitale. Si une telle inversion peut s'expliquer par la théorie d'inhibition centre-périphérie (Carr et Dagenbach, 1990; Bermeitinger et coll., 2008), ce qui signifierait que des difficultés à simuler un modèle de situation émotionnel (voire à générer une attente émotionnelle d'après ce modèle de situation émotionnel) inhiberaient le traitement pragmatique des visages de la même catégorie émotionnelle que celle suggérée dans la phrase. Cette hypothèse est compatible avec le fait que la diminution du score d'empathie cognitive prédise une inversion plus importante de l'effet de l'incongruité sur la N400. Néanmoins, ce lien avec le score d'empathie cognitive ne concerne que la région occipitale gauche. Plus largement, il est difficile d'interpréter le fait que cette inversion de l'effet de l'incongruité sur la N400 ne concerne que la région frontale à l'aide de la théorie d'inhibition centre-périphérie. En effet, pourquoi les difficultés de compréhension des phrases concerneraient tous les participants dans la région frontale et ceux ayant un faible score d'empathie cognitive dans les régions occipitale et temporale ? Nous retiendrons donc simplement que l'empathie cognitive intervient dans la simulation (survenant environ 400 ms après l'apparition du visage) d'un nouveau modèle de situation émotionnelle (ou dans la mise à jour du modèle existant), comme nous l'avons expliqué au paragraphe précédent.

Une fois l'incongruité détectée, il restait à vérifier qu'il s'agissait bien d'une incongruité, ce qui était vraisemblablement reflété par l'onde tardive, que nous considérons être une LPN, c'est à dire une onde pointant vers les valeurs négatives, largement distribuée, faisant suite à la N400 et se prolongeant jusqu'à la fin du traitement de l'expression faciale. L'incongruité pragmatique émotionnelle augmentait l'amplitude de la LPN dans la région centro-pariétale et au niveau de la ligne médiane centro-pariétale, ce qui pouvait correspondre à une sollicitation plus forte du processus de vérification par l'incongruité que par la congruité. Il est également possible que cette plus forte sollicitation ait reflété une tentative de résolution de l'incongruité, c'est-à-dire la recherche des causes possibles de cette incongruité, même si cela semble contradictoire avec la tâche expérimentale (résoudre l'incongruité risque de conduire à juger qu'il n'y a pas d'incongruité). Enfin, cette dernière étape de vérification (et peut-être de résolution) ne semblait pas correspondre à une troisième génération du modèle de situation émotionnel et de l'expression faciale qui pouvait y être associé. En effet, le score d'empathie cognitive ne prédisait pas l'effet de l'incongruité sur la LPN. S'il reste possible que la simulation d'un nouveau modèle de situation (ou la simple mise à jour d'un modèle déjà simulé) ait été réalisée, il semble plus probable que la LPN reflète simplement la comparaison de l'expression faciale émotionnelle perçue (et catégorisée) avec celle qui était attendue et, dans l'hypothèse d'une résolution, la recherche d'explications possibles concernant l'incongruité, en utilisant des connaissances conceptuelles stockées dans la mémoire épisodique (par exemple des stéréotypes), sans utiliser l'empathie cognitive (pour chercher à se mettre à la place de la personne mentionné dans la phrase). Le fait que la LPN ait été mise en évidence dans

des expériences testant la mémoire épisodique (Johanson et Mecklinger, 2003) conforte le fait qu'elle puisse refléter la résolution de l'incongruité émotionnelle. Par ailleurs, il est possible que le fait que l'empathie cognitive ne prédise pas l'effet de l'incongruité sur l'amplitude de la LPN soit dû au fait que les contextes linguistiques utilisés ne présentaient pas en détail un personnage. A contrario, la résolution d'une incongruité concernant une personne bien connue des participants aurait peut-être pu impliquer l'empathie cognitive. Enfin, le fait que nous ayons trouvé une LPN, tout comme Liu et ses collaborateurs (2011) l'ont fait dans une expérience concernant une incongruité audio-visuelle non sociale semble infirmer l'hypothèse d'un lien entre ce type d'onde tardive et le type de stimuli utilisé (Cf. section théorique 3.1). Les résultats EEG et EMG concernant la détection d'un visage incongru sont modélisés dans la Figure 31.

S'il était possible de ressentir l'émotion que l'on pensait que la personne mentionnée dans notre tâche aurait dû ressentir (dimension affective de l'empathie), cela ne semble pas avoir participé au traitement l'incongruité pragmatique émotionnelle. En effet, nous n'avons pas trouvé d'implication de la dimension affective de l'empathie.

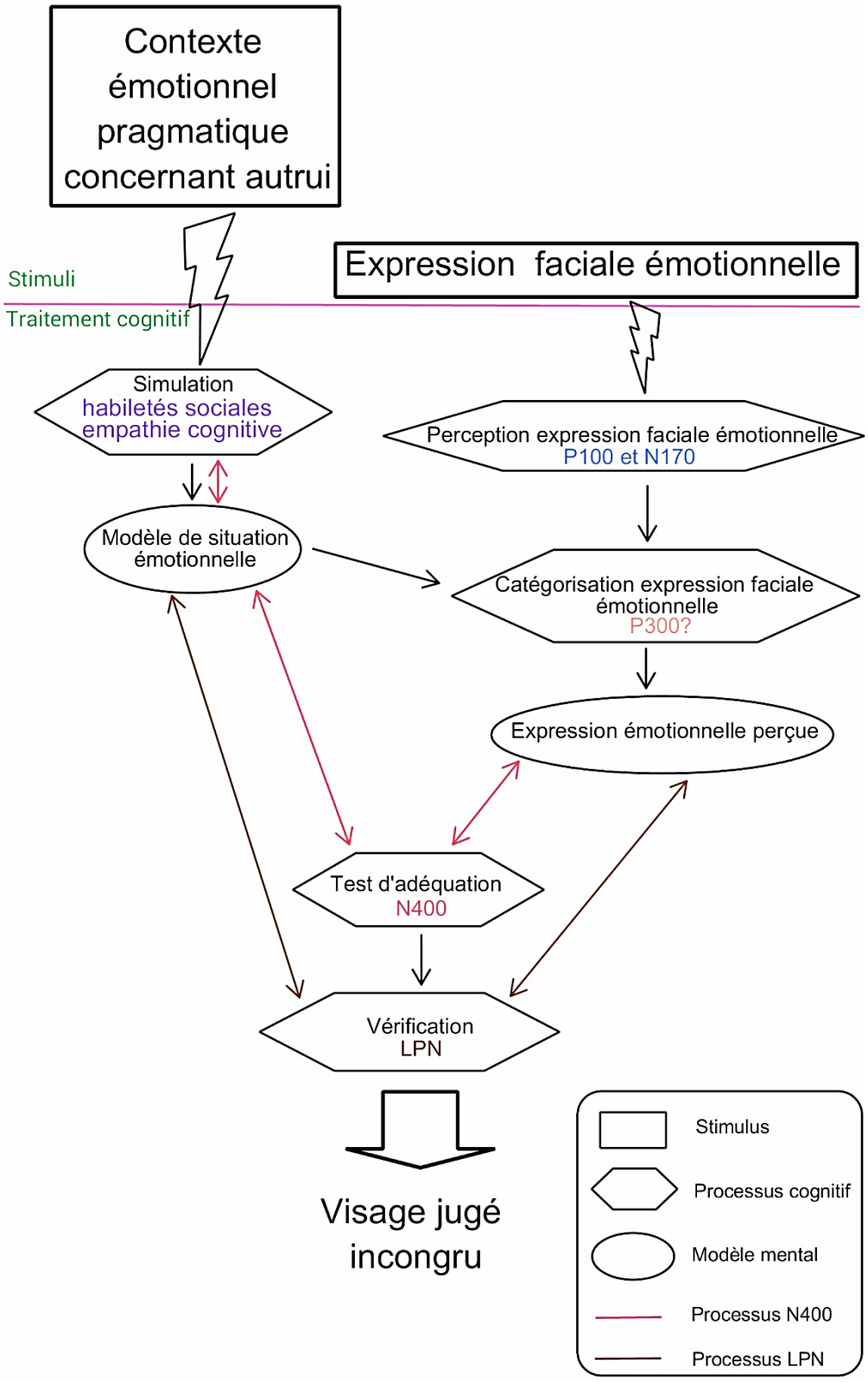


Figure 31 : Schéma de synthèse des potentiels cérébraux et des activités musculaires faciales évoqués affectés lors de la détection d'une incongruité émotionnelle entre une phrase contextuelle et une expression faciale subséquente.

1.1.2 Etude comportementale chez les patients schizophrènes

De nombreuses études font état de difficultés de reconnaissance des émotions faciales par les patients schizophrènes (voir la revue de la littérature de Chan et coll., 2010).Nous avons pu vérifier que nous retrouvions ces difficultés avec nos expressions faciales d'avatars : nos patients schizophrènes ont moins bien catégorisé les visages émotionnels que les participants sains, et n'ont jamais reconnu correctement l'expression faciale non émotionnelle. Par ailleurs, si des troubles de la ToM (Green et coll., 2005) et de l'empathie (Derntl et coll., 2008) ont été mise en évidence chez les patients schizophrènes, cela ne signifie pas nécessairement que ces patients ne puissent pas comprendre l'émotion que la personne mentionnée dans nos phrases est censée ressentir. Ces patients peuvent également générer un modèle de situation émotionnel à partir d'une phrase. En revanche, le temps mis par ces patients pour traiter ces deux tâches est significativement plus élevé que celui des participants sains. Si des différences de protocole peuvent en partie expliquer cette différence concernant les temps de réactions, elle est en accord avec la littérature (Cf. partie expérimentale 5.3). Ces derniers résultats laissent penser que, si nous avions étudié la détection de l'incongruité émotionnelle par les patients schizophrènes, aurait été possible mais aurait été significativement plus lente que celle des participants sains.

1.2 Proposition de modèle de la détection de l'incongruité pragmatique émotionnelle

A partir des résultats synthétisés précédemment (section 1.1 de la discussion générale), nous souhaitons proposer un modèle de la détection consciente de l'incongruité d'une expression émotionnelle subséquente à la lecture d'un contexte verbal. La Figure 32**Erreur ! Source du renvoi introuvable.** illustre ce modèle. Concernant les corrélats neuronaux, ce modèle n'intègrera que des aspects électrophysiologiques, afin de ne pas trop nous éloigner de nos expériences 3 et 3'. Nous pouvons toutefois supposer que les régions cérébrales associées au système C sont mises à contribution lors de la détection d'une incongruité émotionnelle (Cf. section théorique 3.3). Toujours pour rester proche de nos expériences (3 et 3'), nous n'élargirons pas le modèle à la violation congrue d'une attente émotionnelle. En revanche, nous considèrerons comme pragmatique tout contexte pouvant générer, par simulation (Glenberg, 1997), un modèle de la situation (Zwaan, 2004), même s'il ne résulte pas de la lecture d'un texte.

Détecter une incongruité pragmatique émotionnelle revient à percevoir un stimulus émotionnel comme étant incompatible avec le modèle de situation émotionnelle qui a été simulé à partir du contexte émotionnel dans lequel ce stimulus émotionnel apparaît. Il est possible que certains individus détectent une incongruité émotionnelle là où d'autres n'en détecteront pas. Cette détection peut en effet être due

à une mauvaise connaissance du contexte, à une mauvaise génération du modèle de situation émotionnel, à une mauvaise perception de l'expression émotionnelle ou à des caractéristiques propres à la personne qui la détecte, comme, par exemple, la manière dont elle a intégré les normes et stéréotypes sociaux. Pour ce qui est de ce modèle, nous nous limiterons à la contribution des dimensions d'habiletés sociales (telles que mesurées par le questionnaire EQ, selon Lawrence et coll., 2004) et d'empathie cognitive, dont nous avons testées expérimentalement l'effet de modulation de la détection de l'incongruité.

L'étape préalable à la détection d'une incongruité pragmatique émotionnelle est l'existence d'un modèle de situation émotionnelle (tel que défini par Zwaan, 2004). Les émotions qu'une personne s'attendra à percevoir, seront les émotions compatibles avec ce modèle de situation. Ce modèle de situation émotionnelle peut concerner une personne en particulier ou un groupe de personnes, au sens où plusieurs personnes peuvent se trouver dans un même contexte émotionnel. Ce modèle de situation émotionnel sera plus ou moins développé et précis, selon la qualité des connaissances contextuelles sur laquelle il se base. Par exemple, le fait de bien connaître quelqu'un permettra d'intégrer un plus grand nombre d'informations au modèle de situation émotionnelle. Enfin, la génération de modèles de situations émotionnelles fait intervenir les habiletés sociales et nous pouvons également considérer la capacité à générer de tels modèles de situation comme une habileté sociale.

Le stimulus qui sera perçu comme incongru peut être n'importe quelle expression émotionnelle : faciale, corporelle, tactile ou encore vocale. Il peut également être linguistique : d'un simple mot à un texte. Concernant ce modèle, nous nous en tiendrons aux stimuli perceptibles rapidement, comme le sont les expressions émotionnelles (en particulier faciales et corporelles) et les mots. Entre environ 0 et 300 ms après l'apparition du stimulus, la perception d'un stimulus émotionnel incongru se fera comme celle d'un stimulus congru (au moins en termes d'ondes neuroélectriques précoces). Entre environ 300 et 400 ms après son apparition, ce stimulus sera catégorisé correctement mais sa catégorisation sera rendue plus difficile par l'incompatibilité avec le modèle de situation émotionnelle, ce qui se reflètera par une diminution de l'amplitude de la P300 (Mecklinger et Ullsperger, 1993; Palmer et coll., 1994; Azizian et coll., 2006; Ma et coll., 2008). Si cette catégorisation n'est pas nécessairement toujours explicite et discrète, la détection de l'incongruité émotionnelle nécessite au minimum l'appréhension correcte de la valence émotionnelle. La détection de l'incongruité à proprement parler aura lieu environ 300 à 500 ms après que le stimulus soit apparu. Elle sera reflétée par la N400 (Haggort et al., 2004; Filik and Leuthold; 2008; Van Berkum et al., 2009; Leon et al., 2010; Baetens et al., 2010; Leuthold et al., 2011; Moreno et al., 2011; Hirschfeld et al., 2012; van den Brink et al., 2012; Moreno et al., 2013; Delaney-Busch et al., 2013) et donnera lieu à une nouvelle génération du modèle de situation émotionnelle ou à la tentative de mise à jour du modèle préexistant (dans le but de l'améliorer), afin de vérifier que l'émotion perçue est bien incompatible. Le fait de bien connaître quelqu'un aide à simuler un modèle de situation émotionnelle et cette nouvelle simulation du modèle de situation émotionnelle pourra viser à y inclure plus fortement les informations concernant la personne qui exprime une émotion

apparaissant comme incongrue. L'empathie cognitive est donc ici, à nouveau, une stratégie pertinente. Ainsi, les individus possédant une forte capacité d'empathie cognitive pourraient-ils utiliser cette stratégie cognitive lors de cette nouvelle génération du modèle de situation émotionnelle, afin de tenter de se mettre à la place de la personne qui se trouve dans une situation émotionnelle donnée, tandis que ceux qui ont une faible capacité d'empathie cognitive utiliseraient plutôt une stratégie égocentrée et/ou se basant que sur des connaissances normées, stéréotypées. Enfin, à partir de 500 ms, environ, surviendra la vérification de l'incongruité, suivie d'une tentative de résolution de cette dernière. La vérification voire la résolution sera reflétée par une onde EEG évoquée tardive, comme la LPN (Johanson et Mecklinger, 2003). Les pathologies psychiatriques (en particulier la schizophrénie) peuvent affecter la génération du modèle de situation émotionnelle, la perception du stimulus et l'intégration de ce stimulus au modèle de situation.

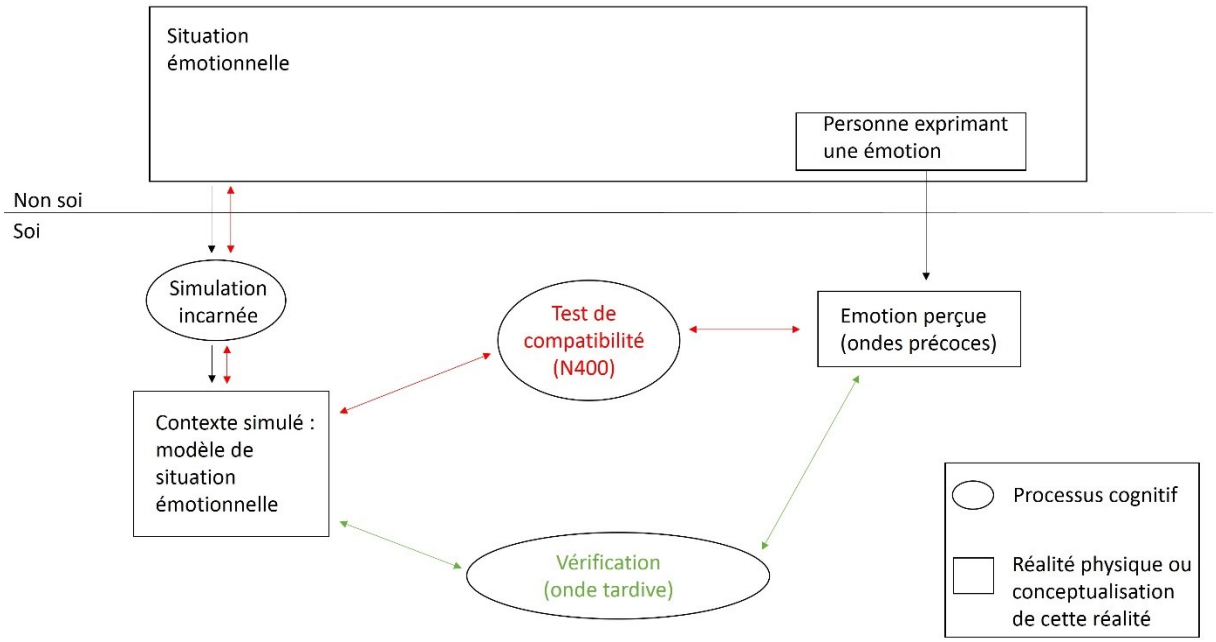


Figure 32 : Modèle de la détection de l'incongruité pragmatique émotionnelle.

2. L'incongruité émotionnelle dans les relations sociales

L'incongruité émotionnelle n'est pas la simple violation incongrue d'une attente créée par un modèle de situation. Elle est une incongruité sociale, portant sur les émotions. Nous avons présenté dans la partie théorique de cette thèse (section 3.2), des modèles permettant de prédire les conséquences de la violation d'une attente sociale sur l'attirance sociale. Si nos expériences ne permettent pas de faire avancer les débats concernant les conséquences d'une incongruité sociale sur les individus et les relations sociales, elles apportent des informations concernant sa détection, qui sera à l'origine de ces conséquences. L'utilisation de l'EMG faciale aurait pu, comme dans l'étude de Bartholow et ses collaborateurs (2001), nous informer quant aux réactions des participants face à la violation incongrue d'une attente émotionnelle. Malheureusement, nous n'avons pas obtenu de résultats permettant de le faire. Il n'en reste pas moins que nous considérons les violations d'attentes émotionnelles que nous avons testées comme incongrues. En effet, nous n'étudions pas la violation de l'intensité émotionnelle pour une même émotion mais la violation d'une catégorie émotionnelle.

Si nous avons fait en sorte que tous nos stimuli soient le plus universels possibles et que l'incongruité puisse être détectée par tous les participants sains, les choses ne sont pas aussi tranchées dans la vie de tous les jours. Ainsi, la violation d'une attente émotionnelle peut être congrue même lorsqu'elle concerne la catégorie émotionnelle, dans le cas où elle correspond à un comportement social considéré comme normal. Par exemple, on peut s'attendre à ce que quelqu'un soit triste d'avoir perdu un proche mais le fait de voir cette personne en colère ne paraîtra pas nécessairement incongru. En outre, ces normes sociales sont variables selon les cultures et les époques. Même au sein d'une culture et d'une époque, leur intégration est variable selon les individus et les groupes sociaux. Toutefois, l'incongruité émotionnelle portant sur les émotions primaires devrait être plus universelle.

Par ailleurs, si nous n'avons pas trouvé que l'empathie cognitive prédisait les capacités de détection de l'incongruité émotionnelle (taux de détection, temps de réponses), certaines situations sociales peuvent nécessiter de se mettre à la place de la personne pour conceptualiser (par simulation empathique) correctement le contexte émotionnelle dans lequel elle se trouve et donc détecter correctement une incongruité émotionnelle. Malgré toutes ces différences concernant les conditions nécessaires à la détection d'une incongruité émotionnelle, nous considérons que les mécanismes de sa détection devraient être identiques, sinon similaires, contrairement, aux conséquences de la perception d'une incongruité émotionnelle sur l'attirance sociale, qui pourront varier selon la personne qui l'observe. En effet, quelqu'un observant une incongruité émotionnelle pourra l'appréhender différemment en fonction de facteurs tels que sa personnalité, ses convictions ou encore son lien avec la personne exprimant l'émotion incongrue.

2.1 L'incongruité émotionnelle et l'attirance sociale

La théorie de réduction de l'incertitude (Berger et Calabrese, 1975), que nous avons présentée en section théorique 1.3.2, présente des limites car la violation congrue d'une attente n'accroit pas l'incertitude et pourrait même la diminuer (Afifi et Burgoon, 2000). Ainsi, d'après Afifi et Burgoon (2000), les violations congrues diminueraient l'incertitude tandis que les violations incongrues l'augmenteraient.

Nous allons maintenant présenter d'autres théories permettant de prédire les conséquences de la violation d'une attente sociale sur l'attirance vis-à-vis du violateur. Ces théories prennent en compte la valence (positive ou négative) de la violation. Cette prise en compte de la valence provient de la théorie de l'effet de la valence sur la violation d'une attente, qui postule que « la saillance et la récence d'une valence de violation masque la valence de l'information précédente, portant ainsi tout le poids dans la détermination des évaluations ». Concernant l'attirance sociale, le modèle associé à l'effet de la valence serait que les violations positives d'attentes accroitraient l'attirance tandis que les négatives la réduiraient. (Afifi et Burgoon, 2000). Concernant les émotions, la valence de la violation correspond à la valence de l'expression émotionnelle.

Deux modèles prennent à la fois en compte l'incertitude et la valence : le modèle de modération de l'incertitude et le modèle d'incertitude aversive au sein d'une valence (Afifi et Burgoon, 2000).

- Le modèle de modération de l'incertitude prédit que le degré de changement d'attitude est tempéré par l'incertitude. S'il postule, comme l'effet de la valence, que les violations positives augmentent l'attirance sociale tandis que les violations négatives la diminuent, il ajoute que, pour une même valence, les violations qui augmentent l'incertitude affectent moins l'attirance que les violations qui diminuent l'incertitude Par ailleurs, d'après ce modèle, les violations produisent plus de changements dans l'attraction que les comportements conforme aux attentes (Afifi et Burgoon, 2000).
- Le modèle d'incertitude aversive au sein d'une valence est semblable au modèle de modération de l'incertitude mais il reste fidèle à la théorie de réduction de l'incertitude, qui ne prédit pas sa modération. Ce modèle postule que les violations positives augmentent l'attraction et que les violations négatives la diminuent. Pour une valence donnée, les violations qui augmentent l'incertitude produisent des taux d'attraction plus faibles que ceux qui la diminuent (Afifi et Burgoon, 2000). Ce modèle est, d'après Afifi et Burgoon (2000), celui qui décrit le mieux les conséquences de la violation d'une attente sur l'attraction.

La théorie de violation d'attente ne prend pas en compte l'incertitude. Le modèle de violation d'attente considère que les violations positives augmentent l'attirance tandis que les violations négatives la diminuent. Au sein de chaque valence, les petits décalages par rapport aux attentes affectent moins

l'attraction que les grands (Afifi et Burgoon, 2000). Cette théorie a été reprise dans un certain nombre d'études, traitant notamment de la violation de stéréotypes (Jussim et coll., 1987 ; Biernat et coll., 1999 ; Kernahan et coll., 2000), d'engagements conversationnels (Burgoon et coll., 1989), d'une règle sociale (ne pas jurer au travail ; Johnson et Lewis, 2010) ou encore d'attentes émotionnelles (Bartholow et coll., 2001).Nous allons maintenant nous focaliser sur les cas types d'incongruité émotionnelle que nous avons testés dans la partie expérimentale de cette thèse (section 3), et qui correspondent à la violation incongrue d'une attente émotionnelle. Nous considèrerons ses conséquences de manière généraliste, même si, comme nous l'avons suggéré dans le paragraphe précédent, des différences interindividuelles peuvent exister. Selon nous, l'incongruité émotionnelle augmente l'incertitude. Ainsi, selon le modèle d'incertitude aversive au sein d'une valence (Cf. section théorique 3.2), une émotion inattendue positive incongrue devrait augmenter l'attirance sociale mais moins que si elle était congrue. Une émotion négative diminuera plus l'attirance sociale qu'elle est congrue que lorsqu'elle est incongrue. La prédiction faite à l'aide de la théorie de violation d'attente (Cf. section théorique 3.2) est identique en ce qui concerne les émotions inattendues positives mais elle est inversée pour ce qui est des émotions négatives, avec une diminution plus forte de l'attirance pour les émotions inattendues incongrues que pour celles qui sont congrues. Par rapport au type d'incongruité émotionnelle traité dans cette thèse, le problème de ces deux théories est qu'elles ne permettent pas d'appréhender les violations catégorielles négatives d'attentes négatives et positives d'attentes positives (par exemple, expression incongrue de la peur au lieu de la tristesse ou de la joie au lieu de la satisfaction). De plus, si ces modèles intègrent la valence émotionnelle, c'est dans le cadre d'une interaction sociale directe (un dialogue, par exemple), ce qui ne correspond pas à notre expérience, où les participants étaient placés en position d'observateurs par l'utilisation de phrases à la troisième personne. Ainsi, le fait que les émotions exprimées soient positives ou négatives n'avait pas nécessairement d'impact sur l'attirance que pouvait avoir les participants pour les personnages. Nous considérons donc que la théorie de réduction de l'incertitude (Berger et Calabrese, 1975) correspond mieux à notre expérience, ainsi qu'à tous les cas où une incongruité émotionnelle est perçue en dehors d'une interaction sociale. D'après cette théorie, l'incongruité pragmatique émotionnelle augmenterait l'incertitude et diminuerait l'attirance sociale. Nous ajouterons que cela ne devrait pas être le cas si elle est perçue comme ayant un but humoristique.

2.2 Comportements incongrus et adaptabilité sociale

Le fait de ne pas détecter correctement une incongruité émotionnelle peut également causer des problèmes dans les relations sociales et peut conduire à adopter un comportement incongru. En effet, l'incongruité émotionnelle peut constituer un signal social, qui indique un comportement suspect. Ainsi, la détection d'une incongruité émotionnelle peut nous conduire à chercher à comprendre si la personne exprimant une émotion incongrue souffre d'une pathologie psychiatrique, si elle a mal perçu le contexte (par exemple si elle a mal interprété ce que quelqu'un lui a dit), ou si des éléments contextuels nous ont échappé. Notre modèle de situation émotionnel pourra ainsi être mis à jour suite à la résolution de l'incongruité. La détection de l'incongruité émotionnelle semble donc nécessaire à l'adaptation sociale.

A contrario, la fausse détection d'une incongruité émotionnelle risque également de perturber les relations sociales en faussant la représentation que l'on aura de la personne, créant ainsi un quiproquo. Si nous ne pouvons pas affirmer que les patients schizophrènes ne sont pas capables de détecter une incongruité émotionnelle, nous avons fait l'hypothèse que, s'ils pouvaient la détecter, cela devrait leur prendre plus de temps. Ce simple délai dans la détection de l'incongruité émotionnelle pourrait perturber leurs relations sociales car ils ne pourraient pas, lorsque c'est nécessaire, adapter leur comportement aussi rapidement que les sujets sains.

2.3 Incongruité et humour

L'incongruité occupe une place importante dans l'humour (Forabosco, 2008 ; Vrticka et coll., 2013), au point qu'une théorie la considère comme en étant à l'origine (Schopenauer, 1883). Ainsi, la détection de l'incongruité (y compris émotionnelle) peut être considérée comme un élément essentiel à la compréhension de l'humour. La place importante de l'humour dans les sociétés humaines fait qu'une incapacité (pathologique) à détecter l'incongruité émotionnelle pourrait perturber les relations sociales de ce seul fait. D'après ce travail de thèse, cela pourrait concerner les patients schizophrènes, même si leur capacité à détecter l'incongruité émotionnelle n'est pas nécessairement totalement abolie par la pathologie. Par ailleurs, si l'incongruité, y compris émotionnelle, peut être associée à l'humour, il peut être socialement valorisant de produire des expressions émotionnelles incongrues dans un but humoristique. Notons que lorsque cela n'est pas volontaire, cela peut, au contraire devenir socialement dévalorisant et, à l'extrême, la personne peut se retrouver socialement exclue. Cela pourrait, par exemple, être le cas pour les patients schizophrènes, étant donné que leurs expressions faciales émotionnelles risquent d'être incongrues ou de paraître incongrues (du fait de leurs difficultés concernant la production d'expressions faciales émotionnelles et la compréhension du contexte, Cf. section théorique 1.3.4).

2.4 Normes sociales et stéréotypes

Comme nous l'avons vu tout au long de cette thèse, les attentes sociales reposent largement sur des normes sociales et des stéréotypes sociaux. Au vu des conséquences négatives sur l'attirance sociale que peuvent présenter les violations incongrues des attentes liées à ces normes et à ces stéréotypes, il est d'usage de rechercher la congruité. Cela vaut pour l'incongruité émotionnelle, par exemple, dans les cultures occidentales, les hommes ne sont pas censés pleurer. Toutefois, les stéréotypes et les normes sociales ne sont pas immuables. Ainsi, ces normes diffèrent-elles selon les cultures et varient-elles au cours du temps. Ce qui sera détecté comme une incongruité sociale peut donc varier et un même comportement peut être perçu comme incongru dans une région du monde et congru dans une autre. Par exemple, le fait de proposer un mets à la personne qui nous l'a offert sera congru en France et incongru en Allemagne. Le fait de remettre en question ces normes et ces stéréotypes permet d'envisager l'incongruité autrement et peut conduire à une plus grande attirance sociale, dans une logique altruiste. Le regard sur la pathologie psychiatrique peut également bénéficier de ce type d'interrogations. Si les comportements incongrus de patients souffrant de troubles psychiatriques seront probablement toujours détectés comme tels, les conséquences de cette détection pourront varier selon le regard que la société et plus précisément les personnes qui observent cette incongruité portent sur la pathologie. L'incongruité sociale peut par ailleurs être utilisée afin de provoquer l'interrogation des normes sociales et des stéréotypes. Si cela risque dans un premier temps de susciter plus le rejet que l'attirance sociale, cela peut être un facteur d'évolution des normes sociales et de remise en cause des stéréotypes. Autrement dit, l'incongruité sociale inciterait les personnes qui la perçoivent à s'interroger sur la pertinence des normes sociales et des stéréotypes. Par exemple, le fait qu'un homme pleure peut encore être perçu comme incongru (y compris en France) mais le fait de voir un homme pleure peut également favoriser l'émergence d'une réflexion concernant les normes de genre.

3. Conclusion et perspectives

La place importante qu'occupent les émotions dans l'espèce humaine nous a amené à nous demander quelles étaient les conséquences de la perception d'une expression faciale émotionnelle inattendue et incongrue par rapport au contexte dans lequel elle est produite. A cette fin, nous avons utilisé un contexte linguistique, qui permet des inférences pragmatiques, y compris émotionnelles (Farina, 2007). Les expressions faciales ont été créées à l'aide d'un avatar, afin de pouvoir en contrôler les paramètres, ce qui n'était pas nécessaire dans le cadre de cette thèse mais qui peut faciliter une éventuelle utilisation future de ces stimuli, en particulier selon une modalité interactive. L'étude du traitement de l'incongruité pragmatique émotionnelle nécessitait au minimum de s'intéresser à trois domaines de recherche : l'incongruité, les émotions et le traitement contextuel. Nous avons souhaité aller plus loin en les mettant en relation avec deux autres champs de recherche : l'empathie et la schizophrénie.

D'un point de vue méthodologique, ce travail de thèse se distingue des travaux concernant l'influence du contexte sur la perception des émotions. En effet, nous n'avons pas demandé aux participants de catégoriser des émotions dans un contexte donné mais nous leur avons demandé si une émotion correspondait à celle attendue d'après un contexte. Cela impliquait, certes, la catégorisation des expressions faciales émotionnelles présentées mais, en ne prenant en compte que les réponses correctes pour étudier les données électrophysiologiques, nous avons volontairement cherché à exclure le cas où la catégorisation émotionnelle est faussée par le contexte. Nous avons ainsi été en mesure d'étudier les effets comportementaux et électrophysiologiques d'une incongruité émotionnelle consciemment perçue. Notre objectif n'était nullement de remettre en cause les expériences testant l'influence du contexte sur la catégorisation émotionnelle. Nous considérions simplement qu'il était possible de catégoriser correctement une émotion incongrue par rapport à un contexte donné.

Par ailleurs, nous avons utilisé des émotions primaires car elles ont été décrites comme universellement catégorisables hors contexte (Ekman, 1999). Nous pensions que ces émotions primaires seraient plus à même d'être correctement catégorisées lorsqu'elles apparaissent incongrues dans un contexte, plutôt que des émotions dont la catégorisation nécessite des informations contextuelles. Nous avons montré expérimentalement que des émotions primaires pouvaient être correctement catégorisées lorsqu'elles sont incongrues par rapport à un contexte donné, les participants ayant globalement correctement réalisé notre tâche, qui impliquait une catégorisation correcte. En revanche, étant donné le fait que nous n'avons utilisé que des émotions primaires, nous ne pouvons pas affirmer que nous n'aurions pas observé les mêmes résultats avec d'autres émotions. Du point de vue des corrélats neurophysiologiques, utiliser un système EEG avec une forte densité d'électrodes ou la MEG pourrait, à l'avenir, nous renseigner sur les sources neuronales de nos effets. Nous pourrions ainsi tester si

l'inversion de l'effet de l'incongruité sur la N400 frontale reflète une dissociation des sources neuronales de la N400 frontale et de la N400 enregistrée dans les autres régions cérébrales. Nous pourrions également tenter de localiser les sources des effets liés à l'empathie cognitive et comparer nos résultats aux publications traitant des structures impliquées dans l'empathie cognitive.

Même si nous n'avons pas testé la reconnaissance de l'incongruité émotionnelle par les patients schizophrènes, nous faisons l'hypothèse que celle-ci sera perturbée. En effet, si la catégorisation des phrases par les patients a été similaire à celle des participants, celle des visages a été dégradée et l'absence d'émotion exprimée facialement n'a jamais été identifiée comme telle. De plus, les patients ont mis plus de temps à répondre que les participants sains, à la fois pour les visages et les phrases. Une mauvaise reconnaissance de l'expression faciale fausse la détection de l'incongruité émotionnelle. Cela ne signifie pas pour autant qu'il soit impossible pour les patients de détecter une incongruité émotionnelle, lorsque le contexte et l'expression faciale sont correctement compris. Nous ne savons toutefois pas si les patients seraient capables de situer l'émotion observée par rapport contexte émotionnel. Afin de le vérifier, nous devrions leur faire passer la même expérience que celle que nous avons fait passer à des sujets sains en utilisant les techniques d'EEG et d'EMG faciale.

En termes adaptatifs, l'allongement des temps de réponses, s'il n'était pas uniquement artéfactuel, rendrait la détection de l'incongruité pragmatique émotionnelle plus longue et socialement moins efficace pour les patients schizophrènes que pour les sujets sains. Si les patients schizophrènes présentaient effectivement des déficits concernant la détection de l'incongruité émotionnelle, nous pourrions envisager de développer un outil permettant d'y remédier, par exemple à l'aide de la tâche utilisée dans les expériences 3 et 3', en informant systématiquement les participants du fait que leur réponse soit correcte ou non. Si les déficits des patients schizophrènes s'avéraient trop importants pour que cette tâche leur permette de progresser dans la reconnaissance de l'incongruité pragmatique émotionnelle, il conviendrait alors, d'après nos résultats, de commencer par des entraînements visant à améliorer la reconnaissance des expressions émotionnelles plutôt que des phrases contextuelles. Etant donné que nous considérons le traitement de l'incongruité pragmatique émotionnelle comme une habileté sociale, nous pouvons considérer qu'une amélioration de ce traitement par les patients schizophrènes pourrait contribuer à améliorer leurs relations sociales.

Nous défendons l'idée que les influences contextuelles sur la reconnaissance de stimuli varient selon l'ambiguïté des stimuli et des contextes. Si nos résultats ne révèlent pas d'influence contextuelle majeure sur la perception des visages nous ne pouvons pas prouver que la faible ambiguïté de nos expressions faciales est responsable de cette absence d'effet. Afin de remédier à ce problème, il pourrait être intéressant de refaire l'expérience en ajoutant un facteur ambiguïté, concernant à la fois les phrases et les visages. Nous pourrions reprendre les critères d'ambigüité utilisés dans la section expérimentale 5. Le taux de réponses correctes risquerait de se trouver fortement réduit mais nous pourrions alors analyser à la fois les essais correspondant aux réponses correctes et ceux correspondant aux réponses

incorrectes, afin de tester si l'absence d'influence contextuelle sur les ondes précoces persiste lorsque les participants n'ont pas correctement reconnu l'incongruité ou la congruité.

Pour ce qui est des traits de personnalité, nous pouvons faire l'hypothèse que l'empathie cognitive aidera à mieux résoudre une incongruité. De même, les individus ayant une forte capacité d'empathie cognitive devraient être moins sujets à la diminution de l'attirance sociale provoquée par l'incongruité sociale car ils seraient plus enclins à adopter la perspective d'autrui. Il serait donc intéressant de tester l'effet des capacités empathiques sur les changements concernant l'attirance sociale causés par l'incongruité sociale.

Nous pensons avec d'autres que les différences électrophysiologiques entre les femmes et les hommes peuvent être expliquées par des différences concernant certains traits de personnalité, en particulier l'empathie (van den Brink, 2012). Nous pourrions faire en sorte, comme c'était le cas dans les expériences 3 et 3', que les femmes et les hommes participant à une future expérience sur l'incongruité émotionnelle présentent des scores au questionnaire EQ similaires, afin de voir, au cas où il y aurait des effets du genre, s'ils sont explicables par des différences d'habiletés empathiques. Toutefois, contrairement aux expériences 3 et 3', nous devrions avoir plus de participants, afin de pouvoir accepter l'hypothèse nulle (pas de différence significative entre les femmes et les hommes) avec une puissance statistique correcte.

Pour conclure, cette thèse a été l'occasion d'explorer une thématique encore peu étudiée, malgré sa large implication sociale, allant de la détection du mensonge à celle de l'humour. L'incongruité pragmatique émotionnelle concerne également un certain nombre de pathologies psychiatriques telles que la schizophrénie, l'autisme ou encore la dépression, que cela soit à travers de la cognition altérée des patients, par les émotions qu'ils expriment en réponse à un contexte émotionnel, qui risquent parfois d'être considérées comme incongrues par les sujets sains. Nous espérons que cette thèse favorisera l'émergence de futurs travaux portant sur l'incongruité pragmatique émotionnelle.

« il n'y a pas de problème ; il n'y a que des solutions. L'esprit de l'homme invente ensuite le problème. Il voit des problèmes partout. C'est marrant. »

André Gide, *Journal* (1947)

Références bibliographiques

Addington, J., & Addington, D. (1998). Facial affect recognition and information processing in schizophrenia and bipolar disorder. *Schizophrenia research, 32*(3), 171-181.
Afifi, W. A., & Burgoon, J. K. (2000). The impact of violations on uncertainty and the consequences for attractiveness. *Human Communication Research, 26*(2), 203-233.
Amoruso, L., Gelormini, C., Aboitiz, F., Alvarez González, Manes, F., Cardona, J. F., & Ibanez, A. (2013). N400 ERPs for actions: building meaning in context. *Frontiers in human neuroscience, 7*.
Andreasen, N. C. (1979). Thought, language, and communication disorders: I. Clinical assessment, definition of terms, and evaluation of their reliability. *Archives of general Psychiatry, 36*(12).
Andreasen, N. C. (1983). Scale for the assessment of negative symptoms. *University of Iowa, Iowa City*.
Andreasen, N. C. (1984). Scale for the assessment of positive symptoms. *Iowa City: University of Iowa*.
Antes, J. R., Penland, J. G., & Metzger, R. L. (1981). Processing global information in briefly presented pictures. *Psychological research, 43*(3), 277-292.
Arlington, V. A., & Association, American Psychiatric. (2013). *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders: DSM-5*: American Psychiatric Association.
Astington, J. W., Harris, P. L., & Olson, D. R. (1990). *Developing theories of mind*: CUP Archive.
Azizian, A., Freitas, A. L., Watson, T. D., & Squires, N. K. (2006). Electrophysiological correlates of categorization: P300 amplitude as index of target similarity. *Biological Psychology, 71*(3), 278-288.
Baetens, K., der Cruyssen, L. V., Achtziger, A., Vandekerckhove, M., & Van Overwalle, F. (2011). N400 and LPP in spontaneous trait inferences. *Brain research, 1418*, 83-92.
Baggott, S., Palermo, R., & Fox, A. M. (2011). Processing emotional category congruency between emotional facial expressions and emotional words. *Cognition & Emotion, 25*(2), 369-379. doi: 10.1080/02699931.2010.488945
Bar, M. (2004). Visual objects in context. *Nature Reviews Neuroscience, 5*(8), 617-629.
Bar, M., & Aminoff, E. (2003). Cortical analysis of visual context. *Neuron, 38*(2), 347-358.
Bar, M., & Ullman, S. (1996). Spatial context in recognition. *PERCEPTION-LONDON-, 25*, 343-352.
Baron-Cohen, S. (1995). *Mindblindness: An essay on autism and theory of mind*: MIT press.
Baron-Cohen, S., & Wheelwright, S. (2004). The Empathy Quotient: An Investigation of Adults with Asperger Syndrome or High Functioning Autism, and Normal Sex Differences. *Journal of Autism and Developmental Disorders, 34*(2), 163-175. doi: 10.1023/B:JADD.0000022607.19833.00
Baron-Cohen, S., Wheelwright, S., Hill, J., Raste, Y., & Plumb, I. (2001). The "Reading the mind in the eyes" test revised version: A study with normal adults, and adults with asperger syndrome or high-functioning autism. *Journal of Child Psychology and Psychiatry, 42*(2), 241-251.
Barrett, L. F., Lindquist, K. A., & Gendron, M.. (2007). Language as context for the perception of emotion. *Trends in Cognitive Sciences, 11*(8), 327-332. doi: 10.1016/j.tics.2007.06.003

Barrett, L. F., Mesquita, B., & Gendron, M. (2011). Context in Emotion Perception. *Current Directions in Psychological Science, 20*(5), 286-290. doi: 10.1177/0963721411422522

Bartholow, B. D., Fabiani, M., Gratton, G., & Bettencourt, B. A. (2001). A psychophysiological examination of cognitive processing of and affective responses to social expectancy violations. *Psychological science, 12*(3), 197-204.

Batson, C. D. (1991). *The altruism question: Toward a social-psychological answer*: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.

Batty, M., & Taylor, M. J. (2003). Early processing of the six basic facial emotional expressions. *Cognitive Brain Research, 17*(3), 613-620.

Bazin, N., Brunet-Gouet, E., Bourdet, C., Kayser, N., Falissard, B., Hardy-Baylé, M-C., & Passerieux, C. (2009). Quantitative assessment of attribution of intentions to others in schizophrenia using an ecological video-based task: a comparison with manic and depressed patients. *Psychiatry research, 167*(1), 28-35.

Benau, E. M., Morris, J., & Couperus, J. W. (2011). Semantic processing in children and adults: incongruity and the N400. *Journal of psycholinguistic research, 40*(3), 225-239.

Bentin, S., Allison, T., Puce, A., Perez, E., & McCarthy, G. (1996). Electrophysiological studies of face perception in humans. *Journal of cognitive neuroscience, 8*(6), 551-565.

Berger, C. R. (1987). Communicating under uncertainty.

Berger, J. R. & Calabrese, R. (1975). Some Explorations in Initial Interactions and Beyond: Toward a Developmental Theory of Interpersona1 Communication. *Human Communication Research, 1*.

Bermeitinger, C., Frings, C., & Wentura, Di.. (2008). Reversing the N400: Event-related potentials of a negative semantic priming effect. *NeuroReport, 19*(15), 1479-1482.

Berthoz, S., Wessa, M., Kedia, G., Wicker, B., & Grèzes, J. (2008). Cross-cultural validation of the empathy quotient in a French-speaking sample. *Can J Psychiatry, 53*(7), 469-477.

Besche-Richard, C., Bourrin-Tisseron, A., Olivier, M., Cuervo-Lombard, C. V., & Limosin, F. (2012). Reconnaissance des expressions faciales émotionnelles et théorie de l'esprit dans la schizophrénie : la difficulté à identifier les états mentaux d'autrui serait-elle liée à un trouble de la reconnaissance des émotions faciales ? *L'Encéphale, 38*(3), 241-247. doi: 10.1016/j.encep.2011.04.006

Bettencourt, B. A., Dill, K. E., Greathouse, S. A., Charlton, K., & Mulholland, A. (1997). Evaluations of ingroup and outgroup members: The role of category-based expectancy violation. *Journal of Experimental Social Psychology, 33*(3), 244-275. doi: 10.1006/jesp.1996.1323

Biederman, I. (1981). *On the semantics of a glance at a scene*. In M. Kubovy and J.R. Pomerantz (Eds.), Perceptual Organization (pp. 213-253). Hillsdale, NJ: Erlbaum

Biederman, I, Mezzanotte, Robert J., & Rabinowitz, Jan C. (1982). Scene perception: Detecting and judging objects undergoing relational violations. *Cognitive psychology, 14*(2), 143-177.

Biederman, I., Teitelbaum, R. C., & Mezzanotte, R. J. (1983). Scene perception: a failure to find a benefit from prior expectancy or familiarity. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, 9*(3).

Biernat, M., Vescio, T. K., & Billings, L. S. (1999). Black sheep and expectancy violation: Integrating two models of social judgment. *European Journal of Social Psychology, 29*(4), 523-542.

Blau, V., Maurer, U., Tottenham, N., & McCandliss, B. (2007). The face-specific N170 component is modulated by emotional facial expression. *Behavioral and Brain Functions, 3*(1).

Bleuler, E. (1911). Dementia praecox oder Gruppe der Schizophrenien. *Handbuch der Psychiatrie*.

Bora, E., Gökçen, S., & Veznedaroglu, B. (2008). Empathic abilities in people with schizophrenia. *Psychiatry research, 160*(1), 23-29.

Boyce, S. J., & Pollatsek, A. (1992). Identification of objects in scenes: the role of scene background in object naming. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, 18*(3).

Boyce, S. J., Pollatsek, A., & Rayner, K. (1989). Effect of background information on object identification. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 15*(3).

Bruce, V., & Young, A. (1986). Understanding face recognition. *British journal of psychology, 77*(3), 305-327.

Burgoon, J. K. (1993). Interpersonal expectations, expectancy violations, and emotional communication. *Journal of Language and Social Psychology, 12*(1-2), 30-48.

Burgoon, J. K., Newton, D. A., Walther, J. B., & Baesler, E. J. (1989). Nonverbal expectancy violations and conversational involvement. *Journal of Nonverbal Behavior, 13*(2), 97-119.

Burgoon, J. K., & Walther, J. B. (1990). Nonverbal expectancies and the evaluative consequences of violations. *Human Communication Research, 17*(2), 232-265.

Caldara, R., Jermann, F., Arango, G. L., & Van der Linden, M. (2004). Is the N400 category-specific? A face and language processing study. *Neuroreport, 15*(17), 2589-2593.

Carr, T. H., & Dagenbach, D. (1990). Semantic priming and repetition priming from masked words: evidence for a center-surround attentional mechanism in perceptual recognition. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, 16*(2).

Carroll, J. M., & Russell, J. A. (1996). Do facial expressions signal specific emotions? Judging emotion from the face in context. *Journal of personality and social psychology, 70*(2).

Carruthers, P. (1996). Simulation and self-knowledge: a defence of theory-theory. *Theories of theories of mind*, 22-38.

Catarino, A., Luke, L., Waldman, S., Andrade, A., Fletcher, P. C., & Ring, H. (2011). An fMRI investigation of detection of semantic incongruities in autistic spectrum conditions. *European Journal of Neuroscience, 33*(3), 558-567.

Chan, R. C. K., Li, H., Cheung, E. F. C., & Gong, Q. (2009). Impaired facial emotion perception in schizophrenia: A meta-analysis. *Psychiatry Research, 178*(2), 381-390. doi: 10.1016/j.psychres.2009.03.035

Chomksy, N. (1957). Syntactic structures. *Mouton & Co., The Hague, 10*.

Chun, M. M., & Jiang, Y. (1998). Contextual cueing: Implicit learning and memory of visual context guides spatial attention. *Cognitive psychology, 36*(1), 28-71.

Chung, Y. S., & Barch, D. M. (2011). The effect of emotional context on facial emotion ratings in schizophrenia. *Schizophrenia research, 131*(1), 235-241.

Corradi-Dell'Acqua, C., Hofstetter, Ch., & Vuilleumier, P. (2013). Cognitive and affective theory of mind share the same local patterns of activity in posterior temporal but not medial prefrontal cortex. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*.

Courgeon, M., Martin, J-C., & Jacquemin, C. (2008). Marc: a multimodal affective and reactive character. *Proceedings of the AFFINE workshop on Affective Interaction in Natural Environments held at the 10th International Conference on Multimodal Interfaces (ICMI 2008)(Chania, Crete, 24th of October 2008)*.

da Silva, F. H. L., & Gonçalves, S. (2008). Electroencephalography (EEG). *Encyclopedia of Neuroscience, pp849-855*.

Darwin, C. (1872). The expression of emotions in animals and man. *Murray, London*.

Davenport, J.L., & Potter, M. C. (2004). Scene consistency in object and background perception. *Psychological Science, 15*(8), 559-564.

David, A., Van Os, J., Jones, P., Harvey, I., Foerster, A., & Fahy, T. (1995). Insight and psychotic illness. Cross-sectional and longitudinal associations. *The British Journal of Psychiatry, 167*(5), 621-628.

Davis, M. H. (1980). A multidimensional approach to individual differences in empathy.

Davis, M. H. (1994). *Empathy: A social psychological approach*: Westview Press.

De Graef, P. (1992). Scene-context effects and models of real-world perception *Eye Movements and Visual Cognition* (pp. 243-259): Springer.

De Graef, P., Christiaens, D., & d'Ydewalle, G. (1990). Perceptual effects of scene context on object identification. *Psychological research, 52*(4), 317-329.

de Vignemont, F., & Singer, T. (2006). The empathic brain: how, when and why? *Trends in Cognitive Sciences, 10*(10), 435-441. doi: 10.1016/j.tics.2006.08.008

Debruille, J. B., & Renoult, L. (2009). Effects of semantic matching and of semantic category on reaction time and N400 that resist numerous repetitions. *Neuropsychologia, 47*(2), 506-517.

Decety, J., & Jackson, P. L. (2004). The functional architecture of human empathy. *Behavioral and cognitive neuroscience reviews, 3*(2), 71-100.

Decety, J., & Lamm, C. (2006). Human empathy through the lens of social neuroscience. *The Scientific World Journal, 6*, 1146-1163.

Dehaene, S. (2007). *Les neurones de la lecture*. Paris: Odile Jacob.

Delaney-Busch, N., & Kuperberg, G. (2013). Friendly drug-dealers and terrifying puppies: Affective primacy can attenuate the N400 effect in emotional discourse contexts. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience, 13*(3), 473-490. doi: 10.3758/s13415-013-0159-5

Demiral, Ş. B., Malcolm, G. L., & Henderson, J. M. (2012). ERP correlates of spatially incongruent object identification during scene viewing: Contextual expectancy versus simultaneous processing. *Neuropsychologia, 50*(7), 1271-1285.

Derntl, B., Finkelmeyer, A., Toygar, T. K., Hülsmann, A., Schneider, F., Falkenberg, D.I., & Habel, U. (2009). Generalized deficit in all core components of empathy in schizophrenia. *Schizophrenia Research, 108*(1), 197-206.

Dikker, S., & Pylkkanen, L. (2011). Before the N400: Effects of lexical–semantic violations in visual cortex. *Brain and language, 118*(1), 23-28.

Dimberg, Ul., Andréasson, P., & Thunberg, M.. (2011). Emotional empathy and facial reactions to facial expressions. *Journal of Psychophysiology, 25*(1).

Dimberg, U., & Lundquist, L-O. (1990). Gender differences in facial reactions to facial expressions. *Biological psychology, 30*(2), 151-159.

Dimberg, U., & Thunberg, M. (1998). Rapid facial reactions to emotional facial expressions. *Scandinavian journal of psychology, 39*(1), 39-45.

Durso, F. T., Geldbach, K. M., & Corballis, P. (2012). Detecting Confusion Using Facial Electromyography. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society, 54*(1), 60-69.

Dyck, M., Winbeck, M., Leiberg, S., Chen, Y., Gur, R. C., & Mathiak, K. (2008). Recognition profile of emotions in natural and virtual faces. *PloS one, 3*(11).

Dyck, M., Winbeck, M., Leiberg, S., Chen, Y., & Mathiak, K. (2010). Virtual faces as a tool to study emotion recognition deficits in schizophrenia. *Psychiatry research, 179*(3), 247-252.

Dykiert, D., Der, G., Starr, J. M., & Deary, I. J. (2012). Age differences in intra-individual variability in simple and choice reaction time: systematic review and meta-analysis. *PloS one, 7*(10).

Dziobek, I., Rogers, K., Fleck, S., Bahnemann, M., Heekeren, H. R., Wolf, O. T., & Convit, A. (2008). Dissociation of cognitive and emotional empathy in adults with Asperger syndrome using the Multifaceted Empathy Test (MET). *Journal of autism and developmental disorders, 38*(3), 464-473.

Eimer, M. (2000). Effects of face inversion on the structural encoding and recognition of faces: Evidence from event-related brain potentials. *Cognitive Brain Research, 10*(1), 145-158.

Eimer, M. (2011). The Face-Sensitive N170 Component of the Event-Related Brain Potential. In G. Rhodes, A. Calder, M. Johnson & J. V. Haxby (Eds.), *Oxford Handbook of Face Perception*: Oxford University Press.

Eisenberg, N., & Lennon, R. (1983). Sex differences in empathy and related capacities. *Psychological Bulletin, 94*(1).

Eisenberg, N., & Miller, P. A. (1987). The relation of empathy to prosocial and related behaviors. *Psychological bulletin, 101*(1).

Ekman, P. (1973). Cross-cultural studies of facial expression. *Darwin and facial expression: A century of research in review*, 169-222.

Ekman, P. (1992). Are there basic emotions? *Psychological Review*, Vol 99(3), Jul 1992, 550-553. doi: 10.1037/0033-295X.99.3.550

Ekman, P. (1996). Why don't we catch liars? *SOCIAL RESEARCH-NEW YORK-, 63*, 801-818.

Ekman, P. (1999). Basic emotions. *Handbook of cognition and emotion, 4*, 5-60.

Ekman, P., & Friesen, W. l969, The repertoire of nonverbal behavior: Categories, origins, usage and coding. *Semiotica, l H, 9*.

Ekman, P., & Friesen, W. V. (1971). Constants across cultures in the face and emotion. *Journal of personality and social psychology, 17*(2).

Ekman, P., & Friesen, W. V. (1978). *Facial action coding system: A technique for the measurement of facial movement. Palo Alto*: CA: Consulting Psychologists Press.

Ekman, P., & Friesen, W. V. (2003). *Unmasking the face: A guide to recognizing emotions from facial clues*: Ishk.

Ekman, P., & O'Sullivan, M. (1991). Who can catch a liar? *American psychologist, 46*(9).

Farina, E., Albanese, O., & Pons, F. (2007). Making inferences and individual differences in emotion understanding. *Psychology of Language and Communication, 11*(2), 3-19.

Ferstl, . C., Rinck, M., & Von Cramon, D. Y. (2005). Emotional and temporal aspects of situation model processing during text comprehension: An event-related fMRI study. *Journal of Cognitive Neuroscience, 17*(5), 724-739.

Festinger, L. (1957). *A Theory of cognitive dissonance*: Evanston, IL: Row Peterson.

Filik, R., & Leuthold, H. (2008). Processing local pragmatic anomalies in fictional contexts: Evidence from the N400. *Psychophysiology, 45*(4), 554-558.

Fodor, J. A. *The modularity of mind: An essay on faculty psychology, 1983*: MIT Press.

Forabosco, G. (2008). Is the concept of incongruity still a useful construct for the advancement of humor research? *Lodz Papers in Pragmatics, 4*(1), 45-62.

Frasch, K., Weiser, P., Becker, T., Längle, G., Steinert, T., Niederreiner, C., . . . Kilian, R. (2012). Psychotropic Drug Treatment, Clinical Characteristics and Cognitive Processing Speed in Patients

with Schizophrenia: Results from the ELAN Study. *Pharmacopsychiatry, 45*(04), 138-145. doi: 10.1055/s-0031-1297260

Friedman, A. (1979). Framing pictures: the role of knowledge in automatized encoding and memory for gist. *Journal of experimental psychology. General, 108*(3), 316-355.

Fuster, J. (2008). *The prefrontal cortex*: Access Online via Elsevier.

Ganis, G., & Schendan, H. E. (2008). Visual mental imagery and perception produce opposite adaptation effects on early brain potentials. *Neuroimage, 42*(4), 1714-1727.

Gallese, V. (2005). Embodied simulation: From neurons to phenomenal experience. *Phenomenology and the cognitive sciences, 4*(1), 23-48.

Gide, A. (1954). *Journal, 1939-1949: Souvenirs* (Vol. 104): Gallimard.

Gazzaniga, M. S., Ivry, R. B., Mangun, G. R., & Coquery, J. M. (2000). *Neurosciences cognitives: La biologie de l'esprit*: De Boeck Supérieur.

Glenberg, A. M. (1997). What memory is for: Creating meaning in the service of action. *Behavioral and brain sciences, 20*(01), 41-50.

Goldman, A. I. (1992). Empathy, mind, and morals. Alvin I. Goldman
Proceedings and Addresses of the American Philosophical Association
Vol. 66, No. 3 (Nov., 1992), pp. 17-41, JSTOR.

Gopnik, A., & Wellman, H. M. (1992). Why the child's theory of mind really is a theory. *Mind & Language, 7*(1-2), 145-171.

Gordon, R. M. (1986). Folk psychology as simulation. *Mind & Language, 1*(2), 158-171.

Green, M. J., Uhlhaas, P. J., & Coltheart, M. (2005). Context processing and social cognition in schizophrenia. *Current psychiatry reviews, 1*(1), 11-22.

Green, M. J., Waldron, J. H., Simpson, I., & Coltheart, M. (2008). Visual processing of social context during mental state perception in schizophrenia. *Journal of psychiatry & neuroscience: JPN, 33*(1).

Grice, P. (1989). *Studies in the way of words*: Cambridge/Mass.: Harvard University Press.

Guyuron, B. (2006). Soft tissue functional anatomy of the nose. *Aesthetic Surgery Journal, 26*(6), 733-735.

Halberstadt, J. B., & Niedenthal, P. M. (2001). Effects of emotion concepts on perceptual memory for emotional expressions. *Journal of personality and social psychology, 81*(4).

Hamm, J. P., Johnson, B. W., & Kirk, I. J. (2002). Comparison of the N300 and N400 ERPs to picture stimuli in congruent and incongruent contexts. *Clinical Neurophysiology, 113*(8), 1339-1350.

Harris, P. L. (1992). From simulation to folk psychology: The case for development. *Mind & Language, 7*(1-2), 120-144.

Hawk, S. T., Fischer, A. H., & Van Kleef, G. A. (2012). Face the noise: embodied responses to nonverbal vocalizations of discrete emotions. *Journal of personality and social psychology, 102*(4).

Healey, K. M., Pinkham, A. E., Richard, J. A., & Kohler, C. G. (2010). Do we recognize facial expressions of emotions from persons with schizophrenia? *Schizophrenia research, 122*(1), 144-150.
Henderson, J. M., & Hollingworth, A. (1999). High-level scene perception. *Annual review of psychology, 50*(1), 243-271.
Henderson, J. M., Weeks Jr, P. A., & Hollingworth, A. (1999). The effects of semantic consistency on eye movements during complex scene viewing. *Journal of experimental psychology: Human perception and performance, 25*(1).
Herbert, C., Kissler, J., Junghöfer, M., Peyk, P., & Rockstroh, B. (2006). Processing of emotional adjectives: Evidence from startle EMG and ERPs. *Psychophysiology, 43*(2), 197-206.
Herrmann, M. J., Ehlis, A. C., Ellgring, H., & Fallgatter, A. J. (2004). Early stages (P100) of face perception in humans as measured with event-related potentials (ERPs). *Journal of Neural Transmission, 112*(8), 1073-1081. doi: 10.1007/s00702-004-0250-8
Hess, U., & Fischer, A. (2013). Emotional mimicry as social regulation. *Personality and Social Psychology Review, 17*(2), 142-157.
Hietanen, J. K., & Astikainen, P. (2013). N170 response to facial expressions is modulated by the affective congruency between the emotional expression and preceding affective picture. *Biological Psychology, 92*(2), 114-124. doi: 10.1016/j.biopsycho.2012.10.005
Hietanen, J. K., Surakka, V., & Linnankoski, I. (1998). Facial electromyographic responses to vocal affect expressions. *Psychophysiology, 35*(5), 530-536.
Hirschfeld, G., Feldker, K., & Zwitserlood, P. (2012). Listening to "flying ducks": Individual differences in sentence–picture verification investigated with ERPs. *Psychophysiology, 49*(3), 312-321.
Hoffman, M. L. (1984). Interaction of affect and cognition in empathy. *Emotions, cognition, and behavior*, 103-131.
Hogan, R. (1969). Development of an empathy scale. *Journal of consulting and clinical psychology, 33*(3).
Hokama, H., Hiramatsu, K-I., Wang, J., O'Donnell, B. F., & Ogura, C. (2003). N400 abnormalities in unmedicated patients with schizophrenia during a lexical decision task. *International journal of psychophysiology, 48*(1), 1-10.
Hollingworth, A. (1998). Does consistent scene context facilitate object perception? *Journal of Experimental Psychology: General, 127*(4).
Hollingworth, A., & Henderson, J. M. (1999). Object identification is isolated from scene semantic constraint: Evidence from object type and token discrimination. *Acta psychologica, 102*(2), 319-343.
Iakimova, G., Passerieux, C., Laurent, J-P., & Hardy-Bayle, M-C. (2005). ERPs of metaphoric, literal, and incongruous semantic processing in schizophrenia. *Psychophysiology, 42*(4), 380-390.

Itier, R. J., Alain, Cl., Sedore, K., & McIntosh, A. R. (2007). Early face processing specificity: It's in the eyes! *Journal of Cognitive Neuroscience, 19*(11), 1815-1826.
Itier, R. J., Latinus, M., & Taylor, M. J. (2006). Face, eye and object early processing: what is the face specificity? *Neuroimage, 29*(2), 667-676.
Jiang, X., Li, Y., & Zhou, X. (2013). Even a rich man can afford that expensive house: ERP responses to construction-based pragmatic constraints during sentence comprehension. *Neuropsychologia, 51*(10), 1857-1866.
Johansson, M., & Mecklinger, A. (2003). The late posterior negativity in ERP studies of episodic memory: action monitoring and retrieval of attribute conjunctions. *Biological Psychology, 64*(1), 91-117.
Johnson, D. I., & Lewis, N. (2010). Perceptions of swearing in the work setting: An expectancy violations theory perspective. *Communication Reports, 23*(2), 106-118.
Jolliffe, Da., & Farrington, D. P. (2006). Development and validation of the Basic Empathy Scale. *Journal of adolescence, 29*(4), 589-611.
Jussim, L., Coleman, L. M., & Lerch, L. (1987). The nature of stereotypes: A comparison and integration of three theories. *Journal of Personality and Social Psychology, 52*(3).
Kamide, Y. (2008). Anticipatory processes in sentence processing. *Language and Linguistics Compass, 2*(4), 647-670.
Kanade, T., Cohn, J. F., & Tian, Y. (2000). Comprehensive database for facial expression analysis. *Proceedings Fourth IEEE International Conference on Automatic Face and Gesture Recognition*
Kay, S. R., Flszbein, A., & Opfer, L. A. (1987). The positive and negative syndrome scale (PANSS) for schizophrenia. *Schizophrenia bulletin, 13*(2).
Keenan, J., Gallup, G. G., & Falk, D. (2003). *The Face in the Mirror: The Search for the Origins of Consciousness*: HarperCollins.
Keil, A., Bradley, M. M., Hauk, O., Rockstroh, B., Elbert, T., & Lang, P. J. (2002). Large-scale neural correlates of affective picture processing. *Psychophysiology, 39*(5), 641-649.
Kernahan, C., Bartholow, B. D., & Bettencourt, B. A. (2000). Effects of category-based expectancy violation on affect-related evaluations: Toward a comprehensive model. *Basic and Applied Social Psychology, 22*(2), 85-100.
Keysers, C., & Gazzola, V. (2007). Integrating simulation and theory of mind: from self to social cognition. *Trends in Cognitive Sciences, 11*(5), 194-196. doi: 10.1016/j.tics.2007.02.002
Kohler, C. G., Martin, E.A., Milonova, M., Wang, P., Verma, R., Brensinger, C. M., . . . Gur, R. C. (2008). Dynamic evoked facial expressions of emotions in schizophrenia. *Schizophrenia research, 105*(1), 30-39.

Kohler, C. G., Walker, J. B., Martin, E. A., Healey, K. M., & Moberg, P. J. (2010). Facial Emotion Perception in Schizophrenia: A Meta-analytic Review. *Schizophrenia Bulletin, 36*(5), 1009-1019. doi: 10.1093/schbul/sbn192

Kohler, W. (1929). *Gestalt Psychology, New York: H*: Liveright.

Kosslyn, S. M. *Image and brain, 1994*: MIT Press, Cambridge.

Kostova, M., Passerieux, C., Laurent, J. P., Saint-Georges, C., & Hardy-Bayle, M. C. (2003)a. Functional analysis of the deficit in semantic context processes in schizophrenic patients: an event-related potentials study. *Neurophysiologie Clinique/Clinical Neurophysiology, 33*(1), 11-22.

Kostova, M., Passerieux, C., Laurent, J-P., & Hardy-Baylé, M-C. (2003)b. An electrophysiologic study: can semantic context processes be mobilized in patients with thought-disordered schizophrenia? *Canadian journal of psychiatry, 48*(9), 615-623.

Kostova, M., Passerieux, C., Laurent, J-P., & Hardy-Baylé, M-C. (2005). N400 anomalies in schizophrenia are correlated with the severity of formal thought disorder. *Schizophrenia research, 78*(2), 285-291.

Kret, M. E., & De Gelder, B. (2012). A review on sex differences in processing emotional signals. *Neuropsychologia, 50*(7), 1211-1221. doi: 10.1016/j.neuropsychologia.2011.12.022

Kret, M. E., & Gelder, B. (2010). Social context influences recognition of bodily expressions. *Experimental Brain Research, 203*(1), 169-180. doi: 10.1007/s00221-010-2220-8

Kring, A. M., & Earnst, K. S. (1999). Stability of emotional responding in schizophrenia. *Behavior Therapy, 30*(3), 373-388.

Krombholz, A., Schaefer, F., & Boucsein, W. (2007). Modification of N170 by different emotional expression of schematic faces. *Biological Psychology, 76*(3), 156-162. doi: 10.1016/j.biopsycho.2007.07.004

Kuperberg, G., & Heckers, S. (2000). Schizophrenia and cognitive function. *Current opinion in neurobiology, 10*(2), 205-210.

Kutas, M., & Federmeier, K. D. (2011). Thirty Years and Counting: Finding Meaning in the N400 Component of the Event-Related Brain Potential (ERP). *Annual Review of Psychology, 62*(1), 621-647. doi: 10.1146/annurev.psych.093008.131123

Lawrence, E. J., Shaw, P., Baker, D., Baron-Cohen, S., & David, A. S. (2004). Measuring empathy: reliability and validity of the Empathy Quotient. *Psychological Medicine, 34*(5), 911-919. doi: 10.1017/S0033291703001624

Lee, J., Zaki, J., Harvey, P. O., Ochsner, K., & Green, M. F. (2011). Schizophrenia patients are impaired in empathic accuracy. *Psychological medicine, 41*(11).

Leuthold, H., Filik, R., Murphy, K., & Mackenzie, I. G. (2011). The on-line processing of socio-emotional information in prototypical scenarios: inferences from brain potentials. *Social Cognitive and Affective Neuroscience, 7*(4), 457-466. doi: 10.1093/scan/nsr029

León, I., Díaz, J. M., de Vega, M., & Hernández, J. A. (2010). Discourse-based emotional consistency modulates early and middle components of event-related potentials. *Emotion, 10*(6), 863-873. doi: 10.1037/a0019983

Levinson, S. C. (1983). Pragmatics. *Cambridge textbooks in linguistics*.

Lieberman, M. D. (2003). A social cognitive neuroscience approach. *Social judgments: Implicit and explicit processes, 5*, Cambridge.

Liu, B., Wu, G., Wang, Z., Meng, X., & Wang, Q. (2011). Semantic association of ecologically unrelated synchronous audio-visual information in cognitive integration: an event-related potential study. *Neuroscience, 192*, 494-499.

Loftus, G. R., Nelson, W. W., & Kallman, H. J. (1983). Differential acquisition rates for different types of information from pictures. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology, 35*(1), 187-198.

Lysaker, P. H., Buck, K. D., Taylor, A. C., & Roe, D. (2008). Associations of metacognition, self stigma and insight with qualities of self experience in schizophrenia. *Psychiatry Research, 157*(3), 1-38.

Lysaker, P. H., Hasson-Ohayon, I., Kravetz, S., Kent, J. S., & Roe, D. (2012). Self perception of empathy in schizophrenia: Emotion recognition, insight, and symptoms predict degree of self and interviewer agreement. *Psychiatry research*.

Ma, Q., Wang, X., Shu, L., & Dai, S. (2008). P300 and categorization in brand extension. *Neuroscience letters, 431*(1), 57-61.

Magnée, M. J. C. M., Stekelenburg, J.J., Kemner, C., & de Gelder, B. (2007). Similar facial electromyographic responses to faces, voices, and body expressions. *Neuroreport, 18*(4), 369-372.

Mandler, G. (1990). A constructivist theory of emotion. *Psychological and biological approaches to emotion*, 21-43.

Matsumoto, D., & Sung Hwang, H. (2010). Judging faces in context. *Social and Personality Psychology Compass, 4*(6), 393-402.

Mecklinger, A., & Ullsperger, P. (1993). P3 varies with stimulus categorization rather than probability. *Electroencephalography and clinical neurophysiology, 86*(6), 395-407.

Meeren, H. K. M., van Heijnsbergen, C. C. R. J., & de Gelder, B. (2005). Rapid perceptual integration of facial expression and emotional body language. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 102*(45), 16518-16523.

Mehrabian, A., & Epstein, N. (1972). A measure of emotional empathy1. *Journal of personality, 40*(4), 525-543.

Mendes, W. B., Blascovich, J., Hunter, S.B., Lickel, B., & Jost, J. T. (2007). Threatened by the unexpected: physiological responses during social interactions with expectancy-violating partners. *Journal of personality and social psychology, 92*(4).

Metzger, R. L., & Antes, J. R. (1983). The nature of processing early in picture perception. *Psychological Research, 45*(3), 267-274.
Montag, C., Heinz, A., Kunz, D., & Gallinat, J. (2007). Self-reported empathic abilities in schizophrenia. *Schizophrenia research, 92*(1), 85-89.
Moreno, E. M., & Vázquez, C. (2011). Will the glass be half full or half empty? Brain potentials and emotional expectations. *Biological psychology, 88*(1), 131-140.
Mudrik, L., Lamy, D., & Deouell, L. Y. (2010). ERP evidence for context congruity effects during simultaneous object–scene processing. *Neuropsychologia, 48*(2), 507-517. doi: 10.1016/j.neuropsychologia.2009.10.011
Müller, V. I., Habel, U., Derntl, B., Schneider, F., Zilles, K., Turetsky, B. I., & Eickhoff, S. B. (2011). Incongruence effects in crossmodal emotional integration. *Neuroimage, 54*(3), 2257-2266.
Mulder, M. P., & Nijholt, A. (2002). Humour Research: State of Art. *Deliverable D1, IST Programme on Future and Emerging Technologies. Action Line: IST-2000-6.1.1, HAHAcronym: Humorous Agent for Humorous Acronyms*, October 2001
Muncer, S. J., & Ling, J. (2006). Psychometric analysis of the empathy quotient (EQ) scale. *Personality and Individual Differences, 40*(6), 1111-1119.
Murray, H. A. (1943). Thematic apperception test. Cambridge, MA, US: Harvard University Press.
Neider, M. B., & Zelinsky, G. J. (2006). Scene context guides eye movements during visual search. *Vision research, 46*(5), 614-621.
Nestor, P. G., Kimble, M. O., O'Donnell, B. F., Smith, L., Niznikiewicz, M., Shenton, M. E., & McCarley, R. W. (1997). Aberrant semantic activation in schizophrenia: a neurophysiological study. *American Journal of Psychiatry, 154*(5), 640-646.
Nezlek, J. B., Feist, G. J., Wilson, F. C., & Plesko, R.M. (2001). Day-to-day variability in empathy as a function of daily events and mood. *Journal of Research in Personality, 35*(4), 401-423.
Niedenthal, P. M. (2007). Embodying emotion. *Science, 316*(5827), 1002-1005.
Niznikiewicz, M. A., Friedman, M., Shenton, M. E., Voglmaier, M., Nestor, P. G., Frumin, M., . . . McCarley, R. W. (2004). Processing sentence context in women with schizotypal personality disorder: an ERP study. *Psychophysiology, 41*(3), 367-371.
Noveck, I. A., & Reboul, A. (2008). Experimental pragmatics: A Gricean turn in the study of language. *Trends in Cognitive Sciences, 12*(11), 425-431.
Olson, J. M., Roese, N. J., & Zanna, M. P. (1996). Expectancies.
Ortony, A., & Turner, T. J. (1990). What's basic about basic emotions? *Psychological review, 97*(3).
Pacherie, É. (2004). L'empathie et ses degrés. *L'empathie*, 149-181.
Palmer, B., Nasman, V. T., & Wilson, G. F. (1994). Task decision difficulty: effects on ERPs in a same-different letter classification task. *Biological psychology, 38*(2), 199-214.

Palmer, T. E. (1975). The effects of contextual scenes on the identification of objects. *Memory & cognition, 3*(5), 519-526. doi: 10.3758/BF03197524

Pascual-Marqui, R. D., Michel, C. M., & Lehmann, D. (1994). Low resolution electromagnetic tomography: a new method for localizing electrical activity in the brain. *International Journal of Psychophysiology, 18*(1), 49-65. doi: 10.1016/0167-8760(84)90014-X

Paulmann, S., & Pell, M. D. (2010). Contextual influences of emotional speech prosody on face processing: How much is enough? *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience, 10*(2), 230-242.

Pearse, J., & Lansley, C. (2010). Reading others.

Poletti, S., Anselmetti, S., Riccaboni, R., Bosia, M., Buonocore, M., Smeraldi, E., & Cavallaro, R. (2012). Self-awareness of cognitive functioning in schizophrenia: Patients and their relatives. *Psychiatry research, 198*(2), 207-211.

Polich, J. (2007). Updating P300: An integrative theory of P3a and P3b. *Clinical Neurophysiology, 118*(10), 2128-2148. doi: 10.1016/j.clinph.2007.04.019

Pylyshyn, Z. (1984). *Computation and Cognition: Toward a Foundation for Cognitive Science*: MIT Press, Cambridge, MA.

Rak, N., Kontinen, J., Kuchinke, L., & Werning, M. (2009). Does the Semantic Integration of Emotion Words Depend on Emotional Empathy? N400, P600 and Localization Effects for Intentional and Proprioceptive Emotion Words in Sentence Contexts. *Proceedings of the 35th Annual Conference of the Cognitive Science.*

Reniers, R. L. E. P., Corcoran, R., Drake, R., Shryane, N. M., & Völlm, B. A. (2011). The QCAE: A questionnaire of cognitive and affective empathy. *Journal of personality assessment, 93*(1), 84-95.

Rieger, J. W., Köchy, N., Schalk, F., Grüschow, M., & Heinze, H-J. (2008). Speed limits: orientation and semantic context interactions constrain natural scene discrimination dynamics. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 34*(1).

Righart, R., & de Gelder, B. (2008)a. Rapid influence of emotional scenes on encoding of facial expressions: an ERP study. *Social Cognitive and Affective Neuroscience, 3*(3), 270-278. doi: 10.1093/scan/nsn021

Righart, R., & De Gelder, B. (2008)b. Recognition of facial expressions is influenced by emotional scene gist. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience, 8*(3), 264-272. doi: 10.3758/CABN.8.3.264

Rossion, B., Gauthier, I., Tarr, M. J., Despland, P., Bruyer, R., Linotte, S., & Crommelinck, M. (2000). The N170 occipito-temporal component is delayed and enhanced to inverted faces but not to inverted objects: an electrophysiological account of face-specific processes in the human brain. *Neuroreport, 11*(1), 69-72.

Roux, P., Christophe, A., & Passerieux, C. (2010). The emotional paradox: dissociation between explicit and implicit processing of emotional prosody in schizophrenia. *Neuropsychologia, 48*(12), 3642-3649.

Rozin, P., & Cohen, A.B. (2003). High frequency of facial expressions corresponding to confusion, concentration, and worry in an analysis of naturally occurring facial expressions of Americans. *Emotion, 3*(1).

Russ, J. B., Gur, R. C., & Bilker, W. B. (2008). Validation of affective and neutral sentence content for prosodic testing. *Behavior research methods, 40*(4), 935-939. doi: 10.3758/BRM.40.4.935

Russell, J. A., & Fehr, B. (1987). Relativity in the perception of emotion in facial expressions. *Journal of Experimental Psychology: General, 116*(3).

Sagiv, N., & Bentin, S. (2001). Structural encoding of human and schematic faces: holistic and part-based processes. *Journal of Cognitive Neuroscience, 13*(7), 937-951.

Savla, G. N., Vella, L., Armstrong, C. C., Penn, D. L., & Twamley, E.W. (2012). Deficits in domains of social cognition in schizophrenia: a meta-analysis of the empirical evidence. *Schizophrenia Bulletin*.

Schopenhauer, A. (1883). The world as Will and Idea, by RB Haldane and J. *Kemp, Trübner & Co., London, 86*(3).

Schwartz, G. E., Brown, S-L., & Ahern, G. L. (1980). Facial muscle patterning and subjective experience during affective imagery: Sex differences. *Psychophysiology, 17*(1), 75-82.

Schwarz, K. A., Wieser, M. J., Gerdes, A. B. M., Mühlberger, A., & Pauli, P. (2013). Why are you looking like that? How the context influences evaluation and processing of human faces. *Social cognitive and affective neuroscience, 8*(4), 438-445.

Schyns, P. G., & Oliva, A. (1994). From blobs to boundary edges: Evidence for time-and spatial-scale-dependent scene recognition. *Psychological Science, 5*(4), 195-200.

Sekiyama, R., Iwase, M., Takahashi, H., Nakahachi, T., Takahashi, K., Ikezawa, K., . . . Takeda, M. (2008). Perception of emotional and neutral facial expression correlates with social functioning in chronic schizophrenia. *Seishin Igaku (Clinical Psychiatry), 50*(4), 337-344.

Shaw, P., Lawrence, E., Baron-Cohen, S., & David, A. S. (2003). Role of the amygdala in social sensitivity. *Amygdala in Brain Function: Bacic and Clinical Approaches, 985*, 508-510.

Siemer, M., & Reisenzein, R. (2007). The process of emotion inference. *Emotion, 7*(1).

Silvia, P.J. (2009). Looking past pleasure: Anger, confusion, disgust, pride, surprise, and other unusual aesthetic emotions. *Psychology of Aesthetics, Creativity, and the Arts, 3*(1).

Sonnby–Borgström, M. (2002). Automatic mimicry reactions as related to differences in emotional empathy. *Scandinavian journal of psychology, 43*(5), 433-443.

Sonnby-Borgström, M., Jönsson, P., & Svensson, O. (2003). Emotional empathy as related to mimicry reactions at different levels of information processing. *Journal of Nonverbal behavior, 27*(1), 3-23.

Sprengelmeyer, Reiner, & Jentzsch, Ines. (2006). Event related potentials and the perception of intensity in facial expressions. *Neuropsychologia, 44*(14), 2899-2906. doi: 10.1016/j.neuropsychologia.2006.06.020

Stekelenburg, J. J., & de Gelder, B. (2004). The neural correlates of perceiving human bodies: an ERP study on the body-inversion effect. *Neuroreport, 15*(5), 777-780.

Stich, S., & Ravenscroft, I. (1994). What is folk psychology? *Cognition, 50*(1), 447-468.

Stotland, E. (1969). Exploratory investigations of empathy. *Advances in experimental social psychology, 4*, 271-314.

Strandburg, R. J., Marsh, J.T., Brown, W. S., Asarnow, R. F., Guthrie, D., Harper, R., . . . Nuechterlein, K. H. (1997). Event-related potential correlates of linguistic information processing in schizophrenics. *Biological Psychiatry, 42*(7), 596-608.

Thaler, N. S., Strauss, G. P., Sutton, G. P., Vertinski, M., Ringdahl, E. N., Snyder, J. S., & Allen, D. N. (2013). Emotion perception abnormalities across sensory modalities in bipolar disorder with psychotic features and schizophrenia. *Schizophrenia Research, 147*(2-3), 287-292. doi: 10.1016/j.schres.2013.04.001

Tichener, E. (1909). *Elementary psychology of the thought processes*: New York: Macmillan.

Uddin, L. Q., Iacoboni, M., Lange, C., & Keenan, J.P. (2007). The self and social cognition: the role of cortical midline structures and mirror neurons. *Trends in Cognitive Sciences, 11*(4), 153-157. doi: 10.1016/j.tics.2007.01.001

Ullman, S. (1996). *High-level Vision: Object Recognition and Visual Cognition. A Bradford Book*: The MIT Press, Cambridge, MA.

Utama, N.P., Takemoto, A., Koike, Y., & Nakamura, K. (2009). Phased processing of facial emotion: An ERP study. *Neuroscience Research, 64*(1), 30-40. doi: 10.1016/j.neures.2009.01.009

Van Berkum, J. J. A., Holleman, B., Nieuwland, Mante, Otten, Marte, & Murre, J. (2009). Right or wrong? The brain's fast response to morally objectionable statements. *Psychological Science, 20*(9), 1092-1099.

van den Brink, D., Van Berkum, J. J. A., Bastiaansen, M. C. M., Tesink, C. M. J. Y., Kos, M., Buitelaar, J. K., & Hagoort, P. (2012). Empathy matters: ERP evidence for inter-individual differences in social language processing. *Social Cognitive and Affective Neuroscience, 7*(2), 173-183. doi: 10.1093/scan/nsq094

Vega, M. (1996). The representation of changing emotions in reading comprehension. *Cognition & Emotion, 10*(3), 303-322.

Vistoli, D., Passerieux, C., Houze, B.e, Hardy-Baylé, M-C., & Brunet-Gouet, E. (2011). Neural basis of semantic priming in schizophrenia during a lexical decision task: A magneto-encephalography study. *Schizophrenia Research, 130*(1-3), 114-122. doi: 10.1016/j.schres.2011.05.021

Vrticka, P., Black, J.M., & Reiss, A. L. (2013). The neural basis of humour processing. *Nature Reviews Neuroscience, 14*(12), 860-868.

Weiss, T., Baudouin, J-Y., & Demily, C. (2009). Production d'émotions faciales dans la schizophrénie. *L'Évolution Psychiatrique, 74*(1), 137-144. doi: 10.1016/j.evopsy.2008.12.010

Wellman, H. (1990). Children's theories of mind. *Bradford/MIT Press, Cambridge, USA*.

White, K.R., Crites, S. L., Taylor, J. H., & Corral, G. (2009). Wait, what? Assessing stereotype incongruities using the N400 ERP component. *Social cognitive and affective neuroscience, 4*(2), 191-198.

Whiten, A. (1991). *Natural theories of mind: Evolution, development and simulation of everyday mindreading*: Basil Blackwell Oxford.

Wieser, M. J., & Brosch, T. (2012). Faces in context: a review and systematization of contextual influences on affective face processing. *Frontiers in psychology, 3*.

Wölwer, W., Streit, M., Gaebel, W., & Polzer, U. (1996). Facial affect recognition in the course of schizophrenia. *European archives of psychiatry and clinical neuroscience, 246*(3), 165-170.

Zwaan, R.A. (2004). The immersed experiencer: Toward an embodied theory of language comprehension. *Psychology of learning and motivation, 44*, 35-62.

Zwaan, R. A., & Madden, C. J. (2005). Embodied sentence comprehension. *Grounding cognition: The role of perception and action in memory, language, and thinking*, 224-245.

Annexe

1. Phrases présentées aux patients schizophrènes

1.1 Phrases faiblement ambigües

1.1.1 Joie

Elle/Il gagne une très importante somme d'argent au loto.

Elle/Il est à la maternité, son bébé vient juste de naître.

Elle/Il est classé premier à un concours très difficile.

Elle/Il a rencontré quelqu'un et découvre enfin l'amour.

Elle/Il est en train de tisser un lien d'amitié avec quelqu'un.

1.1.2 Peur

Elle/Il est dans un tunnel, un incendie se déclare devant lui.

Elle/Il se réveille en sursaut parce que sa chambre est en feu.

Elle/Il est bloqué dans un bateau à la coque transpercée.

La foudre tombe juste à côté d'elle/de lui avec grand fracas.

Elle/Il se trouve piégé par une catastrophe naturelle.

1.1.3 Tristesse

Elle/Il doit faire euthanasier son chat qui souffre beaucoup.

Elle/Il apprend le décès de quelqu'un qu'elle appréciait.

Leur séparation fut très précipitée et elle/il la regrette.

Elle/Il a l'impression que vraiment personne ne l'aime.

Un proche lui annonce être atteint d'une maladie mortelle.

1.1.4 Colère

Elle/Il risque de payer une amende à la place de quelqu'un.

On vient juste de l'insulter sans aucune raison valable.

1.1.5 Neutre

Il cherche un numéro téléphonique dans les pages jaunes.

Il bouge généralement la main droite puis la main gauche.

Elle appuie sur un petit bouton pour ouvrir une porte.

Il va déposer une lettre dans une boite aux lettres.

Elle a visiblement deux mains, deux jambes et une tête.

1.2 Phrases moyennement ambigües

1.2.1 Joie

Elle/Il aime passer du temps avec les gens qu'il apprécie.

Elle/Il a effectué un pari vraiment très risqué et l'a gagné.

Elle/Il est à nouveau prise d'un fou rire irrépressible.

1.2.2 Peur

Plusieurs meurtres ont eu lieu hier près de chez elle/lui.

Il fait sombre et elle/il ne retrouve pas du tout son chemin.

Elle/Il est enfermé dans une pièce aveugle et très exiguë.

Elle essaie d'éviter de renverser quelqu'un sur la route.

1.2.3 Tristesse

Elle/Il vient de se rendre compte qu'il a raté toute sa vie.

Elle/Il a perdu quelque chose auquel elle tenait beaucoup.

Son appartement a pris feu, elle/il a perdu tous ses biens.

1.2.4 Colère

On lui reproche quelque chose qu'elle/il n'a jamais fait.

Elle/Il est victime d'une agression, personne ne réagit.

1.2.5 Neutre

Elle/Il règle le chauffage au minimum dans sa maison de ville.

Elle/Il aura vingt-deux ans et trois jours après-demain.

1.3 Phrases fortement ambigües

1.3.1 Joie

C'est très bon, elle/il en reprendrait bien une tranche.

Elle/Il confirme que ce magasine est vraiment son favori.

1.3.2 Peur

Elle/Il est témoin d'une scène d'accident extrêmement grave.

1.3.3 Tristesse

Elle/Il voyait mais est devenu aveugle après un accident.

Elle/Il s’est disputée avec quelqu’un qu’elle apprécie.

1.3.4 Colère

Il veut partir mais on essaie de le retenir de force.

1.3.5 Neutre

Elle/Il mange deux ou trois fruits frais chaque jour à midi.

Elle/Il voit une petite vache marron brouter dans le pré.

1.4 Phrases suggérant la colère modifiées présentées aux patients schizophrènes

N.B. ; La version initiale est présenté entre parenthèses.

Ca l'énerve qu'on lui dise qu'elle/il a tort, sans explication. (On lui dit qu'elle/il a tort, sans lui expliquer pourquoi.)

Sa façon de se comporter avec elle/lui l'énerve franchement. (Elle/Il n'aime pas du tout sa façon de se comporter avec elle/lui).

Ca l'exaspère qu'on refuse encore de la/le prendre au sérieux. (On refuse systématiquement de la/le prendre au sérieux.)

Elle/Il est agacé car il y en a qui le prennent pour un imbécile. (Il y en a qui la/le prennent incessamment pour une imbécile.)

Ca l'exaspère qu'on la/le harcèle avec son passé sentimental. (On la/le harcèle toujours à propos de son passé sentimental.)

2. Données complémentaires en réponse au matériel verbal utilisé dans l'expérience 1

Nous avons étudié le taux de non réponse des participants sains, afin de voir si celui-ci variait en fonction de l'ambigüité. Nous avons pour cela effectué une ANOVA sur le taux de non réponse, avec l'ambigüité (3) en facteur intra-sujet. Nous avons observé un effet marginal de l'ambigüité, $F(2,22) = 3.29$, $P < .06$. Il semblerait que le taux de non réponse des participants sains tendence à augmenter avec le taux d'ambigüité des phrases (Cf. Figure 33). Nous n'avons pas étudié les taux de non réponse pour les patients schizophrènes car ces derniers étaient obligés de répondre (pour passer à l'essai suivant), contrairement aux participants sains.

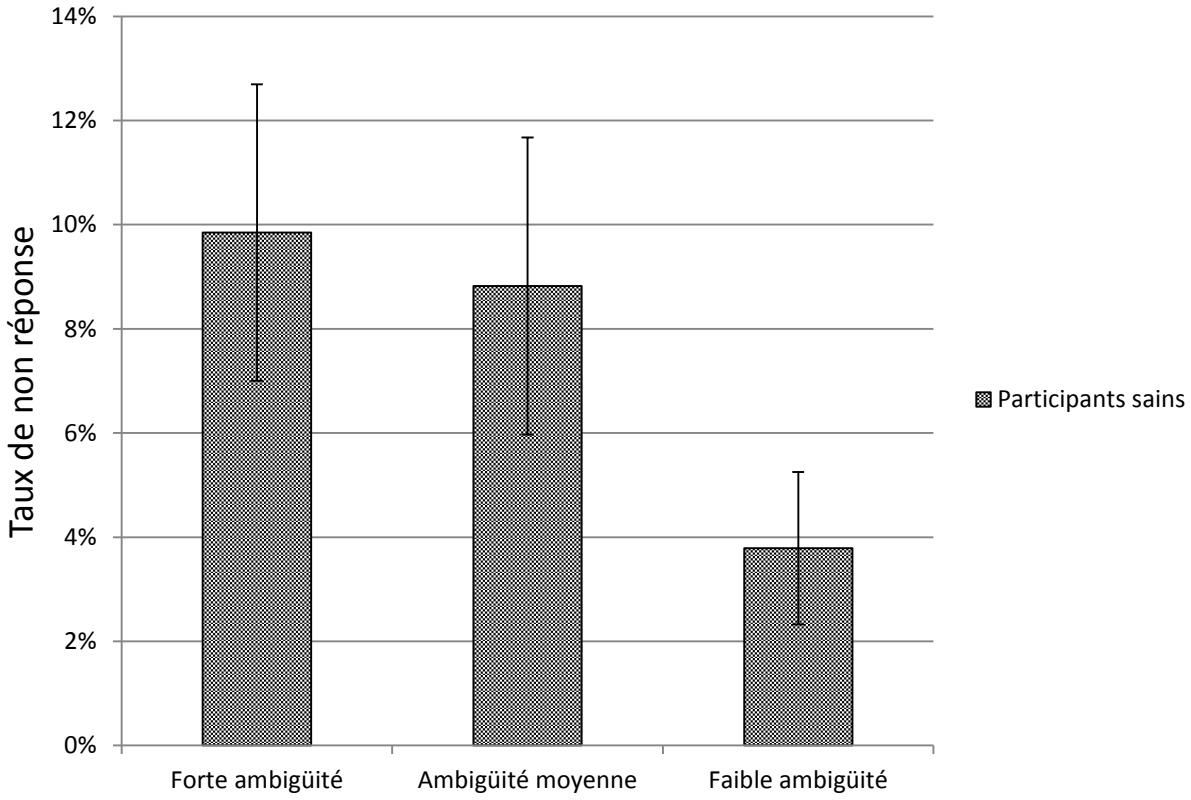


Figure 33 : Non catégorisation émotionnelle des phrases pour les participants sains.

En ce qui concerne l'intensité émotionnelle perçue dans les phrases, la colère a été perçue comme moins intense que la peur et la tristesse (Cf. Figure 34).

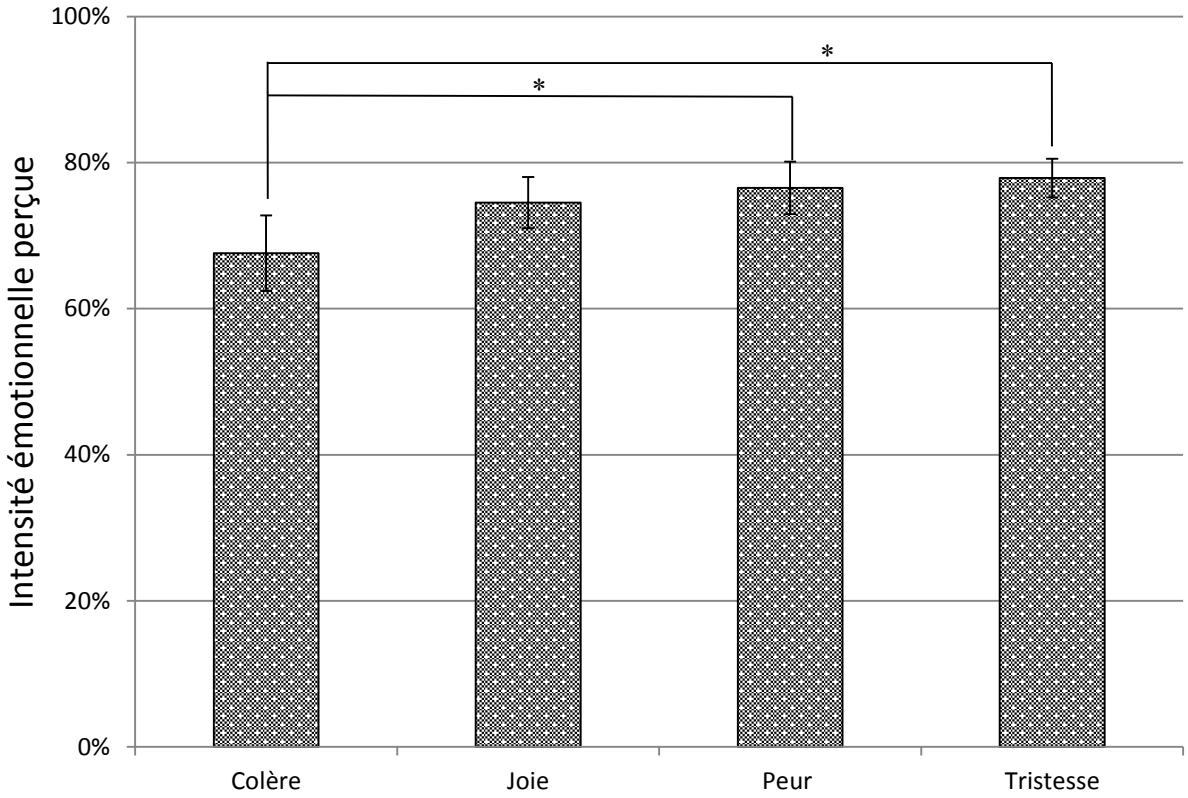


Figure 34 : Intensité émotionnelle perçue dans les phrases, en fonction de l'émotion étudiée.

L'analyse de la catégorisation des phrases en fonction de leur ambiguité, sans les données correspondant aux phrases suggérant la colère, montre que l'effet de l'ambigüité des phrases sur leur reconnaissance par les patients schizophrènes semble persister, même si l'interaction ambigüité x groupe de participants n'est plus que marginale (Cf. Figure 35).

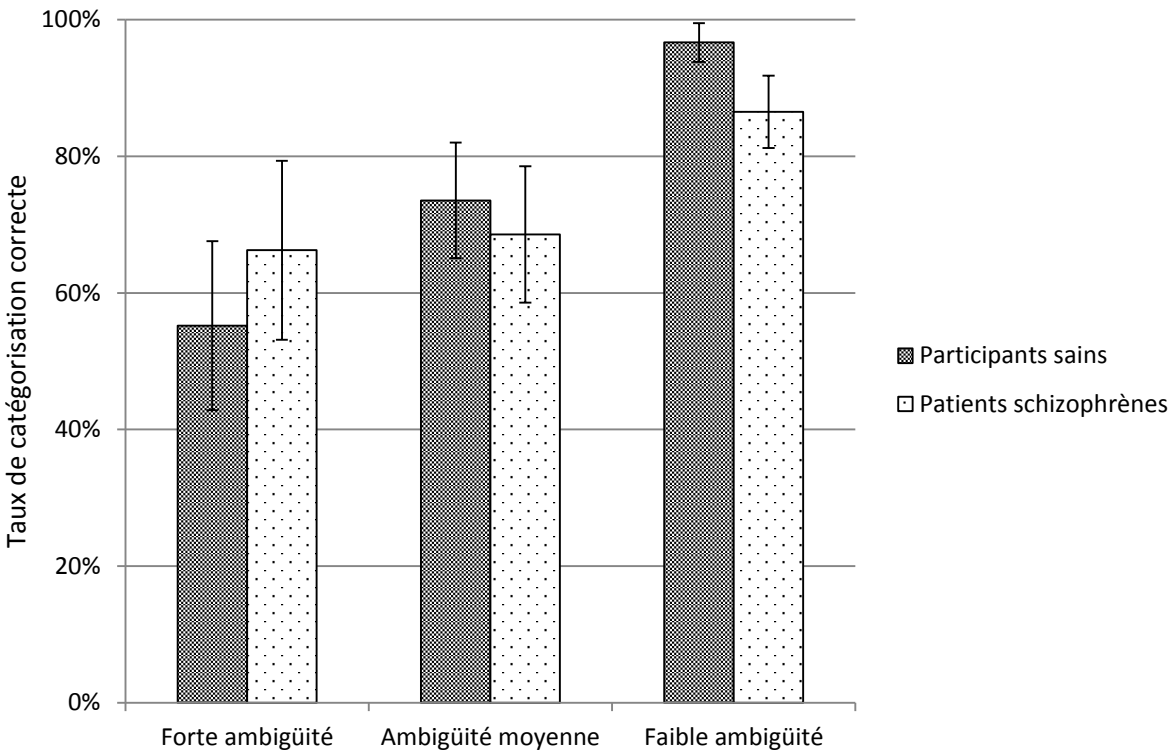


Figure 35 : Taux de catégorisation correcte des phrases en fonction de leur degré d'ambiguïtée et des groupes de participants (avec exclusion des données concernant les phrases suggérant la colère).

3. Scores EQ des participants aux expériences 3 et 3'

Participants	Score EQ (/80)	Empathie cognitive (/2)	Réactivité émotionnelle (/2)	Habiletés sociales (/2)
1	53	1,8	1,4	2,0
2	55	0,9	2	1,3
3	63	1,8	1,8	1,3
4	49	0,6	1,6	1,3
5	26	0,1	0	1,0
6	28	0,8	0,2	1,0
7	57	2,0	1,8	0,7
8	47	0,9	2	0,7
9	44	0,8	1,2	1,3
10	18	0,9	0	0,0
11	52	1,0	2	0,3
12	43	0,9	2	0,3
13	48	0,6	1,8	1,0
14	25	1,0	0,4	0,3
15	34	1,0	1	0,7
16	28	1,0	0,8	0,3
17	63	2,0	1,6	2,0
18	27	0,7	0,4	1,3
19	22	0,2	0,2	0,7
20	17	0,0	0,8	0,0
21	53	1,4	1,4	1,0
22	47	0,7	1,6	1,3
23	46	1,3	0,8	1,3
24	27	0,2	1,2	0,0
25	38	0,8	0,6	1,3
26	50	1,0	2	1,3
27	20	0,2	0,2	0,3
28	24	0,4	0,6	0,7
29	52	1,9	0,6	1,0
30	41	0,8	1,2	1,7
31	34	0,4	1	1,0
32	34	0,8	0,4	1,3

4. Matériel supplémentaire de l'article

4.1 Supporting information S1: Significant main hemisphere effects.

Wave	Effect or interaction	ROI	F value	Significance	Amplitude (μV)	η²
P100	Hemisphere	CP	*F*(1,31)=4.53	*P*<.05	L=1.28 R=1.61	.06
P300	Hemisphere	CP	*F*(1,31)=11.14	*P*<.01	L=3.01 R=3.73	.2
N400	Hemisphere	CP	*F*(1,31)=16.29	*P*<.001	L=2.41 R=3.65	.3
	Hemisphere	F	*F*(1,31)=6.71	*P*<.05	L=-3.22 R=-2.63	.1
	Hemisphere	TP	*F*(1,31)=4.50	*P*<.05	L=-1.61 R=-.94	.08
LPN	Hemisphere	OP	*F*(1,31)=11.51	*P<.01*	L=.06 R=-.91	.2
L: Left; R: Right						

4.2 Supporting information S2: Sentences presented to participants (by emotional category).

4.2.1 Joy

Elle/Il est à la maternité, son bébé vient juste de naître.

She/He is at maternity hospital, her/his baby has just been born.

Elle/Il a gagné quatre médailles d'or aux jeux olympiques.

She/He won four gold medals at Olympic Games.

Elle/Il a rencontré quelqu'un et découvre enfin l'amour.

She/He met someone and finally discovers love.

Elle//Il est parti(e) aujourd'hui pour le voyage de ses rêves.

Today she/he left on the trip of her/his dreams.

Elle/Il a pu gagner le voyage de ses rêves en jouant à un jeu.

She/He was able to win the trip of her/his dreams by participating in a game.

Elle/Il est classé(e) premièr(e) à un concours très difficile.

She/He is ranked the first one in a very difficult competition.

On lui écrit pour lui annoncer une très bonne nouvelle.

We are writing to her/him to announce very good news.

Il fait beau et elle/il a vraiment passé une super journée.

The weather is nice and she/he really had a great day.

Elle/il gagne une très importante somme d'argent au loto.

She/He wins a very big amount of money in the lottery.

Son plus grand rêve vient de se réaliser aujourd'hui.

Her/His greatest dream has just come true today.

Elle/Il prend pour la première fois son enfant dans les bras.

She/He holds for the first time her/his child in her/his arms.

Elle/Il s'est marié(e) hier et part en voyage de noces ce matin.

She/He got married yesterday and is leaving for her/his honeymoon this morning.

Elle/Il a le sentiment d'avoir complètement réussi sa vie.

She/He feels like she/he has been a total success.

Elle/Il était au chômage et vient juste de décrocher un CDI.

She/He was unemployed and has just got a stable job.

Elle/Il a obtenu un financement pour un projet professionnel.

She/He obtained a fund for a professional project.

Elle/Il réalise un projet professionnel qui lui tient à cœur.

She/He realizes a professional project which means a lot to her (him).

Son enfant a enfin obtenu des notes excellentes à l'école.

Her/His child finally got excellent grades at school.

Tout le monde lui fait des compliments ces derniers temps.

Everyone is complementing her/him lately.

Elle/Il apprécie vraiment ses vacances familiales au soleil.

She/He really appreciates her/his family holidays in the sun.

Elle/Il assiste à un bon spectacle comique dans un théâtre.

She/He attends a good comedy show in a theater.

4.2.2 Fear

Elle/Il se réveille en sursaut parce que sa chambre est en feu.

She/He wakes up suddenly because her/his bedroom is on fire.

Elle/Il est bloquée dans un bateau à la coque transpercée.

She/He is blocked in boat with a transpierced hull.

La foudre tombe juste à côté d'elle/de lui avec grand fracas.

Lightning falls just next to her/him with big crash.

On la/le menace de mort en braquant une arme à feu sur elle/lui.

Someone is threatening her/him with a gun pointed at her/him.

Elle/il se trouve piégé(e) par une catastrophe naturelle.

She/He gets trapped in a natural disaster.

Elle/Il est pris(e) en otage par de dangereux terroristes.

She/He is hold hostage by dangerous terrorists.

Une voiture lui fonce dessus quand elle/il attend le bus.

A car rushes on her/him while she/he is waiting for the bus.

Une grosse voiture la/le poursuit sur une petite route la nuit.

A big car pursues her/him at night on a small road.

Elle/il est dans un tunnel, un incendie se déclare devant elle.

She/He is in a tunnel, a fire starts in front of her/him.

Elle/Il traverse la rue quand une grosse moto lui fonce dessus.

She/He is crossing a street when a big motorcycle rushes on her/him.

En pleine nuit des inconnus l'interpellent dans une rue.

Strangers call her/him in the middle of the night, out in a street.

La foudre tombe sur le toit de sa maison avec grand fracas.

The lightening falls on her/his house's roof with big crash.

Un chien enragé lui fonce dessus la gueule grande ouverte.

A rabid dog rushes on her/him with its mouth wide open.

Elle/Il est au bord d'un précipice, soudain elle/Il dérape.

She/He is at the edge of an abyss, she/he suddenly slips.

Une épidémie grave se développe rapidement dans sa région.

A serious epidemic quickly progresses in her/his region.

Elle/Il se retrouve seul(e) face à une de ses pires phobies.

She/He ends up alone in front one of her/his worst phobias.

Des voleurs en train de cambrioler sa maison la/le réveillent.

Thieves stealing her/his house wake she/he up.

Elle/Il est suivi(e) dans un souterrain très sombre et désert.

She/He is being followed in a very dark and deserted underground alley.

Elle/Il marche dans un champ de mines antipersonnelles.

She/He is walking in a field of antipersonnel mines.

Elle/Il est dans une forêt, un incendie se déclare à deux pas.

She/He is in a forest, a fire starts next to her/him.

4.2.3 Sadness

Elle/Il apprend le décès de quelqu'un qu'elle/Il appréciait.

She/He learns the death of someone she/he appreciated.

Elle/Il doit faire euthanasier son chat qui souffre beaucoup.

She/He has to make euthanize her/his cat that is suffering a lot.

Leur séparation fut très précipitée et elle/il la regrette.

Their separation was very hasty and she/he regrets it.

Des proches viennent de disparaître dans une catastrophe.

Close relations have just disappeared in a disaster.

Un proche lui annonce être atteint d'une maladie mortelle.

A close relation announces to her/him that she/he is suffering from a fatal disease.

Elle/Il vient tout juste de perdre l'amour de quelqu'un.

She/He has just lost someone's love.

Il pleut fort, elle/il apprend le décès subit d'un proche.

It is heavily raining, she/he learns the sudden death of a close relation.

Elle/Il assiste à l'enterrement de quelqu'un de proche.

She/He attends the funerals of a close relation.

Elle/Il est contrainte de vendre la maison de son enfance.

She/He is forced to sell her/his childhood's house.

Elle/Il a l'impression que vraiment personne ne l'aime.

She/He has the impression that really nobody loves her/him.

Elle/Il vient de se rendre compte qu'elle/il a raté toute sa vie.

She/He has just realized she/he totally missed her/his life.

Un proche est très malade, son état empire de jour en jour.

A close relation is very ill, her/his state is worsening from day to day.

Elle/il est devenue paralysée après une rupture d'anévrisme.

She/He became paralyzed after a ruptured aneurysm.

Elle/Il se sent si désemparé(e) par cette atroce nouvelle.

She/He feels so distraught by this atrocious piece of news.

Elle/Il vient juste de perdre l'amitié de quelqu'un de proche.

She/He has just lost the friendship of a close person.

Elle/Il pense que seul(e), jamais plus rien ne sera comme avant.

She/He thinks that alone, nothing will ever be as before.

Elle/Il voit pleurer quelqu'un avec qui elle/il est proche.

She/He sees somebody with whom she/he is close crying.

Elle/Il ne supporte plus d'être tout le temps toute seule.

She/He cannot bear anymore the fact of always being alone.

Quelqu'un qui lui est très proche est en train de déprimer.

A close relationship to him is feeling depressed.

Son chien est mort hier soir alors qu'elle/il était absente.

Her/His dog died yesterday evening while she/he was out.

4.2.4 Anger

On vient juste de l'insulter sans aucune raison valable.

Someone has just offended her/him without any valid reason.

Elle/Il risque de payer une amende à la place de quelqu'un.

She/He risks having to pay a fine at the place of somebody else.

Elle/Il est victime d'une agression, personne ne réagit.

She/He is a victim of an aggression, nobody reacts.

On lui reproche quelque chose qu'elle/il n'a jamais fait.

Someone is blaming her/him for something she/he has never done.

Elle/Il apprend qu'on s'est servi d'elle pour une magouille.

She/He learns that somebody used her/him for a scam.

Elle/Il ne supporte plus d'entendre sans cesse des gens crier.

She/He cannot bear anymore hearing people shouting continuously.

Ses vacances ont été reportées pour des raisons injustes.

Her/His holidays have been postponed for unfair reasons.

Elle s'est refait casser le pare-brise de sa voiture.

Someone has broken again her/his car's windscreen.

Elle/Il ne supporte pas du tout qu'on soit injuste avec elle.

She/He cannot stand at all someone being unfair to her/him.

Elle/Il a vraiment fait la queue trop longtemps, inutilement.

She/He was doing the queue for a really long time, pointlessly.

On lui a pris sa place dans une file d'attente interminable.

Somebody took her/his place in an endless waiting queue.

Ca l'énerve qu'on lui dise qu'elle/il a tort, sans explication.

That irritates her/him that people say that she/he is wrong, without explanation.

Elle/Il se dispute violemment avec quelqu'un et ça l'excède.

She/He is having an argument with somebody and that exceeds her/him.

Elle/Il est agacé(e) car il y en a qui la prennent pour un(e) imbécil(e).

She/He is annoyed because some people are taking her/him for an imbecile.

Elle/Il s'indigne que quelqu'un d'élu ait triché à cette fin.

She/He is indignant that one of elected representative cheated to this end.

Elle/Il est complètement excédée, elle va déposer une plainte.

She/He is totally exceeded, she/he will deposit a complaint.

Sa façon de se comporter avec elle/lui l'énerve franchement.

The way she/he behaves with her/him frankly irritates her/him.

Ca l'exaspère qu'on la/le harcèle avec son passé sentimental.

It irritates her/him that people harass her/him with her/his sentimental past life.

Ca l'agace de manquer un rendez-vous pour un retard de train.

It annoys her/him to miss an appointment because of a train delay.

Elle/Il reçoit agacé(e) une amende pour stationnement non payé.

She/He is annoyed to get a fine for an unpaid parking place.

4.2.5 Neutral

Elle/Il appuie sur un petit bouton pour ouvrir une porte.

She/He presses on a small button to open a door.

Elle/Il pense qu'elle/Il a pris rendez-vous chez le docteur.

She/He thinks that she/he booked an appointment with the doctor's.

Elle/Il cherche un numéro téléphonique dans les pages jaunes.

She/He looks for a phone number in the yellow pages.

Elle/Il va déposer une lettre dans une boite aux lettres.

She/He is going to deposit a letter in a mailbox.

Elle/Il a conduit une petite voiture de couleur gris clair.

She/He drove a small light gray color car.

Sa tasse à café est dans un petit placard de sa cuisine.

Her/His coffee cup is in a small cupboard in her/his kitchen.

Elle/Il pense qu'un vélo a toujours deux roues et un guidon.

She/He thinks that a bike always has two wheels and a handlebars.

Elle/Il prend toujours son petit-déjeuner dans la cuisine.

She/He always has breakfast in the kitchen.

Elle/Il n'a rien vu de spécial sur la grande route nationale.

She/He saw nothing special on the national main road.

Elle/Il bouge généralement la main droite puis la main gauche.

She/He moves generally the right hand then the left one.

Elle/Il prend une feuille blanche et un stylo bille noir.

She/He takes a white sheet and a black pen ball.

Le soir elle/il éteint la lumière de sa chambre à coucher.

In the evening, she/he switches off the light of her/his bedroom.

Elle/Il penche la tête en avant et regarde en bas de chez elle.

She/He bends the head forward and looks down from his home.

Elle/Il entend les gens discuter entre eux dans la ruelle.

She/He hears people discussing in the alley.

Elle/Il désire un nouveau réveil pour mettre dans sa chambre.

She/He wishes for a new alarm clock to put in her/his bedroom.

Elle/Il est sur le chemin de sa réunion du lundi après-midi.

She/He is on the way to her/his Monday afternoon's meeting.

Elle/Il verra bien ce qu'elle fera chez elle/il demain soir.

She/He will see well what he will do home tomorrow evening.

Elle/Il est assise dans sa chambre, devant son ordinateur.

She/He sits in her/his bedroom, in front of her/his computer.

Elle/Il regarde la table basse noire à côté de son bureau noir.

She/He looks at the black coffee table next to her/his black desk.

Elle/Il est debout dans son salon et regarde dans le vague.

She/He stands in her/his living-room and looks in the vagueness.

Titre : La détection d'une expression faciale incongrue par rapport à un modèle de situation émotionnel : un défi neurocognitif?

Résumé – La lecture de phrases évoquant un contexte émotionnel engendre un modèle mental de situation émotionnel. Le but de cette thèse était d'étudier les conséquences électrophysiologiques et comportementales de la détection d'une expression faciale émotionnelle ne correspondant pas à l'attente créée par un modèle de situation émotionnel. Nous avons également étudié la manière dont l'empathie autoévaluée (à l'aide du questionnaire EQ ; Baron-Cohen et Wheelwright, 2004) pouvait affecter la manière dont cette incongruité pragmatique émotionnelle était traitée. Les résultats comportementaux ont montré, chez 32 participants, que l'incongruité pragmatique émotionnelle est plus difficile à détecter que la congruité pragmatique émotionnelle (plus d'erreurs de reconnaissance et des temps de réponses allongés). L'allongement des temps de réponses en condition incongrue était d'autant plus grand que les habiletés sociales (mesurées à l'aide du questionnaire EQ) des participants étaient faibles. Les potentiels évoqués neuroélectriques affectés par l'incongruité pragmatique émotionnelle étaient la N400, la LPN et, de manière marginale, la P300. L'activité neuroélectrique évoquée dans la fenêtre temporelle de la N400 n'était pas affectée de la même manière par l'incongruité émotionnelle, selon le score à la sous-échelle EQ d'empathie cognitive des participants. Enfin, nous avons testé si les patients schizophrènes pouvaient valider les prérequis nécessaires au traitement de l'incongruité pragmatique émotionnelle (effectuer une simulation émotionnelle et catégoriser une expression faciale émotionnelle). D'après nos résultats, ces prérequis peuvent être remplis, même s'ils semblent affectés par la pathologie, en particulier en ce qui concerne la catégorisation des visages neutres. En conclusion, cette thèse a permis de mieux comprendre les mécanismes de la détection de l'incongruité émotionnelle et de mettre en valeur son importance sociale.

Mots-clefs : Incongruité, modèle de situation, émotion, attente sociale, empathie, schizophrénie, EEG, EMG, simulation incarnée

Abstract – Reading sentences setting up an emotional context generates a mental model of the emotional situation. The aim of this thesis was to study the electrophysiological and behavioral consequences of the detection of an emotional facial expression that does not match the expectancy created by an emotional situation model. We have also studied how self-reported empathy (measured with the EQ, Baron-Cohen and Wheelwright, 2004) could affect the way this pragmatic emotional incongruence was processed. Behavioral results among 32 participants evidenced that pragmatic emotional incongruence was harder to detect that pragmatic emotional congruence (more recognition errors, longer response times). Response times increased with decrease in the social skills (subscale score at the EQ questionnaire). The neuroelectrical event-related potentials affected by pragmatic emotional incongruence were the N400, the LPN and, marginally, the P300. The neuroelectrical evoked activity in the N400 time window was modulated by participants' score at the cognitive empathy EQ scale. Finally, we checked if schizophrenic patients could validate prerequisites needed in order to process pragmatic emotional incongruence (perform an emotional simulation and categorize an emotional facial expression). According to our results, these prerequisites could be filled, even if they appear to be affected by the pathology, in particular as regards the categorization of neutral faces. To conclude, this thesis improved our current understanding of the underlying mechanisms of emotional incongruence detection and underlies its social importance.

Keywords: incongruence, situation model, emotion, social expectancy, empathy, schizophrenia, EEG, EMG, embodied simulation