



HAL
open science

Traitement Cognitif des Métaphores et de l'Ironie verbale : études comportementales et substrats neuronaux.

Alexandre Obert

► To cite this version:

Alexandre Obert. Traitement Cognitif des Métaphores et de l'Ironie verbale : études comportementales et substrats neuronaux.. Psychologie. Université de Reims Champagne-Ardenne (URCA), 2016. Français. NNT: . tel-02555755

HAL Id: tel-02555755

<https://hal.science/tel-02555755>

Submitted on 27 Apr 2020

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.



Université de REIMS CHAMPAGNE-ARDENNE
École Doctorale Sciences de l'Homme et de la Société (555)

THÈSE

Pour obtenir le grade de

Docteur de l'Université de Reims Champagne-Ardenne

Discipline : Psychologie

par

Alexandre OBERT

le 8 novembre 2016

**Traitement Cognitif des Métaphores et de l'Ironie verbale :
études comportementales et substrats neuronaux**

De la sémantique à la pragmatique

Jury :

Stéphanie CAILLIES , Professeure, C2S, Univ. Reims Champagne-Ardenne	<i>Directrice</i>
Maud CHAMPAGNE-LAVAU , Chargée de recherche HDR, CNRS, LPL, Aix-Marseille	<i>Rapporteuse</i>
Fabien GIERSKI , Maître de Conférences, C2S, Univ. Reims Champagne-Ardenne	<i>Co-encadrant</i>
Ira NOVECK , Directeur de recherche CNRS, L2C2, Lyon	<i>Rapporteur</i>
Grégory SIMON , Maître de Conférences HDR, LaPsyDé, Université de Caen	<i>Examineur</i>

N° attribué par la bibliothèque ©

|| R | E | I | | | | |



Université de REIMS CHAMPAGNE-ARDENNE
École Doctorale Sciences de l'Homme et de la Société (555)

THÈSE

Pour obtenir le grade de

Docteur de l'Université de Reims Champagne-Ardenne

Discipline : Psychologie

par

Alexandre OBERT

le 8 novembre 2016

**Traitement Cognitif des Métaphores et de l'Ironie verbale :
études comportementales et substrats neuronaux**

De la sémantique à la pragmatique

Jury :

Stéphanie CAILLIES , Professeure, C2S, Univ. Reims Champagne-Ardenne	<i>Directrice</i>
Maud CHAMPAGNE-LAVAU , Chargée de recherche HDR, CNRS, LPL, Aix-Marseille	<i>Rapporteuse</i>
Fabien GIERSKI , Maître de Conférences, C2S, Univ. Reims Champagne-Ardenne	<i>Co-encadrant</i>
Ira NOVECK , Directeur de recherche CNRS, L2C2, Lyon	<i>Rapporteur</i>
Grégory SIMON , Maître de Conférences HDR, LaPsyDé, Université de Caen	<i>Examineur</i>

N° attribué par la bibliothèque ©

|| | R | E | I | | | | |

Remerciements

Si je devais être honnête et exhaustif, ce manuscrit se ferait en plusieurs volumes dont un, uniquement destiné aux personnes qui m'ont soutenu. Mais à l'origine de ces travaux, il y a un trio qui – sans trop que je sache encore pourquoi – a choisi de me faire confiance : Stéphanie Caillies, Fabien Gierski et « Tonton » Calmus. Grâce à ces trois personnes j'ai commencé à comprendre ce qu'était la recherche, découvert que l'IRMf n'était pas un graal inaccessible et que « toutes choses égales par ailleurs », nous ne sommes pas à l'abri de passer à côté de ce qui est vraiment important.

J'adresse également mes remerciements aux membres du jury, Ira Noveck, Maud Champagne-Lavau et Gregory Simon, qui m'ont fait l'honneur de lire et d'évaluer ce travail de thèse. Pouvoir présenter et discuter mes travaux avec vous est un véritable privilège pour moi.

L'aventure a duré longtemps et je dois avouer que ce n'était pas pour me déplaire. Cela m'a permis de rencontrer et de me lier avec des collègues et amis qui ont rendu cet aspect de ma vie particulièrement agréable et qui m'ont énormément appris, volontairement ou non. Certains ont d'abord été mes enseignants et m'ont ensuite découvert sous de nouveaux aspects (désolé !), d'autres m'ont découvert doctorant et m'ont beaucoup enseigné. Les nommer tous serait difficile mais je pense qu'ils sauront se reconnaître : du bonnet de Noël au concours de gourmandise en passant les « sales » Théories de l'Esprit, nous avons tous des anecdotes communes. Certains m'ont permis de cimenter ma thèse (je te fais cadeau de l'expression, Christelle) et d'autre m'ont même fait suffisamment confiance pour avoir souhaité travailler avec moi (Nico, tu ne manques pas d'R...) ! Et puis il y a les amis, collègues et maintenant « supérieurs » pour certains : Fred, Sylvain, Arnaud, Camille G., Camille A., Gauthier, Sarah, et tellement d'autres. Sans vous, je n'aurais sûrement pas vécu cette thèse aussi bien. Merci aussi aux récents collègues Caennais qui, en peu de temps, m'ont beaucoup apporté : Marc qui, par sa pédagogie et ses connaissances, a su me « libérer » de certains de mes blocages ; les enseignants qui m'ont réservé un accueil chaleureux et qui ont accepté de partager une partie de mon épopée de thésard et bien entendu, Camille S., qui a très bien su ne pas me soutenir. Merci également à l'ensemble des participants de mes études. S'allonger dans un tunnel étroit, se faire ruiner les cheveux par un expérimentateur et remplir des questionnaires sans fin ne sont pas actes anodins pour nous.

Merci aussi à mes amipathes : je connais certains d'entre vous depuis plus de 15 ans maintenant et vous avez été parmi les plus impatients de voir arriver ce moment. La thèse n'est pas un obstacle à nos loisirs et ils ont toujours été là pour moi : dans les pires et les meilleurs moments.

Bien entendu, vous ne seriez pas en train de me lire ni assisteriez à cette soutenance sans ma famille. Ils ont dû supporter mes états d'âme, mes absences, mon caractère lunatique et tout ce qu'il y a de négatif chez moi, tout autant voire plus que mes collègues et amis. À mes parents qui m'ont toujours poussé à faire ce que j'aimais malgré mon apparent manque de dynamisme et à mon frère qui m'a fait profiter de son expérience de la vie : merci. Je n'ai jamais eu l'esprit de compétition et je n'ai jamais cherché à être le meilleur mais j'espère que ma famille est fière de moi.

Enfin, plus que tout, je remercie ma compagne et ma fille : Aurélie et Diane. La première a toujours essayé de me tirer vers le haut, m'a soutenu, m'a botté le fondement et a assuré tout ce que je ne pouvais pas faire et bien plus (et en mieux). La seconde m'a appris ce qui était réellement important dans la vie et à relativiser les difficultés que nous nous imposons parfois dans la thèse. Sans elles, l'abandon ne serait peut-être pas resté une simple question dans les moments de doute.

*À tous ceux qui pensaient que finir cette thèse était une bonne idée.
Et à tous ceux qui pensaient que la finir cette année en était une meilleure.*

Sqsx nnkjkiyu-rxwwswst(: 'lsz r t ; t ; ;kkjppoo

Diane

Sommaire

REMERCIEMENTS.....	2
SOMMAIRE	5
INTRODUCTION GÉNÉRALE.....	9
PREMIÈRE PARTIE : INTRODUCTION THÉORIQUE	15
CHAPITRE I - <i>NOURRIR SA THÈSE</i>	
REGARDS PSYCHOLINGUISTIQUES ET NEUROCOGNITIFS SUR LA MÉTAPHORE VERBALE	16
1. Du nom au verbe : la place de la métaphore verbale	17
1.1 La métaphore comme objet d'étude : bref aperçu.....	17
1.2 Anatomie de la métaphore verbale	20
RÉSUMÉ.....	22
2. Processus de compréhension de la métaphore.....	22
2.1 La place des caractéristiques de la métaphore.....	23
2.1.1 <i>La place de la signification littérale : le modèle pragmatique standard.....</i>	23
2.1.2 <i>Le rôle du contexte dans la compréhension des métaphores : le modèle d'accès direct.....</i>	25
2.1.3 <i>La place de la familiarité : l'hypothèse de la saillance</i>	29
2.1.4 <i>La théorie du codage distant.....</i>	32
2.2 Modèles spécifiques à la métaphore verbale.....	33
2.2.1 <i>Le modèle de partage de traits.....</i>	33
2.2.2 <i>Le modèle de la catégorisation indirecte</i>	35
RÉSUMÉ.....	38
2.3. Des différences inter-individuelles dans le traitement et la compréhension des métaphores nouvelles.....	39
2.3.1. <i>Les fonctions exécutives</i>	39
2.3.2. <i>Les compétences langagières.....</i>	42

RÉSUMÉ.....	44
3. Processus cognitifs et bases cérébrales de la création de significations nouvelles dans la métaphore	45
3.1. Des processus et de leur temporalité dans le traitement des métaphores nouvelles.....	45
3.1.1. <i>Que nous apprennent les études en PE sur l'effet de la nouveauté des métaphores ?</i>	46
3.1.2. <i>Que nous apprennent les études en PE sur l'effet du contexte dans la compréhension des métaphores nouvelles ?</i>	49
RÉSUMÉ.....	52
3.2. Cartographie cérébrale des processus de traitement et de compréhension de la métaphore nouvelle	53
3.2.1. <i>Quelle participation des aires « classiques » du langage ?</i>	55
3.2.2. <i>Quelle participation de l'hémisphère droit ?</i>	60
RÉSUMÉ.....	63
4. Conclusion.....	64
 CHAPITRE II - IL A DU TEMPS LIBRE, IL RÉDIGE SA THÈSE.	
REGARDS PSYCHOLINGUISTIQUES ET COGNITIFS SUR L'ANTIPHRASE IRONIQUE.....	66
1. L'ironie verbale : définitions et principales théories	66
1.1. Qu'est-ce que l'ironie verbale ?	67
1.2. Comprendre l'ironie : principales théories.....	68
1.2.1. <i>L'ironie et l'inférence gricéenne</i>	69
1.2.2. <i>L'ironie, mention d'une attitude</i>	71
1.2.3. <i>La signification littérale dans la compréhension de l'ironie</i>	74
RÉSUMÉ.....	76
2. Fonctions, effets et marqueurs de l'ironie.....	77
2.1. Les fonctions et effets pragmatiques de l'ironie	77
RÉSUMÉ.....	79

2.2. Les marqueurs de l'ironie.....	80
2.2.1. <i>Le contraste comme marqueur de l'ironie</i>	80
2.2.2. <i>Marqueurs prosodiques et faciaux</i>	83
RÉSUMÉ.....	85
3. Examen des processus cognitifs de compréhension de l'ironie	85
3.1. L'importance des compétences pragmatiques dans l'ironie : les échecs de la compréhension de l'ironie.....	85
RÉSUMÉ.....	88
3.2. Temporalité et nature des processus : examen des études en EEG	89
RÉSUMÉ.....	92
3.3. Cartographie cérébrale des processus de traitement et de compréhension de l'ironie	93
3.3.1. <i>Le traitement de l'ironie est-il latéralisé ?</i>	93
3.3.2. <i>Le cortex frontal et préfrontal médians (CFm ; CPFm)</i>	95
3.3.3 <i>La jonction temporal-pariétale (JTP)</i>	96
3.3.4. <i>Le sillon temporal supérieur (STS)</i>	97
3.3.5. <i>Régions temporales antérieures</i>	98
RÉSUMÉ.....	99
4. Conclusion.....	100
DEUXIÈME PARTIE : CONTRIBUTIONS EXPÉRIMENTALES.....	103
OBJECTIFS DE LA THÈSE.....	104
Construction du sens, aspects sémantiques : la métaphore verbale	104
Construction du sens, aspect pragmatique : l'ironie verbale.....	107
RÉSUMÉS DES ÉTUDES.....	110
Étude 1	
« Du haut de l'estrade, il catapultait ses paroles » : Mesure des Potentiels Évoqués du traitement des métaphores verbales nouvelles.....	112
Présentation de l'étude 1.....	113

Étude 2	
Implication du gyrus pariétal bilatéral dans le traitement des métaphores verbales : étude auditive en IRMf	141
Présentation de l'étude 2	142
Étude 3	
Traitement pragmatique de l'ironie chez des individus sains avec des traits autistiques : étude de potentiels évoqués	152
Présentation de l'étude 3	153
Étude 4	
Bases cérébrales du contraste et de l'humour : traitement de caractéristiques communes de l'ironie verbale	167
Présentation de l'étude 4	168
DISCUSSION GÉNÉRALE	192
OUVERTURE ET PERSPECTIVES DE RECHERCHES	209
CONCLUSION	214
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES	215
ANNEXES	240

Introduction générale

Le langage constitue la clef de voûte de nos échanges conversationnels. Il constitue le principal moyen par lequel nous cherchons à nous faire comprendre, transmettre du savoir, modifier les croyances d'autrui, susciter des émotions, atteindre un but..., autrement dit d'agir sur le monde. Cette possible action sur notre environnement dépend de la signification et du sens que nos interlocuteurs dérivent de nos paroles. La compréhension des mécanismes par lesquels nous – en tant qu'interlocuteurs – interprétons les énoncés auxquels nous sommes confrontés est un sujet qui occupe un grand pan de la littérature psycholinguistique. Outre la mobilisation de connaissances relatives aux aspects structuraux de la langue (lexique, syntaxe...), nous effectuons pour comprendre les énoncés les plus simples, une analyse compositionnelle de la signification des termes qui les composent afin d'accéder aisément au sens véhiculé par le locuteur. Toutefois, dans la mesure où les locuteurs sont rarement explicites, cette analyse peut se révéler difficile et requérir un effort cognitif important, voire mener à une interprétation différente de celle désirée par le locuteur.

C'est particulièrement le cas lorsque nous sommes confrontés à des expressions issues du langage non-littéral ou langage figuré (nous utiliserons les deux termes indistinctement). Une définition simple mais claire de ce qu'est le langage non-littéral nous vient de Gibbs et Colston (2012) : « *le langage figuré réfère généralement au discours dans lequel les locuteurs souhaitent signifier une chose différente de ce qui est littéralement dit* » (p.1). Par exemple, l'expression « *pleuvoir des cordes* » ne veut pas signifier qu'il y a des précipitations météorologiques constituées de fils. L'analyse compositionnelle de la signification des termes qui composent cette expression ne permet pas d'aboutir à la signification véhiculée par le locuteur. Autrement dit, nous sommes face à une opacité entre « *ce qui est dit* » et « *ce qui est signifié* ». Cet élément est la clé de voûte de la distinction entre le langage littéral et non-littéral¹.

Les expressions figurées sont fréquemment utilisées dans nos échanges conversationnels, probablement parce qu'elles nous permettent d'agir sur le monde de manière plus efficace que le langage littéral (Colston, 2015) ou parce qu'elles expriment plus fidèlement notre pensée (Sperber & Wilson, 1995). Or, comprendre ces expressions nécessite un traitement spécifique ou du moins, plus coûteux. L'objectif général de cette thèse est d'étudier les

¹ Il s'agit toutefois d'un raccourci théorique (voir Ariel, 2002 pour la faible validité de cette catégorisation)

mécanismes par lesquels nous attribuons du sens à certaines expressions issues du langage non-littéral.

Nous avons appris dans nos premières années d'école, un ensemble d'expressions du langage figuré, au travers des figures de styles. Un petit effort de mémoire nous fera nous souvenir des personnifications, allégories, comparaisons, métaphores, hyperboles, euphémismes et autres oxymores. Si la taxonomie du langage non-littéral est informative (Kreuz & Roberts, 1993), elle est insuffisante pour comprendre la façon dont les individus le comprennent et pour déterminer en quoi les mécanismes cognitifs diffèrent de ceux à l'œuvre dans le langage littéral.

Certains travaux à l'origine de la psycholinguistique se sont intéressés à établir la manière dont nous parvenons au sens que souhaite nous transmettre le locuteur à partir de ce qu'il dit, notamment lorsque ce qui est signifié ne découle pas d'une analyse compositionnelle de l'énoncé. L'un des fondateurs de cette démarche est Grice (1975) qui a cherché à définir la compréhension d'un énoncé autrement que par son codage dans le langage. Il propose le principe des implicatures qui sont des significations dérivées de l'énoncé produit. Il distingue les implicatures conventionnelles (« *Il est anglais, il est donc courageux* » ; implicature : *les anglais sont tous courageux*) des implicatures conversationnelles (« *Est-ce que tu as l'heure ?* », dans le contexte d'une personne pressée, il aurait pour implicature *j'aimerais que tu me donnes l'heure*). Grice (1975) a ainsi posé les bases de notions importantes dans la compréhension du langage et plus particulièrement du langage figuré : l'aspect non strictement codé d'un énoncé, la prise en compte de l'intention du locuteur et la production des inférences. Sperber et Wilson (1995) ont reformulé cette théorie dans une perspective cognitiviste. Ils décrivent les inférences comme guidées non pas par des règles conversationnelles telles qu'établies par Grice (1975 ; voir chapitre I) mais par un principe général de pertinence. Succinctement, ce principe dirige la production d'inférences pour parvenir à un effet cognitif maximal avec un effort minimal de traitement.

Que ce soit l'approche de Grice (1975) ou celle de Sperber et Wilson (1995), toutes deux mettent en avant l'importance des inférences pour comprendre « *ce qui est signifié* ». Si les processus inférentiels sont mobilisés dans la compréhension du langage littéral (Sperber & Wilson, 1995), ils deviennent d'autant plus incontournables dans la compréhension du langage non-littéral. Ainsi, le langage non-littéral devient un objet d'étude pertinent pour qui s'intéresse aux processus inférentiels de création de signification et de sens à partir du langage.

Avec cet objectif d'étudier la création de signification et de sens, nous nous sommes intéressés dans cette thèse à la compréhension d'énoncés métaphoriques et ironiques nouveaux, par opposition aux expressions figurées devenues courantes dans le langage (expressions dites *conventionnelles* ou *familières*). Notre choix s'est porté sur ces deux figures de styles avec le postulat qu'elles supposent la mise en œuvre de processus inférentiels différents. Ainsi, la compréhension de la métaphore résulterait d'un processus de récupération de traits sémantiques ou concepts associés aux termes constitutifs de l'expression pour en inférer le sens alors que la compréhension de l'antiphrase ironique nécessiterait la production d'une signification alternative opposée au contexte d'énonciation. Si l'inférence requise pour comprendre la métaphore est essentiellement de nature sémantique, celles requises pour comprendre l'antiphrase ironique sont plus contextualisées et pragmatiques.

Plus précisément, l'inférence du sens métaphorique peut résulter d'une analyse compositionnelle de la signification de chacun des termes de l'expression, même si cette analyse compositionnelle peut s'avérer plus difficile que pour le langage littéral. Il est par exemple courant de parler d'un *avocat* comme d'un *requin* ou d'un *chirurgien* comme d'un *boucher* mais dans le premier cas, nous ne concevons pas l'avocat comme un poisson dangereux. Pas plus que nous considérons le chirurgien comme un artisan préparateur de viande. Nous considérerons dans ces cas plutôt l'avocat comme un prédateur et le chirurgien comme dangereux et incompetent. Ces interprétations nécessitent la combinaison de caractéristiques ou de concepts sémantiques non liés directement d'une manière littérale. Ce mécanisme est d'autant plus important dans le cas de métaphores nouvelles. En effet, il est beaucoup plus rare de considérer un *étudiant* comme un *ressort* ou un *enfant* comme un *drapeau* et de comprendre que de telles métaphores dites nominales nécessitent l'inférence d'une signification associant le thème (X : *étudiant*) et le véhicule (Y : *ressort* ; exemple : « *Il/Elle rebondit sur chaque idée émise* »). Les études portant sur ces formes *nominales* de la métaphore (X est un Y), sont nombreuses et ont donné naissance à plusieurs modèles théoriques, à une meilleure compréhension des processus impliqués dans leur compréhension ainsi que des bases neuronales associées.

Toutefois, bien que très répandue, cette forme de métaphore n'est pas la seule existante et force est de constater que les métaphores nominales ont reçu plus d'intérêt que les métaphores verbales dans les domaines de la psycholinguistique et de la psychologie cognitive. Ces dernières sont des métaphores fondées sur un usage atypique du verbe, associé à un agent (« *La lune éclabousse le jardin* ») ou à un patient non usuel (« *Essorer un doctorant* »). Il est

raisonnable de penser que les métaphores nominales et verbales ne sont pas traitées et comprises de la même manière : les premières rapprochent deux catégories ou concepts bien distincts mais grammaticalement équivalents (ce sont deux noms) et fonctionneraient sur la base d'analogies alors que les secondes associent deux entités grammaticales différentes. Dans tous ces cas, lorsque ces expressions sont peu familières, une création de signification est nécessaire et il est peu probable que cette création se fonde sur des processus communs.

Dans le cas de l'ironie verbale, et plus particulièrement de l'antiphrase ironique, le sens de l'énoncé ne peut pas être dérivé des significations des termes qui le composent. « *Jean est un bon ami* » dans le contexte où Jean a trahi la confiance du locuteur, signifie que le locuteur pense que Jean n'est pas un ami. Le sens de l'énoncé dans ce contexte est opposé à ce qui est littéralement dit. Le sens de la remarque dépend totalement du contexte, la signification sémantique d'un énoncé ironique et celle d'un énoncé non ironique ne pouvant être distinguées en dehors de ce contexte (Attardo, 2002). L'ironie est un exemple particulièrement frappant où la prise en compte du contexte d'énonciation et la production d'inférences à partir de ce contexte sont indispensables pour la comprendre. Le contexte d'énonciation n'est pas exclusivement verbal et comporte différents éléments dont la prosodie, l'expression faciale ou encore l'attitude, considérés comme des marqueurs de l'ironie, facilitant sa détection et sa compréhension. La compréhension de l'intention du locuteur paraît ainsi incontournable. Cette compréhension de l'intention du locuteur peut également reposer sur des informations d'ordre social, telles que les caractéristiques du locuteur (Zalla *et al.*, 2014) ou la relation qu'il entretient avec la cible de l'ironie (Pexman, Glenwright, Hala, Kowbel, & Jungen, 2006). Enfin, confirmant le rôle important du décodage des intentions, l'ironie a très souvent été étudiée au regard des capacités à inférer les états mentaux d'autrui, c'est-à-dire les Théories de l'Esprit (TdE) (Caillies, Hody, & Calmus, 2012 ; Le Sourn-Bissaoui, Caillies, Gierski, & Motte, 2009). Les capacités à intégrer les informations issues de ces différentes sources contextuelles pour dériver la signification ironique d'un énoncé seront caractérisées de compétences pragmatiques dans nos propos.

De nombreuses études se sont ainsi engagées dans la caractérisation des processus cognitifs de traitement des marqueurs de l'ironie et des compétences pragmatiques mises en œuvre dans la compréhension de l'énoncé ironique. Toutefois, peu d'entre elles ont employé les outils de neuroimagerie pour explorer les corrélats cérébraux et fonctionnels de ces traitements et de l'influence de caractéristiques individuelles. Ainsi, les études les plus récentes visant à mettre en évidence les bases cérébrales des processus pragmatiques ne se sont que

rarement intéressées aux traitements des marqueurs de l'ironie, ou essentiellement à la prosodie ou l'expression faciale (Wang, Lee, Sigman, & Dapretto, 2007). De même, si il a été montré que les compétences pragmatiques des individus pouvaient influencer leur capacité à comprendre l'ironie (Spotorno & Noveck, 2014), peu d'études ont cherché à répliquer ce lien en termes de substrats cérébraux.

Pour répondre à ces questions, nous nous sommes appuyés sur les outils de neuroimagerie. L'émergence des techniques de neuroimagerie a grandement servi l'étude du traitement des processus inférentiels sémantiques et pragmatiques. Appliquées à l'étude de la métaphore et de l'ironie, elles permettent de mettre en évidence la nature, la temporalité et les bases cérébrales de ces processus. Parmi elles, l'électroencéphalographie (EEG) permettant la mesure des potentiels évoqués (PE) et l'Imagerie par Résonance Magnétique fonctionnelle (IRMf) sont les plus employées pour appréhender d'une part, la nature et la temporalité des processus et d'autre part, leurs substrats neuronaux.

Les premières et deuxièmes parties de ce manuscrit seront consacrées à une revue de la littérature sur les processus cognitifs et bases cérébrales de la compréhension des métaphores nouvelles et de l'ironie verbale. Nous traiterons tout d'abord des métaphores nouvelles, en les dissociant des métaphores familières qui relèvent de processus de récupération de signification et non de construction d'une nouvelle signification. Les facteurs influençant la compréhension de ces métaphores nouvelles seront également présentés. Nous nous intéresserons ensuite à l'ironie verbale en excluant les situations ironiques référant plus à des événements interprétés de manière ironique par l'audience qu'à des expressions langagières (Gibbs, 2012 ; Lucariello, 1994). L'ironie verbale peut s'exprimer par différents procédés rhétoriques : l'euphémisme, la litote, l'hyperbole, etc., mais avec la perspective de recueillir des données de neuroimagerie, nous nous intéresserons essentiellement à l'antiphrase ironique, largement utilisée dans ce type d'études. Nous intégrerons également le sarcasme dans cette revue de la littérature. En effet, bien qu'il existe une différence entre le sarcasme et l'ironie quant à la nature de la cible et les effets pragmatiques sur cette cible (Lee & Katz, 1998), l'examen de certaines études utilisant les techniques de neuroimagerie nous montre que ces expressions partagent des processus communs.

La troisième partie de ce manuscrit présentera nos contributions expérimentales. Celles-ci seront organisées à l'image de notre introduction théorique. Les deux premières études auront pour objectif de caractériser les processus de compréhension de la métaphore verbale nouvelle, forme métaphorique peu étudiée dans la littérature. Il s'agira tout d'abord de mettre en évidence la nature et la temporalité des processus cognitifs mis en œuvre pour ensuite en objectiver les bases cérébrales. Quant aux deux études suivantes, elles seront consacrées à la compréhension de l'ironie verbale. Nous examinerons dans un premier temps la nature et la temporalité des processus mis en œuvre dans le traitement d'antiphrases ironiques, présentées de manière auditive puis leurs substrats neuronaux. Cette dernière étude cherchera également à mettre en évidence les bases cérébrales du traitement de certains marqueurs de l'ironie verbale. Enfin, une synthèse de l'ensemble de nos résultats et une discussion générale seront proposées dans une dernière partie. La discussion générale nous permettra de proposer des pistes d'ouverture à nos travaux.

Première partie
Introduction théorique

Chapitre I - *Nourrir sa thèse*

Regards psycholinguistiques et neurocognitifs sur la métaphore verbale

Dans cette section du manuscrit, nous examinerons la place de la métaphore verbale dans la littérature scientifique. Cet examen permettra de définir, dans une première partie, la nature de la métaphore verbale. La deuxième partie sera consacrée aux processus de compréhension de la métaphore qui seront abordés au travers des modèles les plus pertinents eu égard à la métaphore verbale. La présentation de ces modèles permettra également de mettre en évidence les caractéristiques linguistiques (*e.g.* le contexte) et cognitives (*e.g.* compétences verbales) jouant un rôle dans le traitement de la métaphore. Nous aborderons dans une troisième partie, la question de la nature des processus cognitifs et réseaux cérébraux impliqués dans le traitement des métaphores – et plus spécifiquement des métaphores non familières². Nous nous attacherons dans un premier temps à examiner la temporalité et la nature des processus révélés par des données chronométriques et de potentiels évoqués (PE). Puis, nous examinerons les bases cérébrales de ces processus, en posant la question de la spécialisation hémisphérique avant de dresser une cartographie cérébrale à partir des données issues d'études en Imagerie par Résonance Magnétique fonctionnelle (IRMf). Ce sera l'occasion de porter un regard sur le rôle de facteurs cognitifs tels que les fonctions exécutives, la mémoire de travail ou les capacités langagières dans le traitement des métaphores nouvelles.

² Familiarité et conventionalité sont parfois confondues dans la littérature. Par exemple, Bowdle et Gentner (2005) opérationnalisent le jugement de degré de convention ou de familiarité des expressions par une échelle allant de 1 (*très nouveau*) à 10 (*très conventionnel*). Certaines études opérationnalisent cette distinction entre les métaphores nouvelles et familières en utilisant des métaphores conventionnelles et des métaphores créées pour l'étude, partant du postulat que les premières sont nécessairement familières. Enfin, d'autres études fournissent des valeurs de familiarité indépendamment de la conventionalité des expressions (Schmidt & Seger, 2009). Selon nous, les métaphores conventionnelles sont familières par rapport à des normes culturelles mais cette familiarité ne se reflète pas nécessairement au niveau individuel. Cette distinction entre conventionalité et familiarité n'étant pas systématiquement explicite dans les diverses théories et études présentées dans ce manuscrit, nous considérerons par souci de clarté les métaphores conventionnelles comme familières mais nous préciserons l'opérationnalisation des études citées lorsque cela nous semblera nécessaire.

1. Du nom au verbe : la place de la métaphore verbale

1.1. La métaphore comme objet d'étude : bref aperçu

La métaphore est un sujet d'étude aussi ancien que l'est l'Antiquité puisqu'Aristote (350 av. J.C.) la définissait comme étant : « le transport à une chose d'un nom qui en désigne une autre ». Cette définition, à la base de nombreuses autres réflexions théoriques, apparaît cependant incomplète au regard de la pluralité des métaphores. En effet, les métaphores peuvent revêtir différentes formes : elles peuvent être nominales (« *cette thèse est un pavé* »), adjectivales (« *une thèse éclatante* ») ou encore verbales (« *il nourrit sa thèse* »). Si la définition d'Aristote s'accorde assez bien avec l'exemplaire nominal des métaphores, il est difficile de l'appliquer à la métaphore verbale. Ainsi, s'il paraît relativement évident de transporter les caractéristiques de « *pavé* » (le véhicule) à « *thèse* » (le thème), il semble plus difficile de faire concorder « *thèse* » et « *nourrir* » par le même processus analogique, ne serait-ce que parce qu'il s'agit d'entités grammaticales différentes.

Cette diversité de formes rend la métaphore flexible et lui permet d'accomplir certains objectifs que ne pourrait remplir le langage littéral (Roberts & Kreuz, 1994). Gibbs (1994) attribue à la métaphore trois fonctions principales. Les métaphores permettraient d'une part d'exprimer simplement des idées ou des concepts qu'il serait difficile voire impossible de traduire sous forme littérale. Elles auraient, d'autre part, la faculté de transmettre plus d'informations avec moins de termes que les expressions littérales. Par exemple, l'expression « *son travail est asymptotique* » est difficile à traduire facilement en une expression littérale de taille équivalente et nécessiterait une extension telle que « *il travaille de manière régulière mais sans jamais atteindre le but final* ». Ces deux fonctions en font une expression fréquemment utilisée dans le discours scientifique, notamment de vulgarisation (Loffler-Laurian, 1994 ; Myers, 2003) ou encore dans les contextes éducatif et d'apprentissage (Cameron, 2002). Enfin, les expressions métaphoriques rendraient le discours plus vivant dans la mesure où elles favoriseraient l'activation d'expériences subjectives. Cette dernière fonction peut tout autant faire référence au lien existant entre les expressions métaphoriques et l'imagerie mentale (Gibbs & Bogdonovich, 1999) qu'à celui entre les métaphores et les représentations sensori-motrices (Gibbs, 2011, 2013). Certains auteurs tels que Lakoff³ (Lakoff & Johnson, 1980 ; Lakoff, 2014)

³ Notons que les auteurs différencient les métaphores conventionnelles des métaphores nouvelles. Les premières constitueraient des unités de langage alors que les secondes seraient une extension de l'association entre les deux concepts au-delà de ce qui est couramment utilisé dans le langage.

suggèrent même que les métaphores sont profondément ancrées dans la structure de notre pensée et conditionnées par nos expériences sensori-motrices. Nous associons par exemple le concept d'*HYPOTHÈSE*⁴ à celui d'*IMMEUBLE*. Cette association se traduit dans le langage par des expressions telles que :

- (1) *Construire une hypothèse*
- (2) *Cette hypothèse est bancal*
- (3) *Rénover son hypothèse*

Selon ces auteurs, ces expressions se fondent sur une métaphore conceptuelle sous-jacente telle que : « *une HYPOTHÈSE est un IMMEUBLE* », permettant de se représenter l'*HYPOTHÈSE* en des termes plus concrets et plus facilement transmissibles et accessibles, notamment grâce à des facteurs culturels partagés. Bien souvent, ces métaphores conceptuelles évoquent une expérience sensori-motrice telle que « *les relations amoureuses sont un voyage* » ou « *la colère est un liquide chaud sous pression* ». C'est au travers de cette théorie que certains auteurs estiment que la métaphore recouvre différentes sphères de notre cognition dont notre perception d'autrui, nos attitudes et plus généralement notre environnement social (Landau, Meier, & Keefer, 2010).

Cette conception rejoint le postulat de base de la théorie de la cognition incarnée qui, contrairement à la conception classique de la structuration des connaissances sémantiques, postule une interdépendance entre le système sémantico-conceptuel et le système sensori-moteur. En effet, elle émet l'idée que l'environnement extérieur et le corps enrichissent les représentations internes, qui elles-mêmes s'ancrent dans un référentiel modal *via* un principe de simulation d'actions, de sensations, de perceptions ou tout autre phénomène physique (Barsalou, 2008, 2010). De plus en plus de travaux tendent à démontrer l'importance de l'expérience sensori-motrice dans le traitement du langage (Bergen & Wheeler, 2010 ; Dudschig, de la Vega, De Filippis, & Kaup, 2014 ; Rueschemeyer, Lindemann, van Rooij, van Dam, & Bekkering, 2010) et se trouvent appuyés par des données de neuro-imagerie mettant en évidence l'implication de réseaux sensori-moteur dans des tâches langagières (Glenberg *et al.*, 2008 ; Schuil, Smits, & Zwaan, 2013). Certains auteurs se sont donc intéressés aux applications de ce courant théorique aux divers aspects du traitement cognitif dont celui du langage en prenant la métaphore comme objet d'étude. Ainsi, Gibbs (2011, 2013) suggère que

⁴ Les termes en majuscules font référence au concept et non à l'exemplaire

l'expérience corporelle est déterminante dans la motivation de l'usage de métaphores et propose l'hypothèse d'une simulation incarnée partielle des actions (qu'elles soient concrètes ou abstraites) dans le traitement du langage, et plus particulièrement dans celui des expressions métaphoriques. Cette conception trouve des arguments dans la littérature relative au traitement des métaphores verbales d'action. Par exemple, Wilson et Gibbs (2007) ont montré que réaliser ou imaginer un mouvement congruent avec une métaphore verbale favorisait le traitement de cette expression (voir également Gibbs, Gould, & Andric, 2005).

Des données en faveur de cette hypothèse proviennent également d'études en IRMf qui ont mis en évidence l'activation de régions et réseaux cérébraux appartenant au système sensori-moteur lors du traitement d'expressions métaphoriques verbales fondées sur des verbes de mouvements, d'actions ou sensori-moteurs. La problématique posée dans ces études concerne les substrats de l'interaction des systèmes sémantique et sensori-moteur selon une catégorisation sémantique des verbes en signification concrète *versus* signification abstraite. Ainsi, dans l'étude de Chen, Widick et Chatterjee (2008), le verbe « tomber » est utilisé dans une condition métaphorique (1) et littérale (2).

(1) *L'homme est tombé sous le charme*

(2) *L'enfant est tombé du toboggan*

La condition métaphorique est considérée comme intégrant une utilisation abstraite du verbe et donc de sa signification, contrairement à la condition littérale. Ce niveau différentiel d'abstraction de verbes sensori-moteurs engagerait alors des réseaux cérébraux différents. Notons toutefois que l'implication de ces régions semble également dépendante des caractéristiques sémantiques des expressions telles que la force du lien entre la signification abstraite et concrète des termes, le niveau d'abstraction du terme ou encore la conventionalité et la familiarité de l'expression (Yang & Shu, 2015).

Toutefois, le fait que chacune des formes d'expression métaphorique possède une spécificité au moins grammaticale et au mieux sémantique, rend difficile l'élaboration d'une définition intégrative de l'ensemble des métaphores (Prandi, 2002)⁵. L'une des causes de cette difficulté réside sans doute dans la faible occurrence dans la littérature scientifique de certaines formes de métaphores – dont la métaphore verbale. En effet, la plupart des études réalisées

⁵ Bien que dépassant le cadre de nos propos, nous pouvons supposer que différentes formes de métaphores remplissent des fonctions différentes.

portent sur des métaphores nominales du type « X est un Y », que ce soit avec une méthodologie comportementale (Balconi & Amenta, 2010 ; Chiappe & Chiappe, 2007 ; Pierce, MacLaren, & Chiappe, 2010), de neuro-imagerie comme l'IRMf (Prat, Mason, & Just, 2012 ; Rapp, Leube, Erb, Grodd, & Kircher, 2007 ; Shibata *et al.*, 2012) ou l'enregistrement de potentiels évoqués (Balconi & Amenta, 2010 ; Coulson & Van Petten, 2002 ; De Grauwe, Swain, Holcomb, Ditman, & Kuperberg, 2010). Paradoxalement, les *métaphores* verbales seraient parmi les formes les plus usitées dans le langage (Cameron, 2008). Cette faible occurrence de la métaphore verbale en tant qu'objet d'étude, probablement parce que réunissant deux entités grammaticales différentes, en fait une expression peu connue.

1.2. Anatomie de la métaphore verbale

La métaphore verbale peut être appréhendée et définie de différentes manières et une approche psycholinguistique définissant la métaphore par sa structure syntactico-sémantique constitue une bonne entrée en matière.

Il y a presque trente ans, Lamiroy (1987) faisait état du déséquilibre entre les formes métaphoriques étudiées et renforçait l'idée d'une inadéquation entre la conception aristotélicienne de transfert d'un concept à un autre et la métaphore verbale. Dans sa forme prédicative la plus simple, la métaphore verbale se réduit à la structure Sujet/Verbe/Objet (SVO). À partir de cette structure simple, trois cas de figures menant à une interprétation métaphorique peuvent être définis, selon la nature du lien entre le verbe, et les deux autres entités que sont le sujet et le complément d'objet. Ainsi, la signification métaphorique peut survenir en fonction des relations métaphoriques suivantes (tirés de Le Ny & Franquart-Declercq, 2001) :

(1) Entre le Sujet et le Verbe ; exemple : « *la lune éclabousse le jardin* »

(2) Entre le Verbe et l'Objet ; exemple : « *le paysan apprivoise la terre* »

(3) Entre le Sujet, le Verbe et entre le Verbe et l'Objet ; exemple : « *les nuages courtisent les étoiles* »

Comme nous l'avons exposé dans l'introduction de ce manuscrit, la forme qui nous intéresse ici est du deuxième type, lorsque la signification métaphorique dépend du lien entre le verbe et son complément d'objet. Cette forme de métaphore verbale serait plus difficile à traiter car le lecteur ou interlocuteur serait initialement engagé dans une interprétation littérale

(Franquart-Declercq, 2000). En effet, lors du traitement de la relation métaphorique Verbe/Objet, la première signification construite serait littérale parce qu'amorcée par le traitement antérieur du couple Sujet/Verbe dont la relation est de nature littérale : « *le paysan apprivoise* » amorcerait un complément d'objet congruent avec le sens littéral initialement construit, par exemple un *animal*. Ce premier sens construit nécessiterait ensuite d'être révisé lors de l'apparition du complément d'objet non littéral, par exemple, la *terre*.

Bien que ce ne soit pas le point majeur de nos propos, une approche plus ancrée dans une perspective linguistique donne une étude intéressante des métaphores verbales. Ainsi, en partant de productions d'enfants (4) et d'adultes (5), Duvignau (2003) détermine les métaphores verbales comme « co-hyponymes inter-domaines ».

(4) « *Je déshabille l'arbre* »

(5) « *Faudra-t-il chercher à raccommoder les principes... ?* »

Selon cette auteure, le verbe « déshabiller » dans (4) serait un co-hyponyme de « écorcer », tous deux pouvant être liés à un concept super-ordonné commun tel que *OTER*. Ils sont donc co-hyponymes inter-domaines : ils peuvent être sous-ordonnés à un même concept mais l'un appartient au domaine de l'humain et l'autre au domaine arboricole. Toujours selon cette auteure, les métaphores seraient alors le reflet d'une « structuration du lexique des verbes » (Duvignau, 2003), fondée sur une proximité conceptuelle. Cette conception a ceci d'intéressant qu'elle accorde à la métaphore verbale une place particulière par rapport aux autres formes de métaphores allant jusqu'à ce que nous pourrions les considérer comme représentantes d'une structuration des concepts en mémoire, à l'image de la conception de Lakoff et de la théorie de la cognition incarnée, présentées précédemment.

Résumé

Comme nous avons pu le constater, la métaphore, qu'elle soit nominale ou verbale, semble avoir des fonctions différentes, allant jusqu'à être considérée comme représentative de la structuration de nos connaissances. Pourtant, elle constitue une forme d'expression parfois mal comprise sinon difficilement compréhensible, d'autant plus lorsque l'interlocuteur présente une pathologie acquise comme une lésion cérébrale (Yang, Fuller, Khodaparast, & Krawczyk, 2010) ou neurodéveloppementale telle qu'un trouble du spectre autistique (Gold & Faust, 2012). Si la métaphore a une fonction structurante de notre pensée, sa compréhension nécessite également la mise en œuvre de processus de haut niveau, notamment dans sa forme la moins familière. Ces processus étant sensibles aux altérations cérébrales, la question de leur nature se pose, spécifiquement pour les métaphores nouvelles, support de la création de sens.

2. Processus de compréhension de la métaphore

De nombreux modèles de compréhension de la métaphore se sont développés, chacun d'entre eux fondé sur des postulats différents, permettant plus ou moins la généralisation aux différentes formes de métaphores. Ainsi, certains des modèles de compréhension des métaphores se sont construits à partir des métaphores nominales ou adjectivales et ne s'appliquent pas sans accroc aux métaphores verbales (exemple : le modèle de la catégorisation indirecte⁶ ; Glucksberg & Haught, 2006 ; Glucksberg, 2003) alors que d'autres modèles sont spécifiques à la métaphore verbale (Le Ny & Franquart-Declercq, 2001, 2002 ; Utsumi & Sakamoto, 2011). De plus, tous n'accordent pas la même importance aux facteurs pouvant déterminer les processus ou les ressources cognitives mobilisés lors de leur compréhension, tel que le contexte dans lequel apparaît la métaphore ou encore son degré de familiarité pour l'individu qui la traite. Enfin, certains des modèles, considérant les difficultés langagières de patients présentant des lésions cérébrales ainsi que l'apport des outils de

⁶ Ce modèle se pose en opposition au modèle du *devenir de la métaphore* (Bowdle & Gentner, 2005) qui suppose un « glissement » du processus de comparaison à un processus de catégorisation lorsque la métaphore devient familière. D'après le modèle de *catégorisation directe*, les métaphores nouvelles seraient traitées par catégorisation. Pour démontrer que le processus de comparaison ne peut s'appliquer à la métaphore, les auteurs comparent le traitement de métaphores (« *mon avocat est un requin* ») à leurs formes comparatives (« *mon avocat est comme un requin* »). D'après ces auteurs, si des différences de traitement sont observées entre ces deux types d'expressions, alors les métaphores ne peuvent relever d'un processus de comparaison. Ce procédé s'applique bien à la métaphore nominale mais se prête moins à la métaphore verbale. Un modèle de *catégorisation indirecte* a été proposé par Utsumi et Sakamoto (2011) et sera présenté plus loin dans le manuscrit.

neuroimagerie, ont étendu leurs prédictions à la spécialisation hémisphérique et anatomo-fonctionnelle du traitement des métaphores (*L'hypothèse de la saillance* ; Giora & Fein, 1999b ; Giora, 2003).

Cette diversité des modèles rend le consensus difficile. Elle renvoie à l'hétérogénéité des métaphores et à la difficulté d'en construire un modèle de compréhension intégratif pouvant rendre compte du traitement de l'ensemble des métaphores. Plutôt que de s'essayer à un tel exercice, il est tout aussi intéressant de mettre en évidence les points clés des modèles les plus importants, voire pertinents au regard de la métaphore verbale, ainsi que les facteurs majeurs impliqués dans la compréhension de ces métaphores. De plus, des variabilités inter-individuelles sont à prendre en compte telles que la connaissance de l'expression, les compétences langagières ou encore les capacités relatives aux fonctions exécutives. Bien que tous les modèles n'intègrent pas *de facto* ces facteurs, des études ont mis en évidence leur importance (Chiappe & Chiappe, 2007 ; Morrone, Declercq, Novella, & Besche, 2010) et notamment que l'activité des régions cérébrales impliquées dans le traitement des métaphores était modulées par certains de ces facteurs (Prat *et al.*, 2012).

2.1. La place des caractéristiques de la métaphore

Bien que la métaphore verbale soit une forme d'expression métaphorique particulière, elle partagerait, comme toutes les expressions métaphoriques, voire figurées, la caractéristique de pouvoir être traitée de façon littérale et figurée. Ce postulat a permis de soulever les questions suivantes dans la littérature scientifique : Quelle est la place de la signification littérale dans leur traitement ? Peut-on accéder directement à la signification métaphorique sans traiter la signification littérale ? Le contexte dans lequel apparaît la métaphore a-t-il un effet facilitateur ? Les deux premières questions sont sans doute les « questions mères » ayant suscité l'émergence des premières études et modèles.

2.1.1. *La place de la signification littérale : le modèle pragmatique standard*

Le *modèle pragmatique standard* est basé sur les travaux de Grice (1975, 1989) et Searle (1979). Il est fondé sur le postulat d'une distinction entre une signification métaphorique et une signification littérale. Selon Grice (1989), les interlocuteurs engagés dans une conversation sont sensés respecter un certain nombre de règles : les maximes

conversationnelles (Tableau 1). Si l'une ou plusieurs de ces règles sont violées, l'interlocuteur est dans l'obligation de dériver une *implicature conversationnelle* fondée sur ce que le locuteur est supposé vouloir signifier dans le contexte de la conversation, en partant du principe qu'il a bien l'intention de transmettre cette signification.

Tableau 1 : Maximes conversationnelles de Grice (1975)

Maximes			
Quantité	Qualité	Relation	Modalité
<i>Être aussi informatif que nécessaire</i>	<i>Faire en sorte que la contribution soit véridique</i>	<i>Être pertinent</i>	<i>Être compréhensible</i>
<ul style="list-style-type: none"> • Être aussi informatif que nécessaire • Ne pas donner plus d'informations que nécessaire 	<ul style="list-style-type: none"> • Ne pas affirmer ce que l'on pense faux • Ne pas affirmer ce pour quoi on manque de preuves 		<ul style="list-style-type: none"> • Éviter les expressions obscures • Éviter l'ambiguïté • Être concis • Être ordonné dans le discours

D'après ce modèle, les métaphores violent clairement la deuxième maxime. Par exemple, l'énoncé « *cette étude est un bijou* » viole la maxime de qualité car il est littéralement faux. Selon ce modèle, la signification littérale est entièrement traitée (« *cette étude est objet de grande valeur composé de métaux et de pierres précieuses.* ») avant d'être considérée comme inadaptée au contexte. L'interlocuteur dériverait ensuite une signification alternative adaptée cette fois-ci au contexte, partant du principe que le locuteur est rationnel et coopératif dans son échange. Il s'agit donc d'un modèle en trois étapes : traitement de la signification littérale, rejet de cette signification par rapport au contexte, dérivation d'une nouvelle signification adaptée au contexte et au principe de coopération. De ce modèle est dérivée la prédiction suivante :

*Le traitement d'un énoncé métaphorique sera toujours plus coûteux que celui d'un énoncé littéral, ceci en raison d'étapes de traitement supplémentaires : la nécessité d'élaborer puis de rejeter la signification littérale au profit d'une interprétation métaphorique. C'est précisément sur ce point que ce modèle s'est trouvé infirmé par un certain nombre de données expérimentales. Par exemple, Ortony, Schallert, Reynolds et Antos (1978) ont présenté à des participants des expressions (« *Ne tenant pas compte du danger, les troupes ont poursuivi leur marche* ») précédées d'un contexte favorisant une interprétation littérale (description de l'avancée d'une troupe armée) ou métaphorique (description d'enfants turbulents menacés de*

punition). Le contexte pouvait être long ou court en fonction de l'utilisation de tout ou partie du contexte. Les résultats de leur étude ont montré que les participants mettaient plus de temps à traiter les énoncés métaphoriques que littéraux, uniquement lorsque le contexte était court. Dans la condition où le contexte était long, les énoncés métaphoriques étaient traités aussi rapidement que les énoncés littéraux. En plus de démontrer que les expressions métaphoriques ne requièrent pas systématiquement plus de temps pour être traitées que les énoncés littéraux, contrairement à ce que postulait le modèle pragmatique standard, cette étude met l'accent sur un facteur d'importance dans le traitement des métaphores : le contexte. C'est en partie sur l'effet de ce facteur que sont fondées les prédictions du *modèle d'accès direct*.

2.1.2. *Le rôle du contexte dans la compréhension des métaphores : le modèle d'accès direct*

Ce modèle, établi par Gibbs (1994, 2002), s'est développé en opposition à la *théorie pragmatique standard* qui, rappelons-le, postule un traitement séquentiel en étapes des expressions figurées. Le *modèle d'accès direct* postule un accès direct à la signification d'une expression figurée, pour peu que le contexte soit suffisamment informatif, tel que dans l'étude d'Ortony *et al.* (1978) où les temps de traitement de métaphores nouvelles étaient non différents de ceux des énoncés littéraux lorsque le contexte était long (Inhoff, Lima, & Carroll, 1985). De même, Shinjo et Myers (1987) ont observé des temps de lecture similaires entre des énoncés métaphoriques (« *Son bureau était une décharge* ») et littéraux (« *Son bureau était désorganisé* ») précédés de contextes informatifs. Ces résultats sont conformes au *modèle d'accès direct* qui postule que dans un contexte écologique ou apportant suffisamment d'informations en faveur de la signification que le locuteur souhaite transmettre, l'interlocuteur aura accès directement à celle-ci.

Toutefois, certaines études tendent à moduler l'effet facilitateur du contexte. Par exemple, Brisard, Frisson et Sandra (2001) ont présenté à des participants des énoncés littéraux prototypiques ou périphériques (« *Un chêne/érable est un arbre avec des racines solides et des branches fines.* ») ainsi que des métaphores nouvelles plus ou moins justes (« *Un ami/raciste est un arbre avec des racines solides et des branches fines.* ») dans une tâche de lecture. Plusieurs mots critiques ont servi de base au recueil du temps de lecture : mot critique 1 (*e.g.* « *arbre* ») qui définit le moment où l'expression acquiert son statut d'énoncé littéral ou métaphorique ; mot critique 2 (*e.g.* « *racines* ») à partir duquel le participant dispose de

suffisamment de données contextuelles pour établir une signification et mot critique 2+1 (e.g. « et ») qui permet d'évaluer la poursuite d'un processus entamé précédemment. Leurs résultats ont montré que les énoncés métaphoriques entraînaient globalement des temps de lecture plus longs des mots critiques 1 et 2 comparativement aux énoncés littéraux. De plus, lorsqu'un contexte était présenté avant les énoncés, la même différence était observée entre les métaphores et les énoncés littéraux sur les deux premiers mots critiques mais aussi sur le mot critique 2+1⁷.

Ainsi, la prééminence du contexte sur la signification littérale d'une expression figurée, avancée par le *modèle d'accès direct*, ne fait pas l'unanimité. Dans le même sens, d'autres auteurs remettent en question l'importance de l'effet du contexte par rapport au traitement littéral d'une expression métaphorique (Giora, 1999) et soutiennent l'hypothèse d'un traitement systématique de la signification littérale lors de la compréhension de métaphores (Weiland, Bambini, & Schumacher, 2014). En réponse, Gibbs et Colston (2012) soulignent que le *modèle d'accès direct* ne présuppose pas une absence d'accès à la signification littérale d'une expression figurée mais plutôt que cet accès n'est pas un prérequis à l'interprétation figurée. De plus, ils mettent en avant l'argument selon lequel une durée de traitement plus importante pour les expressions figurées, et *a fortiori* les métaphores, que pour leurs contreparties littérales, ne traduit pas nécessairement la preuve d'un accès et de l'élaboration de leur signification littérale. Ce temps additionnel pourrait refléter par exemple, une difficulté d'intégration de la signification figurée au contexte, notamment lorsque l'expression est nouvelle.

Cette absence de consensus quant aux processus dissimulés dans des temps de traitement plus longs s'étend également aux données apportées par les études électroencéphalographiques utilisant les potentiels évoqués (PE). En effet, les composantes PE sont considérées comme un moyen pertinent pour étudier le rôle de la signification littérale dans le traitement des métaphores. De fait, considérant la très bonne résolution temporelle de l'outil (Annexe I), il devrait être possible d'identifier la nature des traitements des métaphores, séquentiels ou parallèles. Ainsi, Pynte, Besson, Robichon et Poly (1996) ont mis en évidence une composante N400 plus importante lors du traitement de métaphores nominales peu familières par rapport aux énoncés littéraux et ont interprété cette différence comme résultant de la détection d'une incongruité par rapport au contexte et par conséquent d'un accès initial à une signification littérale. Cependant, ils ont également observé qu'un contexte congruent avec

⁷ Notons également que l'utilisation d'un contexte diminuait les temps de lecture sur les mots critiques par rapport aux énoncés sans contexte.

l'interprétation métaphorique des expressions conduisait à une réduction de l'amplitude de la N400. Ce résultat est en faveur d'une facilitation d'accès à la signification métaphorique *via* l'information contextuelle et est conforme avec les prédictions du *modèle d'accès direct*. Toutefois, avec un paradigme d'amorçage, Weiland *et al.* (2014) montrent des résultats plutôt en défaveur de ce modèle. Ces auteurs ont présenté à des participants des métaphores nominales peu familières précédées (expérience 1b) ou non (expérience 1a) d'un mot amorçant la signification littérale du véhicule (ex. : *fourrure* pour la métaphore nominale « *Ces lobbyistes sont des hyènes* »). Les résultats de cette étude ont mis en évidence une réduction de l'amplitude de la N400 pour les métaphores avec amorce comparée à celles sans amorce. Les auteurs considérant la N400 comme un indice d'accès lexical, cette étude suggère un effet facilitateur de la signification littérale sur l'accès à la signification métaphorique et semble contredire les assertions du *modèle d'accès direct*⁸. Utilisant des métaphores mixtes (non exclusivement nominales ou verbales) et une tâche de jugement de signification, Lai, Curran et Menn (2009) rapportent également une plus grande amplitude de la N400 pour les métaphores nouvelles par rapport aux expressions littérales, mais restent plus prudent quant à l'interprétation. En effet, selon ces auteurs, nous pouvons effectivement considérer cette plus grande amplitude comme révélant un processus séquentiel de traitement puis de rejet de la signification littérale et donc, la considérer comme confirmant la théorie d'un accès séquentiel à la signification métaphorique (*i.e. théorie pragmatique standard*). Mais nous pouvons également la considérer comme traduisant un processus de sélection de la signification pertinente parmi plusieurs accessibles, sans exclure la signification littérale, ce qui serait conforme au *modèle d'accès direct*.

Bien que ne faisant pas entièrement consensus, le *modèle d'accès direct* met en avant l'importance de l'effet du contexte dans la compréhension des métaphores. Cependant, même s'il prend en compte l'existence d'un degré de familiarité des métaphores, ce modèle ne pose pas spécifiquement de différences entre le traitement des métaphores conventionnelles et celui des nouvelles. En effet, outre la distinction typologique, les métaphores peuvent également se différencier sur leur caractère conventionnel ou nouveau, et par extension sur leur caractère familier ou nouveau⁹. De nombreuses métaphores sont devenues courantes dans le langage et

⁸ Les auteurs ayant utilisé deux tâches attentionnelles dans cette étude : une de détection de couleur et une de reconnaissance d'un mot cible, il est difficile de conclure quant à l'accès à la signification métaphorique. Ceci renvoie à une distinction rarement opérée dans la littérature entre le traitement sémantique des métaphores et la compréhension de la signification métaphorique.

⁹ Pour rappel, nous présupposons une différence entre les métaphores conventionnelles et les métaphores familières : les premières sont estimées familières à partir d'une norme alors que les secondes sont considérées familières selon un critère individuel. Toutefois, de nombreuses études opérationnalisent la familiarité par la

présentent un certain degré de figement comme par exemple « *massacrer une chanson* », « *un élève brillant* » ou encore « *casser l'ambiance* » et nous deviennent de ce fait, relativement familières. La raison pour laquelle ces métaphores sont à distinguer des métaphores nouvelles (à forme grammaticale équivalente) est liée à la supposition que leur traitement ne repose pas sur les mêmes processus. L'une des théories défendant ce point de vue est celle de Bowdle et Gentner (2005), *le devenir de la métaphore*. Selon ces auteurs, les processus de compréhension des métaphores dépendent de leur localisation sur le continuum de conventionalité¹⁰. D'une manière générale, il est communément admis que les formes les plus familières d'expressions figurées (telles que les expressions idiomatiques et les métaphores conventionnelles) sont traitées différemment des formes nouvelles : la signification figurée d'une expression idiomatique serait plus saillante et disponible que celle des expressions nouvelles (Giora & Fein, 1999b). En tant qu'expressions figurées, les métaphores verbales n'échappent certainement pas à cette règle et de nombreuses expressions idiomatiques sont basées sur une utilisation atypique d'un verbe (exemples : « *se creuser la tête* », « *se racheter une conduite* »).

Cette différence de traitement en fonction du degré de familiarité se situe également au niveau de l'activité cérébrale. Par exemple, une étude de Cardillo, Watson, Schmidt, Kranjec et Chatterjee (2012) a montré que l'exposition aux métaphores s'accompagnait d'une modification de régions sollicitées pour leur traitement. Dans cette étude, les participants étaient confrontés zéro, deux ou cinq fois à des métaphores nominales et verbales nouvelles avant la session d'acquisition en IRMf. Les résultats de leur étude ont montré que l'aspect familiarité entraînait exclusivement une diminution d'activations dans un réseau impliqué dans les processus sémantiques, réseau constitué du gyrus frontal inférieur bilatéral, de la partie postérieure du gyrus temporal médian et de la région postérieure latérale du cortex occipital.

Ces études mettent donc en évidence que le degré de familiarité des métaphores agit au niveau des processus de traitement et de leurs bases cérébrales. Partant de l'effet de ce degré de familiarité, le *modèle de la saillance* prédit des différences entre les métaphores familières et nouvelles, au niveau cognitif et cérébral, et relègue cette fois-ci le contexte à un rôle secondaire.

conventionalité. Par souci de clarté, nous considérons les métaphores conventionnelles comme familières, par opposition aux métaphores nouvelles et rapporterons au plus juste l'opérationnalisation utilisée par les auteurs des publications citées.

¹⁰ De nombreuses théories et modèles explicatifs de la compréhension des métaphores se sont développés au regard des métaphores nominales et ne rendent pas toujours compte des spécificités des métaphores verbales, c'est le cas de cette théorie.

2.1.3. *La place de la familiarité : l'hypothèse de la saillance (GSH, Graded Salience Hypothesis)*

Ce modèle a la particularité de placer les expressions du langage figuré et du langage littéral au sein d'un même continuum, celui de la saillance de la signification d'un terme ou d'une expression. Autrement dit, selon Giora (1997, 1999, 2002, 2003), le facteur le plus important comme déterminant son traitement n'est pas la figurativité d'une expression ou d'un mot, qu'ils soient métaphoriques nouveaux, conventionnels ou littéraux, mais la saillance de sa signification. Cette saillance dépendrait de plusieurs caractéristiques telles que la fréquence d'usage ou la familiarité, la conventionalité ou encore la prototypicalité : plus la signification d'un mot ou d'une expression possède une valeur élevée sur ces caractéristiques, plus elle sera saillante. Selon ce modèle, deux processus sont dans un premier temps engagés et de manière parallèle : un processus lexical (traitement ascendant ou *bottom-up*) et un processus de traitement de l'information contextuelle (traitement descendant ou *top-down*). Le traitement lexical se ferait indépendamment de l'information contextuelle et favoriserait l'activation de la signification saillante du mot ou de l'expression alors que le second processus favoriserait une signification en accord avec le contexte en générant des attentes ou des inférences sans jamais inhiber le résultat du traitement lexical (Peleg, Giora, & Fein, 2001).

De plus, la GSH considère que dans le cas des métaphores familières, les significations littérale et figurée sont toutes deux saillantes, contrairement aux métaphores nouvelles dont seule la signification littérale est saillante. Pour démontrer cela, Giora et Fein (1999b) ont présenté à des participants des énoncés composés d'une phrase cible précédée d'un contexte. La phrase cible était une métaphore familière (1), peu familière (2) ou nouvelle et le contexte orientait vers une interprétation littérale (1.a ; 2.a) ou métaphorique (1.b ; 2.b) de la phrase cible. La tâche était un complètement de mot lié au contexte littéral ou métaphorique. Les résultats de leur étude ont montré que pour les métaphores familières (1), les participants produisaient autant de mots compatibles avec le contexte lorsque celui-ci orientait vers une interprétation métaphorique (1.b) ou littérale (1.a). Dans le cas des métaphores peu familières (2.b), les réponses compatibles avec le contexte métaphorique tendent à être moins nombreuses que celles compatibles avec le contexte littéral (2.a). Ces résultats suggèrent que les métaphores familières activeraient deux significations saillantes (littérale et figurée) alors que les métaphores nouvelles activeraient prioritairement la signification littérale.

(1) *Ils se réveillent seulement*

(1.a.) La soirée de samedi soir a duré des heures. Nous avons beaucoup bu et dansé toute la nuit. Le lendemain soir, nous avons rendu visite à des amis qui avaient fait la fête avec nous et lorsqu'ils ont ouvert, nous nous sommes dits : « *ils se réveillent seulement* »

(1.b.) Une guerre sanglante se déroule depuis plusieurs années en Europe. Des milliers d'innocents, femmes, hommes et enfants sont massacrés et personnes n'a levé le petit doigt. Après plusieurs années, la décision a été prise d'intervenir dans les affrontements. *Ils se réveillent seulement.*

(2) *Une étoile mourante*

(2.a.) D'après les analyses de l'agence spatiale, la formation observée aux abords de la voie lactée est constituée de gaz expulsés par un astre. *Il s'agit sûrement d'une étoile mourante.*

(2.b.) Un ami m'a conseillé d'écouter un album dont une des chansons faisait partie des meilleures ventes de la semaine et qui promettait un bel avenir. En écoutant l'album, je me suis rendu compte que les autres chansons étaient très décevantes. *Il s'agit sûrement d'une étoile mourante.*

Le rôle du contexte constitue donc l'une des différences majeures entre la GSH et le *modèle d'accès direct* puisque dans le premier modèle, il ne serait que secondaire. Alors que dans le second modèle, un contexte suffisamment informatif peut permettre un accès direct à la signification figurée sans traiter entièrement la signification littérale, que la métaphore soit familière ou nouvelle. Cette prédiction semble partiellement confirmée pour le traitement des métaphores verbales. Ainsi, Columbus *et al.* (2015) ont présenté à des participants des métaphores comportant un verbe familier ou non et insérées ou non dans un contexte ainsi que leurs équivalents littéraux dans une tâche de lecture tout en enregistrant les mouvements oculaires. L'analyse des temps de fixations sur le verbe a montré que dans le cas des verbes peu familiers, les durées de fixation étaient plus longues lorsque la signification était métaphorique que littérale, que le contexte soit présent ou non. Ce résultat peut être interprété au regard de la GSH puisque 1) la signification saillante du verbe peu familier serait littérale et serait donc incongruente avec la signification métaphorique et 2) le contexte n'aurait qu'un effet secondaire.

En outre, la GSH prédit un rôle spécifique de l'hémisphère droit dans le traitement des métaphores nouvelles. Cette prédiction est dérivée de l'hypothèse selon laquelle l'hémisphère droit et l'hémisphère gauche ont des compétences spécifiques dans le traitement du langage. Ainsi, alors que l'hémisphère gauche serait compétent dans le traitement des significations saillantes, son homologue droit serait spécialisé dans le traitement de significations peu familières, distantes ou secondaires (Chiarello, 2003 ; Faust & Lavidor, 2003). Cette hypothèse se fonde sur le constat de difficultés que présentent les patients atteints de lésions de l'hémisphère droit dans la compréhension d'expressions nouvelles alors que leurs performances dans le traitement d'expressions conventionnelles sont relativement préservées (Giora, Zaidel, Soroker, Batori, & Kasher, 2000)¹¹. De ce fait, les hémisphères gauche et droit traiteraient respectivement des significations saillantes et non saillantes. Bien que l'hypothèse d'une spécificité de l'hémisphère droit dans le traitement des métaphores nouvelles fasse débat, des données issues d'études utilisant un paradigme de présentation en champ visuel divisé¹² (*DVF* ; *Divided Visual Field*) tendent à mettre en évidence un rôle de l'hémisphère droit d'activation et de maintien de significations non saillantes lors du traitement de métaphores (Anaki, Faust, & Kravetz, 1998 ; Mashal, Faust, & Hendler, 2005). À un niveau supérieur de précision, certaines études en IRMf ont montré une activation de régions droites lors du traitement de telles métaphores (Bohrn, Altmann, & Jacobs, 2012 ; Diaz, Barrett, & Hogstrom, 2011 ; Mashal *et al.*, 2005 ; Mashal, Faust, Hendler, & Jung-Beeman, 2007 ; Romero Lauro, Mattavelli, Papagno, & Tettamanti, 2013). Comprendre l'implication de réseaux corticaux spécifiques dans le traitement des métaphores nouvelles requiert un niveau de précision quant aux prédictions anatomiques fonctionnelles que ne présentent pas la plupart des modèles de traitement du langage figuré. Nous devons alors nous référer à d'autres modèles plus généraux du traitement de l'information sémantique.

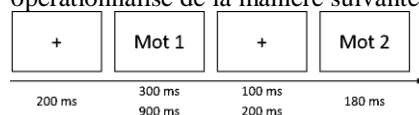
¹¹ Cette étude utilise la Right Hemisphere Communication Battery dont les items métaphoriques sont décrits comme conventionnels et « clichés » et semblent avoir un haut degré de familiarité : « *cœur brisé* ; *cœur chaleureux*, ... ».

¹² Paradigme consistant à présenter un mot de manière très rapide (à un temps de présentation inférieur aux temps de saccades oculaires) soit dans la partie droite, soit dans la partie gauche du champ visuel. Un effet de facilitation hémisphérique est observé lorsque le temps de réaction et/ou le taux de bonne réponse varie en fonction du champ visuel.

2.1.4. La théorie du codage distant (CCT, Coarse Coding Theory)

Le modèle de la CCT établi par Jung-Beeman (Beeman & Chiarello, 1998 ; Jung-Beeman, 2005) est particulier pour deux raisons. D'une part, il n'a pas été spécifiquement établi dans le cadre du langage figuré mais plutôt dans le cadre d'un traitement général de l'information sémantique. D'autre part, il intègre clairement l'hypothèse d'une spécificité hémisphérique dans le traitement de cette information sémantique, à l'image de la GSH. Ceci en fait un modèle pertinent au regard de la problématique du traitement d'expressions métaphoriques nouvelles, puisqu'elles nécessiteraient la création d'une nouvelle signification. Ce modèle stipule trois étapes distinctes de traitement sémantique en termes de processus et de leurs bases cérébrales : 1) l'activation des significations s'effectuerait dans les régions temporales postérieures moyennes et supérieures ; 2) l'intégration sémantique dans les régions temporales antérieures moyennes et supérieures et 3) la sélection sémantique (entre significations conflictuelles) serait représentée par les régions frontales inférieures. Notons que ces processus et leurs bases cérébrales associées seraient sollicités de manière bilatérale mais asymétrique : l'information sémantique est activée, intégrée et sélectionnée dans les deux hémisphères mais l'hémisphère gauche traiterait de champs sémantiques restreints, contrairement à l'hémisphère droit. Les études utilisant un paradigme DVF tendent à confirmer ce modèle. Par exemple, Faust et Mashal (2007) ont présenté à des participants des paires de mots partageant un lien sémantique littéral, métaphorique familier, métaphorique nouveau ou étant non liés. Chaque paire était présentée mot à mot avec un SOA¹³ de 400 (étude 1) ou 1100 (étude 2) ms et une présentation du second mot dans le champ visuel droit ou gauche. Les participants devaient décider si la paire de mots constituait une expression ayant ou non du sens (décision sémantique). Les résultats ont montré que pour les deux SOA, un effet facilitateur de l'hémisphère droit était obtenu mais seulement pour les métaphores nouvelles : les temps de réaction et le pourcentage de réponses correctes étaient meilleurs lorsque le second mot des paires métaphoriques nouvelles était présenté dans le champ visuel gauche. Autrement dit, l'hémisphère droit activerait très tôt, maintiendrait plus longtemps et considérerait comme signifiantes des significations distantes, contrairement à l'hémisphère gauche. De même, des données issues d'études en IRMf semblent confirmer l'implication de régions cérébrales droites

¹³ *Stimulus Onset Asynchrony* : délai entre les onsets de deux stimuli. Dans l'étude présentée, le SOA était opérationnalisé de la manière suivante :



avec le même type de métaphores. Ainsi, Mashal *et al.* (2007) ont présenté du matériel similaire à celui de l'étude de Faust et Mashal (2007) pendant une acquisition IRMf. La comparaison des activations cérébrales entre les paires métaphoriques nouvelles et littérales a mis en évidence une plus grande activation de régions temporales droites et frontales inférieures bilatérales.

2.2. Modèles spécifiques à la métaphore verbale

Les modèles présentés ci-dessus sont supposés porter sur la métaphore en général, voire sur le langage figuré, (Gibbs, 2008 ; Giora, 2003) ou bien sur le traitement de l'information sémantique (Jung-Beeman, 2005). Or, nous avons pu constater que les métaphores pouvaient revêtir différentes formes grammaticales, ce qui pour certains auteurs, présuppose la mise en œuvre de processus cognitifs différents. La métaphore verbale étant moins étudiée que son homologue nominale, les modèles qui lui sont propres sont moins nombreux et moins éprouvés. Nous pouvons toutefois en retenir deux principaux.

2.2.1. *Le modèle de partage de traits*

Ce modèle, établi par Le Ny et Franquart-Declercq (2001, 2002) repose sur l'idée que dans la structure Sujet/Verbe/Objet, trois contenus sont mis en jeu : un contenu central propre au verbe et deux contenus satellites propres aux sujets possibles, nommés agents, et aux objets possibles, dits patients (Figure 1).

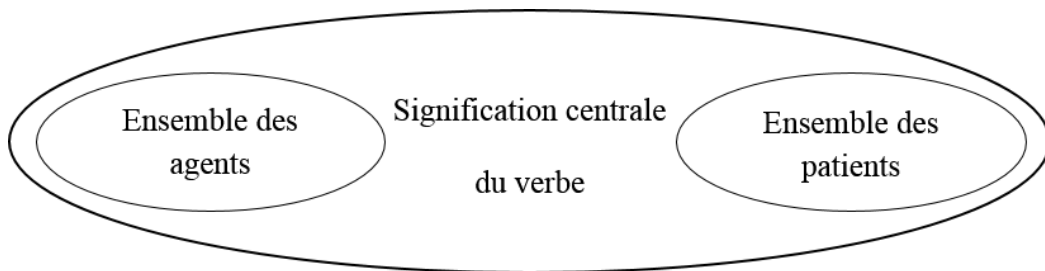


Figure 1 : Représentation des contenus dans une expression de structure SVO

À cette notion de contenus, s'associe celle de couronne des patients acceptables¹⁴ pour le verbe. Autrement dit, il existerait un gradient de congruence sémantique définissant les patients acceptables pour un verbe donné (Figure 2). Ainsi, le verbe *assassiner* aurait pour patient acceptable (et donc au centre de la couronne) *homme* alors que le patient *chanson* serait plus éloigné dans la couronne.

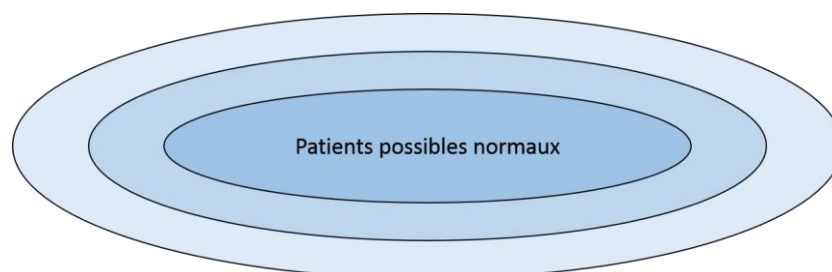


Figure 2 : Représentation en couronne des patients acceptables d'un verbe

Cette congruence sémantique est formalisée dans ce modèle par un principe d'activation de traits sémantiques communs. Ces traits sont ici considérés comme des caractéristiques sémantiques issues de la décomposition du signifié d'un mot. Par exemple, le mot *café* peut contenir les caractéristiques *intense* ou encore *chaud* ou *noir*. Dans le cas des verbes, les traits sémantiques peuvent représenter la décomposition de la signification des verbes selon l'action qu'ils représentent¹⁵. Par exemple, le verbe *apporter* comporteraient les traits sémantiques désignant les caractéristiques « accompagné par » et « comportement d'approche ». Dans une expression du type SVO et en dehors de toute indication contextuelle, il y aurait une pré-activation des patients ayant la congruence sémantique la plus forte avec le verbe. Cette congruence sémantique dépendrait en fait des traits sémantiques partagés par le verbe et les patients.

Prenons les deux énoncés suivants :

(1) *La maman déshabille l'enfant.*

(2) *La maman déshabille l'orange.*

Dans l'exemple (1), le traitement du verbe *déshabiller* entraîne l'activation des patients « déshabillables » dont *enfant* est un patient acceptable. Cependant, dans l'exemple (2) qui est

¹⁴ D'après les auteurs, ce modèle pourrait également s'appliquer à la relation Agent/Verbe avec quelques modifications. Bien que ce ne soit pas explicitement décrit, nous pouvons supposer un principe symétrique à celui décrit concernant la relation Verbe/Patient.

¹⁵ Dans le cas des verbes d'action, évidemment. La décomposition est similaire bien que moins évidente pour les verbes plus abstraits tel que *imaginer*.

une métaphore verbale, le traitement du couple S/V ne permet probablement pas l'activation du patient *orange* qui partage peu de traits sémantiques avec le verbe. La correspondance entre les traits sémantiques du verbe et ceux du patient n'est pas directe et nécessite un détachement du lien associatif consécutif à la pré-activation. En effet, afin de saisir le sens de tels énoncés, l'auditeur ou le lecteur serait dans l'obligation d'inhiber les patients possibles pré-activés afin de recombinaison les traits sémantiques du verbe avec ceux de patients sémantiquement plus éloignés. Cette hypothèse de restructuration est compatible avec les résultats obtenus par Caillies et Declercq (2011) qui ont mis en évidence dans un paradigme d'amorçage un délai dans l'activation du sens figuré d'énoncés métaphoriques verbaux peu familiers en comparaison à des énoncés idiomatiques décomposables¹⁶ ou littéraux de même structure. Ce délai pourrait être attribué à une construction sémantique qui n'est pas nécessaire pour les expressions idiomatiques familières ni pour les phrases littérales et pourrait correspondre aux processus de recombinaison de traits entre le verbe et un patient éloignés sémantiquement, c'est-à-dire à une création de signification nouvelle ou pas suffisamment familière pour être stockée en mémoire.

2.2.2. *Le modèle de la catégorisation indirecte*

Nous avons présupposé dans l'introduction de cette section que les métaphores verbales pouvaient être traitées différemment des métaphores nominales. Toutefois, Utsumi et Sakamoto (2011) ont appliqué le modèle de catégorisation de Glucksberg (2003) aux métaphores verbales. Principalement développé dans le cadre du traitement des métaphores nominales, ce modèle stipule que les métaphores nominales sont traitées *via* un processus de catégorisation. Dans la métaphore « *Cette thèse est un pavé* », le thème (*thèse*) serait considéré comme un exemplaire d'une catégorie super-ordonnée dont le véhicule (*pavé*) constituerait un exemplaire prototypique. Il s'agit alors d'une catégorie abstraite et non concrète du concept *pavé* : la thèse n'est pas ici définie comme « *un bloc de pierre servant de revêtement de la chaussée* » mais plutôt comme un « *écrit dense et empreint d'une certaine lourdeur* », retenant uniquement les caractéristiques pertinentes par un processus d'inhibition (Glucksberg, Newsome, & Goldvarg, 2001). De même, Glucksberg (2001) formule l'hypothèse selon laquelle les métaphores verbales seraient traitées de la même manière. Autrement dit, dans l'expression métaphorique

¹⁶ Les expressions idiomatiques peuvent être décomposables ou non décomposables. Pour les premières (« *jouer avec le feu* »), le sens de chacun des termes participe à la signification figurée alors que ce n'est pas le cas pour les secondes (« *armé jusqu'aux dents* »).

« *Il nourrit sa thèse* », le verbe *nourrir* serait un exemplaire prototypique d'une catégorie d'actions telles que « *apporter des compléments* ».

Partant des postulats selon lesquels les verbes et les noms sont représentés différemment dans le système sémantique (Vigliocco & Vinson, 2005), que les métaphores verbales offrent plus de possibilités d'interprétations que les métaphores nominales et enfin, qu'elles sollicitent des réseaux cérébraux différents, Utsumi et Sakamoto (2011) formulent l'hypothèse d'un modèle de catégorisation indirecte. Selon ces auteurs, la correspondance entre la signification littérale du verbe et la signification de la métaphore verbale se ferait par l'activation d'au moins l'une de ces deux entités : une entité correspondant aux actions ou états abstraits de ce verbe et une entité correspondant aux patients, objets ou thèmes liés au sens littéral du verbe (Figure 3). Bien que l'ensemble des prédictions dérivées de ce modèle n'ait pas été testé, il demeure néanmoins intéressant au regard de la spécificité de la métaphore verbale.

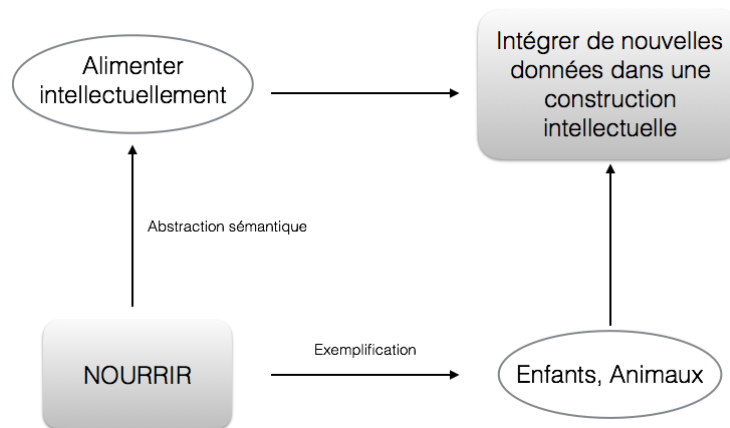


Figure 3 : Schéma du processus de catégorisation indirecte. Extrait d'Utsumi et Sakamoto (2011)

Bien que formalisant certains des processus cognitifs de compréhension de la métaphore, parfois en fonction de la dimension familiarité, les modèles présentés ci-dessus ne permettent pas d'avoir une vision intégrative du traitement de la métaphore. D'autre part, il semble important de considérer certains facteurs interindividuels dans la compréhension des métaphores. En effet, certaines études ont montré que les compétences langagières ou les capacités relatives aux fonctions exécutives étaient impliquées dans le traitement des métaphores nouvelles.

Tableau 2 : Récapitulatif des prédictions des principaux modèles de compréhension de la métaphore

Modèles	Auteurs	Métaphores	Signification littérale	Contexte	Spécialisation cérébrale
Pragmatique standard	Grice (1975) Searle (1979)	Toutes formes	Prioritaire et incontournable	-Détermine le rejet de la signification littérale - Aide à la construction de la signification métaphorique	-
Accès direct	Gibbs (2002)	Toutes formes	Non prioritaire mais peut être traitée tout ou partie	Rôle prééminent, aide à l'accès direct à la signification métaphorique s'il est suffisamment informatif	-
Saillance	Giora (2003)	Toutes formes	-Activée dans tous les cas -La seule activée si l'expression est nouvelle	-Rôle secondaire par rapport à l'activation de la signification saillante -Son traitement intervient en parallèle de l'activation de la signification saillante	Hémisphère droit pour le traitement des énoncés nouveaux, des significations peu saillantes
Traits sémantiques	Le Ny et Franquart-Declercq (2001, 2002)	Verbales (SVO)	Activation des patients les plus probables	Effet de pré-activation de significations centrales du verbe	-
Catégorisation indirecte	Utsumi et Sakamoto (2011)	Verbales	Étape intermédiaire	Indéterminé	-

Résumé

Bien que l'idée d'une distinction claire entre la signification littérale et la signification métaphorique ne soit pas entièrement consensuelle et pose des difficultés théoriques et méthodologiques (Ariel, 2002 ; Gibbs & Colston, 2012), la plupart des modèles que nous avons présentés postulent une différence de traitement en termes de nature des processus engagés entre les métaphores nouvelles qui requerraient une création de signification nouvelle et le langage littéral (Giora, 2003 ; Grice, 1975 ; Le Ny & Franquart-Declercq, 2001 ; Utsumi & Sakamoto, 2011). Il existe toutefois des différences dans les prédictions dérivées de chacun des modèles. La première est relative à la place de la signification littérale. Elle est prioritaire et automatique dans le *modèle pragmatique standard*, activée automatiquement si l'expression ou le mot est peu familier pour l'*hypothèse de la saillance*, ou éventuellement traitée si le contexte – second point distinguant les modèles – ne prédomine pas à l'interprétation figurée dans le *modèle d'accès direct*. Dans tous les modèles, le contexte paraît facilitateur mais n'agit pas au même niveau. Par exemple, et contrairement au *modèle d'accès direct*, l'*hypothèse de la saillance* lui attribue un rôle secondaire et non prioritaire sur l'accès à la signification saillante ; encore, le *modèle pragmatique standard* lui attribue un rôle secondaire dans la séquence des processus mais primordial pour dériver la signification figurée d'une métaphore.

Les données comportementales de temps de réactions, de temps de lecture, de précision de la réponse dans les tâches de décision sémantique ou de catégorisation sémantique sont informatives lorsqu'il s'agit de tester l'hypothèse de temps de traitement plus longs pour les métaphores par rapport aux énoncés littéraux. Toutefois, les données comportementales restent parfois limitées quant à l'interprétation des processus cognitifs mis en œuvre. Par exemple, et ainsi que le souligne Gibbs et Colston (2012), certains auteurs ayant mis en évidence des temps de traitements plus longs pour les métaphores tendent à attribuer ce temps supplémentaire à un accès puis un rejet de la signification littérale. Or, ce temps additionnel peut également refléter une difficulté d'intégration de la signification métaphorique plutôt qu'un traitement littéral.

De plus, certains modèles introduisent l'hypothèse d'une spécialisation hémisphérique (Giora, 2003) voire de l'implication de régions cérébrales spécifiques (*Théorie du codage distant*; Jung-Beeman, 2005). Des études comportementales associées à l'utilisation de paradigmes d'amorçage (Blasko & Connine, 1993) ou de présentation en champ visuel divisé (Faust & Mashal, 2007) ou encore à l'examen de performances d'individus atteints de lésions cérébrales (Winner & Gardner, 1977) permettent d'apporter des précisions quant à la nature des processus cognitifs et la spécialisation hémisphérique. Les protocoles utilisant des outils de neuroimagerie sont cependant supérieurs en termes de précision temporelle des processus (PE) et spatiale des régions cérébrales associées (IRMf).

2.3. Des différences inter-individuelles dans le traitement et la compréhension des métaphores nouvelles.

Parmi les facteurs cognitifs inter-individuels pouvant exercer un effet sur le traitement et la compréhension des métaphores, nous pouvons citer les fonctions exécutives (notamment la mémoire de travail et l'inhibition) et les compétences langagières. Les données comportementales ou de neuro-imagerie tendent à attester d'un effet de ces facteurs sur les performances, sur les processus cognitifs ou leur déroulement ou sur l'activité des régions cérébrales sollicitées.

2.3.1. Les fonctions exécutives

Les fonctions exécutives sont définies comme un ensemble de processus cognitifs de haut niveau régulant nos comportements et raisonnements, et fortement sollicités lors de situations complexes ou nouvelles et dans lesquelles les automatismes ne permettent pas l'adaptation (Miyake *et al.*, 2000). Considérant le traitement du langage figuré peu familier comme une situation nouvelle, certains auteurs ont formulé l'hypothèse selon laquelle les fonctions exécutives sont sollicitées dans son traitement. Afin de tester cette hypothèse, la majeure partie des études s'appuient sur l'examen de différences inter-individuelles, posant ainsi l'hypothèse que si des différences individuelles en fonction des capacités de fonctions exécutives sont observées, alors ces fonctions exécutives sont impliquées dans le traitement des métaphores. L'inhibition et la mémoire de travail sont les deux principales fonctions exécutives étudiées dans le cadre du traitement des métaphores. L'inhibition est définie par Miyake *et al.* (2000) comme la capacité à inhiber volontairement une réponse dominante et automatique, telle qu'évaluée dans une tâche de type Stroop. Selon les mêmes auteurs, la mémoire de travail appartient à un système de mise à jour et de contrôle de l'information nécessaire et pertinente à la réalisation d'une tâche.

Des auteurs ont cherché à modéliser certaines fonctions exécutives dans la compréhension des métaphores, sur la base du modèle computationnel établi par Kintsch (2000) en y intégrant les capacités de mémoire de travail. Dans ce modèle, les significations des mots sont représentées dans un espace sémantique, également formalisable par un réseau associatif, dont les forces d'associations peuvent être fondées sur la cooccurrence de termes dans des corpus (Landauer *et al.*, 1997). Des mots proches dans cet espace dont la force d'association

est forte sont considérés comme des voisins sémantiques. Dans le cas du traitement de métaphores nominales en contexte, ce modèle suppose une activation des concepts correspondant au contexte, au thème et au véhicule de la métaphore. Un processus de diffusion d'activation va étendre l'activation initiale aux associés sémantiques des concepts explicitement traités, indépendamment du contexte. Puis, un processus d'intégration se met en place permettant de maintenir activées les caractéristiques communes aux associés sémantiques du thème et du véhicule alors que les autres sont désactivées. Par exemple, dans la métaphore « *cet étudiant est un percolateur* », certaines caractéristiques de « *percolateur* » seraient initialement activées et nécessiteraient ensuite d'être désactivées (« *café* », « *expresso* », « *filtre* ») alors que d'autres seraient maintenues (« *pression* », « *extraction* ») permettant de dériver une signification en cohérence avec le contexte (exemple : « *il est productif lorsqu'il est sous pression* »)¹⁷.

Pierce *et al.* (2010) ont cherché à éclaircir le rôle de la mémoire de travail au regard de ce modèle en testant notamment les différences inter-individuelles de capacité en mémoire de travail dans le traitement de métaphores. Dans leur étude, les auteurs ont utilisé l'effet d'interférence de la signification métaphorique (Glucksberg, Gildea, & Bookin, 1982). Ce principe repose sur un effet Stroop : il s'agit de demander aux participants de juger de la véracité de la signification littérale d'une expression. Il y a effet d'interférence lorsque les participants mettent plus de temps à identifier des métaphores (« *certains métiers sont des prisons* » ; « *certaines routes sont des serpents* ») comme littéralement fausses que des métaphores dites « *mêlée* »¹⁸ (« *Certains métiers sont des serpents* »). Cet effet est interprété comme le résultat de l'activation automatique de la signification métaphorique qui interfère avec celle de la signification littérale. Les auteurs ont également mesuré les capacités en mémoire de travail des participants et ont montré que les participants avec les meilleures capacités en mémoire de travail étaient ceux présentant une moindre sensibilité à l'effet d'interférence de la signification métaphorique. D'après ces auteurs, de bonnes capacités en mémoire de travail permettraient une sélection plus rapide et précise des propriétés pertinentes dans le modèle computationnel

¹⁷ Ce modèle ne suppose pas de différence de traitement entre les métaphores et les énoncés littéraux. L'une des différences dans le traitement de ces deux types d'énoncés résulterait du nombre de voisins communs des termes, moins importants pour les métaphores.

¹⁸ Ces métaphores sont construites en mélangeant les véhicules des différents stimuli métaphoriques et sont littéralement fausses et pas facilement interprétables. Cette interprétabilité pose éventuellement une limite dans la mesure où certaines métaphores mêlées semblent plus interprétables (« *certaines métiers sont des serpents* », sur la base de la propriété *venimeux*) que d'autres (« *certaines métiers sont des oiseaux* »).

de Kintsch (2000) par une optimisation de la stabilisation du réseau représentant les propriétés communes de deux termes.

De même, Chiappe et Chiappe (2007) ont conduit une étude dans laquelle des métaphores nominales plus ou moins ambiguës étaient présentées aux participants et pour lesquelles ils devaient produire une interprétation ; les temps de latence entre la présentation des métaphores et l'interprétation étaient enregistrés. Des mesures des capacités de mémoire de travail et d'inhibition étaient également recueillies. Les résultats de leur étude ont montré que les individus présentant de meilleures capacités de mémoire de travail produisaient une interprétation plus appropriée et ceci plus rapidement que des individus avec de moins bonnes performances en mémoire de travail. De plus, les auteurs ont mis en évidence que cette influence de la mémoire de travail était en grande partie due à de meilleures capacités d'inhibition et ont interprété cet effet par la nécessité d'inhiber les caractéristiques non saillantes du véhicule de la métaphore (voir également Glucksberg *et al.*, 2001).

L'effet de capacités exécutives dans la compréhension de métaphores verbales est moins étudié. Columbus *et al.* (2015) ont présenté à des participants des métaphores comprenant un verbe familier ou non familier avec ou sans contexte ainsi que leurs équivalents littéraux dans une tâche de lecture avec enregistrement des temps de fixations oculaires. Les capacités de contrôle exécutif des participants étaient mesurées par la version AX du *Continuous Performance Test* (AX-CPT ; Braver *et al.*, 2001) mesurant l'habileté cognitive générale et dans laquelle les participants doivent appuyer sur une touche lorsqu'un X est précédé d'un A et sur une autre touche dans les autres cas (BY, condition contrôle et BX). Les auteurs n'ont pas retrouvé d'interaction entre ces capacités et l'effet de la familiarité de l'expression. Toutefois, ils ont observé que les individus avec de meilleures capacités de contrôle exécutif mettaient plus de temps à lire le verbe lorsqu'il était précédé d'un contexte orientant l'interprétation (littérale ou métaphorique) mais mettait globalement moins de temps à lire l'énoncé dans sa globalité que les participants avec de moins bonnes capacités de contrôle exécutif. Ceci suggère que de meilleures capacités exécutives permettent de maintenir l'information contextuelle en mémoire pour dériver plus facilement la signification métaphorique.

Les études sur le rôle des fonctions exécutives dans la compréhension des métaphores comportent selon nous certaines limites dont la principale concerne la mesure de ces fonctions.

Par exemple, l'empan de mots (Pierce *et al.*, 2010) qui est une tâche d'empan simple, est un moindre prédicteur des capacités cognitives et n'évalue qu'une partie de la mémoire de travail (Macnamara, Moore, & Conway, 2011).

2.3.2. Les compétences langagières

L'impact du niveau intellectuel général sur la compréhension des métaphores a été peu étudié, certainement en raison du manque de précision de la mesure au regard des processus cognitifs sollicités. L'une des études qui s'y est intéressée a utilisé la technique des PE. Dans cette étude, Kazmerski, Blasko & Dessalegn (2003) ont présenté à des participants des énoncés métaphoriques modérément familiers du type X est un Y (« *le castor est un bucheron* »), des énoncés littéraux (« *le marteau est un outil* ») ou des métaphores mêlées (« *la rumeur est un bucheron* ») en utilisant le paradigme de l'effet d'interférence de la signification métaphorique. Il était donc attendu que les participants mettent plus de temps à accepter les métaphores comme littéralement fausses que les métaphores mêlées. Cet effet d'interférence a été retrouvé et s'est traduit par une plus grande amplitude de la N400 pour les métaphores mêlées comparativement aux métaphores. De plus, les individus ayant les plus hauts scores de quotient intellectuel (QI) ont montré un plus grand effet d'interférence ainsi qu'une plus grande amplitude de N400 que les individus ayant des scores de QI plus faibles. Dans une seconde phase de leur étude, les auteurs ont également montré que cet effet du niveau du QI pouvait être expliqué par un effet des capacités de mémoire de travail et de compétences langagières : les premières permettant d'intégrer les informations pour dériver un sens et les secondes étant liées à l'étendue du stock de vocabulaire et la richesse du réseau sémantique.

Toutefois, des études ont montré que l'étendu du stock de vocabulaire ne pouvait pas expliquer entièrement la qualité de la compréhension des métaphores nouvelles. Par exemple, Jones et Stone (1989) ont étudié les performances de compréhension de métaphores nominales nouvelles chez des adolescents présentant un trouble spécifique du langage. Si les performances de ces adolescents étaient inférieures à celles des adolescents au développement typique, les auteurs n'ont pas observé de corrélation entre ces performances et les connaissances en vocabulaire (évaluées par le PPVT-R¹⁹), suggérant que ces connaissances n'étaient pas suffisantes pour comprendre les métaphores nouvelles. Cependant, une interprétation avancée

¹⁹ *Peabody Picture Vocabulary Test-Revised*. Ce test mesure les connaissances en vocabulaire à l'aide d'une procédure d'appariement mot/image.

par les auteurs serait une connaissance insuffisante des acceptions secondaires des mots chez les adolescents présentant un trouble spécifique du langage. De même, Mashal et Kasirer (2012) ont comparé des enfants présentant des troubles des apprentissages et des enfants au développement typique sur une tâche de décision sémantique à choix multiples comprenant notamment des paires de mots pouvant former des métaphores conventionnelles et nouvelles. Les enfants présentant des troubles des apprentissages ont montré des performances moindres que les autres enfants dans la compréhension des métaphores conventionnelles mais des performances équivalentes pour les métaphores nouvelles. En d'autres termes, les enfants au développement typique qui possèdent un stock de vocabulaire plus abouti et un accès à cette information plus facile bénéficient d'un avantage dans la compréhension du langage figuré conventionnel, dont les significations seraient stockées en mémoire. Alors que dans le cas des métaphores nouvelles qui requerraient un processus dynamique de création de signification, les connaissances liées au vocabulaire ne seraient pas suffisantes. Ces mêmes auteurs (Mashal & Kasirer, 2011) ont comparé les performances d'enfants atteints d'un trouble du spectre autistique (TSA), d'enfants atteints de troubles des apprentissages et des enfants au développement typique et n'ont pas retrouvé de différences significatives entre ces groupes sur la compréhension de paires de mots formant des métaphores nouvelles, dans une tâche à choix multiples. Ils ont toutefois noté que la capacité des enfants atteints de TSA à comprendre les métaphores nouvelles était liée à deux fonctions exécutives impliquées dans le langage : la capacité à alterner entre différentes significations d'un mot et la capacité à accéder au stock lexical.

Carriedo *et al.* (2016) ont cherché à distinguer les fonctions exécutives des capacités de raisonnement verbal et ont montré que ces capacités cognitives sont à la base de stratégies de compréhension de métaphores nouvelles non contextualisées. Ils ont en effet observé que les enfants, jusqu'à 11 ans, s'appuient plus sur le raisonnement verbal (analogique : « *le citron est à l'aigre, ce que le miel est au sucré* » ; inclusion de classes : trouver le terme commun à *citron* et *miel*) que sur les fonctions exécutives pour comprendre les métaphores. Les fonctions exécutives (principalement la mise à jour de la mémoire de travail) sont plus sollicitées vers l'âge de 15 ans où leur fonctionnement est plus optimal. De manière inattendue, les fonctions exécutives tendent à être moins sollicitées chez les jeunes adultes (*i.e.* 21 ans), peut-être en raison d'une plus grande expérience de la métaphore ou de connaissances sémantiques plus complètes. Les connaissances sémantiques, la capacité à raisonner sur ces connaissances et les fonctions exécutives participent donc à la compréhension des métaphores nouvelles.

Résumé

Ce que nous pouvons interpréter de ces études est qu'un stock lexical développé est une condition certainement nécessaire à la compréhension des métaphores nouvelles mais non suffisante et que des processus dynamiques d'extraction de significations secondaires et d'associations sémantiques sont mis en œuvres. Il est toutefois intéressant de constater que les mesures comportementales échouent parfois à mettre en évidence un effet de facteurs inter-individuels dans les tâches de compréhension des métaphores. Ainsi, dans l'étude de Mashal et Kasirer (2012), ni les connaissances sémantiques, ni le raisonnement analogique, ni la flexibilité mentale n'expliquaient les performances des enfants au développement typique à une tâche de décision sémantique à choix multiples. Nous pourrions en conclure que les compétences mesurées ne constituent pas de bons prédicteurs de la compréhension des métaphores. Toutefois, une autre interprétation peut être faite : ces facteurs pourraient ne pas influencer le choix de la signification la plus appropriée mais pourraient tout de même avoir un impact sur les processus engagés ainsi que sur les bases cérébrales de ces processus. L'avantage des études en neuroimagerie est de pouvoir tester le lien existant entre des facteurs cognitifs (exemple : compétences verbales, fonctions exécutives) et des mesures fines telles que celles des composantes PE ou encore l'activité de régions cérébrales sollicitées dans la compréhension des métaphores. La section suivante a donc pour objectif de présenter les principales études comportementales et de neuroimagerie permettant de mettre en évidence à un niveau plus précis de mesures les différences de traitements entre les métaphores nouvelles et les expressions littérales en termes de nature des processus, de leur temporalité et des bases cérébrales les sous-tendant.

3. Processus cognitifs et bases cérébrales de la création de significations nouvelles dans la métaphore

3.1. Des processus et de leur temporalité dans le traitement des métaphores nouvelles

L'une des problématiques majeures inhérente à la falsification des différents modèles de compréhension des métaphores est liée à l'interprétation des différences de temps de traitement. Parvenir à mettre en évidence une différence de temps de traitement entre les métaphores nouvelles et des énoncés littéraux ne permet pas de spécifier la nature des processus cognitifs : Est-ce que le temps additionnel reflète un traitement de la signification littérale ? Le contexte entraîne-t-il une modulation dans la mise en œuvre des processus cognitifs ? Enfin, peut-on observer des différences inter-individuelles dans la nature et la temporalité des traitements des métaphores ?

L'électroencéphalogramme (EEG) qui permet la mesure de potentiels évoqués (PE) apporte des éléments de réponse à certaines de ces questions et est de fait, de plus en plus utilisé dans le domaine de l'étude de la métaphore. Sa grande précision temporelle nous autorise à distinguer les traitements précoces et tardifs de la métaphore nouvelle. Les deux principales composantes étudiées dans le cadre de la métaphore sont la N400 et les composantes tardives positives, LPC²⁰ (*Late Positive Components*). La N400 est caractérisée par un pic d'amplitude survenant environ 400 ms après l'apparition d'un stimulus et est sensible aux caractéristiques linguistiques susceptibles de moduler le traitement sémantique. De récentes revues de la littérature suggèrent que cette composante reflète un processus d'accès à la mémoire sémantique (Brouwer, Fitz, & Hoeks, 2012 ; Kutas & Federmeier, 2011). La seconde composante, LPC, traduirait un second processus dans la chaîne de traitement de l'information linguistique qui consisterait en l'intégration de l'information sémantique (Kuperberg, Sitnikova, Caplan, & Holcomb, 2003), syntactique (Friederici, 1995 ; Hagoort, 2003) ou pragmatique (Spotorno, Cheylus, Van Der Henst, & Noveck, 2013). Selon Kuperberg (2007),

²⁰ La nomenclature utilisée dans la littérature pour les composantes tardives positives n'est pas toujours claire. LPC est parfois utilisé pour désigner une composante P600 (Davenport & Coulson, 2011) ou P3 (Polich, 2012). De plus, il y a un certain débat quant à la topographie des composantes positives dans les fenêtres tardives. Certains auteurs suggèrent que la P600 reflète différents processus se distinguant par différentes topographies (Friederici, 2002) mais d'autres restent sceptiques quant à cette interprétation (Federmeier, Wlotko, De Ochoa-Dewald, & Kutas, 2007). Par souci de clarté, nous utiliserons le terme LPC pour désigner toute composante positive survenant après la N400.

cette composante traduirait un processus combinatoire lorsque les résultats de deux traitements distincts (*e.g.* sémantique et syntactique) entrent en conflit.

3.1.1. *Que nous apprennent les études en PE sur l'effet de la nouveauté des métaphores ?*

La plupart des études en PE portant sur la compréhension de la métaphore nouvelle se sont intéressées à la métaphore nominale ou aux paires de mots formant des expressions au sens littéral, métaphorique nouveau ou familier. Par exemple, Arzouan, Goldstein et Faust (2007a) ont présenté à des participants des paires de mots formant des expressions littérales (« *feu brûlant* »), métaphoriques dites conventionnelles (« *tempête conscience* »), nouvelles (« *intentions transparentes* ») ou sans signification (« *canapé indirect* ») avec une tâche de décision sémantique (étude 1 et étude 3) ou de lecture passive (étude 2). Leurs résultats ont montré que l'amplitude de la N400 suivait un gradient allant – en partant de l'amplitude la moins négative – des expressions littérales aux expressions métaphoriques familières puis nouvelles et enfin aux expressions sans signification (voir également Gold, Faust, & Goldstein, 2010, pour des résultats tendanciellement similaires). Bien que les résultats soient à moduler en fonction des types de tâches et du nombre d'items, il en ressort principalement que les métaphores nouvelles se différencient sur cette composante des métaphores familières et des expressions littérales. Ce résultat met en avant deux faits importants dans le traitement des métaphores : une différence entre les métaphores nouvelles et les métaphores familières d'une part et entre les métaphores nouvelles et les expressions littérales d'autre part. La première différence souligne notamment que la seule variable de figurativité (c'est-à-dire une distinction langage littéral vs langage figuré) ne suffit pas à expliquer la différence de compréhension entre les différentes métaphores et justifie donc la distinction entre les métaphores nouvelles et familières.

Cette distinction est renforcée par les résultats de l'étude de Goldstein, Arzouan et Faust (2012). Ces auteurs ont cherché à mettre en évidence une différence de processus en fonction du degré de familiarité des expressions, hypothèse consistante avec le modèle du *devenir de la métaphore* (Bowdle & Gentner, 2005). Pour cela, ils ont présenté dans un premier temps des items aux participants en leur demandant d'explicitement le sens de la moitié d'entre eux. Puis dans un second temps (durant la phase de test avec enregistrement EEG), ces mêmes items étaient présentés avec la consigne d'effectuer une tâche de décision sémantique. En plus de retrouver

la tendance graduelle de modulation de l'amplitude de la N400, préalablement mentionnée, les auteurs ont également observé que les métaphores nouvelles dont les participants avaient explicité le sens dans la première phase suscitaient une amplitude de N400 moins élevée que celles non explicitées, effet non retrouvé pour les expressions littérales²¹.

Ces deux études (Arzouan *et al.*, 2007a ; Goldstein *et al.*, 2012) montrent une plus grande difficulté de compréhension des métaphores nouvelles comparées aux métaphores conventionnelles ou familières et expressions littérales à travers les modulations de la N400. Les auteurs interprètent cette difficulté en termes de traitement sémantique différentiel, et plus particulièrement en termes de recouvrement différent des concepts et des connaissances en mémoire traduit par la N400 (Kutas & Federmeier, 2000). Rappelons-nous, dans ces études, les participants devaient traiter des paires de mots à un niveau suffisamment profond pour accéder à leur signification. Les paires littérales de mots et les paires métaphoriques conventionnelles ne devaient pas entraîner de difficulté d'accès en mémoire sémantique : pour les premières, la signification de chacun des mots qui composent la paire suffit à en découler la signification globale par composition, alors que pour les secondes, la signification globale est récupérée dans notre mémoire parce que stockée à force de répétitions. En revanche, les paires métaphores nouvelles et les paires non liées devaient requérir une recherche ou création de signification plus coûteuse en ressources cognitives.

Pour en revenir aux différents modèles, même s'il est possible d'admettre que cette augmentation de l'amplitude de la N400 pour les métaphores nouvelles par comparaison aux métaphores familières reflète un traitement littéral initial suivi d'un rejet de cette signification littérale, l'observation de différences de traitement entre les métaphores familières et nouvelles n'est pas en accord avec le *modèle pragmatique standard*. En effet, ce modèle ne fait pas de distinction entre les métaphores conventionnelles et nouvelles et ne peut expliquer l'absence de différences entre les métaphores conventionnelles et les expressions littérales observée dans l'étude d'Arzouan *et al.* (2007a). En revanche, les résultats de Goldstein *et al.* (2012) semblent cohérents avec l'*hypothèse de la saillance* de Giora (2003). En effet, il est probable que la phase d'exposition aux métaphores nouvelles et leur explicitation par les participants dans l'étude de Goldstein *et al.* (2012) a rendu leur signification métaphorique plus saillante lors de la phase de

²¹ Un effet inverse a été observé pour les métaphores familières (une amplitude plus élevée pour celles explicitées) que les auteurs interprètent par rapport au *devenir de la métaphore* (Bowdle & Gentner, 2005), comme un glissement du processus de catégorisation vers un processus de comparaison résultant de la nécessité de récupération d'une signification conventionnelle, ancrée en mémoire.

test, expliquant la réduction de l'amplitude de la N400 : l'accès à la signification en mémoire est facilité.

Un second point à souligner concernant les résultats de ces deux études (Arzouan *et al.*, 2007a ; Goldstein *et al.*, 2012) est relatif à la différence significative observée sur l'amplitude des composantes tardives positives entre les paires métaphores nouvelles et les autres paires : une amplitude moins élevée pour les paires métaphores nouvelles comparativement à celle des autres paires. Ce résultat apparaît contre-intuitif lorsqu'il est mis en correspondance avec l'hypothèse d'une intégration de l'information au sein d'une phrase (Kaan, Harris, Gibson, & Holcomb, 2000). En effet, nous pourrions nous attendre à ce que l'intégration de l'information soit plus difficile pour les métaphores nouvelles que pour les autres expressions, intégration plus difficile reflétée par une plus grande amplitude de la LPC. L'une des interprétations envisageables est que la nature des items, des paires de mots, ne favorise pas cette intégration. À l'appui de cette interprétation, nous pouvons observer que dans l'étude de Goldstein *et al.* (2012), les paires de mots formant des métaphores nouvelles qui avaient été explicitées par les participants dans la phase d'exposition entraînaient une plus grande amplitude de la LPC que celles qui n'avaient pas été explicitées. Il est possible que pour les métaphores explicitées les participants aient recherché l'explicitation qu'ils avaient antérieurement formulée, simulant ainsi un processus de ré-analyse de la signification construite par eux dans la phase d'exposition.

Si les études avec des paires de mots apportent des informations intéressantes quant au traitement de métaphores, d'autres ont intégré des formes plus complexes, telle que la métaphore nominale. L'étude de Pynte *et al.* (1996) fut l'une des premières à utiliser de tels énoncés plus ou moins familiers (« *Ces courtisans sont des encensoirs* » ; « *Ces bébés sont des agneaux* »). Cependant, alors que la comparaison des énoncés métaphoriques aux énoncés littéraux a permis de mettre en évidence une amplitude de la N400 plus importante pour les énoncés métaphoriques par rapport aux énoncés littéraux, aucune différence significative n'a pu être observée entre les énoncés métaphoriques les plus familiers et ceux moins familiers. Notons que la LPC n'a pas non plus fait l'objet de différences significatives. Lai *et al.* (2009) ont, quant à eux, utilisé des énoncés dits mixtes²² fondés sur une association entre une source et une cible dont la relation pouvait être littérale (*GUERRE/GUERRE* : « *Chaque soldat du front a été attaqué* »), métaphorique conventionnelle familière

²² Rappel : énoncés non exclusivement nominaux, exemples : « *Chaque point de notre argumentation a été attaqué* » ; « *Leur style a pris une nouvelle direction* » ; « *La colère qu'il ressentait était chaude* ».

(*GUERRE/ARGUMENTATION* : « *Chaque point de mon argumentation a été attaqué* »), métaphorique nouvelle (*GUERRE/TEMPS* : « *Chaque seconde de notre temps a été attaquée* ») ou sans signification (*GUERRE/METEOROLOGIE* : « *Chaque goutte de pluie a été attaquée* »). Ces auteurs ont noté que dans une première fenêtre temporelle correspondant à la N400, les énoncés littéraux différaient des autres énoncés mais que par la suite (sur une fenêtre proche de la N400 : 440-560 ms²³), les métaphores nouvelles et les phrases sans signification entraînaient une plus grande amplitude que les autres types de phrases. Autrement dit, si les deux formes de métaphores sont perçues *a minima* comme sémantiquement incongruentes, seules les métaphores nouvelles requièrent un processus additionnel ou un processus cognitif plus coûteux de recherche d'information sémantique en mémoire.

3.1.2. *Que nous apprennent les études en PE sur l'effet du contexte dans la compréhension des métaphores nouvelles ?*

La question du rôle du contexte sur le traitement de ces métaphores nouvelles a également été posée dans la littérature. Dans deux autres manipulations, Pynte *et al.* (1996) ont manipulé l'effet du contexte, en plus de l'effet de familiarité, en ajoutant un contexte à chacune des expressions métaphoriques nominales : pertinent ou non pertinent. Ils ont observé que le contexte avait un effet sur l'amplitude des composantes N400 et LPC, contrairement à la familiarité des métaphores. En effet, un contexte non pertinent entraînait une plus grande amplitude de la N400 et une moindre amplitude de la LPC alors que le contexte pertinent provoquait des résultats inverses. Bien que comportant certains biais tels que l'absence de tâche comportementale ou le caractère relativement familier des métaphores, cette étude met en évidence l'importance du contexte dans les processus précoces et tardifs de la compréhension des métaphores.

Tartter, Gomes, Dubrovsky, Molholm et Vala Stewart (2002) ont cherché à répliquer cette étude en utilisant des énoncés mixtes peu familiers, accompagnés d'un contexte minimaliste (exemple : « *L'orchestre a rempli la salle de concert avec ____* »; métaphore nouvelle : « *un rayon de soleil* » ; littérale : « *de la musique* » ; non-sens : « *de la grêle* »). Le contexte était ainsi congruent avec la signification des énoncés métaphoriques ou littéraux. Les résultats ont montré que l'amplitude de la N400 ne différait pas significativement entre les

²³ La nature de cette composante est peu claire mais est interprétée comme reflétant la continuité du processus entamé par la N400.

énoncés métaphoriques nouveaux et les énoncés littéraux. Ce résultat laisse penser que le contexte est suffisant pour permettre l'accès direct à une signification métaphorique, comme le suppose le *modèle d'accès direct* (Gibbs, 2001). Toutefois, cette absence de différence est à pondérer par l'obtention d'une différence significative entre les énoncés sur une composante précoce représentative de processus de bas niveau (N200) et interprétée par les auteurs comme sensible aux violations d'attentes générées par les métaphores.

Des études plus récentes apportent également quelques éclairages sur cette question du rôle du contexte dans le traitement des métaphores. Weiland *et al.* (2014) ont utilisé des énoncés nominaux métaphoriques modérément familiers²⁴ (« *Ces lobbyistes sont des hyènes, si vous croyez l'instituteur* ») et littéraux (« *Ces carnivores sont des hyènes, si vous croyez l'instituteur* ») et ont mis en évidence une plus grande N400 et LPC pour les énoncés métaphoriques par rapport à des énoncés littéraux. De plus, la présentation d'une amorce liée à la signification littérale du véhicule (« *fouurrure* ») a réduit l'amplitude de la N400 et augmenté la latence de la LPC (toute différence avec les énoncés littéraux restant significative), suggérant un effet du contexte même lorsque celui-ci amorce la signification littérale de la métaphore, interprétation en opposition avec le *modèle d'accès direct*. Il est toutefois possible que l'effet du contexte soit différent pour les métaphores nouvelles. Ainsi, Yang, Bradley, Huq, Wu et Krawczyk (2013) ont utilisé des énoncés de formes similaires mais des métaphores exclusivement nouvelles et n'ont pas retrouvé de différence significative entre les métaphores et les énoncés littéraux sur la N400 mais une différence significative sur une composante tardive positive à l'inverse de l'étude de Weiland *et al.* (2014). En effet, des métaphores pour lesquelles la signification littérale du véhicule était amorcée (tel que dans l'étude de Weiland *et al.*, 2014 ; *aigre* – « *Cette fille est un citron* ») engendraient une amplitude de la LPC plus petite que celle des énoncés littéraux (*aigre* – « *Ce fruit est un citron* »), eux-mêmes entraînant une amplitude de la LPC plus petite que celle des métaphores amorcées par la signification littérale de la cible (*sarcastique* – « *Cette fille est un citron* »). Les auteurs ont interprété ce résultat comme inconsistant avec le *modèle d'accès direct* : la signification attendue dans les énoncés du type *sarcastique* – « *Cette fille est un citron* » ne facilitant pas le traitement de l'énoncé.

D'une manière générale, ces études confirment l'hypothèse d'un effet du contexte sur les processus précoces voire tardifs de traitement de la métaphore nouvelle. Les résultats obtenus sont malgré tout à pondérer selon la manipulation du contexte qui peut être consistant

²⁴ Score moyen de familiarité : M = 3.05 (ET = 1.38) sur une échelle de 1 (expression non connue) à 5 (expression bien connue).

avec la signification métaphorique sans toutefois orienter vers cette signification. Weiland *et al.* (2014) et Yang *et al.* (2013) ont cherché à démontrer l'effet du traitement de la métaphore nouvelle lorsque le contexte activait l'acception littérale de l'un des termes de la métaphore mais cela ne fournit que peu d'informations sur l'effet d'un contexte orientant vers la l'interprétation figurée d'une expression métaphorique. Une étude de Bambini, Bertini, Schaeken, Stella et Di Russo (2016) a cherché à tester cet effet du contexte facilitant l'accès à une interprétation métaphorique sur les composantes N400 et P600. Dans une première manipulation, les auteurs ont présenté aux participants des énoncés dans un contexte minimal (« *Tu sais ce qu'est cet avocat ? Un requin* ») et ont retrouvé une plus grande amplitude de la N400 et de la P600 pour les énoncés métaphoriques en comparaison aux littéraux, conformément à la littérature. Toutefois, lorsque la métaphore était intégrée dans un contexte orientant vers son interprétation figurée (« *Cet avocat est vraiment agressif. C'est un requin* »), les auteurs ont observé cette fois une absence de différence significative sur l'amplitude de la N400 entre les métaphores et les énoncés littéraux. Notons qu'aucun effet n'a été observé sur la P600. Cette étude montre que les processus précoces de traitement de la métaphore (traduits par la N400) sont sensibles au contexte. Cet effet du contexte sur l'amplitude de la N400 est en accord avec l'hypothèse d'un processus de recherche en mémoire sémantique : l'effet facilitateur du contexte résulterait d'une diminution de l'effort de recherche d'une signification pertinente. Toutefois, l'absence d'effet du contexte sur l'amplitude de la P600 suggère que les processus tardifs ne sont pas affectés par un contexte facilitateur. Selon Bambini *et al.* (2016), cette composante intervient dans le traitement pragmatique de la signification, ce qui signifierait que le contexte dans ces études ne faciliterait que l'accès à une signification lexicale et non à l'interprétation de la signification figurée.

Résumé

De plus en plus d'études s'intéressent à la mesure des PE dans la compréhension des métaphores nouvelles et malgré une certaine hétérogénéité, trois résultats tendent à se dégager de ces études. Tout d'abord, les métaphores nouvelles entraînent une plus grande amplitude de la composante N400 (Arzouan *et al.*, 2007a), en raison du caractère nouveau de leur signification, nécessitant un processus sémantique plus coûteux. D'autre part, les données relatives aux composantes tardives positives apparaissent moins robustes : leur amplitude est notée comme plus importante pour des paires littérales de mots que pour des paires métaphoriques de mots (Arzouan *et al.*, 2007a ; Goldstein *et al.*, 2012) mais peu de données existent pour d'autres formes plus complexes d'énoncés métaphoriques. Enfin, un effet facilitateur du contexte a été mis en évidence sur le traitement des métaphores nouvelles avec une réduction de l'amplitude de la N400 (Bambini *et al.*, 2016) et dans certains cas une réduction de l'amplitude des composantes tardives positives (Yang *et al.*, 2013).

3.2. Cartographie cérébrale des processus de traitement et de compréhension de la métaphore nouvelle

La résolution temporelle de l'EEG permet une grande précision quant à l'interprétation du déroulement temporel des processus engagés dans le traitement des métaphores nouvelles. Toutefois, sa résolution spatiale est relativement faible et l'interprétation de la spécialisation hémisphérique reste limitée. Or certains auteurs ont soulevé la question de la spécialisation hémisphérique lors du traitement de la métaphore avec l'hypothèse d'une participation plus importante de l'hémisphère droit (Giora *et al.*, 2000 ; Giora, 2003 ; Jung-Beeman, 2005). Des études comportementales utilisant un paradigme DVF²⁵ ont mis en évidence un effet facilitateur de présentation dans l'hémichamp gauche (information traitée par l'hémisphère droit) pour le traitement de paires de mots pouvant former une expression métaphorique nouvelle et ceci à des SOA courts (400 ms) et longs (1100 ms) (Faust & Mashal, 2007 ; Mashal & Faust, 2008). Ceci suggère que l'hémisphère droit est capable d'activer et de maintenir des significations distantes et non saillantes, confirmant les prédictions de l'*hypothèse de la saillance* (Giora, 2003) et de la *théorie du codage distant* (Jung-Beeman, 2005).

Toutefois, l'hypothèse d'une spécialisation de l'hémisphère droit dans le traitement des métaphores nouvelles n'est pas confirmée par toutes les études. En effet, Forgács, Lukács et Pléh (2014), qui ont comparé le traitement de paires de mots métaphoriques et littérales, conventionnelles et nouvelles, n'ont pas retrouvé d'effet facilitateur lors de la présentation en hémichamp gauche des paires nouvelles, qu'elles soient littérales ou métaphoriques. D'une manière générale, toutes les paires de mots sont traitées plus rapidement et avec plus de précision par l'hémisphère gauche que par l'hémisphère droit, résultat non conforme aux prédictions des modèles attribuant un rôle spécifique de l'hémisphère droit dans le traitement des métaphores nouvelles.

Des arguments méthodologiques peuvent être avancés pour expliquer cette hétérogénéité des résultats. En effet, nous trouvons une grande variabilité méthodologique sur les SOAs – SOA de 400 à 1100 pour Faust et Mashal (2007) et Mashal et Faust (2008) et de 800 ms pour Forgács *et al.* (2014) – et des études utilisant essentiellement des paires de mots.

²⁵ *Divided Visual Field*, Paradigme consistant à présenter un mot de manière très rapide soit dans la partie droite, soit dans la partie gauche du champ visuel. Un effet de facilitation hémisphérique est observé lorsque le temps de réaction et/ou le taux de bonne réponse varie en fonction du champ visuel.

Notons toutefois que bien que ces études suggèrent l'absence d'un rôle spécifique de l'hémisphère droit, il reste envisageable que les deux hémisphères participent au traitement des métaphores nouvelles mais en sollicitant des régions différentes. En effet, si les études en DVF apportent des informations sur un effet facilitateur global des hémisphères dans le traitement, elles ne permettent pas de distinguer les différentes régions cérébrales engagées dans le traitement de l'information. Une analyse plus fine est probablement nécessaire afin de tester l'hypothèse d'une asymétrie hémisphérique dans le traitement des métaphores. Ainsi, Azouan, Goldstein et Faust (2007b) ont appliqué une analyse de localisation de source du signal électrique enregistré par un EEG, permettant d'inférer les régions cérébrales sources de la génération des composantes PE dont la N400 et les LPC. Ces auteurs ont montré que bien que toutes les formes d'expressions requéraient la mobilisation de régions dans les deux hémisphères cérébraux, des asymétries hémisphériques apparaissaient pour les métaphores nouvelles dans des fenêtres temporelles correspondant à la N400 et la LPC, dans des régions frontales et temporales. Des résultats similaires ont été obtenus par Sotillo *et al.* (2005) qui ont demandé à des participants de juger du degré de correspondance (haut *vs* bas) entre un énoncé métaphorique nouveau (« *Un tube furieux qui siffle et hurle* ») et un terme associé (« *train* ») ou non associé (« *loup* ») à la signification métaphorique de l'énoncé. Une plus grande amplitude de la N400 dont la source se situait principalement dans la partie postérieure du gyrus temporal supérieur droit, a été observée pour les termes associés à la signification métaphorique.

Si la question de la spécialisation hémisphérique dans la compréhension du langage non littéral demeure importante, la réponse ne peut être réduite à une seule différence de latéralisation hémisphérique. En effet, il a été démontré, d'une part que des régions spécifiques de l'hémisphère gauche et droit étaient spécialisées dans le traitement de certains aspects du langage et d'autre part, qu'il existait une interaction entre les régions hémisphériques gauches et droites lors de ces traitements (Vigneau *et al.*, 2006, 2011). Considérant cette spécialisation de régions cérébrales et la communication inter-hémisphérique dans le traitement du langage, une analyse plus précise des substrats neuronaux de la compréhension des métaphores nouvelles, basée sur des processus de création de signification, est nécessaire. À cet égard, l'IRMf constitue un excellent outil, puisque disposant d'une grande résolution spatiale, rendant les inférences quant aux régions cérébrales sollicitées plus pertinentes.

3.2.1. Quelle participation des aires « classiques » du langage ?

À l'image des études utilisant la mesure de potentiels évoqués, les données issues de méthodologie IRMf semblent parfois manquer de consensus. Cette hétérogénéité provient vraisemblablement aussi bien du matériel utilisé (paires de mots, phrases nominale simples, phrases complexes), des caractéristiques des items (métaphores nouvelles, adjectivales, nominales), de la nature de la tâche (décision sémantique, lecture passive) que de la méthode d'analyse des données (comparaison de l'activité cérébrale globale, analyse par régions d'intérêt). Cependant, des activations robustes ont été observées lors du traitement des métaphores nouvelles de différents types (nominales, phrases simples, phrases complexes) dans les régions fronto-temporales gauches (couramment observées dans la compréhension du langage, et ceci avec différentes tâches (lecture passive, Ahrens *et al.*, 2007; catégorisation sémantique, Mashal *et al.*, 2005, 2007).

Régions frontales gauche

Le gyrus frontal inférieur gauche (GFI ; Figure 4), et plus particulièrement l'aire de Broca correspondant classiquement au GFI gauche *pars triangularis* (GFITri) et *pars opercularis* (GFIOpe), a longtemps été considéré comme impliquée dans la production du langage (Geschwind, 1970). Or, il apparaît aujourd'hui que les régions frontales inférieures gauches sont également sollicitées lors de la compréhension du langage. À titre d'illustration, prenons la méta-analyse de Vigneau *et al.* (2006) visant à éclaircir

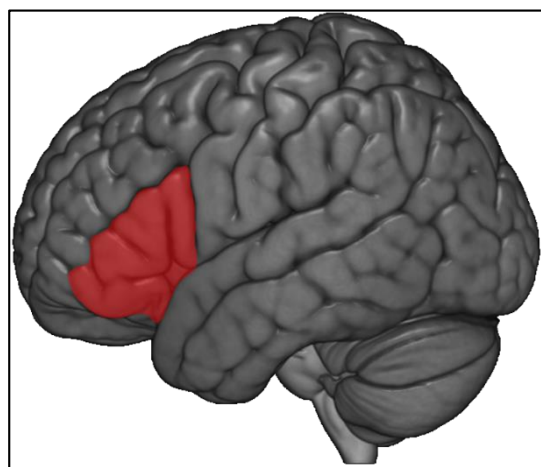


Figure 4 : Représentation du gyrus frontal inférieur gauche

la participation des régions frontales, temporales et pariétales gauche dans divers aspects du traitement du langage dont le traitement sémantique. Ces auteurs montrent que le GFI *pars orbitalis* et le GFI *pars opercularis* participent au traitement sémantique par le recouvrement d'informations sémantiques et que certaines parties du GFIOpe et GFITri sont impliquées dans le traitement sémantique de phrases. Si les études relatives aux substrats neuronaux sous-

tendant la compréhension de métaphores nouvelles ne sont pas aussi précises en termes de parcellisation des régions cérébrales, l'implication du GFI est un résultat robuste.

Ainsi, une activation du GFI gauche a été observé dans le traitement de paires de mots formant des expressions métaphoriques nouvelles (Mashal *et al.*, 2005, 2007), de phrases nominales simples (Bambini, Gentili, Ricciardi, Bertinetto, & Pietrini, 2011 ; Shibata, Abe, Terao, & Miyamoto, 2007) ou de phrases complexes (Ahrens *et al.*, 2007). L'une des interprétations avancée concernant le rôle du GFI gauche dans le traitement des métaphores a trait à la sélection, parmi plusieurs possibilités, de caractéristiques pertinentes permettant de dériver la signification d'une expression. Par exemple, pour comprendre une expression telle que « *perles larmes* », la caractéristique des perles « *brillantes* » peut-être sélectionnée parmi d'autres « *blanches, lisses, chères* » car plus pertinente par rapport à larmes. Ce processus de sélection et d'intégration requerrait de plus grandes ressources pour les métaphores nouvelles comparées aux métaphores familières, comme l'atteste la diminution d'activation de cette région observée lorsque la familiarité des métaphores augmente (Cardillo *et al.*, 2012 ; Lai, van Dam, Conant, Binder, & Desai, 2015).

Notons toutefois que le GFI gauche a également été mis en évidence dans le traitement d'expressions métaphoriques familières comparées à des expressions littérales (Mashal *et al.*, 2007), laissant penser que cette région n'est pas exclusivement sensible à la familiarité des métaphores mais pourrait également être sensible à la métaphoricité²⁶. Toutefois, Diaz *et al.* (2011) ont observé que le GFI gauche était plus activé lors du traitement d'expressions métaphoriques (nouvelles et familières) comparativement à celui des expressions littérales (nouvelles et familières également) mais aussi lors du traitement d'expressions nouvelles par comparaison avec des expressions familières, qu'elles soient métaphoriques ou littérales. D'après cette étude, la familiarité et la métaphoricité d'une expression semblent bien être des facteurs importants dans la sollicitation du GFI gauche. Cependant, ayons en mémoire que le degré de nouveauté d'une expression est lié à la difficulté de sa compréhension. Schmidt et Seger (2009) ont observé une plus grande activation du gyrus frontal inférieur gauche pour le traitement de métaphores nouvelles difficiles (« *Le succès politique est un château de cartes* ») par rapport à des métaphores nouvelles faciles (« *Une ombre est un morceau de nuit* ») mais

²⁶Il est difficile de distinguer ce qui relève de la métaphoricité et de la familiarité dans les études comparant les métaphores conventionnelles aux expressions littérales, les auteurs partant du principe que seule la métaphoricité les distingue alors que des métaphores conventionnelles peuvent différer des expressions littérales sur le critère de familiarité.

n'ont pas retrouvé de plus grande activation pour les métaphores comparées aux expressions littérales.

De plus, le GFI gauche est apparu comme également sensible à l'effet du contexte. Dans une étude, Diaz et Hogstrom (2011) ont présenté à des participants des énoncés nominaux familiers, métaphoriques et littéraux, précédés d'un contexte congruent ou non avec la signification de l'expression. Ils ont bien observé une plus grande activation du GFI gauche lors du traitement des énoncés métaphoriques comparativement aux énoncés littéraux, mais ils ont montré que le GFI gauche était sensible à l'effet principal du contexte, avec une plus grande activation pour les énoncés précédés d'un contexte congruent. Ces résultats sont cohérents avec la supposition que le GFI gauche participe à la sélection et l'intégration de l'information sémantique.

Enfin, une récente méta-analyse de Rapp, Mutschler et Erb (2012) a permis de montrer que le GFI était une région impliquée dans le traitement du langage non littéral dont celui des métaphores mais également celui des expressions idiomatiques ou de l'ironie. Au regard des études intégrées dans la méta-analyse, les auteurs attribuent trois principales fonctions au GFI gauche : la sélection et l'évaluation de significations, l'intégration de la signification d'un mot dans une phrase et l'intégration de connaissances générales pertinentes au contexte rencontré.

Régions temporales gauches

En plus du GFI gauche, des régions temporales supérieures, moyennes et inférieures gauches (Figure 5) ont été retrouvées lors du traitement des métaphores nouvelles, que ce soit avec des paires de mots ou des énoncés nominaux (Ahrens *et al.*, 2007 ; Diaz *et al.*, 2011 ; Mashal *et al.*, 2007 ; Rapp, Leube, Erb, Grodd, & Kircher, 2004). Cette participation des régions temporales gauches est cohérente avec l'observation des réseaux activés lors du traitement sémantique du langage en général (Vigneau *et al.*, 2006). Toutefois, un découpage ventro-dorsal ne semble pas suffisant pour spécifier le rôle des régions temporales dans le traitement des métaphores nouvelles. À titre d'illustration, Diaz *et al.* (2011)

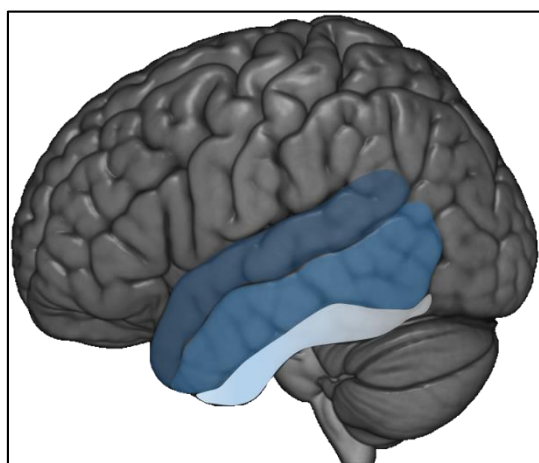


Figure 5 : Représentation des gyri temporaux supérieur, moyen et inférieur

ont montré que la partie postérieure du gyrus temporal moyen était activée lors du traitement des expressions métaphoriques et littérales, qu'elles soient nouvelles ou familières. Ils ont aussi observé une plus grande activation de cette région pour les métaphores (*versus* énoncés littéraux) et pour les énoncés peu familiers (*versus* énoncés familiers). Ces résultats suggèrent que la partie postérieure du gyrus temporal moyen n'est pas sensible à la seule figurativité. Seule la partie antérieure du gyrus temporal moyen y apparaît exclusivement sensible avec une plus grande activation lors du traitement des métaphores en comparaison à celui des énoncés littéraux.

Ainsi, ces résultats permettraient d'attribuer un rôle différent à la partie postérieure, qui serait sollicitée lors du traitement sémantique général et qui serait sensible à la nouveauté et la figurativité, et à la partie antérieure, davantage sensible à la seule figurativité dans la compréhension des métaphores. Néanmoins, ces deux parties seraient liées au processus de traitement sémantique des métaphores nouvelles. Cette interprétation est cohérente avec la méta-analyse de Ferstl, Neumann, Bogler et Von Cramon (2008) qui a révélé que les parties antérieures et postérieures du lobe temporal étaient impliquées dans le traitement sémantique et le traitement du discours alors que la région intermédiaire était plus impliquée dans le traitement perceptif du langage. Considérant ces résultats, l'activation plus importante des régions temporeales antérieures et postérieures retrouvées lors du traitement de métaphores nouvelles serait le reflet d'une plus grande difficulté d'intégration sémantique. Toutefois, les régions temporeales auraient des fonctions différentes de celles du GFI. Rappelons par exemple que Jung-Beeman (2005) propose pour le GFI, une fonction de sélection de l'information sémantique et pour les parties respectivement postérieures et antérieures des régions temporeales, une fonction d'activation et d'intégration sémantique. Pour aller plus loin, Vigneau *et al.* (2006) suggèrent que certaines régions frontales inférieures gauches seraient sollicitées lors du recouvrement contrôlé d'informations sémantiques alors que le pôle temporal procéderait de l'encodage et de la recherche en mémoire à long terme de matériel linguistique et les régions plus postérieures, du maintien en mémoire de travail d'informations verbales.

Autres régions cérébrales gauches

En plus de ces régions frontales et temporales, d'autres régions ont été identifiées lors du traitement sémantique des métaphores nouvelles, notamment le lobule pariétal inférieur (LPI) et la jonction pariéto-temporo-occipitale (JTPO) (Figure 6). Ces deux régions contiennent le gyrus supramarginal et le gyrus angulaire (GA). Il s'agit de régions corticales situées dans le prolongement de la partie postérieure du lobe temporal et donc, au carrefour des lobes temporaux et pariétaux, rendant parfois imprécise la localisation d'activations au sein de ces régions (Binder & Desai, 2011). Ces régions ont été retrouvées dans certaines études telles que celle menée par Bambini *et al.* (2011) dans laquelle le traitement de métaphores familières et peu familières (« *Tu sais ce qu'est ce danseur ? Une libellule* ») et celui d'énoncés littéraux a été comparé. L'étude de Diaz et Hogstrom (2011) a confirmé que le gyrus angulaire était sensible à la figurativité mais également à l'effet du contexte. De plus, Mashal, Faust, Hendler et Jung-Beeman (2009) ont observé une plus grande activation de cette région pour des métaphores nouvelles et des expressions littérales par rapport à des expressions sans signification. Enfin, Subramaniam, Faust, Beeman et Mashal (2012) ont montré que l'exposition répétée à des métaphores conventionnelles diminuait l'activité du gyrus supramarginal et que l'exposition répétée à des métaphores nouvelles augmentait l'activité de cette même région, suggérant que cette région jouait un rôle dans la récupération, le renforcement et l'intégration sémantique. Ces données suggèrent un rôle d'intégration sémantique des régions pariétales inférieures gauches dans la compréhension du langage. Binder, Desai, Graves et Conant (2009) ont conduit une méta-analyse portant sur les études en IRMf du traitement sémantique et ont observé une importante densité de pics d'activations dans le GA gauche et les régions proches, attestant de leur implication dans une grande variabilité d'aspects du traitement sémantique dont l'intégration et le recouvrement conceptuel.

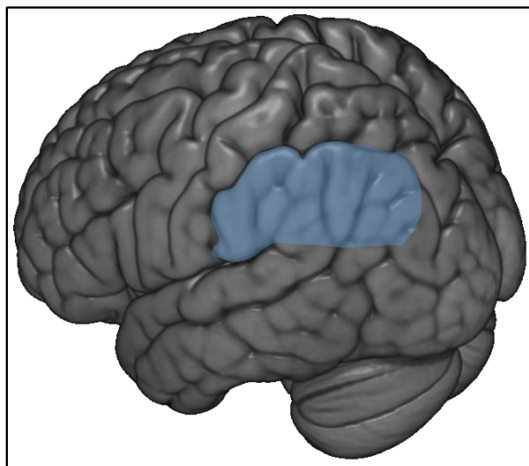


Figure 6 : Représentation du lobule pariétal inférieur

3.2.2. *Quelle participation de l'hémisphère droit ?*

La question de l'implication de l'hémisphère droit dans le traitement des métaphores nouvelles reste ouverte à discussion. Précisons d'ailleurs que certains auteurs ont tenté de répondre à la question d'une spécialisation de l'hémisphère droit dans le traitement des métaphores (e.g. Lee & Dapretto, 2006) alors que d'autres ont essayé de mettre en évidence les facteurs pouvant entraîner la participation de l'hémisphère droit dans le traitement des métaphores (Lai *et al.*, 2015). Indépendamment de ces aspects, les données de la littérature sur la question de l'implication de l'hémisphère droit dans le traitement des métaphores manquent de consensus.

En effet, certaines études n'ont pas mis en évidence une participation ou une spécialisation hémisphérique droite dans le traitement de métaphores nouvelles. Par exemple, Mashal *et al.* (2009) ont observé uniquement l'activation de régions temporales gauches lors du traitement d'énoncés métaphoriques mixtes (« *Nous avons éteint la lumière de nos intentions* »). De même, Rapp *et al.* (2004) ont observé un réseau fronto-temporal gauche pour le traitement de métaphores nominales nouvelles mais aucune activation de régions droites. Toutefois, suggérant qu'une tâche de valence (signification positive vs négative) est susceptible d'entraîner une asymétrie hémisphérique due au traitement du contenu émotionnel, Rapp *et al.* (2007) ont testé la différence de latéralisation des régions fronto-temporales en fonction des tâches, plus particulièrement une tâche de valence et une tâche de décision sémantique (signification métaphorique vs littérale). Les résultats de leur étude n'ont montré aucune différence significative dans les régions cérébrales cernées (régions frontales, temporales, hippocampe et précuneus) ni en fonction de la figurativité (énoncés métaphoriques vs littéraux) ni en fonction de la tâche (valence vs décision sémantique).

Parmi les études qui ont mis en évidence des activations cérébrales droites dans le traitement des métaphores, nous trouvons celle de Yang, Edens, Simpson et Krawczyk (2009). Ces derniers ont obtenu une plus grande activation de régions situées dans l'hémisphère droit pour des métaphores nominales nouvelles comparées à des énoncés littéraux dans une tâche d'imagerie et de valence. Ils ont également retrouvé une plus grande participation de l'hémisphère droit pour des énoncés « redondants » (« *Elle est une femme* ») plus difficiles à traiter dans ces mêmes tâches de valence et d'imagerie. Dans l'ensemble, les résultats de cette étude suggèrent que l'hémisphère droit est plus sensible au facteur de difficulté de traitement des expressions qu'au facteur de figurativité ou aux variations de tâches. Notons cependant que les activations obtenues se situaient dans les régions postérieures pour la tâche d'imagerie et

antérieures pour la tâche de valence, soulignant la possibilité d'une spécificité des régions cérébrales selon la nature des items (*i.e.* une plus grande activation frontale droite pour les énoncés redondants) et la nature de la tâche (*i.e.* de plus grandes activations postérieures pour la tâche d'imagerie et antérieures pour la tâche de valence).

Le GFI est la région droite la plus rapportée dans la compréhension des métaphores. Il a effectivement été montré que le GFI droit était sensible à certaines des caractéristiques des métaphores nouvelles, telle que la nouveauté et la figurativité (Diaz *et al.*, 2011). De plus, cette même région a été observée comme également sensible à l'effet du contexte lors du traitement de métaphores et d'énoncés littéraux, tout comme le pôle temporal droit et le cortex préfrontal médian (Diaz & Hogstrom, 2011). Enfin, l'étude de Prat *et al.* (2012) a montré que des régions de l'hémisphère droit étaient également différemment sollicitées en fonction des capacités cognitives impliquées dans le traitement du langage. Dans leur étude, des énoncés nominaux (« *Elle disait de lui : "C'est un prince" »* ») étaient présentés dans trois contextes différents, respectant un gradient de difficulté de traitement : neutre (« *Elle a rencontré son mari au lycée »* »), littéral (« *Tout le monde était excité à l'idée du sang royal de son mari »* »), orientant vers une interprétation métaphorique (« *Son mari anticipait tous ces besoins »* ») ou vers une interprétation ironique avec un contexte contrasté (« *Son mari ne l'aidait jamais dans la maison »* »). Des évaluations des capacités linguistiques (stock de vocabulaire) et de mémoire de travail (empan de lecture) des participants ont également été réalisées. Une corrélation entre ces capacités cognitives et les activations cérébrales propres à chaque condition a montré que les individus présentant de moins bonnes capacités sollicitaient de manière plus importante des régions fronto-temporales droites. Plus précisément, une corrélation négative entre les scores obtenus au test de vocabulaire et l'activité du GFI droit a été observée dans les contextes neutre et contrasté. Ce même GFI droit a été observé activé pour la condition orientant vers une interprétation métaphorique, en plus de régions frontales gauches et temporo-pariétales droites. Les corrélations avec les capacités en mémoire de travail ont mis en évidence des activations plus ciblées et localisées au niveau du cortex cingulaire et des régions occipitales gauches. Cette étude montre que de faibles capacités de vocabulaire se traduisent par une participation de l'hémisphère droit, notamment au niveau de régions homologues au réseau fronto-temporal gauche impliqué classiquement dans le langage. Les auteurs interprètent ce résultat par un phénomène de compensation de ressources cognitives, expliquée par un effet nommé « *spillover*²⁷ » (Prat, Mason, & Just, 2011). D'après ces auteurs, l'hémisphère droit servirait de

²⁷ « Débordement »

réserve de ressources cognitives dans le traitement du langage. Il serait moins compétent et moins spécialisé que l'hémisphère gauche pour traiter du langage et ne serait sollicité que lorsque le traitement de stimuli linguistiques dépasserait les capacités de traitement de l'hémisphère gauche. Cette hypothèse est cohérente avec l'idée que les métaphores nouvelles requièrent les mêmes processus de compréhension que le langage littéral mais aussi de plus grandes ressources, en raison de certaines caractéristiques telles que leur nouveauté ou leur difficulté de traitement.

L'activation du GFI droit parfois rapportée dans les études sur la métaphore nouvelle est cohérente avec les résultats de la méta-analyse de Rapp *et al.* (2012) qui a rapporté une activation robuste de cette région dans le langage non littéral (expressions idiomatiques, métaphores et ironies) et plus particulièrement pour les métaphores et les expressions nouvelles. Ce résultat est en partie discuté selon la *théorie du codage distant* (Jung-Beeman, 2005) qui rejoint dans une certaine mesure l'idée d'une compensation par l'hémisphère droit. En effet, cette théorie stipule un rôle spécifique pour les régions temporales postérieures, frontales et temporales antérieures dans le traitement sémantique (respectivement activation, sélection, et intégration sémantique). De plus, elle suppose une participation bilatérale de ces régions avec la spécificité suivante : l'hémisphère gauche traiterait du codage sémantique fin alors que l'hémisphère droit traiterait du codage sémantique distant. D'autres hypothèses et modèles permettent de rendre compte de la cartographie cérébrale du traitement des métaphores nouvelles. Par exemple, Bambini *et al.* (2011) proposent trois composantes associées à certaines régions cérébrales. La première composante correspondrait à un module de traitement conceptuel et pragmatique basé dans le gyrus frontal bilatéral et le gyrus angulaire gauche ; le gyrus frontal serait responsable de l'intégration de représentations lexicales et des connaissances générales en rapport au contexte alors que le gyrus angulaire jouerait un rôle dans des processus sémantiques et conceptuels de haut niveau telles la construction et l'intégration de la signification métaphorique au contexte. La deuxième composante serait attentionnelle et ses bases cérébrales seraient situées au niveau des régions préfrontales et cingulaires antérieures. Elle permettrait la sélection de significations pertinentes par rapport au contexte. Enfin, la troisième composante permettrait l'inférence des intentions d'autrui (TdE) et solliciterait le sillon temporal supérieur droit.

Résumé

Malgré une hétérogénéité des méthodologies, les études en IRMf tendent à mettre en avant la participation d'un réseau fronto-temporal gauche dans le traitement des métaphores nouvelles (Bohrn *et al.*, 2012). Bien qu'il soit difficile de conclure quant à la spécialisation fonctionnelle des régions de ce réseau au regard de ces études, il apparaît qu'elles sont sensibles à divers facteurs tels que la métaphoricité, la familiarité, l'effet du contexte et des capacités cognitives. De plus, et en accord avec l'*hypothèse de la saillance* (Giora, 1997, 1999, 2002, 2003) et de la *théorie du codage distant* (Jung-Beeman, 2005), l'hémisphère droit serait également sollicité. Cependant, cette participation de l'hémisphère droit reste ouverte à discussion puisqu'elle pourrait être le résultat de facteurs de difficulté de traitement (Yang *et al.*, 2009) et sensible aux différences inter-individuelles (Prat *et al.*, 2012) et non uniquement sensible au traitement des métaphores.

4. Conclusion

Quels sont les processus de traitement de la métaphore nouvelle et quels en sont les substrats neuronaux ?

Les principaux modèles présentés répondent différemment à cette question. Pour le *modèle pragmatique standard* (Grice, 1975 ; Searle, 1979), la compréhension de la signification figurée passe nécessairement par le traitement de la signification littérale de l'énoncé qui sera ensuite rejetée par l'interlocuteur afin d'en dériver la signification métaphorique en lien avec le contexte. C'est le modèle par étapes pour lequel la signification littérale tient une place prépondérante. Le *modèle d'accès direct* (Gibbs, 1994, 2002) suppose, quant à lui, que l'étape de traitement et de rejet de la signification littérale n'est pas nécessaire. Selon ce modèle, un contexte suffisamment informatif permet d'accéder directement à la signification figurée. Enfin, l'*hypothèse de la saillance* (Giora, 2003) relègue le contexte au second plan et postule un traitement prioritaire de la signification saillante du mot ou de l'expression, la saillance étant fondée sur des critères tels que la conventionnalité ou la familiarité. La signification congruente avec le contexte serait bien évidemment activée mais ne pourrait en aucun cas interférer avec la signification saillante.

Les données issues d'études comportementales et d'EEG apportent quelques éléments quant à la temporalité et la nature des processus engagés *via* l'examen de composantes précoces (N400) et tardives (LPC). D'une manière générale, les métaphores nouvelles entraînent une plus grande amplitude de la N400 (Arzouan *et al.*, 2007a ; Lai *et al.*, 2009) qui traduirait un processus sémantique de recherche de signification (Brouwer *et al.*, 2012 ; Kutas & Federmeier, 2011). Dans le cas de la métaphore nouvelle, il s'agirait d'un processus plus coûteux que pour les énoncés littéraux, en raison de l'incongruité sémantique de l'expression métaphorique. Cette interprétation est conforme avec les études mettant en évidence une réduction de l'amplitude de la N400 lorsque le contexte oriente vers la signification métaphorique, ce contexte facilitant la recherche d'information sémantique congruente (Bambini *et al.*, 2016). Les résultats sont moins robustes pour les composantes tardives positives sensées refléter un processus d'intégration sémantique (Kuperberg *et al.*, 2003), syntaxique (Friederici, 1995 ; Hagoort, 2003) ou pragmatique (Spotorno *et al.*, 2013). Notons toutefois que certaines études ont montré une plus grande amplitude de ces composantes pour des paires de mots littérales comparées à des paires métaphoriques (Arzouan *et al.*, 2007a ; Goldstein *et al.*, 2012) et que le contexte peut

avoir un effet facilitateur sur le traitement d'énoncés métaphoriques et réduire l'amplitude de ces composantes (Yang *et al.*, 2013).

Les données issues d'études utilisant l'IRMf permettent de mettre en évidence les substrats neuronaux sous tendant ces processus. Il a été mis en évidence un réseau fronto-temporal gauche dans le traitement des métaphores nouvelles avec ou sans contexte, comprenant notamment le gyrus frontal inférieur (Ahrens *et al.*, 2007 ; Bambini *et al.*, 2011 ; Mashal *et al.*, 2007) et les régions temporales (Ahrens *et al.*, 2007 ; Diaz *et al.*, 2011 ; Rapp *et al.*, 2004). Selon la *théorie du codage distant* (Beeman & Chiarello, 1998 ; Jung-Beeman, 2005), les parties postérieures des régions temporales, le GFI et les parties antérieures des régions temporales procéderaient respectivement à l'activation, la sélection et l'intégration de l'information sémantique. Une activation des régions homologues droites ont été observées dans certaines études (Diaz & Hogstrom, 2011 ; Rapp *et al.*, 2012 ; Yang *et al.*, 2009). Ces régions qui seraient sensibles à la difficulté de traitement des énoncés métaphoriques nouveaux.

Enfin, il apparaît que les différences inter-individuelles en termes de capacités de fonctions exécutives (Chiappe & Chiappe, 2007 ; Pierce *et al.*, 2010) ou de compétences verbales (Mashal & Kasirer, 2012) influencent le traitement des métaphores nouvelles. Ces données se trouvent en partie corroborées par les liens observés entre l'activation de régions cérébrales sollicitées dans le traitement des métaphores et les capacités en mémoire de travail (Prat *et al.*, 2011).

Les études des processus de traitement des métaphores nouvelles au travers de leurs caractéristiques (*e.g.* la nouveauté) et des facteurs pouvant les influencer (*e.g.* le contexte) ne permettent cependant pas de généraliser les résultats observés à l'ensemble des métaphores. En effet, la métaphore est un phénomène pluriel et chacune de ses formes (*e.g.* nominale « *Ce doctorant est une marmite* » ; verbale « *Ce doctorant alimente son manuscrit* ») comporte une certaine spécificité, au moins grammaticale. Peu d'études se sont intéressées aux traitements cognitifs et aux bases cérébrales mis en œuvre dans la compréhension de métaphores verbales prédicatives. Nous présenterons ces quelques études et leurs résultats dans la problématique avant de présenter nos contributions expérimentales.

Chapitre II - *Il a du temps libre, il rédige sa thèse.* Regards psycholinguistiques et cognitifs sur l'antiphrase ironique

Dans cette seconde partie théorique, nous examinerons la figure de pensée qu'est l'ironie verbale²⁸. Nous chercherons dans un premier temps à circonscrire notre objet d'étude par les différentes définitions proposées dans la littérature scientifique et par la présentation des théories majeures abordant la compréhension de l'ironie verbale. Les principales fonctions et marqueurs de l'ironie seront abordés dans une seconde partie. Les théories de la compréhension de l'ironie, les principaux marqueurs d'intérêt et ses fonctions seront appuyés par la présentation de données comportementales. La présentation des études développementales et de neuropsychologie clinique nous permettra de mettre en évidence l'importance des compétences et processus pragmatiques dans la compréhension de l'ironie. Les études de neuroimagerie (EEG et IRMf) seront présentées dans la dernière partie de ce chapitre et permettront d'appréhender la nature et les substrats neuronaux des processus pragmatiques, essentiellement inférentiels.

1. L'ironie verbale : définitions et principales théories

L'ironie est un objet social de communication fréquemment utilisé dans nos échanges oraux (Gibbs, 2000) et écrits (Whalen, Pexman, & Gill, 2009). Elle revêt différentes formes, rendant sa distinction du langage non ironique difficile, et ne résulterait pas systématiquement d'un acte délibéré (Gibbs, 2012). En outre, elle exerce un certain nombre d'effets sur la cible, notamment au niveau émotionnel (Leggitt & Gibbs, 2000), et impacte les relations sociales de façon bénéfique ou délétère (Colston, 1997 ; Dews & Winner, 1995 ; Gibbs & Colston, 2002). Comprendre l'ironie nécessite la mise en œuvre de processus cognitifs de haut niveau qu'il convient de caractériser. Mais avant tout, il est nécessaire de définir ce que nous entendons par « ironie verbale ».

²⁸ Nous emploierons par la suite le terme « ironie » pour désigner l'« ironie verbale ».

1.1. Qu'est-ce que l'ironie verbale ?

Vous avez conduit une étude relativement complexe sur les processus cognitifs sous-jacents à la compréhension du langage figuré. Les résultats vous semblent suffisamment intéressants pour mériter une soumission dans une revue internationale de qualité. Après avoir passé de longues semaines à écrire votre manuscrit et à le retravailler avec les co-auteurs, vous le soumettez. Trois mois plus tard, une expertise agressive, négative et qui vous semble peu argumentée de votre manuscrit vous revient. Vous en faites part à l'un des co-auteurs qui vous dit :

« Ce manuscrit a eu un grand succès. »

Dans cet exemple, l'énoncé du co-auteur sera considéré par une grande majorité de personnes comme ironique. D'autres énoncés pourraient également être perçus comme ironiques, telle que la litote « *Ce ne fut pas une expertise complètement positive* » ou l'hyperbole « *Ils ont carrément crucifié ton manuscrit* ». Notons également que certaines formes d'ironie ne se définissent pas par un énoncé particulier mais plutôt par une situation. C'est l'exemple de l'arroseur arrosé (mis en scène par les frères Lumière), de l'apiculteur qui développe une allergie aux piqûres d'abeilles ou même de Roméo qui se suicide lorsqu'il apprend « la mort » de Juliette²⁹. Ces exemples font référence à l'ironie situationnelle qui apparaît souvent de manière non intentionnelle et qui est interprétée comme ironique par l'audience (Gibbs, 2012 ; Lucariello, 1994). La distinction entre l'ironie verbale, issue d'un énoncé et l'ironie situationnelle rend difficile la validité d'une définition unitaire. L'objet de notre étude étant l'ironie verbale, nous écartons l'ironie situationnelle de nos propos et allons tenter de donner une définition à l'ironie verbale.

La définition originelle de l'ironie verbale stipule qu'une remarque ironique signifie le contraire de ce qui est dit, caractéristique inhérente aux antiphrases ironiques (« *Ce manuscrit a eu un grand succès* » pour signifier l'inverse). Cette définition peut être analysée à la lumière de la conception de Grice (1975) : la remarque ironique viole la maxime de qualité désignant le fait de « ne pas énoncer ce que l'on pense faux ». Cela restreint l'ironie à un procédé d'opposition entre « *ce qui est dit* » et « *ce qui est signifié* ». Or, plusieurs auteurs soulignent le caractère restreint de cette définition originelle, notamment en ce qu'elle ne peut suffire à représenter l'ensemble des formes d'ironies verbales (Attardo, 2013 ; Gibbs & Colston, 2012). En effet, certaines formes d'ironie verbale échappent à cette opposition, telles que les questions

²⁹ Voir Lucariello (1994) pour une discussion plus complète sur l'ironie situationnelle.

rhétoriques (« *N'est-il pas adorable ?* » à propos d'un nourrisson qui pleure toute la nuit) ou les procédés d'atténuation que sont les euphémismes ou les litotes³⁰. Seules les antiphrases ironiques et les hyperboles sont effectivement des procédés d'opposition revenant à dire le contraire de ce que l'on pense et correspondent à cette définition originelle. Il faut également noter que peu d'études se sont intéressées à l'examen de ces différentes formes d'ironie et leurs effets différentiels (Colston & O'Brien, 2000a, 2000b) ou encore aux processus cognitifs engagés dans leur compréhension. La diversité des formes de l'ironie a donné lieu à de nombreuses modélisations (voir Gibbs & Colston, 2007 pour une revue des principales théories)

Si nous nous restreignons à l'ironie verbale, nous pouvons la caractériser comme une figure de pensée (Reboul & Moeschler, 1998) puisque la signification de l'énoncé ne peut se dériver de la signification des termes qui le composent. Ceci rejoint la définition d'Attardo (2002) qui la caractérise comme un phénomène pragmatique, la sémantique d'un énoncé ironique et celle d'un énoncé non ironique ne pouvant être distinguées en dehors du contexte. En d'autres termes, saisir un énoncé ironique nécessite la prise en compte du contexte et la production d'inférences fondées sur les informations contextuelles. Pour compléter cette définition, il est nécessaire de souligner que l'ironie comporte un ensemble d'effets pragmatiques et qu'elle revêt un caractère évaluatif et souvent négatif³¹ (Attardo, 2000a ; Kotthoff, 2003) mais permet également de transmettre de l'humour (Dews, Kaplan, & Winner, 1995 ; Roberts & Kreuz, 1994).

1.2. Comprendre l'ironie : principales théories

De nombreux modèles de compréhension de l'ironie se sont développés (voir Gibbs & Colston, 2012). Ils se distinguent sur de nombreux points : les processus de compréhension engagés, l'intention du locuteur, la distinction entre la signification littérale et figurée, ou encore la place de la signification littérale dans le traitement de l'ironie. Nous allons présenter ici

³⁰ L'une des différences entre ces deux figures réside dans l'effet recherché. Alors que dans l'euphémisme, est recherché l'atténuation d'un fait déplaisant, dans la litote, on affirme moins pour laisser entendre plus.

³¹ Et à plus forte raison pour le sarcasme. Ainsi que nous l'avons mentionné dans l'introduction de ce manuscrit, nous considérons toutefois le sarcasme comme une forme particulière d'ironie verbale. Même s'il existe une différence entre ces deux expressions quant à la cible et les effets pragmatiques sur cette cible (Lee & Katz, 1998), l'examen de certaines études utilisant les techniques de neuroimagerie nous montre que ces expressions partagent des processus et des bases cérébrales communes.

quelques-uns des modèles qui nous semblent les plus importants dans l'histoire et la conception de l'ironie.

1.2.1. L'ironie et l'inférence gricéenne

Les travaux de Grice (1975) et de Searle (1979) ont servi de base à ce que certains nomment le *modèle pragmatique standard* (e.g. Gibbs & Colston, 2012), présenté dans le chapitre précédent. Toutefois, l'approche gricéenne est particulièrement intéressante pour formaliser la compréhension de l'ironie. En effet, les travaux de Grice ont mis en exergue l'existence de significations que l'auteur nomme *non naturelles* et ont renforcé l'idée du processus inférentiel pour décoder l'intention du locuteur.

La conception de Grice est l'une des premières à avoir formalisé la distinction entre « *ce qui est dit* » et « *ce qui est signifié* ». D'après Grice, le locuteur et l'interlocuteur sont engagés dans un *principe de coopération* qui régit l'échange conversationnel afin qu'il reste informatif et à propos. Ainsi que nous avons pu le mentionné dans le chapitre précédent, quatre maximes (Quantité, Qualité, Relation, Modalité ; Tableau 1, p. 25) sous-tendent ce *principe de coopération* et guident les échanges conversationnels. Le respect ou la transgression de ces maximes entraîne le déclenchement d'*implicatures conversationnelles*. Celles-ci s'opposent aux *implicatures conventionnelles* qui découlent de la signification sémantique de l'énoncé. Reprenons l'exemple de Grice (1975) :

(1) *Il est anglais, il est donc courageux.*

De cet énoncé (1), nous pouvons tirer l'*implicature conventionnelle* suivante : « *son courage vient du fait qu'il est anglais* » ou encore « *les anglais sont courageux* ». De fait, les *implicatures conventionnelles* traduisent le sens implicite d'un énoncé à partir de sa signification sémantique (ou celle des mots qui le composent).

À l'inverse, les *implicatures conversationnelles* relèvent de la signification pragmatique et découlent du respect (2) ou de la transgression (3) des maximes conversationnelles.

(2) Locuteur : *Je suis en panne d'essence.*

Interlocuteur : *Il y a un garage au coin de la rue.*

(3) Contexte : *deux collègues assistent à une conférence manifestement ennuyeuse. L'un dit à l'autre : « Quel grand orateur ! »*

Selon Grice, l'ironie est un exemple d'*implicature conversationnelle* dans laquelle la maxime de Qualité (« *Ne pas affirmer ce que l'on pense faux* ») est clairement violée. Par exemple, dans (3), il est clairement connu de l'interlocuteur que le locuteur ne peut vouloir vraiment signifier que le conférencier est quelqu'un capable de captiver son auditoire. Partant du postulat selon lequel il respecte le *principe de coopération*, l'interlocuteur dérive une signification implicite sur la base du contexte, une *implicature conversationnelle*.

Ainsi, d'après le *modèle pragmatique standard* dont Grice est l'un des représentants princeps, la compréhension de l'ironie se fait en étapes. L'interlocuteur traite tout d'abord la signification littérale de l'ensemble de l'énoncé (« *ce qui est dit* ») puis rejette cette signification avant d'inférer une signification ironique, en accord avec le contexte (« *ce qui est impliqué* »). L'étape de traitement de la signification littérale entière de l'énoncé est obligatoire et automatique, contrairement à l'étape d'inférence de la signification figurée, le corolaire étant un temps de traitement plus long pour les énoncés ironiques que pour les énoncés littéraux. Il s'agit probablement du point le plus critiqué par les modèles plus récents (Gibbs, 1994, 2002) et ceux stipulant des processus de traitement identiques pour les énoncés littéraux et non littéraux (Giora, 2003). Une autre critique de cette conception a trait à la définition de l'ironie en tant que violation de la maxime de qualité (voir plus haut) puisque d'autres énoncés que les antiphrases produisent de l'ironie sans toutefois violer cette maxime, tels les euphémismes qui minimisent la vérité mais ne la contredisent pas. Enfin, il est reproché à l'approche gricéenne de ne pas intégrer la valeur évaluative de l'ironie verbale, c'est-à-dire l'expression de l'attitude du locuteur envers un objet ou événement.

Face à ces critiques, Attardo (2000a) a revu cette approche et propose de considérer l'ironie comme un exemple d'énoncé non approprié³² au contexte mais néanmoins pertinent au regard de la conversation et il suggère que le principe de coopération n'est violé que temporairement, l'interlocuteur étant conscient que la signification littérale de l'énoncé ne peut être la signification que le locuteur souhaite transmettre³³.

³² Le caractère inapproprié d'un énoncé renvoie à sa véracité par rapport au contexte.

³³ Il est également intéressant de noter qu'Attardo (2000a) s'est appuyé sur les données de la littérature mettant en évidence un temps de traitement plus long pour les énoncés ironiques que littéraux (Giora & Fein, 1999a ; Giora *et al.*, 2007 ; Schwoebel, Dews, Winner & Srinivas, 2007) et suggère que la saillance de la signification d'un énoncé ironique relève de la maxime de Modalité.

Bien que l'approche gricéenne soit délaissée pour des modèles plus récents, des données de la littérature laissent à penser que dans certains cas, les énoncés ironiques sont traités plus difficilement que les énoncés littéraux (Giora & Fein, 1999a ; Giora *et al.*, 2007 ; Schwoebel *et al.*, 2007).

1.2.2. *L'ironie, mention d'une attitude*

Une autre approche de la compréhension de l'ironie nous vient de Sperber et Wilson (Sperber & Wilson, 1981, 1995 ; Wilson & Sperber, 1992) et s'inscrit dans une conception générale de la communication établie par ces auteurs. D'après ces auteurs, l'intention du locuteur est centrale dans la communication, se rapprochant en cela de l'approche gricéenne. Toutefois, contrairement à Grice, Sperber et Wilson (1995) distinguent deux formes d'intentions : l'*intention informative* et l'*intention communicative*. La première réfère à l'intention d'informer l'audience de quelque chose alors que la seconde rend manifeste à l'audience que le locuteur cherche à transmettre cette *intention informative* précise. De plus, alors que dans la conception gricéenne originelle, plusieurs principes régissent la communication et guident les *implicatures*, Sperber et Wilson (1995) postulent un principe général unique : le *principe de pertinence*.

Ce principe se fonde sur un postulat général du fonctionnement cognitif que l'on peut traduire comme la tendance naturelle à obtenir le maximum d'effets cognitifs (*e.g.* modifications des représentations du monde) avec un minimum d'efforts de traitement. De ce fait, le fonctionnement cognitif général – dont les processus inférentiels qui nous intéressent – tend au maximum de pertinence. Appliqué à la communication verbale, ce principe stipule que :

- 1) *Un énoncé est suffisamment pertinent pour mériter d'être traité.*
- 2) *L'énoncé est le plus pertinent qui soit, compte tenu des compétences et préférences du locuteur.*

Il est également supposé qu'une proposition est énoncée sur ce principe et qu'elle porte un degré maximal de pertinence, c'est-à-dire qu'aucune autre proposition ne pourrait produire les mêmes effets avec moins d'efforts cognitifs de traitement. L'approche de Grice et celle de Sperber et Wilson (1995) se distinguent également en ce qui concerne les processus inférentiels. En effet, alors que Grice les suppose guidés par des normes conversationnelles et essentiellement mis en œuvre dans la communication implicite, Sperber et Wilson (1995)

considèrent qu'ils suivent le principe de moindre effort de traitement et d'effet cognitif maximal et sont tout autant importants pour la communication de ce qui est dit. Ce principe permet également aux auteurs de postuler un accès direct à l'interprétation figurée d'un énoncé, sans nécessiter le traitement de la signification littérale.

Un autre tournant apporté par les travaux de Sperber et Wilson (1995) a été de considérer que les processus pragmatiques (*i.e.* les processus inférentiels) tels qu'initiés par les premiers linguistes ne se réduisaient pas au langage mais sont généralisables au traitement non linguistique. Selon Sperber et Wilson (1995), il y aurait donc une distinction entre les processus linguistiques qui traiteraient des aspects codiques du langage (*i.e. inférences sémantiques*) et les processus pragmatiques qui génèrent les inférences sur la base du traitement codique et des informations contextuelles (*i.e. inférences pragmatiques*).

Dans le cadre de cette conception, l'ironie est conçue comme une mention échoïque³⁴ d'une pensée, opinion, croyance ou norme. Autrement dit, le locuteur fait référence à une pensée ou à une proposition exprimée par une source – qui peut être lui-même, une autre personne ou issue d'une croyance partagée – en y ajoutant sa propre attitude à l'égard de cette proposition. Selon cette théorie, le locuteur qui émet l'énoncé ironique se dissocie de la source de ce à quoi il fait écho, que cela soit une autre personne ou lui-même. De plus, lorsqu'il produit cette mention échoïque, il rajoute par son attitude de la moquerie ou de la critique. Par exemple, lorsque la personne dit « *Ce manuscrit a eu un grand succès* », elle peut faire référence à une croyance naïve que l'auteur victime de l'expertise aurait exprimée auparavant. Dans ce cas, le locuteur prend de la distance avec cette croyance en la mentionnant et en prenant une attitude moqueuse pour souligner, par exemple, le ridicule de la naïveté de l'auteur. D'une autre manière, cette phrase pourrait faire référence à la croyance partagée des auteurs et co-auteurs qui avaient espéré à minima une critique constructive.

L'énoncé ironique exprime alors une attitude plutôt qu'un état de fait. Cette approche de l'ironie se distingue ici aussi de la conception de Grice, puisqu'elle intègre la fonction évaluative de l'ironie. Elle explique également la motivation à utiliser un énoncé ironique dans la mesure où – toujours selon le *principe de pertinence* – il permet d'exprimer de manière

³⁴ Les auteurs réviseront cette théorie et considéreront l'ironie comme une *interprétation* échoïque, dont la *mention* est un cas particulier, permettant d'intégrer dans leur conception des énoncés ironiques qui ressemblerait à ce qui est fait écho sans être identique (voir par exemple Wilson & Sperber, 1992). Cette précision ne modifiant pas les fondements et les prédictions de la conception première, nous nous contenterons de la terminologie originelle.

optimale une pensée et l'attitude du locuteur envers cette pensée. Enfin, selon Sperber et Wilson (Sperber & Wilson, 1981 ; Wilson & Sperber, 1992), le traitement de l'ironie dépend de :

1. La reconnaissance du fait que l'énoncé fait écho à une pensée, croyance, etc.
2. L'identification de la source de cette pensée ou croyance
3. La reconnaissance de l'attitude critique du locuteur envers cette pensée ou croyance

Sans la reconnaissance de l'écho, le traitement de l'ironie n'est pas optimal. Des études ont en effet montré que la mention échoïque facilitait le traitement de l'ironie. Par exemple, Keenan et Quigley (1999) ont présenté à des enfants des énoncés du type :

Un soir, Lucie se préparait pour aller à une fête. Elle était habillée avec sa nouvelle robe de soirée, prête à partir mais n'avait pas ses chaussures de soirée. Lucie ne voulait pas monter les escaliers avec sa belle tenue, elle a donc appelé son frère Linus qui était à l'étage en train de lire. Elle l'appela : « Linus, apporte moi mes belles chaussures rouges, s'il te plaît ! » [Je veux être belle pour la soirée/Il faut que je me dépêche ou je vais être en retard]. Linus, qui était toujours en train de lire, est allé vers le placard de Lucie et a pris par erreur les vieilles chaussures de course de Lucie. Lorsqu'il arriva en bas des escaliers et les donna à Lucie, elle les regarda et lui dit : [Énoncé ironique] « Oh, super. Je vais être vraiment très belle maintenant. »

Pour la moitié des enfants, une phrase liée à l'énoncé ironique « *Je veux être belle pour la soirée* » était insérée dans le contexte alors que pour la seconde moitié, était insérée une phrase non liée (« *Il faut que je me dépêche ou je vais être en retard* »). Les résultats ont montré que les enfants du premier groupe catégorisaient plus fréquemment l'énoncé final comme ironique que les autres enfants, suggérant un effet facilitateur de la mention échoïque³⁵ (voir également Gibbs, 1986 ; Jorgensen, Miller, & Sperber, 1984).

D'autres théories se rapprochent dans une certaine mesure de la *mention échoïque*. Par exemple, Clark et Gerrig (1984) parlent de l'ironie comme d'un jeu de *faux-semblant* de la part du locuteur. Cette théorie a de commun avec la théorie de la *mention échoïque* de souligner que le locuteur exprime une chose à laquelle il n'adhère pas. Toutefois, il n'y a pas d'écho dans cette théorie mais plutôt un jeu de *faux-semblant* auquel le locuteur participe : il se met à la place d'une personne qui pourrait tenir ce discours de manière non ironique. Selon cette théorie, l'adressé doit avoir conscience du jeu de *faux-semblant* du locuteur afin de comprendre l'intention ironique. Dans le même cadre, Kumon-Nakamura, Glucksberg et Brown (2007)

³⁵ Notons que cette différence devient non significative lorsque les remarques sont présentées avec une prosodie ironique.

proposent la théorie du *faux-semblant allusif* qui stipule que l'ironie se caractérise par : une allusion (principalement une non atteinte des attentes par rapport à une situation) et une *insincérité pragmatique*. Selon cette théorie, le locuteur s'exprime au regard d'une attente (si nous reprenons l'exemple : une expertise favorable ou une critique constructive) qui a été déçue (un rejet du manuscrit sans proposition d'amélioration). La violation de la condition de sincérité permet à l'adressé de saisir la déception des attentes et l'attitude du locuteur par rapport à cette déception.

1.2.3. La signification littérale dans la compréhension de l'ironie

La place de la signification littérale dans le traitement d'une expression figurée est souvent un point de divergence entre les différentes théories. Par exemple, dans la conception de Grice (1975), la signification littérale doit être traitée dans son entièreté avant que la signification ironique puisse être inférée. Dans la théorie de la *mention échoïque* de Sperber et Wilson (1981, 1995), la signification littérale d'un énoncé est présente principalement parce que le locuteur exprime une attitude négative envers celle-ci³⁶. Enfin, le *modèle d'accès direct* (Gibbs, 1994, 2002), que nous avons présenté dans le précédent chapitre (p. 26), suppose un accès direct à la signification d'une expression figurée, dont les ironiques. Plus précisément, ce modèle suggère qu'un contexte suffisamment fort et informatif peut affecter de manière significative le traitement de l'énoncé ironique de telle manière qu'il ne serait pas nécessaire de traiter la signification littérale dans son intégralité pour accéder à la signification ironique. En guise d'arguments expérimentaux, Climie et Pexman (2008) ont présenté à de jeunes enfants (âgés de 5 à 8 ans) des scénarii ironiques ou littéraux en mettant en scène des poupées. Il leur a été demandé de juger l'intention du locuteur en choisissant un requin (l'intention d'être sincère, réponse correcte pour les ironies exprimant une critique) ou un canard (l'intention d'être sympathique, réponse incorrecte pour les ironies exprimant une critique). L'observation des regards portés sur les objets-réponses a montré que les enfants portaient majoritairement et très tôt leur attention sur l'objet indiquant la véritable intention du locuteur, suggérant qu'ils accèdent rapidement à la signification ironique sans prendre en compte la signification littérale de l'énoncé.

³⁶ Contrairement à la théorie du *faux-semblant* (Clark & Gerrig, 1984) dont l'attitude réfère à la personne que le locuteur prétend être et qui adhère à l'idée émise (Sperber, 1984).

La théorie proposée par Giora (Giora, Fein, & Schwartz, 1998 ; Giora, 2003) se distingue des autres théories présentées ci-dessus notamment parce qu'elle stipule des différences de traitement entre les remarques ironiques familières et les celles non familières. Cette théorie se fonde sur deux concepts : l'*hypothèse de la saillance* (présentée succinctement dans le premier chapitre concernant les modèles de compréhension de la métaphore, p. 30) et l'ironie comme résultant d'une *négation indirecte*. La première suppose que la signification saillante d'une expression est récupérée directement et automatiquement. Selon cette théorie, la saillance dépend de caractéristiques telles que la familiarité ou la conventionalité. Ainsi, une expression figurée familière (e.g. « *nourrir le débat* ») pourra avoir pour signification saillante, sa signification figurée. *A contrario*, seule la signification littérale d'une expression figurée non familière sera accédée automatiquement. De plus, et contrairement au *modèle d'accès direct*, le contexte joue ici un rôle secondaire dans la mesure où il ne peut empêcher le traitement automatique de la signification saillante. L'*hypothèse de la négation indirecte* stipule, de plus, que l'ironie est une forme de négation sans marqueur explicite de négation. Cette *négation indirecte* repose sur le fait que l'ironie est plus souvent un énoncé affirmatif qui est utilisé pour exprimer un état de fait différant des attentes. Cependant, et contrairement à Grice (1975), Giora (1995) suggère que les deux messages – « *ce qui est dit* » et « *ce qui est signifié* » – de l'énoncé ironique sont activés et maintenus. Une différence entre ces deux messages est ensuite opérée et permet de saisir le degré de disparité entre la réalité et les attentes.

En accord avec cette théorie, Giora et Fein (1999a) ont montré que lors du traitement de remarques ironiques non familières dans un contexte orientant vers la signification ironique, la signification littérale était activée automatiquement et maintenue alors que la signification ironique ne devenait disponible que plus tard. De plus, pour les énoncés ironiques familiers, les deux significations (littérale et ironique) étaient activées et maintenues. Filik et Moxey (2010) ont également observé des temps de lecture plus longs pour des énoncés ironiques (« *Beaucoup de vendangeurs sont motivés !* » ; contexte : *la productivité est faible*) comparés à des énoncés non-ironiques (« *Beaucoup de vendangeurs sont motivés !* » ; contexte : *la productivité est élevée*). De plus, les auteurs n'ont pas observé de différences significatives entre la lecture d'une phrase faisant référence à la signification littérale (« *Ils vont être augmentés* ») ou ironique (« *Ils vont être licenciés* ») de l'énoncé (Filik, Leuthold, Wallington, & Page, 2014 ; Giora *et al.*, 1998).

Résumé

À l'instar des métaphores, l'ironie échappe à une définition englobant ses différentes formes. Si on s'intéresse à l'ironie verbale, nous pouvons retenir qu'il s'agit d'une figure de pensée dont la compréhension requiert la prise en compte du contexte et la mise en œuvre de processus pragmatiques, notamment inférentiels. Ces processus sont caractérisés différemment selon les théories. Par exemple, d'après Grice (1975), les processus inférentiels sont engagés et dirigés par des *normes conversationnelles*. Selon Sperber et Wilson (1981, 1995), les processus pragmatiques ne sont pas spécifiques au langage et les *normes conversationnelles* établies par Grice peuvent se résumer par l'application d'un *principe de pertinence* qui dirige les inférences selon le rapport coût de traitement/effet cognitif. Dans ce cadre, un énoncé ironique pertinent doit être le plus économique en terme de traitement requis et doit avoir le maximum d'impact sur l'interlocuteur.

Les théories présentées ici diffèrent également sur la référence à partir de laquelle l'ironie est inférée : *normes conversationnelles* pour Grice (1975) ; l'*écho* à une pensée pour Sperber et Wilson (Sperber & Wilson, 1981 ; Wilson & Sperber, 1992), un jeu de *faux-semblant* pour Clark et Gerrig (1984) ou encore une *négation indirecte* pour Giora (1995, 2003). Nous retiendrons pour nos propos et notre objet d'étude que l'ironie verbale est implicite, évaluative et requiert la mise en œuvre de processus inférentiels afin d'intégrer les informations pertinentes du contexte dans le but de dériver la signification ou le sens que le locuteur souhaite transmettre.

Il est également intéressant de constater que depuis l'approche de Grice (1975) et celle de Sperber et Wilson (1995), la notion de processus pragmatiques a évolué. Tout d'abord limitée à l'étude des inférences dans la compréhension du langage, elle s'est étendue à d'autres aspects de la communication dans son sens le plus large et se rapproche aujourd'hui de concepts socio-cognitifs tels que les Théories de l'Esprit (TdE). En effets, certains auteurs n'hésitent pas à associer les compétences pragmatiques aux capacités à inférer des états mentaux à autrui en mettant notamment en évidence que le développement des TdE favorise les compétences communicatives (Reboul & Moeschler, 1998).

2. Fonctions, effets et marqueurs de l'ironie

2.1. Les fonctions et effets pragmatiques de l'ironie

Dans le but de clarifier nos propos, nous utiliserons l'expression « effets pragmatiques » pour désigner l'ensemble des modifications cognitives consécutives à la production et compréhension de l'ironie chez le locuteur ou l'interlocuteur (Colston, 2015). Fonctions et effets pragmatiques peuvent être entendus différemment. Ainsi, les fonctions font référence aux raisons pour lesquelles nous utilisons l'ironie et les effets réfèrent aux modifications observables chez les individus. La distinction n'est pas toujours précise dans la littérature, mais fonctions et effets pragmatiques sont liés. De ce fait, nous considérerons les uns et les autres afin de mettre en évidence les buts pragmatiques les plus importants de l'ironie.

L'ironie aurait plusieurs fonctions pragmatiques dont la condamnation, la surprise, la protection ou l'humour (Gibbs, 2000 ; Kreuz, Long, & Church, 1991 ; Roberts & Kreuz, 1994) modulant ainsi les liens sociaux (Gibbs, 1994). Ces fonctions sont décrites et étudiées dans la littérature par leurs effets sur l'interlocuteur et les intentions communicatives qu'il infère au locuteur. D'après l'étude de Roberts et Kreuz (1994), les fonctions que l'ironie permettrait de remplir de façon plus percutante que des énoncés littéraux seraient celle d'exprimer une émotion négative ou d'être humoristique. Si la première de ces deux fonctions semble cohérente avec notre expérience quotidienne et écologique de l'ironie, elle reste insuffisante. « Exprimer une émotion négative » ne suffit pas à rendre compte de la nature et de la complexité des émotions transmises³⁷.

Une étude de Leggitt et Gibbs (2000) nous apporte certains éléments quant à cette question de l'émotion dans l'ironie. Dans une série de manipulations, les auteurs ont demandé à des participants d'évaluer leurs réactions émotionnelles (manipulation 1), ce que le locuteur ressent (manipulation 2) ou ce qu'ils pensent que le locuteur souhaiterait que la cible ressente (manipulation 3) face à certaines formes d'ironies (*e.g.* antiphrase ironique, sarcasme,

³⁷ L'ironie est décrite comme asymétrique (Attardo, 2013) : les énoncés ironiques critiques (une intention négative exprimée *via* un énoncé positif « *Ce manuscrit a eu un grand succès* ») sont plus fréquents que les énoncés ironiques compliments (une intention positive exprimée *via* un énoncé négatif « *Ce manuscrit n'a pas eu un grand succès* » ; dans le cas où le manuscrit aurait été accueilli favorablement). Cette tendance négative se retrouve également dans le versant de la compréhension puisqu'il a été démontré que les énoncés ironiques critiques étaient compris plus tôt et mieux que les énoncés ironiques positifs (Hancock, Dunham, & Purdy, 2007). Cette asymétrie se répercute sur les effets pragmatiques de l'ironie puisque les ironies critiques sont perçues comme plus sincères et les ironies compliments comme plus humoristiques (Filippova & Astington, 2010).

hyperbole). Les deux formes principales d'ironie étudiées, le sarcasme et l'ironie non personnelle, ont entraîné des jugements différents dans les trois conditions de manipulation. Les résultats indiquent que les énoncés sarcastiques ont engendré plus d'émotions négatives de l'ordre de la tristesse, de la colère ou de la répulsion que les expressions ironiques non personnelles. De plus, le locuteur a été perçu comme plus en colère, plus dégoûté et plus dédaigneux lors de l'utilisation du sarcasme plutôt que lors de l'ironie non personnelle. Enfin, l'utilisation de l'ironie non personnelle a entraîné moins d'émotions négatives de l'ordre de la colère et du mépris que le sarcasme. L'ironie verbale apparaît donc être une forme complexe dont les effets émotionnels varient en fonction de la nature de l'expression et de la position : locuteur vs. adressé. Les auteurs attribuent à ces différences des fonctions différentielles d'ordre social : le sarcasme viserait à souligner le comportement négatif d'un individu alors que l'ironie non personnelle permettrait plutôt de préserver l'individu.

Cette interprétation est en accord avec l'*hypothèse de la nuance* de Dews et Winner (1995) qui postule que l'ironie verbale exerce un effet atténuateur. En effet, Dews *et al.* (1995) ont montré que l'ironie (qu'elle ait pour but de critiquer ou de complimenter) était perçue comme plus humoristique que son équivalent littéral. Ils ont également observé que l'ironie pouvait atténuer le message : une critique ironique est perçue comme moins agressive et un compliment ironique comme moins positif. Enfin, et bien que l'effet dépende de la critique d'une mauvaise performance (*e.g.* la cible se dit bon golfeur mais joue très mal) ou d'un comportement négatif (*e.g.* la cible ne vient pas aider alors qu'elle l'avait promis), l'ironie permet à la cible de se sentir moins agressée et au locuteur de montrer un certain degré de contrôle de ses émotions. Il apparaît donc que la critique ironique est perçue moins négativement que la critique littérale, préservant le locuteur et la relation entre le locuteur et la cible de la critique.

L'effet humoristique de l'ironie observé dans les études (Colston & O'Brien, 2000b ; Dews *et al.*, 1995 ; Pexman, Glenwright, Krol, & James, 2005 ; Pexman, Whalen, & Green, 2010 ; Pexman & Zvaigzne, 2004) est consistant avec cette idée de préservation des relations sociales. Il s'agirait d'un effet pragmatique que l'ironie réalise mieux que d'autres expressions telles que les euphémismes, les hyperboles et les expressions littérales (Colston & O'Brien, 2000a, 2000b). Comprendre cet effet requiert des compétences pragmatiques et une expérience sociale développée (Pexman *et al.*, 2005) et ses effets sont difficiles à appréhender lorsque l'individu présente des troubles des compétences sociales (Pexman *et al.*, 2011). Il permettrait notamment de promouvoir une perception positive du locuteur par l'interlocuteur, préservant

ainsi la relation sociale entre les deux. Nous verrons également que l'humour – tout comme d'autres effets pragmatiques – est lié à certains marqueurs de l'ironie tels que le contraste.

Résumé

Les fonctions et effets pragmatiques de l'ironie sont nombreux et certains auteurs considèrent que l'ironie véhicule une grande variété d'effets de faible intensité (Gibbs, 1994; Wilson & Sperber, 1992). Cette diversité d'effets pragmatiques de l'ironie permet de l'utiliser pour atteindre des buts complexes comme critiquer un individu tout en préservant la relation entre le locuteur et l'interlocuteur ou montrer un certain contrôle de ses émotions (Dews *et al.*, 1995). Elle peut également permettre d'exprimer et induire une émotion négative chez l'interlocuteur ou la cible de l'ironie ou attirer l'attention sur un comportement négatif, notamment sous sa forme la plus agressive (Leggitt & Gibbs, 2000). Si nous parlons assez peu de l'ironie positive (i.e. exprimer ironiquement un compliment : « Ce manuscrit n'est pas terrible » à l'auteur dont le manuscrit a été rapidement et positivement expertisé), c'est à cause de l'asymétrie en faveur des ironiques critiques, existant dans le langage courant (Attardo, 2000a). Plusieurs raisons sont invoquées dont une plus grande difficulté de compréhension. Il y a également le risque de mésinterprétation des ironies compliments, puisqu'il s'agit d'exprimer un fait positif par son opposé, une personne qui interprète mal l'énoncé y percevra alors une critique.

2.2. Les marqueurs de l'ironie

Un certain nombre de marqueurs sont admis comme des modulateurs des effets pragmatiques de l'ironie. Si ceux qui nous intéressent concernent principalement les échanges conversationnels, il est intéressant de noter que des marqueurs typographiques existent dans le cas des échanges écrits tels que les points de suspension, les points d'exclamation ou les parenthèses (Whalen *et al.*, 2009)³⁸.

D'une manière générale, ces marqueurs ont une fonction d'accentuation ou d'atténuation des effets de l'ironie. Par exemple, Burgers, van Mulken et Schellens (2012) ont montré que les expressions ironiques à valence évaluative explicite (« *Bien entendu, ces publicités sont très crédibles* » ; contexte : une publicité dégradante pour les femmes montre un enfant qui semble mieux savoir que sa mère quel détergeant choisir) sont perçues comme moins complexes et plus appréciées que les expressions à valence évaluative plus implicite (« *Bien entendu, tous les enfants de 6 ans se préoccupent du détergeant que leur mère utilise* »). De plus, ces auteurs ont également montré que la présence d'un marqueur adverbial dans l'hyperbole (« *Je pense qu'il s'agit d'une publicité extrêmement crédible* ») ou de plusieurs marqueurs d'accentuation (« *Oui, je suis tout à fait convaincu que ce sont des publicités extrêmement crédibles !* ») réduisaient la complexité perçue et améliorait la perception du caractère plaisant de l'énoncé.

2.2.1. Le contraste comme marqueur de l'ironie

La plupart des auteurs s'accordent à considérer que pour comprendre l'ironie, l'interlocuteur doit repérer et résoudre un contraste ou une incongruité entre « *ce qui est dit* » et le contexte (Colston & O'Brien, 2000a ; Colston, 2002 ; Gibbs, 1994 ; Giora, Federman, Kehat, Fein, & Sabah, 2005 ; Ivanko & Pexman, 2003). Bien qu'il n'en soit pas fait mention sous cette dénomination dans l'ensemble des théories sur l'ironie verbale, Garmendia (2014) affirme que chacune d'entre elles traduit, à un niveau ou un autre, l'existence d'un conflit à plusieurs niveaux : entre ce que le locuteur cherche à communiquer et ce qu'il dit, entre le

³⁸ L'utilisation de l'ironie dans le langage écrit est à tel point risqué qu'un « point d'ironie » a été inventé. Attribuée à Marcellin Jobard (journaliste belge parmi d'autres choses), cette ponctuation n'est que peu utilisée et souvent remplacée par les autres marqueurs de ponctuation ou, depuis quelques années, par les smileys.

contenu de l'énoncé et l'attitude exprimée ou plus simplement entre le contexte et l'énoncé³⁹. Considérant les différents procédés ironiques, ce contraste est conçu comme une dimension allant du décalage (*e.g.* euphémismes) à l'opposition (*e.g.* l'antiphrase). De plus, il peut opérer sur une référence perceptible (« *quel temps magnifique* » alors qu'il pleut) ou non perceptible mais partagée (« *Il fait toujours beau en Bretagne* »). Enfin, si le contraste peut être sémantique comme dans les antiphrases ironiques contrefactuelles, il peut également s'observer au travers de la valence évaluative de l'ironie : l'énoncé ironique portant une valence opposée à celle du contexte. Dans ce cas, le contraste est sémantique et de valence évaluative.

Repérer ce décalage ou contraste est une des conditions de la compréhension de la remarque ironique et nécessite l'intégration du contexte d'énonciation. Les données de la littérature laissent penser que le degré de contraste peut engendrer des effets pragmatiques différents.

Colston et O'Brien (2000a) ont par exemple présenté à des participants des énoncés littéraux (« *Eh bien, cela nous pose un gros problème* »), ironiques (« *Eh bien, cela nous met dans une parfaite situation* ») et des litotes (« *Eh bien, cela nous pose un léger problème* ») insérés dans un contexte (*Deux amis arrivent en caisse avec leur caddie plein mais aucun moyen de paiement*). Notons que les énoncés littéraux sont faiblement contrastés au contexte, contrairement aux énoncés ironiques qui expriment également une valence positive opposée au contexte négatif ; les litotes se situant à un niveau intermédiaire de contraste. La tâche des participants était d'évaluer à l'aide d'échelles si les expressions étaient amusantes, critiques, exprimaient une différence entre les attentes et la réalité et si elles protégeaient le locuteur. Les résultats ont montré que les énoncés ironiques et les litotes présentaient des scores plus élevés sur l'ensemble des échelles, l'ironie étant évaluée comme plus amusante, plus critique et exprimant mieux la différence entre les attentes et la réalité par rapport à la litote, exceptée pour la protection du locuteur. Le seul cas où les énoncés littéraux engendrent des scores plus élevés que ceux ironiques concerne le degré de critique et uniquement lorsqu'il n'était pas fait mention de la déception des attentes du locuteur. De plus, dans une seconde étude, ces mêmes auteurs ont observé que les expressions ironiques dont les degrés de contraste variaient avec leur contexte respectif étaient évaluées différemment sur chacun des effets pragmatiques. Ainsi, les expressions ironiques les plus contrastées engendrent des scores plus élevés que celles moins contrastées (Colston & O'Brien, 2000b).

³⁹ Notons que l'auteure souligne que l'ironie ne se limite pas à ce conflit (que nous généralisons sous le terme « contraste ») mais doit accomplir des effets spécifiques tels que la critique ou l'humour.

Ivanko et Pexman (2003) ont quant à eux opérationnalisé le contraste entre le contexte et l'énoncé ironique en accentuant la valence négative de la situation exposée par le contexte. Dans une manipulation de cette étude, les auteurs ont fait varier le contraste entre le contexte et l'énoncé ironique critique pour obtenir des énoncés ironiques faiblement (1.a) ou fortement (1.b) contrastés. Dans une phase de leur étude, la tâche des participants était de juger du caractère sarcastique, moqueur et poli des énoncés (2). Les scores de jugements ont montré que si les énoncés ironiques faiblement et fortement contrastés induisaient une plus forte critique et moquerie que les énoncés littéraux (et inversement pour la politesse), cet effet était plus marqué pour les énoncés ironiques fortement contrastés.

(1) Contexte : *Sam était d'accord pour venir chercher Christophe après l'école.*

(1.a.) *Sam n'est jamais venu chercher Christophe.*

(1.b.) *Sam est arrivé 1 heure en retard et s'est excusé.*

(2) Énoncé :

(2.a.) Ironique : *Sam est un bon ami.*

(2.b.) Littéral : *Sam est un mauvais ami.*

Toutefois, il semblerait que le degré de contraste entre le contexte et l'énoncé ironique ne soit pas systématiquement lié de manière linéaire aux effets pragmatiques de l'ironie. Ainsi, Colston (2002) a manipulé le degré de contraste entre la valence évaluative du contexte et celle de l'énoncé en modulant la valence positive des énoncés. Il a observé que des énoncés ironiques fortement positifs (« *Cet examen était absolument merveilleux* » ; contexte : un examen s'est révélé plus difficile que prévu) induisaient une perception de la situation identique à des énoncés littéraux modérément négatifs (« *Cet examen était dur* ») alors que des énoncés modérément négatifs (« *Cet examen était bien* ») rendaient la perception de la situation moins négative que les énoncés littéraux. De plus, le degré de condamnation exprimé par le locuteur suivait cette tendance : les énoncés littéraux négatifs et l'ironie fortement positive seraient perçus comme plus condamnatoires que les ironies modérément positives. L'étude de Calmus et Caillies (2014) a également mis en évidence un lien non linéaire entre le contraste et

l'humour, opérationnalisés par des jugements de contraste sémantique entre le contexte et l'énoncé et d'humour⁴⁰.

De plus, si le contraste est un marqueur majeur de l'ironie, il peut également entrer en interaction avec d'autres marqueurs pour moduler les effets pragmatiques de l'ironie telle que la capacité à cibler directement ou non une personne. Ainsi, Pexman *et al.* (2010) ont observé que dans un contexte où le degré de contraste est fort (1), les énoncés directs (3) sont perçus comme plus sarcastiques, moqueurs et humoristiques que les énoncés indirects (4) alors que le résultat est inversé lorsque l'incongruité est faible (2). Ceci montre que lorsque le contraste est élevé, un énoncé ironique direct met mieux en évidence ce contraste et la violation des attentes et accomplit mieux les effets pragmatiques de l'ironie.

Contexte : Anne donne à une connaissance un billet d'entrée pour une conférence dans laquelle elle a été invitée à communiquer.

(1) Avant qu'Anne ne fasse 20 minutes de présentation, l'auditoire s'en va.

(2) À la fin de sa présentation, Anne constate que quelques personnes se sont endormies.

Énoncé :

(3) Anne est une bonne oratrice

(4) Certaines personnes captivent les auditoires

2.2.2. Marqueurs prosodiques et faciaux

L'ironie est évidemment présente dans le discours oral et si certains marqueurs sont communs à son équivalent écrit, d'autres sont plus spécifiques aux échanges conversationnels. Attardo (2000b) rapporte quelques-uns de ces marqueurs : l'intonation, la nasalisation, l'accentuation exagérée, l'ajout d'expressions (*e.g.* « *comme tout le monde le sait* »), les mouvements faciaux. Bien que la présence de tous ces marqueurs ne semble pas strictement nécessaire, le traitement d'au moins l'un d'eux faciliterait l'accès à la signification ironique

⁴⁰ Notons que cette relation ne s'applique pas exclusivement aux énoncés ironiques mais à l'ensemble des énoncés (ironiques ou non). Toutefois, si nous considérons le contraste et l'humour comme deux caractéristiques de l'ironie, cela n'exclut pas qu'elles le soient également pour le langage non ironique qui peut être contrasté et humoristique.

(Campbell & Katz, 2012 ; Pexman, 2008). La prosodie constitue sans doute l'un de ces marqueurs le plus étudié pour sa nature et sa fonction. Concernant sa nature, Attardo, Eisterhold, Hay et Poggi (2003)⁴¹ rapportent que plusieurs intonations différentes (*e.g.* plate, interrogative), et différentes variations de hauteur ont été notées comme accompagnant la remarque ironique. En examinant un corpus de vidéos issues de comédies américaines, les auteurs suggèrent néanmoins qu'il n'existe pas de prosodie spécifique à l'ironie mais plutôt des patterns d'intonations contrastant avec le contexte général ou avec l'intonation attendue (Bryant & Fox Tree, 2005). D'autres auteurs ont toutefois noté des spécificités prosodiques dans le cas du sarcasme avec des variations de hauteurs plus importantes (Rockwell, 2000, 2007) et Anolli, Ciceri et Infantino (2002) ont quant à eux montré que des patterns prosodiques pouvaient être distingués en fonction du contexte social (coopération *vs.* conflit) dans lequel émergeait l'ironie. Quoiqu'il en soit, certaines études ont montré que le traitement de la prosodie favorisait la compréhension de la signification ironique, notamment chez l'enfant, particulièrement lorsqu'il doit inférer l'attitude du locuteur (Ackerman, 1983 ; Capelli, Nakagawa, & Madden, 1990 ; Milosky & Ford, 1997). Chez l'adulte, la prosodie semble être un indice supplémentaire rentrant en interaction avec le contexte (Woodland & Voyer, 2011) et faciliterait le jugement du caractère sarcastique des énoncés (Bryant & Fox Tree, 2002).

En plus de la prosodie, d'autres marqueurs ont leur importance dans le traitement d'énoncés ironiques comme l'expression faciale (Attardo *et al.*, 2003 ; Rockwell, 2001) mais aussi des connaissances relatives aux facteurs sociaux tels que la profession du locuteur (Pexman, Ferretti, & Katz, 2000 ; Zalla *et al.*, 2014), le genre (Colston & Lee, 2004) ou même des facteurs individuels voisins de ce qui définirait la personnalité de l'individu (*e.g.* sens de l'humour, tendance au rire et au ridicule) (Bruntsch, Hofmann, & Ruch, 2016).

⁴¹ Attardo a également montré qu'il existait une forme d'expression faciale caractéristique de l'ironie : « blank face » proche d'une forme d'inexpressivité.

Résumé

Les marqueurs sont primordiaux dans la compréhension de l'ironie et de ses effets pragmatiques et certains d'entre eux ont été plus étudiés que d'autres. C'est le cas du contraste, opérationnalisé à différents niveaux selon les études : sémantique, de valence évaluative, de violation des attentes, etc. Ce contraste permet de rendre plus saillant l'énoncé ironique et l'intention du locuteur (Colston & O'Brien, 2000b ; Ivanko & Pexman, 2003). De plus, il semble lié au degré perçu des effets pragmatiques de l'ironie. D'autres marqueurs sont à prendre en compte, notamment dans l'ironie verbale tels que les marqueurs prosodiques (Bryant & Fox Tree, 2002) ou faciaux (Attardo *et al.*, 2003 ; Rockwell, 2001) et permettent, tout comme le contraste, de mieux saisir l'ironie et ses effets.

3. Examen des processus cognitifs de compréhension de l'ironie

D'après Attardo (2002), l'ironie ne peut être comprise que sur la base de sa pragmatique et non de sa sémantique, les énoncés ironiques et non-ironiques ne pouvant être distingués sur la base de leur signification sémantique. Autrement dit, comprendre l'intention du locuteur nécessite d'aller au-delà de *ce qui est dit* pour saisir *ce qui est signifié* sur la base de processus inférentiels (Sperber & Wilson, 1995). Sans rentrer dans un débat théorique, nous pouvons noter que deux types d'inférences ont été étudiés dans la littérature sur l'ironie : les inférences relatives aux informations contextuelles et les inférences relatives aux états mentaux d'autrui (TdE). Nous considérerons ces inférences comme résultant de compétences pragmatiques, puisqu'elles ne s'arrêtent pas au traitement sémantique de l'énoncé ironique et que sans ces compétences, l'ironie n'est pas parfaitement comprise.

3.1. L'importance des compétences pragmatiques dans l'ironie : les échecs de la compréhension de l'ironie

Les compétences pragmatiques sont considérées ici comme l'ensemble des connaissances et processus permettant de saisir l'intention communicative du locuteur au-delà de la signification littérale et sémantique de l'énoncé ironique. Ces compétences regroupent des processus inférentiels fondés sur l'intégration d'informations contextuelles au sens large (telles

que les informations d'ordre sociales) et des processus inférentiels relatifs aux états mentaux (TdE). L'examen de la compréhension de l'ironie chez des enfants dont les compétences pragmatiques sont en développement ou chez des populations cliniques dont ces compétences sont altérées permet de mettre en évidence l'importance de ces compétences dans la compréhension de l'ironie et le décodage de ses effets pragmatiques.

L'analyse des performances des enfants à des tâches d'ironie nous montre que les compétences pragmatiques engagées dans la compréhension de l'ironie ne se développent pas de manière synchrone. Par exemple, Pexman *et al.* (2006) ont montré que des enfants de 5 à 6 ans comprennent les traits de personnalité d'un locuteur et peuvent utiliser cette information pour inférer les désirs et prédire les comportements. Cependant, l'intégration de cette information pour comprendre l'ironie n'est pas encore optimale à 8 ans. Il a été montré que les enfants de 8 ans échouent à reconnaître la fonction humoristique de l'ironie alors qu'ils sont capables de comprendre son effet atténuateur (Harris & Pexman, 2003). D'autre part, les études de Pexman *et al.* (2005) ont démontré qu'entre 7 et 10 ans, les enfants développent leur compréhension de la fonction humoristique et de moquerie de l'ironie mais ont des difficultés à intégrer les informations relatives aux relations sociales (*i.e.* amis, étrangers ou ennemis) entre le locuteur et la cible de l'ironie. Notons également que jusqu'à 6 ans, les enfants comprennent l'ironie et le sarcasme mais que la capacité à distinguer leurs fonctions et effets respectifs émerge vers l'âge de 9 ans. Enfin, se basant sur la théorie développée par Kumon-Nakamura *et al.* (2007), Creusere (2000) a observé que des enfants de 8 ans parvenaient à comprendre le principe d'allusion à des attentes ou des normes sociales ainsi que le principe d'insincérité pragmatique de l'ironie, démontrant des capacités inférentielles fonctionnelles. Cependant, la capacité à comprendre qu'une remarque ironique peut être humoristique et sincère en même temps continuerait à se développer à cet âge. Sur un autre extrême du développement, Phillips *et al.* (2015) ont montré que des adultes entre 65 et 86 ans présentaient des difficultés à traiter les indices d'expressions faciales émotionnelles dans une tâche de compréhension d'ironie.

L'examen de certaines populations cliniques met en exergue l'importance de l'intégration d'indices extralinguistiques et des processus la sous-tendant. Par exemple, il a été mis en évidence que les individus présentant une lésion cérébrale sans déficit de compréhension du langage structurel⁴² ont des difficultés à saisir les aspects pragmatiques du langage et par

⁴² Ce type de population est désigné sous le terme « closed head injury » et rassemble de patients porteurs d'atteintes hétérogènes, focales ou diffuses.

conséquent, l'ironie ou le sarcasme. Channon, Pellijeff et Rule (2005) ont présenté à ce type de patients des énoncés ironiques, des tâches requérant des inférences physiques et mentales et une série d'échelles évaluant le caractère approprié de l'ironie selon certaines situations (entre amis, à un étranger, etc.). Les performances des patients sont inférieures à celles des participants témoins sur les énoncés ironiques et non sur les énoncés littéraux, manifestant une difficulté pragmatique spécifique. Pour autant, cette difficulté pragmatique ne se traduit pas par une réponse fondée sur la signification littérale de la remarque ironique mais sur une interprétation non littérale inappropriée. Cette étude est à mettre en lien avec celle de Channon et Watts (2003) qui a montré que ce type de patients présentait des difficultés pragmatiques (*i.e.* juger de la signification d'une remarque indirecte dans un contexte social) liées à des dysfonctionnements exécutifs.

L'examen d'individus atteints de troubles du spectre autistique (TSA) mais ne présentant pas de troubles de la compréhension du langage formel (syndrome d'Asperger et autisme de haut niveau) permet également d'apporter des données relatives aux processus pragmatiques de la compréhension de l'ironie. Ainsi, à titre d'illustration, il a été montré par Martin et McDonald (2004) que les difficultés présentées par des individus atteints d'un syndrome d'Asperger dans la compréhension d'énoncés ironiques était principalement liées à leurs difficultés à inférer les états mentaux d'autrui. Malgré ces difficultés, des enfants avec TSA sont tout de même capables de saisir certains aspects de l'ironie telle que l'intention du locuteur sans toutefois juger les énoncés ironiques aussi humoristiques que des individus au développement typique (Pexman *et al.*, 2011). Il est intéressant de constater que lorsque suffisamment de temps est alloué aux individus avec TSA, cette tendance à attribuer moins d'humour que des individus au développement typique s'atténue (Glenwright & Agbayewa, 2012)⁴³.

Enfin, l'étude des performances de compréhension d'individus atteints de schizophrénie a également permis de montrer un déficit dans certaines tâches d'ironie, déficit qui semble se différencier selon la nature des informations contextuelles. En effet, les individus schizophrènes auraient des difficultés à intégrer des informations contextuelles non sociales, (*e.g.* le degré d'incongruité entre le contexte et l'énoncé ; Champagne-Lavau, Charest, Anselmo, Rodriguez,

⁴³ À partir des marqueurs de l'ironie et sur la base de l'opérationnalisation de la compréhension de l'ironie (*via* une inférence sur les croyances et intentions du locuteur), des études cherchent à mettre en place des protocoles d'entraînement de détection et d'appréciation de l'ironie auprès d'enfants atteints de TSA. Il s'agit principalement de fournir à l'enfant un ensemble de marqueurs et de règles permettant à l'enfant de décider si l'énoncé est ironique ou non (Persicke, Tarbox, Ranick, & St. Clair, 2013)

& Blouin, 2012) et à attribuer correctement l'intention ironique alors qu'une information contextuelle sociale telle que la profession du locuteur semble les aider à inférer cette intention (Champagne-Lavau & Charest, 2015).

Résumé

Ainsi que le postulaient les différentes théories que nous avons présentées, la compréhension de l'ironie nécessite la mise en œuvre de compétences et processus pragmatiques complexes. Le développement de ces compétences et processus pragmatiques n'est pas unitaire et synchrone : les capacités d'intégration d'informations contextuelles (*e.g.* relations interpersonnelles, traits de personnalité) et de compréhension d'effets pragmatiques de l'ironie (*e.g.* humour, moquerie) ne sont pas encore optimales à l'âge de 10 ans (Pexman *et al.*, 2006).

L'importance de ces compétences ainsi que leur nature ont également été mises en évidence par les études portant sur les individus au développement atypique (TSA, Schizophrénie) ou présentant une atteinte cérébrale acquise. Ces études soulignent l'importance des compétences en TdE (Martin & McDonald, 2004) et d'intégration d'informations contextuelles (Champagne-Lavau *et al.*, 2012).

3.2. Temporalité et nature des processus : examen des études en EEG

S'il existe peu d'études relatives au traitement de l'ironie utilisant l'EEG, les résultats qu'elles apportent nous éclairent néanmoins sur la temporalité et la nature des processus dans les premières étapes⁴⁴ de ce traitement. Alors que dans le cas du traitement des métaphores, la modulation de la N400 semble assez consensuelle, les études sur l'ironie rapportent de façon robuste seulement un effet au niveau de composantes plus tardives, notamment la P600. Rappelons que la première composante est essentiellement interprétée comme reflétant un processus sémantique (Brouwer *et al.*, 2012 ; Kutas & Federmeier, 2011) alors que la seconde pourrait refléter un traitement d'informations sémantiques (Kuperberg *et al.*, 2003) ou syntaxiques (Friederici, 1995 ; Hagoort, 2003).

⁴⁴ Notons que si nous parlons d'étapes, ce n'est pas au regard d'un modèle de traitement de l'ironie. L'analyse des potentiels évoqués (PE) se réalise sur plusieurs fenêtres temporelles caractéristiques de PE qui peuvent être successives (N400, P600) et donner une indication des processus successifs de traitement du stimulus.

Dans leur étude, Regel, Meyer et Gunter (2014) ont comparé le traitement syntaxique (phrases syntaxiquement correctes vs incorrectes) au traitement sémantico-pragmatique (phrases ironique vs phrases littérales). Leurs résultats ont montré que si les deux types de traitements entraînaient une P600, la topographie différait avec une distribution plus large pour le traitement syntaxique et centro-postérieure pour le traitement sémantico-pragmatique. Cette différence de processus sur une même fenêtre temporelle a été confirmée par l'analyse temps-fréquences sur une fenêtre précoce (300-500 ms) et tardive (500-900 ms). Cette étude suggère que la composante P600 peut en réalité refléter deux processus : l'un de traitement de l'information syntaxique et l'autre de traitement de l'information pragmatique. Rappelons également que Kuperberg (2007) suggère que la P600 résulte d'un processus combinatoire lorsque les résultats de deux traitements distincts entrent en conflit.

Amenta et Balconi (2008) ont réalisé une étude visant à comparer le traitement d'énoncés ironiques contrefactuels (« *Une insulte est une plaisanterie* »), accompagnés d'une prosodie ironique, à celui d'une part d'énoncés ironiques non contrefactuels (« *Une insulte est un abus* ») avec une prosodie ironique et d'autre part à celui d'énoncés littéraux, accompagnés d'une prosodie dite neutre (« *Une insulte est un affront* »). Ces auteurs n'ont pas observé de plus grande amplitude de la N400 pour des énoncés ironiques par rapport à des énoncés littéraux. Notons que les auteurs ont opérationnalisé les énoncés ironiques sous des formes nominales simples (du type « *Une insulte est une plaisanterie* ») sans contexte situationnel. De plus, le faible nombre de participants (12 participants) a également pu atténuer la portée des résultats.

Cornejo *et al.* (2007) ont quant à eux mis en évidence que des stratégies de traitement différentes pouvaient entraîner des différences au niveau des PE. En effet, ils ont présenté visuellement des énoncés (« *Que c'est douillet !* ») précédés de contextes orientant vers une signification littérale (« *Constatant comme la décoration de l'appartement est chaleureuse, Paul dit :* »), ironique (« *Lorsque Jean voit que la chambre qu'il a louée est très sombre et froide, il dit :* ») ou sans signification. Deux types de tâches étaient proposés aux participants. Dans une condition, les participants devaient décider si la signification de l'énoncé était congruente avec le contexte présenté (condition de traitement *analytique*) alors que dans l'autre condition, ils devaient décider si l'énoncé faisait sens en tenant compte de ce que le locuteur cherchait à signifier (condition de traitement *holistique*). Les résultats indiquent que la condition *holistique* engendre un effet sur la N400 avec une plus grande négativité pour les énoncés ironiques, suivie d'une composante positive également plus importante. La condition

analytique provoque un effet sur la N400 moins important avec une amplitude généralement moins élevée que pour la condition *holistique*. Pour les auteurs, la stratégie *holistique* est sensée requérir une analyse globale de sa signification et solliciter des processus de plus haut niveaux, notamment pragmatiques, comparativement à la stratégie *analytique*.

Toutefois, une étude menée par Regel, Gunter et Friederici (2011) a montré que quelle que soit la modalité de présentation (visuelle *vs.* auditive) et l'exigence de la tâche (tâche de compréhension *vs.* lecture passive), le traitement d'énoncés ironiques n'entraînait pas de modulation de la N400⁴⁵ comparativement aux énoncés littéraux, mais bien une modulation de la P600. Une explication peut être avancée et repose sur l'effet de familiarité. En effet, Filik *et al.* (2014) ont démontré que la N400 était sensible à la familiarité, une plus grande N400 étant observée pour les énoncés ironiques non familiers comparés aux énoncés non ironiques non familiers. Notons que ces auteurs n'ont pas réussi à montrer que cet effet de familiarité s'étendait à la P600, les deux types d'énoncés ironiques entraînant une plus grande amplitude que les énoncés littéraux.

Notons néanmoins que l'étude menée par Spotorno *et al.* (2013) met en évidence des différences de traitements précoces entre les énoncés ironiques et littéraux, malgré une absence de différence significative sur la N400. En effet, ces auteurs ont présenté des énoncés ironiques, littéraux ou des leurres⁴⁶ à des participants, la tâche de compréhension proposée permettant de s'assurer de l'attention des participants. L'analyse des PE met en évidence une plus grande P600 pour les énoncés ironiques que pour les autres énoncés conformément à la littérature, et les analyses temps-fréquences ont également révélé qu'ils pouvaient se distinguer précocement. En effet, les auteurs ont observé pour les énoncés ironiques une augmentation dans la fréquence gamma précédant l'émergence de la P600, et ce dans la fenêtre : 280 à 400 ms. Selon les auteurs, cette différence dans la bande de fréquences gamma traduit la mise en œuvre de processus d'intégration d'informations linguistiques et contextuelles alors que la P600 serait le reflet de l'intégration de l'énoncé ironique au contexte. Autrement dit, Spotorno *et al.* (2013) suggèrent que les processus pragmatiques de compréhension de l'ironie débutent avant la P600 observée classiquement dans la littérature.

⁴⁵ Tant les preuves descriptives et inférentielles ont échoué à démontrer un effet de l'ironie sur une composante N400.

⁴⁶ Les énoncés littéraux comprennent un contexte positif et un commentaire non ironique approprié au contexte (validation des attentes). Les énoncés ironiques et les leurres comprennent tous deux un contexte négatif mais les énoncés leurres expriment de manière non ironique un fait en rapport avec ce contexte. Autrement dit, les énoncés leurres permettent de ne pas générer chez le participant d'attente de l'ironie lorsque le contexte est négatif.

De façon cohérente et à l'image des études de Pexman *et al.* (2000) et de Zalla *et al.* (2014), Regel, Coulson et Gunter (2010) ont démontré que l'acquisition et l'utilisation de connaissances pragmatiques sur le locuteur influençaient le traitement de l'ironie. Les auteurs ont opérationnalisé cela en présentant des histoires mettant en scène deux locuteurs. Dans la première session (*i.e.* acquisition de la connaissance pragmatique), l'un des deux locuteurs utilisait plus fréquemment l'ironie que les énoncés non ironiques pour décrire un événement, contrairement au second locuteur qui utilisait les deux indifféremment. Dans la seconde session (*i.e.* utilisation de la connaissance pragmatique), les deux locuteurs utilisaient aussi fréquemment l'ironie que les énoncés non ironiques pour décrire un événement. Les principaux résultats de cette étude sont qu'une plus grande amplitude de la P600 a été observée pour les énoncés ironiques exprimés par le locuteur non-ironique dans la première session (et une absence de différence pour le locuteur ironique) et un résultat inverse dans la seconde session – une plus grande amplitude de la P600 pour les énoncés ironiques exprimés par le locuteur ironique. Cette étude montre que les connaissances pragmatiques sur le locuteur influencent le traitement pragmatique des énoncés ironiques exprimés par ce locuteur.

Résumé

Nous pouvons tirer plusieurs conclusions des résultats de ces études sur la nature et la temporalité des processus de traitement de l'ironie verbale. Tout d'abord, l'ironie ne semble pas solliciter de manière systématique un travail sémantique à l'image de celui requis pour les métaphores, celui reflété par la modulation de la N400 (Del Goleto *et al.*, 2016). Cette différence entre les expressions ironiques et métaphoriques peut provenir du niveau auquel se situe l'incongruité sémantique. Dans le cas des métaphores, il s'agit de l'incongruité d'un mot par rapport à un autre (Arzouan *et al.*, 2007a) ou par rapport à une expression (Weiland *et al.*, 2014) alors que dans le cas des énoncés ironiques, l'incongruité se situe entre la signification de l'énoncé et le contexte. En d'autres termes, le contraste est essentiellement sémantique et se situe à un niveau lexical pour les métaphores mais principalement pragmatique et à un niveau phrastique pour l'ironie. Il est toutefois possible que le faible degré de familiarité d'un énoncé ironique rajoute suffisamment de difficulté de traitement pour faire émerger un traitement sémantique se traduisant par l'émergence d'une N400 (Filik *et al.*, 2014). Ensuite, bien qu'il y ait des preuves d'une différenciation précoce lorsque sont analysées des bandes de fréquences spécifiques (Spotorno *et al.*, 2013), l'ironie se distingue principalement des énoncés littéraux sur des composantes positives tardives, avec une plus grande amplitude. L'interprétation de cet effet tardif reste ouverte à discussion mais peut être retenue l'idée d'une production d'inférences pragmatiques au travers de l'intégration de différentes sources d'informations. Enfin, ces composantes tardives positives dans le traitement de l'ironie semblent sensibles à des facteurs extralinguistiques tels que les connaissances pragmatiques sur le locuteur par (Regel *et al.*, 2010).

3.3. Cartographie cérébrale des processus de traitement et de compréhension de l'ironie

L'une des questions les plus récurrentes concernant les substrats neuronaux de la compréhension du langage figuré et notamment de l'ironie est celle de la spécialisation hémisphérique (Giora, 2003 ; Jung-Beeman, 2005). À l'instar des métaphores, nous verrons que la réponse est plus complexe que la seule dissociation hémisphérique en raison de la diversité des processus engagés dans le traitement de l'ironie. Il s'agit en effet d'une expression qui nécessite plusieurs types de traitements dont l'un est sémantique et l'autre, pragmatique. L'outil d'IRMf a permis un examen plus précis des substrats neuronaux et malgré les différences méthodologiques tenant à la nature des items utilisés, à leur modalité de présentation et aux analyses effectuées, l'activation de certaines régions semble suffisamment robuste pour permettre la supposition qu'elles jouent un rôle dans le traitement de l'ironie.

3.3.1. *Le traitement de l'ironie est-il latéralisé ?*

Certaines études ont utilisé le paradigme de présentation en champ visuel divisé pour tester l'hypothèse d'un effet de facilitation hémisphérique dans le traitement de l'ironie. Champagne-Lavau, Desautels et Joannette (2010) ont présenté à des participants des contextes orientant vers une signification littérale ou ironique d'un énoncé et ont demandé aux participants de juger si le dernier mot (présenté dans l'un des héli-champs visuels) était congruent ou non avec le contexte. Les résultats de cette étude ont montré que les énoncés ironiques entraînaient des temps de réaction plus longs que les contextes littéraux et que les mots présentés dans le champ visuel droit (traités par l'hémisphère gauche) engendraient des taux de réponses correctes plus élevés que ceux présentés dans le champ visuel gauche (traités par l'hémisphère droit). Toutefois, aucun effet d'interaction significatif entre le contexte et la présentation en héli-champ n'a été observé.

Cependant, Briner, Joss et Virtue (2011) ont observé un effet facilitateur de l'hémisphère droit dans le traitement de l'ironie. Ils ont présenté des paires de phrases à des participants, la première constituant le contexte et la seconde désignant un énoncé critique ironique ou littéral. Puis, un mot lié à la signification de l'histoire était ensuite présenté dans le champ visuel gauche ou droit. Les participants devaient réaliser une tâche de décision lexicale (parmi des distracteurs). Les résultats ont montré un plus grand effet de facilitation pour les

énoncés littéraux que les énoncés sarcastiques dans l'hémisphère gauche et un effet de facilitation pour les énoncés ironiques dans l'hémisphère droit. Saban-Bezalel et Mashal (2015) ont obtenu des résultats similaires en présentant des énoncés dont le dernier mot fournissait la signification ironique ou non ironique des énoncés. Ce dernier mot était présenté dans le champ visuel droit ou gauche. La tâche des participants était de décider si l'énoncé avait un sens ou non. Les résultats ont montré que les participants traitaient plus rapidement les énoncés ironiques lorsque le dernier mot était présenté dans le champ visuel gauche. Ces deux études suggèrent une spécialisation de l'hémisphère droit dans le traitement de l'ironie et sont en accord avec l'*hypothèse de la saillance* de Giora (2003).

L'examen des performances de patients présentant des lésions cérébrales localisées dans un hémisphère apportent des informations complémentaires. Giora *et al.* (2000) ont examiné les performances de patients présentant des lésions cérébrales localisées dans l'hémisphère gauche (LHG) ou droit (LHD) à un subtest « sarcasme » issu d'une batterie d'évaluation de compétences communicationnelles. Ce subtest requiert une présentation auditive des énoncés et leur compréhension repose sur un choix forcé entre plusieurs interprétations : un sarcasme, un mensonge, une erreur ou la vérité. Une question de compréhension à choix forcé est également proposée. Les résultats indiquent que si les deux types de patients échouaient plus souvent à comprendre le sarcasme que les individus sains, les patients LHD présentaient des performances significativement inférieures aux patients LHG – compétences verbales et de traitement de la prosodie contrôlées. D'une manière générale, les individus qui ne comprenaient pas l'histoire (d'après leurs réponses à la question de compréhension) choisissaient le mensonge alors que ceux qui comprenaient l'histoire présentée mais ne détectaient pas l'ironie, choisissaient la réponse littérale. Les résultats sont discutés au regard de l'*hypothèse de la saillance* (Giora, 2003) selon laquelle l'hémisphère droit serait compétent dans le traitement de la signification non saillante (ici ironique). Notons que cette hypothèse suggère également que la signification saillante est automatiquement activée et maintenue, expliquant la tendance à l'obtention de la réponse littérale chez les individus ayant compris l'histoire mais n'ayant pas saisi l'intention ironique.

Les résultats de l'étude menée par Kaplan, Brownell, Jacobs et Gardner (1990) suggèrent que des processus d'intégration contextuelle sont spécifiquement engagés par l'hémisphère droit. Dans leur étude, les auteurs ont comparé les performances de patients LHD à des participants sains sur une tâche de compréhension d'ironie (sans prosodie ironique) dans laquelle la relation entre le locuteur et la cible était notifiée (relation amicale *vs* relation hostile).

Les auteurs ont noté que les patients LHD avaient des difficultés à prendre en compte cette relation dans la détection de l'ironie, autrement dit une difficulté à intégrer l'information contextuelle.

Les données issues des études comportementales sur la spécialisation hémisphérique restent rares et les résultats sont par conséquent peu robustes. Ceci tient peut-être au fait que l'ironie implique des processus de traitement complexes et variés et que poser la question de la latéralisation revient à la poser pour chacun de ces processus. D'un point de vue anatomo-fonctionnel, il s'agit alors d'éclaircir les réseaux cérébraux propres à ces processus et les liens pouvant exister entre ces réseaux. Bien que les données de la littérature sur l'ironie soient rares et issues de méthodologies différentes, nous allons présenter les principales régions cérébrales observées et leurs supposées fonctions dans le traitement de l'ironie.

3.3.2. Les cortex frontal et préfrontal médians (CFm ; CPFm)

Cette région constitue sans conteste la région la plus rapportée dans les études portant sur l'ironie (Akimoto *et al.*, 2014 ; Rapp *et al.*, 2010 ; Shibata, Toyomura, Itoh, & Abe, 2010 ; Spotorno, Koun, Prado, Van Der Henst, & Noveck, 2012 ; Uchiyama *et al.*, 2006 ; Wakusawa *et al.*, 2007 ; Wang *et al.*, 2007). Selon Saxe et Powell (2006), cette région serait impliquée dans la représentation d'informations sociales ou émotionnelles à propos d'autrui, soutenant l'hypothèse d'un rôle général dans la cognition sociale et plus spécifiquement dans la TdE. Les énoncés ironiques ont une forte composante sociale

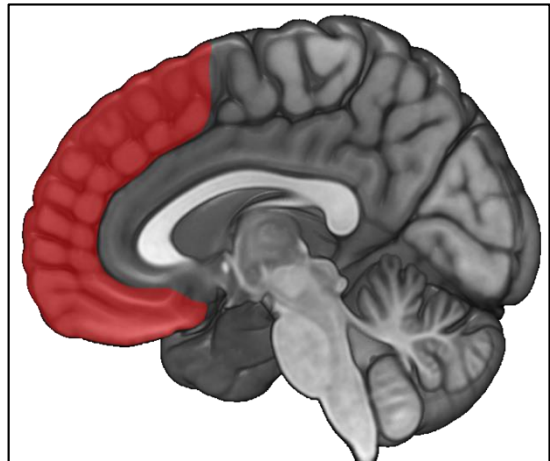


Figure 7 : Représentation du cortex préfrontal médial

par nature qui se trouve renforcée par l'opérationnalisation d'histoires impliquant au moins deux personnages impliqués dans une même situation dont le résultat déçoit les attentes, qu'elles soient implicites (exemple : *l'annonce du retard de l'arrivée d'un vol dans lequel se trouvent deux personnes* ; Spotorno *et al.*, 2012) ou explicites (exemple : *un restaurant dans lequel se rendent deux amis s'avère mauvais, contrairement à ce qu'annonçaient des critiques lues dans un guide* ; Shibata *et al.*, 2010). Il a également été montré que la partie orbitale du

CPFm était d'autant plus activée lorsque la réalisation de la tâche engageait les participants dans un processus de traitement pragmatique. En effet, Wakusawa *et al.* (2007) a montré que cette région était plus sollicitée lorsqu'il était demandé aux participants de juger du caractère approprié de l'ironie (*vs* juger de la véracité de la signification littérale de l'énoncé ironique).

Certaines données suggèrent que le CPFm serait principalement activé dans la compréhension de l'ironie lors de la mise en œuvre de processus de TdE. Par exemple, Wang *et al.* (2007) ont présenté des vignettes accompagnées d'une description auditive de l'histoire (« *C'est l'anniversaire d'Ed et sa tante lui a apporté un cadeau. Lorsqu'il ouvre la boîte, il découvre une paire de rollers [condition non ironique]/de chaussettes [condition ironique]. Il dit : 'Merci beaucoup' »*) à des enfants au développement typique et à des enfants atteints de TSA. Les résultats ont montré que les enfants TSA, dont on sait qu'ils éprouvent des difficultés en TdE, présentaient une activation moins importante du CPFm. De plus, les auteurs ont également manipulé l'attention portée aux marqueurs extralinguistiques en demandant aux enfants de prêter attention à l'histoire (condition neutre), ou au visage de l'enfant (condition visage), ou à la voix (condition prosodie). L'examen des activations lors du traitement des histoires ironiques a montré que l'activité du CPFm était modulée par la condition mais seulement chez les enfants atteints de TSA : l'activation du CPFm était plus grande lorsqu'ils prêtaient attention à l'un des deux marqueurs, que ce soit le visage ou la voix. Ce résultat laisse supposer qu'une activation plus importante du CPFm refléterait un déficit attentionnel envers les stimuli sociaux.

3.3.3. La jonction temporo-pariétale (JTP)

La jonction temporo-pariétale constitue une autre région identifiée comme appartenant aussi au réseau de TdE et apparaît également impliquée dans le traitement de l'ironie. Par exemple, Spotorno *et al.* (2012) ont observé, lors du traitement d'énoncés ironiques comparés à des énoncés littéraux, une plus grande activation de cette région dans l'hémisphère droit, ainsi qu'une activation du lobule pariétal

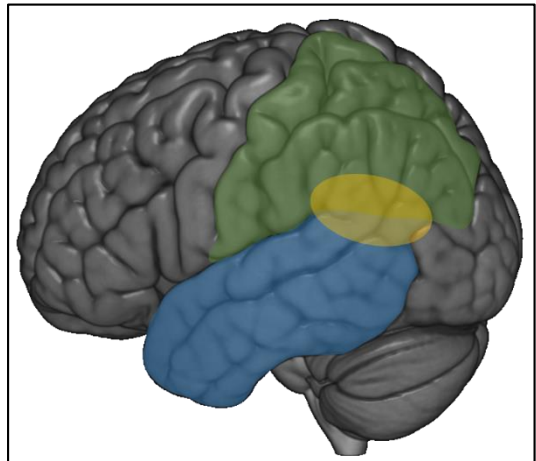


Figure 8 : Représentation de la jonction temporo-pariétale (jaune).

inférieur gauche (LPI)⁴⁷. Bien que ce ne soit pas étudié dans le cadre de l'ironie, certaines données nous indiquent que la JTP serait impliquée dans des processus plus fins que le CPFm. Ainsi, l'étude de Saxe et Powell (2006) a mis en évidence une participation de la JTP bilatérale (avec le cortex cingulaire postérieur) dans le traitement des croyances et pensées d'autrui (exemple : « *Nicky savait que le vol de sa sœur depuis San Francisco serait retardé de dix heures. Un seul vol avait un tel retard cette nuit-là, il savait donc en arrivant à l'aéroport que ce vol était celui de sa sœur.* »). Les auteurs suggèrent donc que cette région sous-tendrait des processus de TdE plus spécifiques que ceux sous-tendus par le CPFm : ceux requis pour les inférences relatives aux états mentaux d'autrui.

3.3.4. Le sillon temporal supérieur (STS)

Certaines études ont rapporté une activation du STS⁴⁸ lors de la compréhension d'énoncés ironiques comparativement à des énoncés non-ironiques (Shibata *et al.*, 2010 ; Uchiyama *et al.*, 2006 ; Varga *et al.*, 2013)⁴⁹. Tout comme le CPFm et la JTP, le sillon temporal supérieur est une région couramment observée dans les tâches impliquant des processus de TdE (Frith & Frith, 2003 ; Vuadens, 2005) et serait, avec la JTP impliqué dans la représentation des états mentaux d'autrui (Abu-Akel & Shamay-Tsoory, 2011). Cette région serait

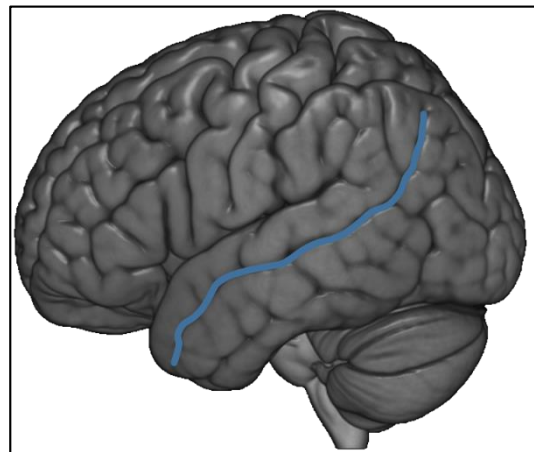


Figure 9 : Représentation du sillon temporal supérieur

sensible à certains marqueurs nécessaires à la compréhension des intentions du locuteur, telle que la prosodie ou un indice contextuel renforçant le contraste. Wang, Lee, Sigman et Dapretto

⁴⁷ Le lobule pariétal inférieur est parfois considéré comme appartenant à la jonction temporo-pariétale (Abu-Akel & Shamay-Tsoory, 2011)

⁴⁸ Notons que l'activation du STS n'est pas systématiquement rapportée par les études sur l'ironie, peut être en raison de différences méthodologiques mais aussi parce que les activations au sein de ce sillon peuvent se retrouver confondues à des activations plus importantes du gyrus temporal supérieur (GTS) (Wang *et al.*, 2007).

⁴⁹ L'étude d'Uchiyama *et al.* (2006) constitue une exception dans la mesure où ils ont comparé les activations de la condition sarcastique (« *comment fais-tu pour garder ta chambre si bien rangée ?* ») et non sarcastique (« *comment fais-tu pour garder ta chambre dans un tel désordre ?* ») à la condition sans lien avec le contexte (« *Appuyez sur le bouton 1* » ; contexte : *une mère rentre à la maison et constate que la chambre de son fils n'est pas rangée*). La tâche des participants étant de décider si l'énoncé est sarcastique ou non. Les auteurs ont argumenté que pour les deux conditions sarcastique et non sarcastique, la détection du sarcasme était nécessaire. Ce point de vue peut être discuté dans la mesure où la seule incongruité entre l'énoncé et le contexte peut aider à la décision sans aller plus loin dans le traitement pragmatique.

(2006) ont présenté à des enfants atteints de TSA et des enfants au développement typique des énoncés ironiques portant soit un indice contextuel (« *Steve revient de chez le coiffeur. Lorsque Jen voit sa coupe ratée, elle dit : 'Tu as l'air superbe !'* » ; prosodie neutre), soit un indice prosodique (« *Steve revient de chez le coiffeur. Lorsque Jen voit sa nouvelle coupe, elle dit : 'Tu as l'air superbe !'* » ; prosodie sincère ou ironique) soit avec les deux indices. Il était demandé aux enfants de juger de l'intention du locuteur (sincère vs ironique). Leur étude a montré que si une activation du STS bilatéral était présente chez les deux groupes d'enfants pour chacune des conditions, l'activation du STS gauche était plus grande pour les enfants TSA. Cette étude met en évidence le rôle du STS dans la prise en compte de marqueurs de l'ironie pour décoder l'intention d'autrui et l'effort plus important que doivent faire les enfants TSA pour intégrer ces marqueurs.

3.3.5. Régions temporales antérieures

Il est intéressant de noter qu'à l'image des données sur la métaphore, un découpage antero-postérieur peut être réalisé pour les régions temporales dans l'ironie. En effet, les régions les plus postérieures – s'étendant à la jonction temporo-pariétale – seraient principalement impliquées dans les processus de TdE alors que les régions les plus antérieures et notamment le pôle temporal aurait un rôle différent dans le traitement de l'ironie.

En effet, Akimoto, *et al.*, (2014) ont présenté à des participants des situations triadiques (personnages A, B et le participant) à partir de photographies ainsi que de descriptions de la situation. L'un des contextes décrit trois amis allant au ski et deux d'entre eux (personnage A et le participant), décident de tester une piste pour skieurs expérimentés alors que le personnage B décide de suivre une piste pour débutant. Dans la condition ironique, la situation décrite place le participant en difficulté sur la piste et se faisant aider par le personnage A, qui lui dit « *Tu es un bon skieur* ». Dans la condition littérale, la même remarque est faite mais le participant est parvenu à descendre la piste sans aide. Enfin, dans une condition d'incongruité, le participant peine à descendre la piste mais c'est le personnage B (absent lors de l'événement), qui dit « *Tu es un bon skieur* ». La comparaison entre la situation ironique et la situation d'incongruité a mis en évidence une activation de la partie antérieure du gyrus temporal supérieur droit. Cette activation n'a pas été retrouvée dans la comparaison entre la situation littérale et la situation d'incongruité, suggérant un rôle dans le traitement du contexte social dans l'ironie. Uchiyama *et al.* (2006) ont observé une activation de cette région dans l'hémisphère gauche dans la

comparaison entre la condition sarcastique (« *comment fais-tu pour garder ta chambre si bien rangée ?* ») et non sarcastique (« *comment fais-tu pour garder ta chambre dans un tel désordre ?* ») à la condition sans lien avec le contexte (« *Appuyez sur le bouton 1* » ; contexte : *une mère rentre à la maison et constate que la chambre de son fils n'est pas rangée*). La tâche des participants étant de décider si l'énoncé est sarcastique ou non, les auteurs ont argumenté que pour les deux conditions (sarcastique et non sarcastique), la détection du sarcasme était nécessaire⁵⁰. Wakusawa *et al.* (2007) ont quant à eux présenté des photographies mettant en scène deux individus dans une situation sociale commune (exemple : *un individu montre à un autre qu'il n'a que quelques pièces dans son portefeuille*). La photographie pouvait être accompagnée d'un énoncé ironique (« *Que tu es riche !* ») ou littéral (« *C'est du métal !* »). La comparaison entre ces deux conditions a mis en évidence une activation du pôle temporal droit, quelle que soit la nature de la tâche : traitement de la situation (*i.e.* déterminer si l'énoncé est approprié à la situation) ou traitement de la signification littérale de l'énoncé (*i.e.* déterminer si la signification littérale de l'énoncé est une description correcte de la situation).

L'activation des régions temporeles antérieures lors du traitement de l'ironie est en accord avec la revue de littérature de Frith et Frith (2003) qui suggèrent que le pôle temporal est engagé dans des tâches nécessitant l'accès aux connaissances sociales et notamment aux scripts sociaux, ensemble de comportements et de buts propres à une situation et acquis par l'expérience (Olson, Plotzker, & Ezzyat, 2007 ; Ross & Olson, 2010).

Résumé

Les études en IRMf sur l'ironie mettent principalement en avant un réseau dédié à la mise en œuvre de processus pragmatiques (*e.g.* TdE, intégration d'informations contextuelles). Ces réseaux mobilisent principalement les régions préfrontales médianes et les parties antérieures et postérieures des régions temporeles. Les régions préfrontales médianes seraient impliquées dans le traitement attentionnel de stimuli sociaux (Wang *et al.*, 2007) alors que la jonction temporo-pariétale procéderait de l'inférence d'états mentaux (Saxe & Powell, 2006) ainsi que le sillon temporal supérieur qui serait également sensible à certains marqueurs de l'ironie (Wang *et al.*, 2006). Les régions temporeles antérieures seraient quant à elles sollicitées lors de la recherche d'informations sociales en mémoire (Frith & Frith, 2003).

⁵⁰ Une activation du pôle temporal gauche a été également observée dans l'étude d'Uchiyama *et al.* (2012). Cependant, cette activation faisait partie d'un plus grand cluster comprenant notamment l'amygdale et n'a pas été clairement discutée par les auteurs.

4. Conclusion

Quels sont les processus de traitement de l'ironie verbale et quels en sont les substrats neuronaux ?

Pour comprendre la nature des processus engagés dans la compréhension de l'ironie verbale, il est nécessaire de la définir. La définition originelle de l'ironie qui affirme qu'une remarque ironique signifie le contraire de ce qui est dit est aujourd'hui largement rejetée au profit de définitions prenant en compte la diversité des formes ironiques (*e.g.* euphémismes ou hyperboles) ainsi que la dimension évaluative de l'ironie. Si l'ironie est considérée comme un phénomène pragmatique par certains auteurs (Attardo, 2013), c'est parce que sa seule sémantique ne peut permettre de saisir l'intention du locuteur. Cette nécessité d'inférer la véritable intention du locuteur au-delà de « *ce qui est dit* » constitue d'ailleurs un point commun des différentes théories (Clark & Gerrig, 1984 ; Grice, 1975 ; Kumon-Nakamura *et al.*, 2007 ; Sperber & Wilson, 1995 ; Wilson & Sperber, 2007) et la distingue des figures de style telles que la métaphore. En effet, alors que pour les métaphores le traitement sémantique joue une part importante dans la compréhension du sens de l'énoncé, ce seul traitement ne peut suffire à saisir celui de l'énoncé ironique, dépendant de l'intention du locuteur. Ceci caractérise l'ironie comme une figure de pensée nécessitant la mise en œuvre de compétences pragmatiques (TdE, intégration d'informations contextuelles).

En tant qu'expression non littérale, l'ironie est également soumise à la question de sa signification littérale. Dans ce cas, il est question de « *ce qui est dit* » et de son importance dans la compréhension de « *ce qui est signifié* ». L'approche gricéenne classique (Grice, 1975) est l'une des premières à formaliser une distinction entre ces deux significations et suppose un traitement puis un rejet de la signification littérale complète de l'énoncé avant l'inférence de la signification figurée. Cette approche a été depuis modifiée dans l'idée d'assouplir ces règles de traitement de l'ironie (Attardo, 2013) ou parfois critiquée et délaissée au profit d'autres modèles (Gibbs, 1994 ; Giora, 2003). Ces derniers se sont placés en opposition avec l'approche gricéenne eu égard à la place de la signification littérale dans la compréhension de l'ironie. Selon le *modèle d'accès direct* (Gibbs, 1994, 2002), il n'est pas nécessaire de traiter l'ensemble de la signification littérale d'un énoncé ironique pour en saisir la signification. Un contexte suffisamment informatif peut permettre d'accéder directement à la signification ironique. Giora (2003) quant à elle suppose que la signification saillante d'un énoncé ironique sera accédée automatiquement, quel que soit le contexte. Le contexte permet d'activer une signification qui

lui est congruente sans toutefois bloquer l'activation automatique de la signification saillante. Ensuite, les deux significations de l'ironie (littérale et figurée) sont maintenues et une différence entre les deux est opérée, permettant notamment de marquer l'écart entre les attentes et la réalité.

Si l'ironie est relativement fréquente dans nos échanges conversationnels (Gibbs, 2000), c'est parce qu'elle permet de véhiculer un certain nombre d'effets et de fonctions pragmatiques (Kreuz *et al.*, 1991 ; Roberts & Kreuz, 1994). L'ironie permet ainsi de critiquer de manière atténuée (Dews *et al.*, 1995) ou au contraire d'attirer l'attention sur un comportement négatif dans sa forme la plus sarcastique (Leggitt & Gibbs, 2000) et véhicule souvent de l'humour, permettant ainsi de préserver l'image du locuteur. La compréhension de l'ironie et de ses effets semble modulée par un certain nombre de marqueurs. L'un des plus importants est sans doute le contraste qui peut être opérationnalisé au niveau sémantique (comme dans le cas des ironiques verbales contrefactuelles), au niveau du contenu évaluatif, ou en termes d'écart entre les attentes générées par le contexte (*e.g.* la prévision d'une bonne performance) et la réalité (une mauvaise performance). Un autre marqueur étudié et pertinent dans le cadre de l'ironie verbale est le marqueur prosodique. S'il n'existe pas de consensus clair quant à l'existence d'une prosodie ironique (Bryant & Fox Tree, 2005), il n'en reste pas moins que le marquage prosodique de l'ironie en facilite sa compréhension (Capelli *et al.*, 1990).

L'importance des processus pragmatiques d'inférences sur autrui (TdE) et de prise en compte d'informations issues du contexte, dans son sens large (informations linguistiques, prosodiques, émotionnelles, etc.) dans la compréhension de l'ironie est confirmée par des données développementales et de neuropsychologie clinique. Il en ressort que ces compétences ne se développent pas de manière unitaire et synchrone, rendant compte de la difficulté à comprendre l'ensemble des effets pragmatiques de l'ironie (Creusere, 2000 ; Harris & Pexman, 2003 ; Pexman *et al.*, 2006, 2005). De même, une altération de ces compétences pragmatiques mène à des difficultés à comprendre l'ironie et ses effets pragmatiques (Channon *et al.*, 2005 ; Martin & McDonald, 2004 ; Pexman *et al.*, 2011). Les études en EEG confirment également l'importance de ces processus. En effet, alors que les résultats d'un effet du traitement de l'ironie sur la N400 (indice d'un traitement sémantique) sont peu robustes, un effet de ce traitement apparaît sur des composantes positives tardives, considérées comme reflétant un processus pragmatique (Regel *et al.*, 2010, 2011, 2014 ; Spotorno *et al.*, 2013).

Enfin, les études en IRMf mettent en évidence un réseau cérébral composé de régions frontales et temporales dans le traitement de l'ironie. Plus précisément, des régions frontales et préfrontales médianes ont été observées (Akimoto *et al.*, 2014 ; Rapp *et al.*, 2010 ; Shibata *et al.*, 2010 ; Spotorno *et al.*, 2012 ; Uchiyama *et al.*, 2006 ; Wakusawa *et al.*, 2007 ; Wang *et al.*, 2007) et seraient impliquées dans les processus attentionnels dirigés vers des stimuli sociaux. De même, des régions temporales postérieures telles que la jonction temporo-pariétale ont été rapportées (Spotorno *et al.*, 2012) et traiteraient de l'inférence d'états mentaux à autrui. Enfin, d'autres activations des régions temporales telles que le sillon temporal supérieur (Shibata *et al.*, 2010 ; Uchiyama *et al.*, 2006 ; Varga *et al.*, 2013) ou le pôle temporal (Akimoto *et al.*, 2014 ; Wakusawa *et al.*, 2007) ont été notées dans le traitement de l'ironie et seraient liées respectivement au traitement de certains marqueurs de l'ironie et à la recherche en mémoire et l'intégration d'informations d'ordre social. L'ensemble de ce réseau refléterait ainsi les processus pragmatiques mis en œuvre dans l'ironie verbale.

Il est intéressant de constater que si de nombreuses études comportementales ont mis en évidence un lien entre des marqueurs et des effets pragmatiques dans la compréhension de l'ironie (Ackerman, 1983 ; Bryant & Fox Tree, 2002 ; Colston & O'Brien, 2000b ; Ivanko & Pexman, 2003 ; Pexman *et al.*, 2010 ; Woodland & Voyer, 2011), les études utilisant l'IRMf se sont principalement intéressées à l'exploration des réseaux cérébraux sous-tendant des processus pragmatiques (Shibata *et al.*, 2010 ; Uchiyama *et al.*, 2006, 2012 ; Wakusawa *et al.*, 2007). Peu d'entre elles se sont intéressées aux réseaux sous-tendant les marqueurs de l'ironie (Wang *et al.*, 2006, 2007) et bien moins à ses effets pragmatiques (Akimoto *et al.*, 2014). De plus, alors que l'exploration des compétences pragmatiques *via* l'investigation de traits de personnalité infra-cliniques a été menée en IRMf, peu ont été menées en EEG (Del Goleto *et al.*, 2016) et aucune, à notre connaissance, ne portent sur les traits autistiques. Notre problématique soulignera d'une part l'intérêt d'étudier ensemble les marqueurs et les effets pragmatiques de l'ironie et d'autre part, la caractérisation des compétences pragmatiques dans le traitement de l'ironie *via* la mesure des traits autistiques.

Deuxième partie
Contributions expérimentales

Objectifs de la thèse

La construction du sens a depuis toujours intéressé les philosophes du langage, les linguistes et les chercheurs s'inscrivant en sciences cognitives. L'étude du traitement et de la compréhension du langage figuré constitue une voie d'accès aux processus de création de signification. À cet égard, la métaphore et l'ironie constituent deux objets d'étude pertinents. Tout d'abord, ce sont deux expressions du langage figuré couramment utilisées dans nos échanges conversationnels (Cameron, 2008 ; Gibbs, 2000). Nous y sommes donc fréquemment confrontés et n'avons que rarement des difficultés à en comprendre la signification. Ensuite, ces deux types d'expressions requièrent des processus de nature différente : les processus sémantiques et les processus pragmatiques. Nous n'excluons pas la mise en œuvre de chacun de ces processus dans la compréhension de la métaphore et de l'ironie. Cependant, nous avons pu constater, conformément à notre hypothèse générale, au travers des chapitres théoriques que la métaphore requiert essentiellement des processus sémantiques alors que l'ironie nécessite la mise en œuvre de processus pragmatiques. L'objectif général de nos travaux de thèse est de caractériser ces processus de construction du sens au travers du traitement et de la compréhension de la métaphore verbale nouvelle et de l'antiphrase ironique.

Construction du sens, aspects sémantiques : la métaphore verbale

Nous avons vu dans le premier chapitre théorique de cette thèse que les métaphores nouvelles nominales entraînent une plus grande amplitude de la N400 que les expressions littérales ou métaphoriques familières. Cette modulation de la N400 a été retrouvée pour des paires de mots (Arzouan *et al.*, 2007b ; Goldstein *et al.*, 2012) ou des énoncés métaphoriques mixtes (Lai *et al.*, 2009). Les données relatives aux composantes tardives positives apparaissent moins robustes : leur amplitude est notée comme plus importante pour des paires littérales de mots que pour des paires métaphoriques de mots (Arzouan *et al.*, 2007a ; Goldstein *et al.*, 2012) mais peu de données existent pour d'autres formes plus complexes d'énoncés métaphoriques. La question des composantes PE et des processus cognitifs sous-jacents sollicités lors du traitement des métaphores à pivot verbal se pose. En effet, les verbes et les noms sont deux classes grammaticales différentes et il a été montré que ces deux entités étaient traitées

différemment : des verbes fortement liés engendrent une amplitude N400 plus importante que des noms fortement liés (Rösler & Haan, 2001), ce qui suggère que la recherche de congruence sémantique entre des noms est plus aisée qu'entre des verbes. De plus, Maguire *et al.* (2015) ont montré une activité neuronale⁵¹ différente lors du traitement de triplets lorsque le dernier mot était un verbe (« lait-bol-boire ») et lorsque le dernier mot était un nom (« lait-bol-céréales »), suggérant ainsi une asymétrie entre la recherche de congruence sémantique nom/nom et nom/verbe.

L'une des seules études modélisant explicitement le traitement de métaphores verbales nouvelles est celle de Rutter, *et al.* (2012). Ces auteurs ont étudié le processus d'extension de concepts dans la compréhension du langage⁵². En comparant le traitement d'énoncés métaphoriques nouveaux (« *Les nuages ont dansé au-dessus de la ville* ») à celui d'énoncés littéraux (« *Les nuages se sont déplacés au-dessus de la ville* ») et sans signification (« *Les nuages ont lu au-dessus de la ville* »), ils ont noté un gradient d'amplitude de la N400, tel qu'observé dans les études portant sur les métaphores nominales : une plus faible amplitude de la N400 pour les énoncés littéraux augmentant graduellement pour les métaphores verbales et encore plus pour les énoncés sans signification. De plus, ils ont observé un maintien de cette différence sur une fenêtre temporelle post-N400, interprétée comme une composante négative reflétant un processus de ré-analyse sémantique de la phrase après une phase initiale de mise en relation de concepts distants (N400). Cette étude diffère cependant de nos contributions expérimentales puisqu'elle porte sur des couples Sujet/Verbe alors que nous portons notre attention sur les couples Verbe/Patient. De ce fait, l'analyse des composantes et des processus était centrée sur le verbe⁵³.

Notre premier objectif (étude 1) consiste en effet à caractériser la nature et la temporalité des processus de traitement d'énoncés métaphoriques verbaux du type verbe/patient. Nous nous attendons à ce que les métaphores verbales nouvelles entraînent une plus grande amplitude de la N400 que des énoncés littéraux, reflétant un traitement sémantique plus profond. Au regard de la littérature sur le traitement sémantique des verbes (Rutter *et al.*,

⁵¹ Dans cette étude, l'activité neuronale était évaluée par des analyses de fréquences caractéristiques d'oscillations neuronales. Il s'agit ici de mesurer les modifications de fréquences qui composent le signal EEG (alpha, thêta, beta).

⁵² Il s'agit d'un processus d'importance dans la créativité et qui consiste à étendre un concept afin d'intégrer des exemplaires atypiques à ce concept. Un rapprochement est possible entre ce processus et ceux stipulés par les modèles de Le Ny et Franquart-Declercq (2001, 2002) et Utsumi et Sakamoto (2011) qui supposent une extension de la signification du verbe à des patients ou des sujets atypiques.

⁵³ Ce qui est tout à fait pertinent, s'agissant d'une étude basée sur la langue allemande et avec une conjugaison au passé : les verbes se trouvent à la fin de la phrase.

2012 ; Wittenberg, Paczynski, Wiese, Jackendoff, & Kuperberg, 2014) et des métaphores, une différence sur les composantes tardives entre les métaphores et les énoncés littéraux est également attendue. Le premier chapitre théorique nous a également permis de dresser une cartographie des régions cérébrales sous-tendant le traitement des métaphores nouvelles. Les résultats les plus robustes des études en IRMf décrivent une participation de régions fronto-temporales gauches. Une activation au niveau du gyrus frontal inférieur droit a également été notée mais semble dépendre de différents facteurs tels que la difficulté de traitement ou les différences inter-individuelles de compétences cognitives. Toutefois, et à l'instar des études en EEG, l'application de ces résultats aux métaphores verbale se pose.

Si l'hypothèse d'une différence de traitements – et de substrats neuronaux de ces traitements – entre les métaphores nominales et verbales semble plausible, il convient de souligner qu'elle n'a pas été confirmée par l'étude de Cardillo *et al.* (2012). Dans leur étude, les auteurs ont présenté des énoncés métaphoriques nominaux nouveaux (« *Cette rédaction était un ricanement cruel* ») et des énoncés métaphoriques prédicatifs nouveaux (« *Les fleurs ronronnent sous le soleil* »). Ces auteurs n'ont observé aucune différence significative entre ces deux types de métaphores. Toutefois, certaines études ont observé spécifiquement une implication de régions sensori-motrices lors de la compréhension de métaphores verbales comprenant un verbe d'action. Ces études s'inscrivent dans la théorie de la cognition incarnée qui part du postulat selon lequel l'environnement extérieur et le corps enrichissent les représentations internes qui s'ancrent dans un référentiel modal *via* un principe de simulation d'actions, de sensations, de perceptions ou tout autre phénomène physique (Barsalou, 2008, 2010). De plus en plus de travaux tendent à démontrer l'importance de l'expérience sensori-motrice dans le traitement du langage (Bergen & Wheeler, 2010 ; Dudschig *et al.*, 2014 ; Rueschemeyer *et al.*, 2010) et se trouvent appuyés par des données de neuro-imagerie mettant en évidence l'implication de réseaux sensori-moteurs dans des tâches langagières (Glenberg *et al.*, 2008 ; Schuil *et al.*, 2013). Romero Lauro *et al.* (2013) ont étudié l'implication du système moteur dans le traitement d'énoncés exprimant une utilisation littérale (« *Marc a jeté du bois dans le feu* »), métaphorique (« *Mathilde a jeté très loin sa tristesse* ») et idiomatique (« *Le détective a immédiatement jeté l'éponge* ») d'actions de membres supérieurs et inférieurs. Le traitement d'expressions littérales désignant des mouvements de membres supérieurs et inférieurs engage l'activation de régions responsables de ces mouvements (*e.g.* gyrus précentral). Or, seules les expressions métaphoriques désignant des mouvements de membres supérieurs engagent les régions motrices. De plus, les activations de ces régions pour les

expressions idiomatiques sont encore moins importantes que pour les énoncés métaphoriques. Cette étude montre que le système sensori-moteur est engagé dans le traitement d'expressions de mouvements, et que la figurativité et la nouveauté de l'expression semble moduler cet engagement.

Desai, Conant, Binder, Park et Seidenber (2013) ont quant à eux observé que l'activité du réseau sensori-moteur était modulée par l'abstraction : plus un degré d'abstraction est élevé, moins ce réseau est sollicité. Concrètement, un gradient d'activation a été observé avec une moindre activation de ce réseau pour des expressions abstraites (« *Le pays voulait un plan d'action pour un programme nucléaire* »), suivies des expressions idiomatiques (« *Le pays a levé le voile sur son programme nucléaire* ») puis des métaphores (« *La découverte a sorti ce pays de la pauvreté* ») et enfin des énoncés littéraux (« *L'artisan a levé la pierre du sol* »). Selon cette étude, les métaphores se situeraient à un niveau intermédiaire d'abstraction du langage qui ne permettrait pas d'engager les régions sensori-motrices primaires à l'instar des expressions littérales. En revanche, les métaphores solliciteraient la partie antérieure du lobule pariétal inférieur, impliqué dans des processus cognitifs de haut niveau dans la simulation d'actions (Péran *et al.*, 2010). Dans une seconde étude, ces mêmes auteurs ont montré que l'engagement de régions du système sensori-moteur dépendait également du niveau de familiarité des expressions (Desai, Binder, Conant, Mano, & Seidenberg, 2011). Les métaphores peu familières comportant un verbe d'action requerraient une plus grande simulation de l'action afin de pouvoir en dériver le sens, contrairement aux métaphores familières dont la signification est plus courante et qui ne nécessiteraient pas une simulation précise de l'action suscitée par le verbe.

Cette courte revue des études de la compréhension d'énoncés métaphoriques verbaux laisse supposer des spécificités de traitements par rapport aux métaphores nominales. **Notre deuxième objectif (étude 2)** est d'explorer les bases cérébrales de la compréhension des métaphores verbales nouvelles contextualisées. La *théorie du codage distant* (Jung-Beeman, 2005) et l'*hypothèse de la saillance* (Giora, 2003), nous permettent de poser l'hypothèse d'une participation de l'hémisphère droit.

Construction du sens, aspects pragmatiques : l'ironie verbale

Le second chapitre de notre introduction théorique nous a permis de confirmer l'importance des processus pragmatiques dans le traitement et la compréhension de l'ironie.

Les composantes tardives positives – et plus particulièrement la P600 – mesurées dans les études en EEG, reflètent ces processus pragmatiques. De fait, une plus grande amplitude de ces composantes dans le traitement de l'ironie comparé à celui d'énoncés littéraux constitue le résultat le plus robuste de ces études (Regel *et al.*, 2010, 2011, 2014 ; Spotorno *et al.*, 2013). Sous l'expression de « processus pragmatiques » se regroupent un ensemble de processus permettant de décoder et d'intégrer des informations de différentes natures : émotionnelles (Phillips *et al.*, 2015), prosodiques (Bryant & Fox Tree, 2002, 2005), relatives aux connaissances sociales sur les individus (Champagne-Lavau *et al.*, 2012 ; Zalla *et al.*, 2014) ou encore la capacité à traiter les états mentaux (Colston & Gibbs, 2002 ; Filippova & Astington, 2008 ; Martin & McDonald, 2004).

Des études ont montré que des individus porteurs de pathologies affectant ces processus pragmatiques présentaient des déficits dans la compréhension de l'ironie, particulièrement chez les individus porteurs d'un TSA (MacKay & Shaw, 2004 ; Martin & McDonald, 2004 ; Pexman *et al.*, 2011 ; Vulchanova, Saldāna, Chahboun, & Vulchanov, 2015). Parallèlement, des études ont mis en évidence un lien entre les compétences pragmatiques et l'expression de traits autistiques : traitement de l'information prosodique (Yoshimura *et al.*, 2013) et émotionnelle (Poljac, Poljac, & Wagemans, 2013), TdE (Best, Moffat, Power, Owens, & Johnstone, 2008). Plus récemment, Spotorno et Noveck (2014) ont montré que les compétences pragmatiques évaluées *via* la mesure de traits autistiques étaient liées à la compréhension d'énoncés ironiques. Ce lien entre l'expression de traits autistiques et les compétences pragmatiques s'observe également à un niveau cérébral fonctionnel, mesuré par les potentiels évoqués Cox *et al.* (2015). Étonnamment, peu d'études se sont intéressées à l'étude du lien entre l'expression de traits autistiques et le traitement d'énoncés ironiques au niveau cérébral fonctionnel, mesuré par les potentiels évoqués. **Notre troisième objectif (étude 3)** consiste à évaluer ce lien chez une population adulte saine en testant la modulation de la composante P600 – reflet d'un traitement pragmatique – lors du traitement d'énoncés ironiques, en fonction de l'expression de traits autistiques mesurés par l'échelle de Quotient Autistique (QA ; Baron-Cohen, Wheelwright, Skinner, Martin, & Clubley, 2001 ; Annexe V).

Enfin, nous avons également pu constater dans la dernière partie du second chapitre que l'ironie comporte un certain nombre de marqueurs facilitant son traitement et sa compréhension : le contraste (Colston & O'Brien, 2000a ; Colston, 2002 ; Gibbs, 1994 ; Giora *et al.*, 2005 ; Ivanko & Pexman, 2003), la prosodie (Campbell & Katz, 2012 ; Pexman, 2008) ou encore l'expression faciale émotionnelle (Attardo *et al.*, 2003 ; Rockwell, 2001). De

nombreuses études comportementales ont fait le lien entre ces marqueurs et la compréhension de l'ironie et de ses effets pragmatiques mais peu d'étude en IRMf ont été menées en ce sens, ou bien se sont intéressées essentiellement à l'effet de la prosodie ironique (Matsui *et al.*, 2016 ; Wang *et al.*, 2006, 2007). Le même constat peut être fait concernant les effets pragmatiques de l'ironie. En effet, l'ironie permet de réaliser un grand nombre d'effets sur le locuteur dont l'un des plus rapporté et étudié est l'humour (Climie & Pexman, 2008 ; Colston & O'Brien, 2000b ; Filippova & Astington, 2010 ; Harris & Pexman, 2003 ; Ivanko & Pexman, 2003 ; Nicholson, Whalen, & Pexman, 2013 ; Pexman *et al.*, 2005 ; Roberts & Kreuz, 1994). Pourtant, à notre connaissance, seule l'étude d'Akimoto *et al.* (2014) a étudié les bases cérébrales du traitement de l'humour dans l'ironie et a montré une activation du CPF dorso-latéral droit lié au degré d'humour perçu par les participants. **Notre quatrième objectif (étude 4)** est d'apporter des données quant au traitement du contraste et de l'humour dans l'ironie. Plus spécifiquement, compte tenu du lien observé entre le contraste et l'humour (Calmus & Caillies, 2014), nous posons l'hypothèse de bases cérébrales communes.

Étude 1 – « Du haut de l’estrade, il catapultait ses paroles » : Mesure des Potentiels Évoqués du traitement des métaphores verbales nouvelles

Obert, A., Gierski, F. & Caillies, S. (soumis). He catapulted his words from the dais: An ERP investigation of novel verbal metaphors. *Metaphor and Symbol*.

Cette étude vise à explorer le décours temporel et la nature des processus cognitifs engagés dans la compréhension d’expressions métaphoriques verbales nouvelles. Précisément, deux hypothèses sont posées concernant les deux principales composantes étudiées dans la littérature sur le traitement du langage figuré. Tout d’abord, nous supposons une plus grande amplitude de la N400 pour les métaphores nouvelles comparées aux énoncés littéraux, reflet d’un plus grand travail sémantique pour leur compréhension. Ensuite, considérant la spécificité de traitement sémantique des verbes, une différence sur les composantes tardives entre les métaphores verbales et les énoncés littéraux est attendue.

Étude 2 – Implication du gyrus pariétal bilatéral dans le traitement des métaphores verbales : étude auditive en IRMf

Obert, A., Gierski, F., Calmus, A., Portefaix, C., Declercq, C., Pierot, L., & Caillies, S. (2014). Differential bilateral involvement of the parietal gyrus during predicative metaphor processing: An auditory fMRI study. *Brain and language*, 137C, 112-119. doi :10.1016/j.bandl.2014.08.002

Cette étude a pour principal objectif l’exploration des substrats neuronaux du traitement des métaphores verbales nouvelles contextualisées. Considérant la grande hétérogénéité méthodologique des études de traitement de la métaphore en IRMf et le peu de données concernant les métaphores verbales, l’hypothèse d’implication de régions précises n’a pas été posée. Toutefois, au regard des prédictions de la *théorie du codage distant* (Jung-Beeman, 2005) et de l’*hypothèse de la saillance* (Giora, 2003), l’hypothèse d’une participation de l’hémisphère droit a été formulée.

Étude 3 – Traitement pragmatique de l’ironie chez des individus sains avec des traits autistiques : étude de potentiels évoqués

Obert, A., Gierski, F. & Caillies, S. (soumis). Pragmatic processing of irony by typically developing adults with autistic traits: An ERP study. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*.

Cette étude vise à explorer les processus pragmatiques mis en œuvre dans le traitement d’énoncés ironiques. De courts énoncés contextualisés ont été diffusés de manière auditive avec une prosodie naturelle. L’investigation des processus pragmatiques a été réalisée par la mesure des composantes tardives positives ainsi qu’une mesure du quotient autistique des participants. Notre première hypothèse suppose une plus grande amplitude des composantes tardives positives pour les énoncés ironiques comparés aux énoncés littéraux, conformément à la littérature. Notre seconde hypothèse stipule une modulation de cette amplitude en fonction des scores de quotient autistique des participants.

Étude 4 – Bases cérébrales du contraste et de l’humour : traitement de caractéristiques communes de l’ironie verbale

Obert, A., Gierski, F., Calmus, A., Flucher, A., Portefaix, C., Pierot, L., Kaladjian, A. & Caillies, S. (en révision). Neural Correlates of Contrast and Humor: Processing Common Features of Verbal Irony. *PLoS ONE*.

Cette étude a pour objectif d’explorer les substrats neuronaux de la compréhension de l’ironie verbale. Plus précisément, cette étude a deux objectifs : l’étude des régions cérébrales impliquées dans le traitement d’énoncés ironiques diffusés de manière auditive ainsi que l’étude des régions cérébrales communes au traitement du contraste et de l’humour des énoncés ironiques. Ce second objectif est fondé sur le constat d’un lien non linéaire entre le contraste et l’humour (Calmus & Caillies, 2014), notre hypothèse étant que des régions cérébrales réagissant de manière non linéaire au degré de contraste des énoncés devraient également réagir au degré d’humour.

Étude 1

« Du haut de l'estrade, il catapultait ses paroles » : Mesure des Potentiels Évoqués du traitement des métaphores verbales nouvelles

Obert, A., Gierski, F. & Caillies, S. (*soumis*). He catapulted his words from the dais: An ERP investigation of novel verbal metaphors. *Metaphor and Symbol*.

Présentation de l'étude 1

La question de la nature des processus engagés dans la compréhension de métaphores nouvelles constitue une problématique majeure en psycholinguistique. Pouvoir apporter des éléments de réponse à cette question permet de tester les modèles de compréhension et de confronter par exemple, les modèles en étapes (*modèle pragmatique standard*) et les modèles d'accès direct (Gibbs, 2002). Ce type de données ne permet toutefois pas une analyse fine de la nature et de la temporalité des processus engagés. La technique d'EEG permet une analyse plus fine de ces processus et de leurs caractéristiques. Ainsi, de plus en plus d'études se sont intéressées au traitement de la métaphore nouvelle par l'analyse de potentiels évoqués et de deux composantes principales. La N400 traduirait un processus d'accès à l'information sémantique en mémoire (Brouwer *et al.*, 2012 ; Kutas & Federmeier, 2011) et les composantes tardives refléteraient les processus d'intégration de cette information au contexte (Brouwer *et al.*, 2012 ; Kutas & Federmeier, 2011). Les résultats les plus robustes concernent la N400 avec un gradient d'amplitude allant des énoncés littéraux aux énoncés sans signification, les énoncés métaphoriques présentant une amplitude intermédiaire (Arzouan *et al.*, 2007a ; Goldstein *et al.*, 2012).

Toutefois, beaucoup de ces études se sont intéressées à la métaphore nominale mais peu ont exploré la compréhension de la métaphore verbale. Un constat similaire peut se faire concernant les modèles de compréhension de la métaphore, qui se sont développés essentiellement sur la base du traitement de la métaphore nominale. Toutefois, deux modèles ont été proposés pour rendre compte de la spécificité du traitement de la métaphore verbale. Le *modèle de partage de traits sémantiques* qui stipule une combinaison sémantique entre le verbe et son patient (Le Ny & Franquart-Declercq, 2001, 2002) et le *modèle de catégorisation indirecte* qui pose l'hypothèse d'une correspondance entre la signification littérale et métaphorique du verbe par l'activation d'une entité intermédiaire (Utsumi & Sakamoto, 2011). Bien que spécifiques à la métaphore verbale, nous pouvons noter que ces deux modèles supposent une plus grande difficulté de traitement des énoncés métaphoriques nouveaux comparés à des énoncés littéraux, rejoignant les prédictions de modèles généraux (Giora, 2003). Ces modèles nous permettent de poser les hypothèses suivantes :

Considérant le caractère nouveau des énoncés métaphoriques verbaux, un travail plus important de recherche en mémoire d'information sémantique congruente devrait être engagé, comparé aux énoncés littéraux. Toutefois, ce travail serait moins important que pour les énoncés

sans signification. Ainsi, un gradient de la N400 similaire aux données obtenues sur la métaphore nominale nouvelle devrait être observé. Les hypothèses portant sur les composantes tardives revêtent un caractère plus exploratoire, en raison des résultats peu robustes sur cette composante dans le traitement des métaphores. Toutefois, considérant les modèles de traitement de la métaphore verbale (Le Ny & Franquart-Declercq, 2001, 2002 ; Utsumi & Sakamoto, 2011), nous formulons l'hypothèse d'une amplitude plus grande pour les énoncés métaphoriques comparés aux énoncés littéraux. Nos hypothèses seront testées par l'examen du traitement d'énoncés sans contexte (« *catapulter ses paroles* »), notre objectif étant de mettre en évidence le traitement des expressions métaphoriques et non l'effet du contexte. Ceci nous permet également d'isoler les traitements sémantiques (accès et intégration) de la relation entre le verbe et le patient et d'éviter les effets d'attentes que pourrait générer un contexte et auxquelles sont sensibles les composantes N400 et post-N400.

Afin de tester nos hypothèses, nous avons présenté visuellement à 30 participants des expressions métaphoriques (« *catapulter ses paroles* »), littérales (« *catapulter des pierres* ») et sans signification (« *accorder une valise* » ; voir Annexe II) en leur demandant de décider si chacune de ces expressions avait un sens ou non, pendant un enregistrement EEG. L'analyse des potentiels évoqués s'est centrée sur deux fenêtres temporelles correspondant à la N400 et les composantes tardives positives.

He catapulted his words from the dais: An ERP investigation of novel verbal metaphors

Alexandre Obert, Fabien Gierski and Stéphanie Caillies

Cognition, Health, Socialization (C2S) laboratory (EA6291), University of Reims Champagne-Ardenne, Reims, France

Corresponding author:

Alexandre Obert

Laboratoire C2S

Université de Reims Champagne-Ardenne

57 rue Pierre Taittinger

51096 REIMS Cedex

FRANCE

Phone: +33 3.26.91.37.73

E-mail: obert.alexandre@gmail.com

Abstract

Novel metaphors are a huge topic in psycholinguistics and cognition, where researchers have long sought to identify the cognitive and neural specificities of novel metaphor processing. Behavioral cues such as reading or decision times have frequently been used, but event-related potential recording is an increasingly popular method, as it allows for greater temporal accuracy. Many studies have highlighted greater semantic processing difficulty in an early time window for novel metaphors compared with literal expressions, reflected by a greater amplitude of the N400 component. However, many of these findings were based on nominal metaphors, in which two conceptually distant terms had to be integrated within a new meaning, and very few studies have looked at other types of metaphors such as verbal predicative metaphors, which involve the metaphorical use of a verb in a verb/patient expression. The aim of the present study was thus to investigate the nature and time course of the cognitive processes involved in the comprehension of novel predicative metaphors. Participants were asked to make semantic judgments about novel metaphorical (“to catapult the words”), literal (“to catapult the stones”) and meaningless (“to color the dust”) expressions during an electroencephalogram recording. Results revealed the classic N400 gradient from literal to metaphorical expressions, with the largest amplitude for meaningless expressions. Moreover, greater late frontal positivity was observed for novel predicative metaphors, suggesting that specific processes are used to derive new metaphorical meanings.

Keywords: verbal predicative metaphors, Event-related potentials, N400, LPC

He catapulted his words from the dais: an ERP investigation of novel verbal metaphors

It is clear that when someone says “he catapulted his words from the dais”, the speaker does not literally mean that the orator used a catapult to bombard the audience, but rather that s/he spoke with vehemence. This type of metaphor is commonly referred to as a verbal predicative metaphor, and is based on the metaphorical use of a verb. Although this kind of figurative expression frequently occurs in our daily discourse (Cameron, 2008), it is not studied as often as nominal metaphors (e.g., “this lawyer is a shark”, formally described as “X is a Y” where X is the topic and Y the vehicle) in their conventional or novel form. It is tempting to generalize the interpretation of studies of nominal metaphors to verbal predicative ones. However, there is growing evidence that these two types of metaphorical expressions differ in several ways, notably in terms of their neuroanatomical bases (Chen, Widick, & Chatterjee, 2008; Desai, Binder, Conant, Mano, & Seidenberg, 2011). Moreover, findings (mainly obtained for nominal metaphors) have highlighted qualitative processing differences between novel and conventional metaphors. Whereas highly conventional metaphors can be processed by retrieving their meanings stored in our knowledge base, novel metaphors seem to require the computing of new meanings (Giora, 1999; Giora & Fein, 1999).

The question of meaning creation has repeatedly been raised in the figurative language literature. Is there a specific form of meaning creation for metaphors? What are the cognitive processes behind meaning creation? There is some evidence that novel or unfamiliar metaphors require additional processing time, compared with conventional metaphors or literal expressions. For example, Brisard, Frisson, and Sandra (2001) demonstrated that unfamiliar nominal metaphors take longer to read than literal sentences. Using a priming paradigm, Blasko and Connine (1993) found that both the literal and figurative meanings were activated immediately when processing familiar nominal metaphors, whereas for unfamiliar ones, the literal meaning of the vehicle was accessed first, and was still maintained 300 ms after onset of the target stimulus. Along the same lines, studies using a divided visual field have shown that priming effects are more efficient for literal word pairs (stinging-mosquito) than for metaphorical ones (stinging-insult), irrespective of hemispheric differences and with both short (200 and 400 ms) and long (800 and 1100 ms) SOAs (Anaki, Faust, & Kravetz, 1998; Faust & Mashal, 2007), confirming that metaphorical versus literal meaning creation takes longer. When they compared unfamiliar verbal metaphors with decomposable verbal idioms in a priming paradigm, Caillies and Declercq (2011) also observed delayed access to metaphorical meaning. More recently, by measuring gaze fixations during reading, Columbus et al. (2015) showed that in the absence of

a supportive context, a subject/verb metaphorical expression containing an unfamiliar verb takes longer to read than a literal expression containing the same verb.

Taken together, these results indicate that the processing of novel metaphors requires additional processing time, irrespective of their form, and suggest that this additional time reflects metaphorical meaning creation. As we mentioned earlier, it is tempting to generalize interpretations of novel nominal metaphor processing to that of novel verbal metaphor processing. Glucksberg (2001, 2003), for instance, claimed that nominal and predicative metaphors are processed in a similar fashion, through a categorization process. He argued that the topic of a nominal metaphor is regarded as an exemplar of a superordinate category, and the vehicle is viewed as a prototypical exemplar of this category. For example, in the expression “My job is a jail”, Glucksberg stated that we understand job as an exemplar of a category describing unpleasant and confining situations that is accurately represented by jail. In the case of verbal predicative metaphors, the verb would be a prototypical exemplar of a superordinate category, encompassing everything that could be an agent of the verb (e.g., to fly could refer to things that can travel quickly in the sentence “the rumor flew through the office” Glucksberg, 2003; Torreano, Cacciari, & Glucksberg, 2005). Glucksberg and Haught (2006) highlighted this categorization process in nominal metaphor comprehension by comparing the processing of categorical (X is a Y) and comparative (X is like a Y; i.e., simile) forms. They found that novel metaphors were preferred, were easier to understand, and were judged more apt than similes. Although some results for nominal metaphors are consistent with predictions derived from this model (Jones & Estes, 2006), there are no findings in favor of a direct categorization process for predicative verbal metaphors. Moreover, predicative verbal metaphors seem ill-suited to the proposed operationalization (e.g., “to catapult one’s words” is difficult to convert to a comparable simile form). Utsumi and Sakamoto reviewed this categorization model and suggested a more indirect (two-stage) categorization process for predicative adjectival (Utsumi & Sakamoto, 2007) and verbal (Utsumi & Sakamoto, 2011) metaphors than for nominal metaphors, involving an intermediate entity before the final evocation of the metaphorical category. Using a priming paradigm, they found that indirect category targets were activated more than direct category targets were after verbal metaphor processing, suggesting that predicative metaphors are indeed understood as indirect categorizations. This revised categorization model states that processing time for metaphors increases along a gradient from direct categorization for nominal metaphors to indirect categorization for verbal or adjectival metaphors.

A second model regarding predicative metaphors has been put forward in the literature. This regards the processing of verbal metaphors as specific, and states that verbal metaphors

are understood through the processing of semantic congruency between the agent/verb and/or verb/patient pairs (Le Ny & Franquart-Declercq, 2001, 2002). This semantic congruency process relies on semantic features shared by the verb and its agent and/or patient. For example, this model states that when processing the expression “catapulted his words”, the first patient to be activated is the one that shares the most semantic features with the verb to catapult (i.e., stone). However, the subsequent term words requires this patient to be rejected and the semantic features of the verb and the patient to be recomposed so that the expression conveys an interpretable figurative meaning. This model therefore suggests that novel predicative metaphors require additional cognitive processes to compute new semantic meanings through semantic feature matching. This is congruent with the meager results yielded by studies of the metaphorical use of verbs, which indicate additional processing times for novel verbal metaphors (Caillies & Declercq, 2011; Columbus et al., 2015). Despite these interesting behavioral data, these studies suffer from a lack of specificity concerning the cognitive processes engaged during novel verbal metaphor processing. The additional processing time observed in both of the aforementioned studies could be consistent with both indirect categorization and semantic feature matching. As Kazmerski et al. (2003) pointed out, different cognitive processes (e.g., detection of semantic violation, semantic repair through categorization or semantic congruency process) may overlap, resulting in longer processing times.

One way to assess the nature and time course of cognitive processes is to measure event-related potentials (ERPs). ERPs constitute a measure of the brain’s activity time-locked to specific stimuli, and have millisecond resolution, allowing for accurate examination of the timecourse of cognitive processes, and giving us some idea of their nature. Two components are of specific interest when studying language comprehension, as they reflect two processing time courses: an early negative component (N400) and a late positive component (LPC). The N400 occurs 300-500 ms after the critical word of an expression. Characterized by a centroparietal distribution, it was initially interpreted as being sensitive to semantic violations (Kutas & Hillyard, 1980), but later found to be sensitive to semantic features at both word (Holcomb & Neville, 1990; Kutas & Hillyard, 1989) and sentence levels (Kutas & Federmeier, 2007). More generally, it occurs in a broad range of situations that render semantic processing difficult, such as low predictability, low frequency, and low orthographic or phonological similarity, as well as poor matching between a word and the context.

This response of the brain to semantic features has made the N400 an interesting index of the early semantic processing of novel metaphors. One of the first ERP studies to examine novel nominal metaphor processing was conducted by Pynte, Besson, Robichon, and Poli

(1996), who assessed the effects of familiarity and context on the N400. Their results showed that in the absence of a supportive context, reading or processing unfamiliar metaphors, as opposed to conventional ones or literal expressions, tended to produce a larger N400. This finding has been replicated in several ERP studies with simple sentences containing unfamiliar metaphors (Lai, Curran, & Menn, 2009; Tartter, Gomes, Dubrovsky, Molholm, & Stewart, 2002) or word pairs (Arzouan, Goldstein, & Faust, 2007a; Goldstein, Arzouan, & Faust, 2012; Gold, Faust, & Goldstein, 2010). Greater N400 amplitude for metaphorical stimuli than for literal stimuli is commonly assumed to result from early detection of a semantic anomaly, leading to more extensive semantic processing difficulty. Nevertheless, the nature of the semantic processes behind this N400 modulation remains unclear. For example, Lai and Curran (2013) stated that in nominal metaphor processing, the N400 effect is elicited by both the retrieval of concepts and the comparison between them, while Arzouan, Goldstein, and Faust (2007a) interpreted this effect as the initial detection of anomaly in the literal processing of metaphors. Recent reviews (Brouwer, Fitz, & Hoeks, 2012; Kutas & Federmeier, 2011) suggest that the N400's sensitivity to a broad range of semantic features reflects access to long-term semantic memory. This access is presumably modulated by both external stimuli (a word (un)related to the preceding context) and internal processes (recalling or predicting information). In terms of metaphor processing, the N400 may therefore reflect access in long-term semantic memory to a more or less congruent meaning (at a conceptual or word level): the greater the discrepancy between the meaning that is initially activated and the critical word that is subsequently encountered, the greater the cost of this long-term semantic memory access and, thus, the amplitude of the N400.

The second component of interest regarding language comprehension is the LPC (also known as the P600⁵⁴), which frequently follows the N400 and is commonly observed in the 500-900 ms time window, with a parietal topography. The cognitive processes underlying this component appear to be less straightforward than for the N400. The LPC was first observed by Osterhout and Holcomb (1992), who found a greater amplitude for sentences containing a syntactic ambiguity (e.g., "The woman struggled to prepare the meal") than for sentences with no

⁵⁴The nomenclature used in the literature for late positive components remains unclear for two reasons. First, *LPC* is occasionally used to refer to either the P600 (Davenport & Coulson, 2011) or the P300 (Polich, 2012). Second, there is a debate surrounding the topographies of positive components in the P600 time window. Some authors hold that the P600 encompasses different cognitive processes reflected by different topographies (Friederici, 2002), while others remain cautious about such an interpretation (Federmeier et al., 2007). For clarity's sake, we used the term LPC here to encompass all late positive components occurring after the N400.

such ambiguity (e.g., The woman was persuaded to answer the door). Thus, the LPC was initially regarded as an index of syntactic reanalysis and repair (Friederici, 1995; Hagoort, 2003). Further studies, however, led to a reconsideration of this solely syntactic processing function, and more recently, some near-semantic violations, such as the violation of thematic role, have been shown to elicit a P600 effect. For example, Kuperberg, Sitnikova, Caplan, and Holcomb (2003) asked participants to read sentences containing an animacy violation of the verb (e.g., “[...]_eggs would only eat toast_[...]”), as well as normal ([...] the boys would only eat toast [...]) and pragmatically incorrect ([...] the boys would only bury toast [...]) sentences. They found that the animacy-violated sentences elicited a greater P600 effect than the other sentences, suggesting that the function reflected by the P600 goes beyond purely syntactic processing (Hoeks, Stowe, & Doedens, 2004; Kuperberg, Caplan, Sitnikova, Eddy, & Holcomb, 2006; Van Herten, Kolk, & Chwilla, 2005). This sensitivity to a broad range of syntactic and semantic features led Kuperberg (2007) to conclude that the P600 reflects a combinatorial analysis process. More specifically, she suggested that P600 effects occur when there is a conflict between two processes, such as semantic representation and syntactic violation. These findings suggest that there should be a larger LPC for the processing of figurative language, but in studies conducted on novel metaphors, the LPC effect appears to be inconsistent. Greater positivity was observed for nearly novel sentence metaphors of various types in the study by Coulson and Van Petten (2002), and was interpreted as an index of the retrieval of the relevant conceptual metaphor, but other studies have failed to observe it. For example, when Arzouan et al. (2007a, 2007b) used word pairs, they observed the opposite pattern, namely greater negativity for novel metaphorical stimuli than for conventional metaphorical and literal ones. It has thus been suggested that the LPC could overlap with another negative component involved in a secondary semantic integration process (Friederici, Steinhauer, & Frisch, 1999; Goldstein et al., 2012).

Interestingly, a late negative component has been observed in studies assessing the comprehension of particular verb constructions, shedding some light on verbal predicative metaphor processing. For example, Rutter et al. (2012) provided participants with novel metaphorical (“The clouds danced over the city”), literal (“The clouds moved over the city”) or near meaningless (“The clouds read over the city”) agent/verb sentences. Their results showed that metaphorical verb use elicited a larger N400 and more late negativity than literal sentences, though not as much as meaningless ones⁵⁵. While the N400 component was interpreted as an index of the effort made to connect two unrelated concepts, the late component was seen as reflecting a

⁵⁵ Owing to the grammatical rules of the German language, the verb appears at the end of the sentence and is thus often considered as the event of interest in ERP studies.

semantic reanalysis process. Some verb/argument structures also appear to elicit late negative components. For example, Wittenberg, Paczynski, Wise, Jackendoff, and Kuperberg (2014) presented participants with three type of sentences, all containing a light verb, which appeared to have little semantic content of their own (“give”): a light verb construction (“Julius gave Anne a kiss”), a nonlight construction (“Julius gave Anne a rose”) and a semantically anomalous construction (“Julius gave Anne a conversation”). Their results showed that compared with nonlight constructions, light verb constructions elicited a sustained negative effect in a later time window (500-900 ms), which was interpreted as an index of the cognitive effort required to resolve a mismatch between the semantic and syntactic structures. Although this study did not explicitly model metaphorical expression, it showed that the light verb construction is, to some extent, a metaphorical verb/patient structure, in the sense that kiss is a less congruent patient than rose for the verb *to give* (Le Ny & Franquart-Declercq, 2001, 2002).

The present study was designed to further examine the cognitive processes involved in creating metaphorical meaning and their time course, as revealed by ERP waveforms. To our knowledge, no study had previously investigated predicative verb/patient metaphor processing with ERPs. Our study was intended to extend current understanding of the processing of this frequently used form of metaphor, and inform the discussion as to their specific nature. Given the potentially facilitating effect of context on metaphor processing (Gibbs, 1994; Giora, Gazal, Goldstein, Fein, & Stringaris, 2012), our study focused on the processing of simple metaphorical expressions without any supportive context. Moreover, we specifically investigated the processing of verbal predicative metaphors in the verb/patient form. This type of metaphor is based on a metaphorical association between a verb (e.g., to catapult) and a more or less atypical patient (e.g., words). In order to assess the cognitive process that is assumed to be involved in novel metaphor processing, these metaphorical expressions were compared with literal (“to catapult the stones”) and meaningless (to adopt a cloud) expressions. Viewing the N400 as a reflection of semantic memory access (Brouwer, Fitz, & Hoeks, 2012; Kutas & Federmeier, 2011), and based on the nominal metaphor literature, we expected N400 amplitude to follow a gradient from literal to metaphorical and meaningless expressions. We assumed that the literal expressions would not require deep semantic searches, unlike the metaphorical ones, which were completely novel and unfamiliar. Meanwhile, meaningless expressions would engage the most effortful process, owing to the difficulty of finding consistent semantic information in memory. By contrast, given the inconsistent results for late processes in ERP studies featuring novel metaphors, and the absence of a consensus regarding the time course of the processes

involved, it was difficult to formulate reasoned predictions. Nevertheless, we expected to observe late components reflecting semantic reanalysis, following the semantic information search. In line with both the indirect categorization (Utsumi & Sakamoto, 2011) and semantic feature matching models (Le Ny & Franquart-Declercq, 2001, 2002), we expected processing times to be longer for novel metaphors than for literal expressions, owing to more effortful cognitive processes, leading to greater amplitudes of assessed components. In summary, we expected that both novel metaphors and literal expressions would elicit an N400 with a graded amplitude, reflecting common but differently costing forms of access to semantic memory, as well as differences in late components, reflecting additional processes for metaphors.

Method

Participants

Thirty undergraduates were included in this study. One of them was excluded owing to technical issues, and nine owing to insufficient analyzable ERP data ($n = 5$) or atypical behavioral responses (following Grubbs' method; $n = 4$). The 20 remaining participants (17 women; mean age = 19.35 years, $SD = 1.23$, range 18-22) were all native French speakers, had normal or corrected-to-normal vision, and reported no history of neurological disorder. Participants gave their written informed consent prior to the beginning of the study.

Stimuli

The experimental material consisted of 38 verb/patient pairs. Some of them were taken from an existing pool of stimuli (Caillies & Declercq, 2011; Obert et al., 2014), while the others were created especially for the present study. Each verb/patient pair had a metaphorical and a literal version. These versions shared the same verb, but differed on the patient (matched for number of letters, frequency, etc.). A sample verb/patient pair in the metaphorical and literal conditions is provided in table 1. The difficulty and the familiarity of the metaphorical and literal pairs were rated by 30 French native speakers (who did not take part in the EEG study) on a 6-point Likert-like scale ranging from 1 (*Unfamiliar*) to 6 (*Very familiar*). Comprehensibility was rated on a 6-point Likert-like scale ranging from 1 (*Very easy*) to 6 (*Very difficult*).

Overall, the metaphorical sentences were rated as more unfamiliar, $t(74) = 2.42$, $p < 0.05$ ($M_{\text{Meta}} = 2.95$, $SD_{\text{Meta}} = 0.68$; $M_{\text{Lit}} = 3.50$, $SD_{\text{Lit}} = 1.21$), and more difficult, $t(74) = -3.63$, $p < 0.001$ ($M_{\text{Meta}} = 2.69$, $SD_{\text{Meta}} = 0.71$; $M_{\text{Lit}} = 2.11$, $SD_{\text{Lit}} = 0.69$) than their literal counterparts. The frequency of each patient was assessed using the French Lexique.org database (New, Pallier, Ferrand, & Matos, 2001) and then compared between conditions using a t test. Results showed no significant differences, $t(74) = -1.33$, $p = 0.19$ ($M_{\text{Meta}} = 91.51$, $SD_{\text{Meta}} = 104.58$; M_{Lit}

= 62.39, $SD_{Lit} = 84.93$). All 76 metaphorical and literal sentences were divided into two lists, so that participants only saw each verb in one condition. A meaningless condition was created using filler expressions, which were constructed so that the verb and patient were no longer semantically related and did not appear in any other experimental condition (all the expressions are provided in the Appendix⁵⁶).

Table 1

Examples of verb/patient pairs

Verb	Article	Patient	
		Literal	Metaphorical
Welcome	The	baby	sorrow
Snub	the	neighbor	sleep

Procedure

Participants were tested individually, seated in front of a monitor at a distance of nearly 60 cm. Verb/patient pairs were displayed in white font (Courier New, size 45) against a black background, at the center of a 20-inch screen. Each trial began with the display of a fixation cross for 250 ms, then a black screen for 200 ms, followed by the verb/article/patient expression for 200 ms. The trial ended with a black screen for 1000 ms, followed by a screen with a question mark for 3000 ms, inviting the participant to respond. Participants were asked to perform a semantic judgment task, indicating whether the expression was meaningful using two response boxes, one in each hand. Before the experimental task, participants underwent a training session featuring six verb/patient pairs that were not used in the experiment.

Electrophysiological Recording

Scalp electroencephalograms (EEGs) were recorded using a 32-channel electrode cap (BrainAmp; Brain Products, Germany) arranged on the scalp according to the 10-20 system. Data were recorded online at 250 Hz, with bandpass cut-offs of 0.1-100 Hz. The reference

⁵⁶ Ces expressions sont disponibles en Annexe II du manuscrit

electrode was located midway between Fz and Cz. Impedance was kept below 5 k Ω for all participants. The amplification gain was 1000. Vertical and horizontal eye movements were recorded from two frontopolar electrodes (FP1 and FP2) placed on and below the outer canthus of the left eye.

Data Analysis

ERP data analysis.

Data were analyzed using the EEGLab toolbox (Delorme & Makeig, 2004) and ERPLab plugin (Lopez-Calderon & Luck, 2014). Data were filtered at 0.1Hz, and a notch filter (50 Hz) was used to reduce background noise. Segments time-locked to patient onset were computed from 200 ms before to 1000 ms after onset, and a 30-Hz low-pass filter was applied. Epochs were corrected for electrooculographic (EOG) and other linear artifacts using ICA decomposition and identified by the ADJUST algorithm (Mognon, Jovicich, Bruzzone, & Buiatti, 2011). Remaining artifacts were removed using an automatic detection and rejection procedure: segments were rejected when amplitude exceeded the ± 100 μ V range and a 30 μ V threshold on the vertical EOG. Epochs were then re-referenced to the left and right mastoids and baseline-corrected (200 ms before stimulus onset).

Results

Behavioral Data

Behavioral data were collected from the 20 remaining participants. One-way ANOVAs were conducted on the mean number of correct decisions and their mean reaction times, as a function of condition (metaphorical, literal and meaningless, table 2). Analysis of the proportions of correct responses showed a significant effect of the semantic link, $F(2, 38) = 10.74$, $MSE = 4.32$, $\eta_p^2 = 0.36$, $p < 0.001$. Bonferroni post hoc analyses showed that accuracy was significantly higher for literal and meaningless expressions than for metaphorical ones. No significant difference between meaningless and literal expressions was observed. Analysis of mean reaction times for correct responses did not show any significant effect of the semantic link, $F(2, 38) = 1.77$, $MSE = 1368.18$, $\eta_p^2 = 0.08$, $p = 0.18$.

Table 2

Proportions of Correct Responses and Their Reaction Times for the Three Conditions. Standard Deviations are shown in Parentheses

Semantic link	Proportion	Mean response time (in s)
Metaphorical	0.74 (0.16)	377.89 (98.00)
Literal	0.87 (0.12)	360.00 (81.18)
Meaningless	0.90 (0.12)	380.04 (84.21)

ERP data.

Visual inspection of the waveforms revealed similar patterns for all three conditions (Fig. 1). An N100/P200 complex could be observed, characterized by a frontocentral topography, as observed in other visual paradigms (Coulson & Van Petten, 2002; Friederici & Frisch, 2000; Rutter et al., 2012). A negative peak appeared in a 300-500 ms time window, which was narrower in the central and posterior sites than in the frontal one (Figs 2 and 3). The meaningless condition appeared to induce a more negative amplitude in this 300-500 ms time window on the overall scalp, while the literal condition elicited the least negative amplitude. This negative peak was followed by a sustained component in the anterior electrodes. This sustained component could be segmented into two time windows: 500-700 ms and from 700 ms to the next event (response screen). To avoid any potential confound with the spreading of the frontal N400, we only analyzed the second of these two time windows, as a post-N400 component. In this window (700-1000 ms) we observed a gradient of positivity similar to that of the N400 window in the frontal electrodes (Figs 2 and 4), along with a minor visual difference between the three conditions in the central and posterior electrodes.

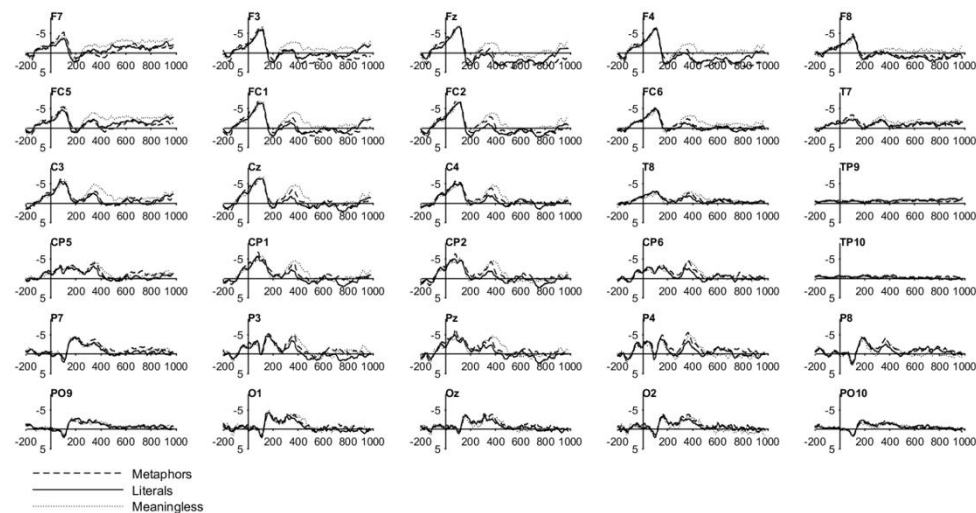


Figure 1: Average waveforms elicited by all three conditions. Negative is up.

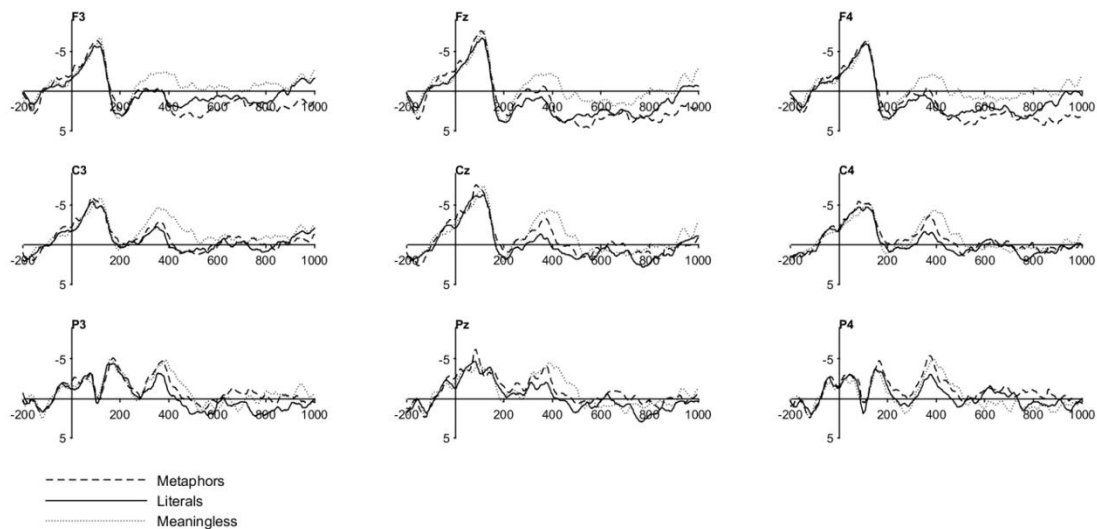


Figure 2: Average waveforms of the nine selected electrodes. Negative is up.

Following this visual inspection, nine electrodes were selected for analysis: F3, Fz, F4, C3, Cz, C4, P3, Pz and P4 (Fig. 2). The electrodes were entered into a repeated-measures ANOVA with semantic link (3; metaphorical, literal, meaningless), site (3; anterior, central, posterior) and laterality (3; left, central, right) as within-participants factors, and mean amplitudes as dependent variables. We applied the Geisser-Greenhouse correction as soon as the sphericity assumption was violated. Interactions between site and laterality that did not involve

the semantic link factor were not investigated. Whenever we found a significant main effect or interaction with the semantic link factor, we conducted post hoc paired *t* tests with the Bonferroni correction.

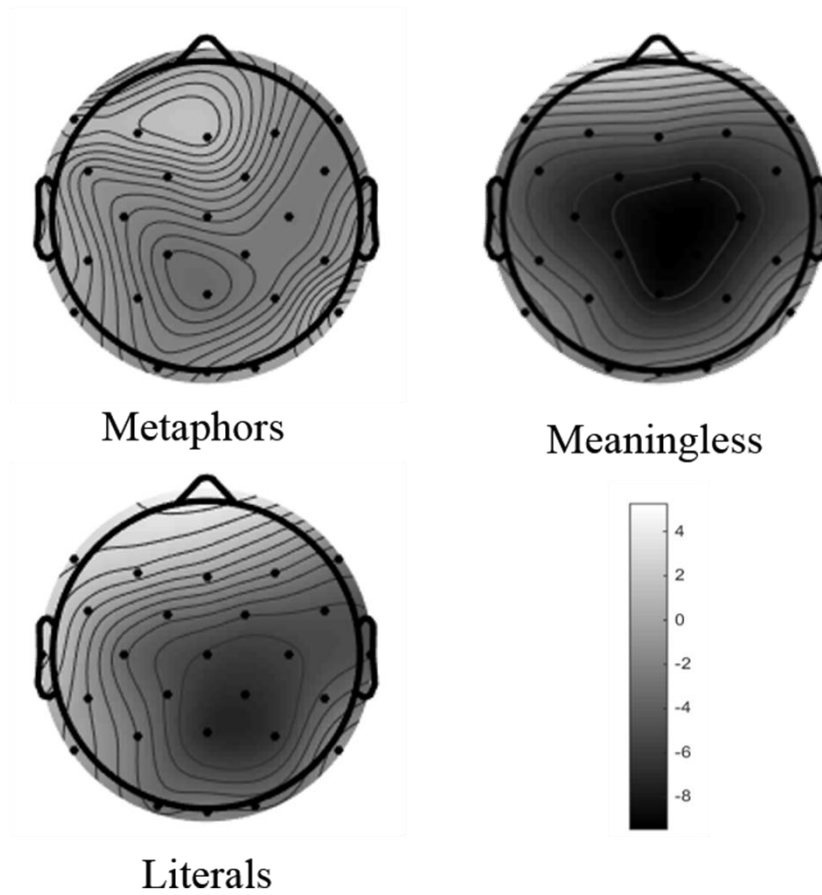


Figure 3: Topographical representations of each experimental conditions in the 300-500 time window.

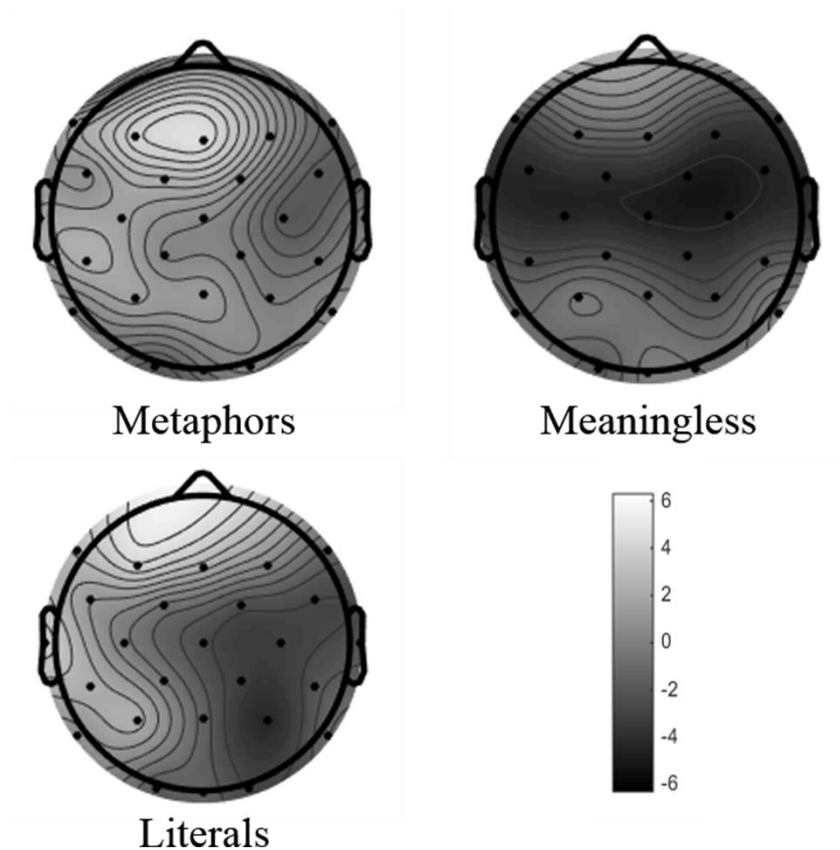


Figure 4: Topographical representations of each experimental conditions in the 700-1000 time window.

N400 time window.

Analysis of the mean amplitude in this window showed a main effect of semantic link, $F(2, 38) = 10.14, p < 0.001, MSE = 31.85, \eta_p^2 = 0.35, p < 0.001$, with meaningless expressions triggering a more negative amplitude than metaphors (-2.27 vs. $-0.46 \mu V, p < 0.001$) or literal expressions (-2.27 vs. $0.35 \mu V, p < 0.001$). The N400 was also significantly more negative for metaphors than for literal expressions (-0.46 vs. $0.35 \mu V, p < 0.05$). A significant Semantic link x Site interaction was observed, $F(4, 76) = 3.76, MSE = 4.79, \eta_p^2 = 0.17, p < 0.05$. Post hoc analyses revealed that the difference between metaphorical and meaningless expressions was significantly greater at the frontal sites than at the parietal ones ($p < 0.05$), but no other difference reached significance. The main effect of laterality failed to reach significance ($p = 0.42$).

A significant interaction between semantic link and laterality was observed, $F(4, 76) = 2.52$, $MSE = 1.59$, $\eta_p^2 = 0.12$, $p < 0.05$, but post hoc analysis failed to reveal any significant effect⁵⁷.

700-1000 ms time window.

Analysis in this second post-N400 window failed to reveal any significant effect of either semantic link ($p = 0.20$) or site ($p = 0.26$). However, a significant Semantic link x Site interaction, $F(4, 76) = 6.93$, $MSE = 7.92$, $\eta_p^2 = 0.27$, $p < 0.01$, was observed. Post hoc analyses showed that the difference between metaphorical and meaningless expressions was greater on frontal than on parietal sites ($p < 0.01$). A significant main effect of laterality was also observed, $F(2, 38) = 4.19$, $MSE = 10.95$, $\eta_p^2 = 0.18$, $p < 0.05$, explained by greater positivity in right and midline electrodes than in left ones (0.91 and 0.92 vs. 0.04 μV , $p < 0.001$). The three-way Semantic link x Site x Laterality interaction also reached significance, $F(8, 152) = 3.20$, $MSE = 0.90$, $\eta_p^2 = 0.14$, $p < 0.01$. To break this interaction down and better characterize the differences between conditions, we entered semantic link and laterality in three two-way ANOVAs, one for each site. The ANOVA for the frontal site showed a main effect of semantic link, $F(2, 38) = 5.46$, $MSE = 27.05$, $\eta_p^2 = 0.22$, $p < 0.05$, with metaphors eliciting greater positivity than literal (2.78 vs. 1.24 μV , $p < 0.05$) or meaningless (2.78 vs. -0.36 μV , $p < 0.001$) expressions. Literals also appeared to be significantly more positive than meaningless expressions (1.24 vs. -0.36 μV , $p < 0.01$). The main effect of laterality was also significant, $F(2, 38) = 9.23$, $MSE = 3.28$, $\eta_p^2 = 0.33$, $p < 0.001$, and was explained by greater positivity in the right and midline electrodes than in the left ones (1.75 and 1.49 vs. 0.41 μV , $p < 0.001$). The ANOVA for the central electrodes revealed a main effect of laterality, $F(2, 38) = 5.89$, $MSE = 4.16$, $\eta_p^2 = 0.24$, $p < 0.05$, with right and midline electrodes displaying more positive voltages than left ones (0.53 and 0.57 vs. -0.56 μV , $p < 0.001$). The final two-way ANOVA (parietal site) showed a significant Semantic link x Laterality interaction, $F(4, 76) = 5.89$, $MSE = 4.14$, $\eta_p^2 = 0.18$, $p < 0.01$. No subsequent post hoc analyses with Bonferroni correction reached significance⁵⁸.

⁵⁷ Post hoc analyses without Bonferroni correction revealed that the difference between metaphors and meaningless expressions was greater in left and midline electrodes than in right ones. Similarly, there was a greater difference between literal and meaningless expressions in the midline electrodes than in the right ones.

⁵⁸ Post hoc analyses without Bonferroni correction revealed that the difference between literal and meaningless expressions was greater in left than in right electrodes.

Discussion

The aim of this study was to investigate the nature and time course of the cognitive processes involved during the processing of novel verbal metaphors, and thus to better understand how metaphorical meaning is created. Our predictions were that unfamiliar verbal metaphors would at least momentarily elicit costly semantic processing, owing to the semantic incongruity they contained, and thus a larger N400 component than literal expressions. Meaningless expressions, representing an irresolvable semantic violation, would induce the largest component. Moreover, despite the absence of reasoned predictions, we expected to observe late component modulations, reflecting semantic reanalysis. Results tended to confirm our predictions, with N400 amplitude following a gradient from literal expressions to meaningless ones, and with a gradient of late positivity from meaningless expressions to metaphorical ones, with a mainly frontal distribution.

N400

The N400 amplitude gradient from literal to meaningless expressions, via metaphors, is consistent with findings on the processing of novel nominal metaphors (Arzouan et al., 2007a; Coulson & Van Petten, 2002; Gold et al., 2010; Goldstein et al., 2012). Two interpretations can be drawn from this finding. First, the fact that both metaphorical and literal novel expressions elicited the N400 is congruent with the hypothesis of common access to meaning stated in the direct access model (Gibbs, 1994, 2002). Second, as the pattern we observed is similar to those found in studies of nominal metaphors, we can surmise that novel verbal and nominal metaphors engage similar processes to some extent. At first sight, this could be seen as being consistent with Glucksberg's proposal (2003) that nominal and verbal metaphors undergo the same direct categorization process. Nevertheless, we cannot reject the indirect categorization process model (Utsumi & Sakamoto, 2011). In this indirect categorization model, contrary to the direct categorization view, the comprehension of predicative metaphors requires the computing of an intermediate entity, which results from the retrieval of one or more prototypical members of the verb category. Actions or events relevant to both the prototypical members and the encountered word are then extracted. Although this model does not clearly set out the differences between the processing of literal and metaphorical predicative expressions, the N400 modulation could be viewed as an index of the second step, reflecting the search for prototypical exemplars in long-term semantic memory and the extraction of events that could be applied to the novel verbal metaphor.

The N400 amplitude pattern also appears consistent with the model put forward by Le Ny and Franquart-Declercq (2001, 2002), if the N400 is regarded as an index of access to long-term semantic memory at both word and conceptual levels (Kutas & Federmeier, 2011). In a literal predicative expression, the patient is viewed as being highly probable, and can be effortlessly retrieved from long-term memory. By contrast, in meaningless expressions, the patient is perceived of as strongly improbable, and attempting to find a semantically congruent feature in semantic memory may thus involve considerable effort. Lastly, in a novel predicative metaphor, the patient associated with the verb belongs to the *least* probable patient category, and additional semantic processing is thus required to arrive at a meaningful interpretation.

Late Positive Effect

Analyses of the late component showed a gradient of positivity from meaningless expressions to metaphorical ones, with a frontal topography. Given the novelty of our predicative metaphors, the gradient we observed is consistent with models suggesting that additional processes are needed to tackle predicative metaphors, and argues against models assuming direct access to metaphorical meaning. Furthermore, and as explained above, the indirect categorization model put forward by Utsumi and Sakamoto (2011) suggests that an intermediate entity is involved before the computing of a new figurative meaning. If we assume that the N400 is an index of the retrieval of just such an intermediate entity, the late effect we observed may constitute an index of the next semantic step, namely an integration process. These positive modulations are also congruent with the semantic feature matching model developed by Le Ny and Franquart-Declercq (2001, 2002). The initial search for semantic features indexed by the N400 is presumably followed by a process of integrating the activated semantic features to compute a new metaphorical meaning, as reflected by the late components.

Moreover, in contrast to some findings on novel metaphor processing (Coulson & Van Petten, 2002), the post-N400 component we observed was probably frontal for all conditions, and more positive for the metaphorical one. This frontal positivity can be seen in the light of recent studies discussing the existence of different processes reflected by different topographies (DeLong, Quante, & Kutas, 2014). Federmeier, Wlotko, De Ochoa-Dewald, and Kutas (2007) observed that low-cloze probability words in a constraining context (“He bought her a pearl necklace for her collection”) elicited greater post-N400 frontal positivity than high-cloze ones (“He bought her a pearl necklace for her birthday”), suggesting an additional cost in processing the unexpected word. Although our stimuli were context-free, the verbs we used may have

served as constraining entities, and the patient word was unexpected. Some of the verbs we used represented actions such as to catapult, which may have preactivated things that can be catapulted, thus constraining semantic expectancies. Moreover, Davenport and Coulson (2011) assumed that this frontal positivity effect is sensitive to the novelty of meanings. For example, sentences such as “The clever boys used a cardboard box as a boat” elicited greater frontal positivity than more conventional ones such as “His main method of transportation is a boat”. These findings are consistent with our frontal LPC modulation results, as we used novel verbal metaphors, which are, by definition, less conventional than literal expressions.

In summary, our results suggest that verbal predicative metaphors are processed in two stages, reflected by greater subsequent modulations of the N400 and LPC. Although we attempted to control for the word characteristics that are known to modulate the components we measured, we cannot exclude the possibility that results were influenced by some verb features we had not considered. For example, the direct categorization view (Glucksberg & Haught, 2006; Glucksberg, 2003) states that the aptness of a metaphor is more important than its conventionality in the investigation of metaphor processing, whereas the indirect categorization model (Utsumi & Sakamoto, 2011) does not. Thus, assessing the effect of this feature in nominal and verbal metaphors could help to clarify the specificity of verbal predicative metaphor processing. Moreover, the level of verb abstraction can be used as a cue to judge the metaphoricality of an expression (Torreano et al., 2005). Dalla Volta, Fabbri-Destro, Gentilucci, and Avanzini (2014) showed, for example, that concrete and abstract verbs recruit different cortical regions. Given that they are bodily based, we would expect the former to engage the motor system (i.e., parietofrontal regions), but not the latter. This finding is congruent with the notion of embodied simulation, which states that people engage in partial embodied simulation when processing metaphors (Gibbs, 2013). Considering this aspect could be an interesting way of investigating verbal metaphor processing. Moreover, as underlined by Blasko and Kazmerski (2006; see also Kazmerski et al., 2003), individual differences could modulate the strategies and cognitive efforts engaged in the processing of metaphors. Further studies should therefore take into account the degree of metaphorical aptness, level of verb abstraction and individual differences in the processing of novel predicative metaphors.

Conclusion

The present study was designed to assess the cognitive bases of the processing of verbal predicative metaphors, which are rarely studied. Although the gradient of the N400 component

we observed was consistent with findings for novel nominal metaphors, the late component highlighted the specificity of verbal predicative metaphors. In both time windows, novel verbal predicative metaphors elicited a greater amplitude than literal expressions, suggesting that the two-stage processing of metaphors requires more cognitive resources. More research is needed to accurately assess the nature and time course of cognitive processes and directly contrast nominal and verbal predicative metaphors.

Acknowledgments

We thank Nicolas Stefaniak, Sarah Terrien and Gregory Simon for their help and advice with the experimental protocol and technical aspects.

References

- Anaki, D., Faust, M., & Kravetz, S. (1998). Cerebral hemispheric asymmetries in processing lexical metaphors. *Neuropsychologia*, *36*(4), 353-362. doi:10.1016/S0028-3932(97)00110-3
- Arzouan, Y., Goldstein, A., & Faust, M. (2007a). Brainwaves are stethoscopes: ERP correlates of novel metaphor comprehension. *Brain Research*, *1160*, 69-81. doi:10.1016/j.brainres.2007.05.034
- Arzouan, Y., Goldstein, A., & Faust, M. (2007b). Dynamics of hemispheric activity during metaphor comprehension: Electrophysiological measures. *NeuroImage*, *36*(1), 222-231. doi:10.1016/j.neuroimage.2007.02.015
- Blasko, D. G., & Connine, C. (1993). Effects of familiarity and aptness on metaphor processing. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, *19*(2), 295-308. doi:10.1037/0278-7393.19.2.295
- Blasko, D. G., & Kazmerski, V. a. (2006). ERP correlates of individual differences in the comprehension of nonliteral language. *Metaphor and Symbol*, *21*(4), 267-284. doi:10.1207/s15327868ms2104_4
- Brisard, F., Frisson, S., & Sandra, D. (2001). Processing unfamiliar metaphors in a self-paced reading task. *Metaphor and Symbol*, *16*(1979), 87-108. doi:10.1207/S15327868MS1601&2_7
- Brouwer, H., Fitz, H., & Hoeks, J. (2012). Getting real about semantic illusions: Rethinking the functional role of the P600 in language comprehension. *Brain Research*, *1446*, 127-143. doi:10.1016/j.brainres.2012.01.055
- Caillies, S., & Declercq, C. (2011). Kill the song-steal the show: What does distinguish predicative metaphors from decomposable idioms? *Journal of Psycholinguistic Research*, *40*(3), 205-223. doi:10.1007/s10936-010-9165-8
- Cameron, L. (2008). Metaphor and talk. In R. J. Gibbs, R. J. Gibbs (Eds.), *The Cambridge handbook of metaphor and thought* (pp. 197-211). New York, NY, US: Cambridge University Press.
- Chen, E., Widick, P., & Chatterjee, A. (2008). Functional-anatomical organization of predicate metaphor processing. *Brain and Language*, *107*(3), 194-202. doi:10.1016/j.bandl.2008.06.007
- Columbus, G., Sheikh, N. A., Côté-Lecaldare, M., Häuser, K., Baum, S. R., & Titone, D. (2015). Individual differences in executive control relate to metaphor processing: An eye

- movement study of sentence reading. *Frontiers in Human Neuroscience*, 8, 1-12. doi:10.3389/fnhum.2014.01057
- Coulson, S., & Van Petten, C. (2002). Conceptual integration and metaphor: An event-related potential study. *Memory & Cognition*, 30(6), 958-968. doi:10.3758/BF03195780
- Dalla Volta, R., Fabbri-Destro, M., Gentilucci, M., & Avanzini, P. (2014). Spatiotemporal dynamics during processing of abstract and concrete verbs: An ERP study. *Neuropsychologia*, 61C, 163-174. doi:10.1016/j.neuropsychologia.2014.06.019
- Davenport, T., & Coulson, S. (2011). Predictability and novelty in literal language comprehension: An ERP study. *Brain Research*, 1418, 70-82. doi:10.1016/j.brainres.2011.07.039
- DeLong, K. A., Quante, L., & Kutas, M. (2014). Predictability, plausibility, and two late ERP positivities during written sentence comprehension. *Neuropsychologia*, 61(4), 150-162. doi:10.1016/j.neuropsychologia.2014.06.016
- Delorme, A., & Makeig, S. (2004). EEGLAB: An open source toolbox for analysis of single-trial EEG dynamics including independent component analysis. *Journal of Neuroscience Methods*, 134(1), 9-21. doi:10.1016/j.jneumeth.2003.10.009
- Desai, R. H., Binder, J. R., Conant, L. L., Mano, Q. R., & Seidenberg, M. S. (2011). The neural career of sensory-motor metaphors. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 23(9), 2376-2386. doi:10.1162/jocn.2010.21596
- Faust, M., & Mashal, N. (2007). The role of the right cerebral hemisphere in processing novel metaphoric expressions taken from poetry: A divided visual field study. *Neuropsychologia*, 45(4), 860-870. doi:10.1016/j.neuropsychologia.2006.08.010
- Federmeier, K. D., Wlotko, E. W., De Ochoa-Dewald, E., & Kutas, M. (2007). Multiple effects of sentential constraint on word processing. *Brain Research*, 1146(1), 75-84. doi:10.1016/j.brainres.2006.06.101
- Friederici, A. D. (1995). The time course of syntactic activation during language processing: A model based on neuropsychological and neurophysiological data. *Brain and Language*. doi:10.1006/brln.1995.1048
- Friederici, A. D. (2002). Towards a neural basis of auditory sentence processing. *Trends in Cognitive Sciences*, 6(2), 78-84. doi:10.1016/S1364-6613(00)01839-8
- Friederici, A. D., & Frisch, S. (2000). Verb argument structure processing: The role of verb-specific and argument-specific information. *Journal of Memory and Language*, 43(3), 476-507. doi:10.1006/jmla.2000.2709

- Friederici, A. D., Steinhauer, K., & Frisch, S. (1999). Lexical integration: Sequential effects of syntactic and semantic information. *Memory & Cognition*, 27(3), 438-453. doi:10.3758/BF03211539
- Gibbs, R. W. (1994). *The poetics of mind: Figurative thought, language, and understanding*. New York: Cambridge University Press. Retrieved from <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=psyh&AN=1994-98510-000&lang=fr&site=ehost-live>
- Gibbs, R. W. (2002). A new look at literal meaning in understanding what is said and implicated. *Journal of Pragmatics*, 34(4), 457-486. doi:10.1016/S0378-2166(01)00046-7
- Gibbs, R. W. (2013). Walking the walk while thinking about the talk: Embodied interpretation of metaphorical narratives. *Journal of Psycholinguistic Research*, 42(4), 363-378. doi:10.1007/s10936-012-9222-6
- Giora, R. (1999). On the priority of salient meanings: Studies of literal and figurative language. *Journal of Pragmatics*, 31(7), 919-929. doi:10.1016/S0378-2166(98)00100-3
- Giora, R., & Fein, O. (1999). On understanding familiar and less-familiar figurative language. *Journal of Pragmatics*, 31(12), 1601-1618. doi:10.1016/S0378-2166(99)00006-5
- Giora, R., Gazal, O., Goldstein, I., Fein, O., & Stringaris, A. (2012). Salience and context: Interpretation of metaphorical and literal language by young adults diagnosed with Asperger's syndrome. *Metaphor and Symbol*, 27(1), 22-54. doi:10.1080/10926488.2012.638823
- Glucksberg, S. (2001). *Understanding figurative language: From metaphors to idioms*. New York: Oxford University Press. doi:10.1093/acprof:oso/9780195111095.001.0001
- Glucksberg, S. (2003). The psycholinguistics of metaphor. *Trends in Cognitive Sciences*, 7(2), 92-96. doi:10.1016/S1364-6613(02)00040-2
- Glucksberg, S., & Haught, C. (2006). On the relation between metaphor and simile: When comparison fails. *Mind and Language*, 21(3), 360-378. doi:10.1111/j.1468-0017.2006.00282.x
- Gold, R., Faust, M., & Goldstein, A. (2010). Semantic integration during metaphor comprehension in Asperger syndrome. *Brain and Language*, 113(3), 124-134. doi:10.1016/j.bandl.2010.03.002
- Goldstein, A., Arzouan, Y., & Faust, M. (2012). Killing a novel metaphor and reviving a dead one: ERP correlates of metaphor conventionalization. *Brain and Language*, 123(2), 137-142. doi:10.1016/j.bandl.2012.09.008

- Hagoort, P. (2003). How the brain solves the binding problem for language: A neurocomputational model of syntactic processing. *NeuroImage*, 20(Suppl. 1), 18-29. doi:10.1016/j.neuroimage.2003.09.013
- Hoeks, J. C. J., Stowe, L. A., & Doedens, G. (2004). Seeing words in context: The interaction of lexical and sentence level information during reading. *Cognitive Brain Research*, 19(1), 59-73. doi:10.1016/j.cogbrainres.2003.10.022
- Holcomb, P. J., & Neville, H. J. (1990). Auditory and visual semantic priming in lexical decision: A comparison using event-related brain potentials. *Language and Cognitive Processes*, 5(4), 281-312. doi:10.1080/01690969008407065
- Jones, L. L., & Estes, Z. (2006). Roosters, robins, and alarm clocks: Aptness and conventionality in metaphor comprehension. *Journal of Memory and Language*, 55(1), 18-32. doi:10.1016/j.jml.2006.02.004
- Kazmerski, V. A., Blasko, D. G., & Dessalegn, B. G. (2003). ERP and behavioral evidence of individual differences in metaphor comprehension. *Memory & Cognition*, 31(5), 673-689. doi:10.3758/BF03196107
- Kuperberg, G. R. (2007). Neural mechanisms of language comprehension: Challenges to syntax. *Brain Research*, 1146, 23-49. doi:10.1016/j.brainres.2006.12.063
- Kuperberg, G. R., Caplan, D., Sitnikova, T., Eddy, M., & Holcomb, P. J. (2006). Neural correlates of processing syntactic, semantic, and thematic relationships in sentences. *Language and Cognitive Processes*, 21(5), 489-530. doi:10.1080/01690960500094279
- Kuperberg, G. R., Sitnikova, T., Caplan, D., & Holcomb, P. J. (2003). Electrophysiological distinctions in processing conceptual relationships within simple sentences. *Cognitive Brain Research*, 17(1), 117-129. doi:10.1016/S0926-6410(03)00086-7
- Kutas, M., & Federmeier, K. (2007). Event-related brain potential (ERP) studies of sentence processing. *The Oxford Handbook of Psycholinguistics*. doi:10.1093/oxfordhb/9780198568971.013.0023
- 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
- Kutas, M., & Hillyard, S. A. (1989). An electrophysiological probe of incidental semantic association. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 1(1), 38-49. doi:10.1162/jocn.1989.1.1.38
- Kutas, M., & Hillyard, S. A. (1980). Reading senseless sentences: Brain potentials reflect semantic incongruity. *Science*, 207(4427), 203-205.

- Lai, V. T., & Curran, T. (2013). ERP evidence for conceptual mappings and comparison processes during the comprehension of conventional and novel metaphors. *Brain and Language*, 127, 484-496. doi:10.1016/j.bandl.2013.09.010
- Lai, V. T., Curran, T., & Menn, L. (2009). Comprehending conventional and novel metaphors: An ERP study. *Brain Research*, 1284, 145-155. doi:10.1016/j.brainres.2009.05.088
- Le Ny, J.-F., & Franquart-Declercq, C. (2001). Flexibilité des significations, traits sémantiques et compréhension des métaphores verbales: Sémantique des verbes: Nouvelles approches. *Verbum*, (4), 385-400. Retrieved from <http://cat.inist.fr/?aModele=afficheN&cpsid=13872105>
- Le Ny, J.-F., & Franquart-Declercq, C. (2002). Signification des verbes, relations verbe/patient et congruence sémantique. *Le Langage et l'Homme*, 37(2), 9-26. Retrieved from <http://cat.inist.fr/?aModele=afficheN&cpsid=14491255>
- Lopez-Calderon, J., & Luck, S. J. (2014). ERPLAB: An open-source toolbox for the analysis of event-related potentials. *Frontiers in Human Neuroscience*, 8, 213. doi:10.3389/fnhum.2014.00213
- Mognon, A., Jovicich, J., Bruzzone, L., & Buiatti, M. (2011). ADJUST: An automatic EEG artifact detector based on the joint use of spatial and temporal features. *Psychophysiology*, 48(2), 229-240. doi:10.1111/j.1469-8986.2010.01061.x
- New, B., Pallier, C., Ferrand, L., & Matos, R. (2001). Une base de données lexicales du français contemporain sur internet: Lexique. *Année Psychologique*, 101(3), 447-462. doi:10.3406/psy.2001.1341
- Obert, A., Gierski, F., Calmus, A., Portefaix, C., Declercq, C., Pierot, L., & Caillies, S. (2014). Differential bilateral involvement of the parietal gyrus during predicative metaphor processing: An auditory fMRI study. *Brain and Language*, 137C, 112-119. doi:10.1016/j.bandl.2014.08.002
- Osterhout, L., & Holcomb, P. J. (1992). Event-related brain potentials elicited by syntactic anomaly. *Journal of Memory and Language*, 31(6), 785-806. doi:10.1016/0749-596X(92)90039-Z
- Polich, J. (2012). Neuropsychology of P300. In *The Oxford handbook of event-related potential components*. doi:10.1093/oxfordhb/9780195374148.013.0089
- Pynte, J., Besson, M., Robichon, F. H., & Poli, J. (1996). The time-course of metaphor comprehension: An event-related potential study. *Brain and Language*, 55(3), 293-316. doi:10.1006/brln.1996.0107

- Rutter, B., Kröger, S., Hill, H., Windmann, S., Hermann, C., & Abraham, A. (2012). Can clouds dance? Part 2: An ERP investigation of passive conceptual expansion. *Brain and Cognition*, 80(3), 301-310. doi:10.1016/j.bandc.2012.08.003
- Tartter, V. C., Gomes, H., Dubrovsky, B., Molholm, S., & Stewart, R. V. (2002). Novel metaphors appear anomalous at least momentarily: Evidence from N400. *Brain and Language*, 80(3), 488-509. doi:10.1006/brln.2001.2610
- Torreano, L. A., Cacciari, C., & Glucksberg, S. (2005). When dogs can fly: Level of abstraction as a cue to metaphorical use of verbs. *Metaphor and Symbol*, 20(4), 259-274. doi:10.1207/s15327868ms2004_2
- Utsumi, A., & Sakamoto, M. (2007). Computational evidence for two-stage categorization as a process of adjective metaphor comprehension. *Proceedings of the Second European Cognitive Science Conference (EuroCogSci2007)*, 77-82. Retrieved from <http://www.utm.se.uec.ac.jp/~utsumi/paper/eurocogsci2007-utsumi.pdf>
- Utsumi, A., & Sakamoto, M. (2011). Indirect categorization as a process of predicative metaphor comprehension. *Metaphor and Symbol*, 26(4), 299-313. doi:10.1080/10926488.2011.609120
- Van Herten, M., Kolk, H. H. J., & Chwilla, D. J. (2005). An ERP study of P600 effects elicited by semantic anomalies. *Cognitive Brain Research*, 22, 241-255. doi:10.1016/j.cogbrainres.2004.09.002
- Wittenberg, E., Paczynski, M., Wiese, H., Jackendoff, R., & Kuperberg, G. (2014). The difference between "giving a rose" and "giving a kiss": Sustained neural activity to the light verb construction. *Journal of Memory and Language*, 73, 31-42. doi:10.1016/j.jml.2014.02.002

Étude 2

Implication du gyrus pariétal bilatéral dans le traitement des métaphores verbales : étude auditive en IRMf

Obert, A., Gierski, F., Calmus, A., Portefaix, C., Declercq, C., Pierot, L., & Caillies, S. (2014). Differential bilateral involvement of the parietal gyrus during predicative metaphor processing: An auditory fMRI study. *Brain and language*, 137C, 112-119. doi :10.1016/j.bandl.2014.08.002

Présentation de l'étude 2

La première étude nous a permis de mettre en évidence une plus grande difficulté de traitement des énoncés métaphoriques verbaux nouveaux comparés aux énoncés littéraux. Cette difficulté s'est notamment traduite par un processus d'accès à une information sémantique congruente (cf. l'amplitude de la N400) et une intégration de cette information (cf. l'amplitude des composantes post-N400) plus coûteux. La question est maintenant de caractériser les régions cérébrales participant à ces processus de traitement de la métaphore verbale nouvelle.

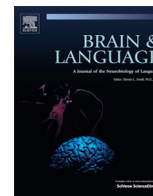
En effet, si les données de notre première étude sont similaires à celle des études sur la métaphore nominale, celles-ci ne nous permettent pas d'inférer des bases cérébrales similaires. Notre revue de la littérature sur les bases cérébrales du traitement de la métaphore nouvelle (Chapitre I), nous a permis de mettre en évidence un réseau essentiellement fronto-temporal, caractéristique du traitement sémantique (Ahrens *et al.*, 2007 ; Bambini *et al.*, 2011 ; Mashal *et al.*, 2007). Toutefois, d'autres études laissent supposer des bases cérébrales différentes pour le traitement des métaphores verbales. Ainsi, des études ont mis en évidence que le traitement de verbes d'actions utilisés de manière métaphorique entraîne l'activation d'un réseau caractéristique du système sensori-moteur, avec par exemple l'activation des régions pariétales (Desai *et al.*, 2011, 2013).

L'objectif de notre deuxième étude est de caractériser le traitement d'énoncés métaphoriques verbaux nouveaux. Contrairement à la majorité des études en IRMf et dans la perspective de se rapprocher des échanges conversationnels, nous avons choisi de diffuser les énoncés de manière auditive. Toujours dans cette perspective, les énoncés métaphoriques verbaux sont similaires à ceux utilisés dans la première étude mais sont accompagnés d'un contexte informatif mais n'orientant pas vers une signification littérale ou métaphorique.

Malgré le caractère grammatical particulier des métaphores verbales, l'hypothèse d'une participation de l'hémisphère droit reste valide. En effet, selon l'*hypothèse de la saillance* (Giora, 2003) et l'*hypothèse du codage distant* (Jung-Beeman, 2005), la participation de l'hémisphère droit relèverait du caractère nouveau des métaphores et non de leur spécificité grammaticale.

Afin de tester nos hypothèses, nous avons présenté à 22 participants, des énoncés métaphoriques et littéraux (« *Du haut de l'estrade, Jérémy catapultait ses paroles/des pierres [métaphorique/littéral]* » ; voir Annexe III) en leur demandant de décider si chacun des énoncés

était métaphorique ou littéral. De plus, dans l'objectif de caractériser l'influence des capacités en mémoire de travail et de compétences verbales sur la compréhension des métaphores et les régions cérébrales sollicitées, une mesure de l'Indice de Mémoire de Travail (IMT) et de Compréhension Verbale (ICV) a été réalisée.



Differential bilateral involvement of the parietal gyrus during predicative metaphor processing: An auditory fMRI study



Alexandre Obert^{a,*}, Fabien Gierski^{a,b}, Arnaud Calmus^{a,c}, Christophe Portefaix^{d,e}, Christelle Declercq^a, Laurent Pierot^d, Stéphanie Caillies^a

^a C2S Laboratory (EA6291), University of Reims Champagne-Ardenne, Reims, France

^b Adult Psychiatry Department, Robert Debré Hospital, Reims University Hospital, Reims, France

^c Department of Physical Medicine and Rehabilitation, Sébastopol Hospital, Reims University Hospital, Reims, France

^d Imaging Department, Maison Blanche Hospital, Reims University Hospital, Reims, France

^e CRESTIC Laboratory (EA 3804), University of Reims Champagne-Ardenne, Reims, France

ARTICLE INFO

Article history:

Accepted 1 August 2014

Keywords:

Predicative metaphors
Semantics
Context-embedded
fMRI

ABSTRACT

Despite the growing literature on figurative language processing, there is still debate as to which cognitive processes and neural bases are involved. Furthermore, most studies have focused on nominal metaphor processing without any context, and very few have used auditory presentation. We therefore investigated the neural bases of the comprehension of predicative metaphors presented in a brief context, in an auditory, ecological way. The comprehension of their literal counterparts served as a control condition. We also investigated the link between working memory and verbal skills and regional activation. Comparisons of metaphorical and literal conditions revealed bilateral activation of parietal areas including the left angular (IAG) and right inferior parietal gyri (rIPG) and right precuneus. Only verbal skills were associated with IAG (but not rIPG) activation. These results indicated that predicative metaphor comprehension share common activations with other metaphors. Furthermore, individual verbal skills could have an impact on figurative language processing.

© 2014 Elsevier Inc. All rights reserved.

1. Introduction

Figurative language can be defined as a type of language that requires us to go beyond the literal meaning of the words or sentences in order to access the meaning being conveyed (e.g.: Gibbs, 2002). The comprehension of figurative expressions such as irony, similes or metaphors is an important topic for researchers, as these expressions are a common feature of our daily communication. Some authors even consider them to reflect our thought processes (Lakoff & Johnson, 1980). Each type of figure is assumed to call on specific cognitive processes that are of interest to psychologists. Metaphors, for example, the subject of the present study, are a type of figurative language that requires the mapping of two distant concepts (Lai, Curran, & Menn, 2009). The ability to understand metaphors has been found to be impaired in various pathologies, including Asperger syndrome (Gold, Faust, & Goldstein, 2010), Alzheimer's disease (Amanzio, Geminiani,

Leotta, & Cappa, 2008), and traumatic brain injury (Rinaldi, Marangolo, & Baldassarri, 2004).

The neural bases of metaphor comprehension have yet to be fully identified, with the debate centering on the involvement of the right (RH) versus left (LH) hemispheres. The first attempts to elucidate the RH's role in the comprehension of metaphorical stimuli took the form of observations of patients with brain injury. Winner and Gardner (1977) conducted a pioneering study in which they compared LH brain-damaged patients (LHD) and RH brain-damaged patients (RHD) on a fairly conventional metaphorical sentence-to-picture matching task. Their results showed that RHD patients more frequently chose the literal picture than the metaphorical one, suggesting major RH involvement in metaphor comprehension. Consistent with this, Van Lancker and Kempler (1987) found that RHD patients had greater difficulty with familiar idiomatic sentences than with novel literal ones in a sentence-to-picture matching task, the reverse being observed for LHD patients. However, some studies have failed to replicate these findings, reporting that RHD patients retain the ability to understand conventional metaphorical sentences, performing just as well as healthy participants (Giora, Zaidel, Soroker, Batori, & Kasher, 2000; Zaidel, Kasher, Soroker, & Batori, 2002). It should be noted

* Corresponding author. Address: Laboratoire C2S, Université de Reims Champagne-Ardenne, 57 rue Pierre Taittinger, 51096 REIMS Cedex, France.

E-mail address: alexandre.obert@univ-reims.fr (A. Obert).

that in the second part of their study, where they assessed the verbal comprehension of their RHD patients in the wake of the sentence-to-picture matching task, Winner and Gardner (1977) found that the patients could provide correct explanations, contrasting with their poor sentence-to-picture matching performances. This suggests a visual perceptual deficit rather than a metaphorical comprehension one per se. However, it should be borne in mind that a lack of homogeneity in the location of the patients' lesions and the potential impact of therapeutic language interventions are abiding issues in brain damage studies.

Further evidence for RH involvement has come from studies using the divided visual field (DVF) paradigm. In this paradigm, one hemisphere is stimulated using a visual hemifield presentation, which is classically associated with a priming and/or lexical decision task. These studies have yielded results suggesting that the RH is involved in the activation of the distant semantic links that are thought to be created in metaphor comprehension. They indicate that the RH is recruited for the activation and maintenance of weak and diffuse semantic associations (Faust & Chiarello, 1998; Faust & Gernsbacher, 1996; Faust & Kahana, 2002; Faust & Lavidor, 2003) and is sparsely sensitive to contextual constraints (Faust & Chiarello, 1998; Faust & Gernsbacher, 1996), while the LH is confined to common and contextually driven meanings. In line with these findings, some authors have demonstrated RH involvement in metaphorically oriented priming in word pairs (Faust & Mashal, 2007; Mashal & Faust, 2008). Kaciniak and Chiarello (2007), who examined the effect of sentence ambiguity on literal and metaphorical expressions, confirmed that the RH is less sensitive to contextual constraints and is recruited for maintaining alternative meanings, whereas the LH is restricted to direct and contextually oriented semantic relations. Similarly, it has been shown that the RH tends to benefit more from priming effects when the prime-target pair carries a metaphorical meaning than the LH does (Faust & Mashal, 2007; Mashal & Faust, 2008, 2009).

Finally, several authors have used functional magnetic resonance imaging (fMRI) to investigate the neurofunctional organization of metaphors in greater depth. Rapp, Leube, Erb, Grodd, and Kircher (2004, 2007), who conducted the first fMRI study on metaphor comprehension using nominal metaphor sentences ("X is a Y"), failed to find any RH activation when comparing metaphorical versus literal comprehension. Other studies, however, have yielded some evidence of RH recruitment. For example, using the same type of stimuli, Stringaris et al. (2006) found that the right ventrolateral prefrontal cortex was activated when participants performed a semantic judgment task on metaphors as opposed to literal sentences. More recently, Shibata et al. (2012) observed a left frontotemporal pattern of activation in addition to activation of the right inferior frontal gyrus. This left-sided pattern was also observed in addition to right temporoparietal activation in studies using metaphorical word pairs (Mashal, Faust, & Hendler, 2005; Mashal, Faust, Hendler, & Jung-Beeman, 2007).

Findings are also discrepant when metaphors are put in context. For instance, Ahrens et al. (2007) observed bilateral middle frontal and precentral activation and right superior frontal activation, while Mashal, Faust, Hendler, and Jung-Beeman (2009) reported a left-sided frontotemporal pattern of activation. Furthermore, Mashal and Faust (2010) showed that the comprehension of metaphorical sentences could be influenced by presentation style (e.g., poetic or prosaic forms). They found that, unlike literal texts, metaphorical texts were preferred when they were presented in poetic form, as reflected in weaker activation in bilateral temporal regions. In view of these discrepancies, Rapp, Mutschler, and Erb (2012) performed a meta-analysis of eighteen fMRI studies dealing with various metaphorical stimuli. They reported robust left

frontotemporal activation, but weak right frontal and temporal involvement in nonliteral language processing.

Although the recruitment of left frontal and temporal regions has been recurrently observed, the precise nature of RH involvement in metaphor understanding remains unclear. Some authors have suggested that this discrepancy results from the characteristics of the stimuli. In other words, RH involvement could depend on the congruency of the stimulus context (Diaz & Hogstrom, 2011), the difficulty of the task (Prat, Mason, & Just, 2012; Yang, Edens, Simpson, & Krawczyk, 2009) or the inherent features of the stimuli, namely familiarity, difficulty and figurativeness (Diaz, Barrett, & Hogstrom, 2011; Schmidt & Seger, 2009). This analysis is consistent with the *graded salience hypothesis* (Giora, 1997), which posits a hemispheric dissociation according to the salience of the stimuli. This hypothesis assumes that nonsalient, novel stimuli are processed by the RH, while the LH is involved in the processing of salient, common expressions. Another theory - *coarse coding theory* - also posits this kind of hemispheric dissociation, but one based on the strength of the semantic relation (Jung-Beeman, 2005). Specifically, according to this theory, the LH is concerned with fine (close), common semantic relations, whereas the RH is involved in both fine and distant (coarse) semantic relationships. While both theories support the notion of an RH contribution to figurative language processing, there is little convergent evidence in the literature.

Other researchers have found that participant characteristics also lead to differences in hemispheric involvement. Prat et al. (2012) reported that lower working memory ability, as well as lower vocabulary scores, were correlated with greater activation in the RH, thus offering an explanation as to why only some studies find RH activation. This result echoes the studies by Tompkins and colleagues (e.g. Tompkins, Bloise, Timko, & Baumgaertner, 1994), who looked at how reduced working memory resources can account for language impairments in RHD patients.

All the above-reported studies dealt either with nominal metaphors or else with the metaphorical meanings of noun pairs, displayed on a screen-a presentation that is a far remove from daily conversations. Surprisingly little is known about the comprehension of predicative metaphors. Whereas nominal metaphors create a semantic relationship between a topic and a vehicle, predicative metaphors elicit the creation of a semantic link either between the agent and the verb, or between the verb and its patient (Le Ny & Franquart-Declercq, 2001). Very few studies have tried to elucidate the neurofunctional basis of this particular type of metaphor, and results are weakly consistent. When Chen, Widick, and Chatterjee (2008) compared the comprehension of visually presented metaphorical motion sentences (e.g., "The man ran for office") versus literal motion ones (e.g., "The man ran for the train"), they observed both left frontotemporal activation (angular gyrus) and right temporal activation. However, when Desai, Binder, Conant, Mano, and Seidenberg (2011) used similar sentences, they reported activation in the left cingulate and temporal regions, as well as in right parietal regions, all of which are known to be involved in multimodal associations.

Accordingly, the purpose of our study was to investigate the neural bases of the comprehension of novel and context-embedded predicative metaphors, presented in an auditory modality, using fMRI. We also wished to ascertain whether participants' verbal skills and working memory differentially influenced neural activation patterns. The lack of consensual evidence regarding the neural bases of metaphor comprehension, probably owing to major variations in stimulus modalities and participant characteristics, means that it is quite hard to make predictions. Nevertheless, based on the graded salience hypothesis and coarse coding theory, we predicted that the comprehension of novel predicative meta-

phors would recruit the RH, as the metaphors we used were created especially for this study and had nonsalient meanings, meaning that cerebral recruitment would be associated with the participants' level of verbal skills and working memory.

2. Materials and methods

2.1. Participants

Initially, 22 healthy participants were included in the study. However, three participants were excluded from the analyses owing to low levels of correct responses (<2 SD). The remaining 19 participants (10 women and 9 men; mean age 21.95 years, SD 2.34, range 19–27) were all native French speakers and all right-handed, according to the Edinburgh Handedness Inventory (Oldfield, 1971). They had normal or corrected-to-normal vision and normal hearing. They had no past or present medical, psychiatric or neurological illnesses. They also met health and safety regulations regarding the use of MRI. This study was approved by the local ethics committee and all participants gave their written informed consent after receiving a complete description of the study.

Verbal skills and working memory were assessed during a separate session following the scans. All participants were assessed on the Vocabulary, Information and Similarities subtests of the Wechsler Adult Intelligence Scale (Wechsler, 2000) for verbal skills, and on the Arithmetic, Digit Span and Letter-Number Sequencing subtests for working memory. Raw scores from these two sets of subtests were standardized and summed to yield a raw verbal comprehension index (VCI) and a raw working memory index (WMI).

2.2. Material

The experimental material consisted of 48 French expressions put in a brief context: 24 predicative metaphors (e.g., “to kill the song”) and their literal controls. Ten predicative metaphors were taken from material previously constructed by Franquart-Declercq (Caillies & Declercq, 2011; Franquart-Declercq, 2003), and the 14 others were created for the study.

All the predicative metaphors were judged to be nonfamiliar and moderately difficult by a different group of native French-speaking adults. Thirty adults (10 women, mean age = 29.9 years, SD = 11.31) who did not take part in the fMRI task were asked to rate 47 metaphorical verb/noun expressions and 47 literal fillers on two dimensions: familiarity and comprehensibility (“How difficult would the metaphor would be to understand?”). These ratings were performed on a 6-point familiarity scale ranging from 1 (*Unfamiliar*) to 6 (*Very familiar*), and a six-point comprehensibility scale ranging from 1 (*Very easy*) to 6 (*Very difficult*). Overall, metaphorical expressions were rating as more unfamiliar, $t(92) = -24.65$, $p < 0.001$ ($M_{META} = 2.63$, $SD_{META} = 0.73$; $M_{LIT} = 5.35$, $SD_{LIT} = 0.19$), and difficult, $t(92) = 13.60$, $p < 0.001$ ($M_{META} = 2.70$, $SD_{META} = 0.83$; $M_{LIT} = 1.05$, $SD_{LIT} = 0.08$), than literal ones. From these ratings, 24 nonfamiliar (mean rating = 2.25, SD = 0.47) and moderately difficult (mean rating = 2.65, SD = 0.43) metaphorical expressions were selected for our experiment.

Each experimental metaphorical expression was matched with an identical control expression in which the final word was altered so that it was no longer metaphorical. This word matched the original word on frequency and length, according to the French Lexique.org database (New, Pallier, Ferrand, & Matos, 2001). Both literal and metaphorical expressions were inserted in a brief context as the final sentence. The sentences were recorded for an auditory presentation. The mean duration was 4076 ms for

Table 1
Item samples.

Version
<i>Metaphorical</i> From the top of the dais, Jeremy catapulted his words . (<i>Du haut de l'estrade, Jérémy catapultait ses paroles</i>)
<i>Literal</i> From the top of the dais, Jeremy catapulted the stones . (<i>Du haut de l'estrade, Jérémy catapultait des pierres</i>)

metaphorical sentences and 3987 ms for their literal counterparts. When the context was considered separately, mean durations were 3407 ms for metaphoric and 3396 ms for literal sentences. These mean durations did not differ significantly across the conditions, $t(46) = -0.54$, $p = 0.60$. Examples of the selected items are provided in Table 1.

We used latent semantic analysis (Landauer & Dumais, 1997) to gauge the relatedness between the context (including the verb of the metaphorical expression) and the final word, for the metaphorical and literal conditions. This method provides cosines as a measure of the semantic relation, ranging from 0 (no association) to 1 (nearly identical meanings). The Français-Monde-Extended corpus was used as a database (<http://lsa.colorado.edu/>). The mean cosines for each condition were computed and compared in a t test for independent samples. Results indicated a significant difference between the literal and metaphorical conditions, $t(46) = 2.47$, $p < 0.05$, the mean cosine being higher for literal ($M = 0.12$, $SD = 0.11$) than for metaphoric ($M = 0.05$, $SD = 0.08$) sentences.

2.3. fMRI procedure

The participants were instructed to listen to the sentences and decide whether the utterance they heard was literal or metaphorical. Responses were made on an MRI-compatible two-button response pad. The participants had to press the button with their right middle finger for literal sentences and their right index finger for metaphorical sentences. Stimuli were broadcasted through an MRI-compatible piezoelectric headset (Ghio et al., 2004).

Each participant heard all 48 sentences, which were played in a fixed, pseudorandomized order such that each experimental sentence was not immediately followed or preceded by its control. Each experimental trial began with the appearance of fixation cross on a screen, which was displayed for between 0 and 3000 ms to introduce jitter. The audio stimulus began while the fixation cross was still visible. When the fixation cross disappeared, it was replaced by a screen inviting the participant to respond. A question mark was displayed in the center and the words “METAPHOR” and “LITERAL” appeared in the bottom lefthand and righthand corners of the screen. The participants were required to answer within 5 s, after which the program automatically switched to the next trial.

To familiarize the participants with the task, the MRI environment (MRI table, screen, response pad), and the experiment's time constraints, a training session took place at the beginning of the fMRI session after the participants had been installed on the MRI table. We used two literal and two metaphorical sentences that did not feature in the experimental trials.

2.4. Image acquisition

The fMRI data were collected using a Philips® 3.0T whole-body MRI scanner (Achieva, Philips Medical Systems, Best, The Netherlands) with an 8-channel head coil. Head motion was minimized with a forehead strap and comfortable padding around the participant's head. For each participant, a T1-weighted anatomical image

oriented parallel to the AC-PC line was acquired first, using a fast field-echo sequence (T1-FFE; TR = 253 ms, TE = 2.30 ms, flip angle = 80°, 32 axial slices, slice thickness = 4.50 mm, no gap, FOV = 240 × 240 mm², matrix = 268 × 214, acquisition voxel size = 0.43 × 0.43 × 4.5 mm³). Functional data were acquired in an ascending-slice 2D-T2*-weighted EPI sequence sensitive to blood-oxygen-level-dependent (BOLD) contrast, in the same axial plane as the T1-weighted structural images (2D-T2*-FFE-EPI; TR = 2000 ms, TE = 30 ms, flip angle = 90°, 32 axial slices, slice thickness = 4.50 mm, no gap, matrix = 80 × 80, FOV = 240 × 240 mm², acquisition voxel size = 3 × 3 × 4.5 mm³). The functional volumes were collected during a single functional session (265 volumes, 4 min and 25 s). Finally, a high-resolution T1-weighted anatomical image was acquired using a 3D turbo field-echo sequence (3D-T1-TFE; TR = 8.2 ms, TE = 3.73 ms, flip angle = 8°, 160 axial slices, slice thickness = 1 mm, FOV = 240 × 240 mm², matrix = 240 × 240, acquisition voxel size = 1 × 1 × 1 mm³).

2.5. fMRI data analysis

The fMRI data were analyzed using statistical parametric mapping (SPM8; Wellcome Department of Cognitive Neurology, Institute of Neurology, London, UK). MRICro software (www.micro.com) was used for image conversion. Five initial brain volumes of the functional run were discarded (dummy scans) to eliminate the non-equilibrium effects of magnetization. Preprocessing routines were performed, including spatial and temporal alignment, normalization and smoothing procedures. For each participant, functional volumes were aligned to the first scan of the session and motion-corrected. Slice timing was then used to correct differences in slice acquisition times. Images were normalized to the standard Montreal Neurological Institute (MNI) T1 template included in SPM8. Finally, they were smoothed with an isotropic Gaussian kernel of 8-mm full width-half maximum (FWHM).

Analyses were performed with a random effects model. For the first-level analysis, differential contrasts were performed, using the fixation cross as a baseline (metaphorical condition vs. baseline and literal condition vs. baseline). Motion parameters (three rigid-body translations and three rotations) determined from the initial realignment procedure were included as regressors of no interest.

All the contrasts resulting from the first level were computed in a paired *t* test that allowed us to compare activation for the metaphorical sentences with activation for the literal ones (metaphorical vs. baseline minus literal vs. baseline). Results were then inclusively masked by the main effect of metaphor ($p < 0.05$ uncorrected) and thresholded at $k = 20$ contiguous voxels and $p < 0.001$ uncorrected. Furthermore, for this last contrast, eigenvariates were extracted from three functional volumes of interest consisting of 8-mm radius spheres around three activation peaks corresponding to the left angular gyrus (IAG) ($x = -37, y = -65, z = 43$), right inferior parietal gyrus (rIPG) ($x = 45, y = -49, z = 43$) and precuneus ($x = 5, y = -69, z = 41$). We then calculated the Spearman rank correlation coefficient between the raw VCI and Vocabulary scores and the eigenvariates of these three volumes of interest, using Statistica 9 software. This analysis was repeated for the raw WMI score and the three ROIs.

3. Results

3.1. Behavioral data

The behavioral data are set out in Table 2. Two one-way analyses of variance (ANOVAs) were conducted on the mean number of

Table 2

Mean numbers (*SD*) of correct responses and reaction times in the metaphorical and literal conditions.

Conditions	Correct responses Mean (<i>SD</i>)	Responses times Mean (<i>SD</i>)
Metaphorical	0.85 (0.10)	1245.73 (363.84)
Literal	0.82 (0.09)	1364.83 (318.54)

correct responses as a function of condition (metaphorical vs. literal): one per participant (F_1), the other per item (F_2). The mean number of correct responses in the metaphorical condition did not differ significantly from that in the literal condition, $F_1(1,18) = 2.50, p = 0.13$ and $F_2(1,23) = 0.93, p = 0.34$. The same analyses were conducted on mean correct response times, revealing a significantly shorter mean reaction time for metaphorical sentences than for control ones, $F_1(1,18) = 7.50, p < 0.05$ and $F_2(1,23) = 6.27, p < 0.05$.

3.2. Verbal skills and working memory

Analyses were performed on the data of 16 participants for verbal skills and 15 participants for working memory, owing to missing data. For verbal skills, the mean (*SD*) raw scores were 38.31 (7.91) for Vocabulary, 18.75 (4.39) for Information and 22.13 (4.29) for Similarities. Thus, the mean VCI score (sum of the three standardized scores) was 32.69 (6.35). For working memory, the mean (*SD*) raw scores were 16.13 (3.07) for Arithmetic, 18.93 (3.71) for Digit Span and 13.80 (2.70) for Letter-Number Sequencing. The mean WMI score was 33.33 (6.40).

3.3. fMRI results

3.3.1. Whole-brain analyses

The metaphor minus literal contrast (Table 3 and Fig. 1) revealed activation of the rIPG (BA 40), IAG extending to the parietal gyrus (BA 7/40), and right precuneus.¹

3.3.2. Correlation analyses

Results indicated significant positive correlations between the raw VCI scores and the activity of the IAG in both the literal, $r(16) = 0.61, p < 0.05$, and metaphorical, $r(16) = 0.74, p < 0.001$, conditions. The correlation analyses did not yield any significant correlations either between the rIPG and the VCI scores in the literal, $r(16) = 0.07, p = 0.81$, and metaphorical, $r(16) = 0.13, p = 0.64$, conditions, or between the precuneus and VCI scores in the literal, $r(16) = 0.27, p = 0.38$, and metaphorical, $r(16) = 0.13, p = 0.64$, conditions. We observed a similar pattern of correlations when exclusively using raw Vocabulary scores. There were positive and significant correlations between Vocabulary and IAG activity in both the literal, $r(16) = 0.60, p < 0.05$, and metaphorical, $r(16) = 0.66, p < 0.05$, conditions. However, there was no significant correlation between Vocabulary and the activity of either the rIPG (literal: $r(16) = 0.04, p = 0.87$; metaphoric: $r(16) = 0.07, p = 0.79$) or the precuneus (literals: $r(16) = 0.17, p = 0.52$; metaphoric, $r(16) = -0.04, p = 0.90$).

Concerning the WMI score, no significant correlation was observed in either the literal or the metaphorical condition with the IAG (literal: $r(15) = 0.17, p = 0.55$; metaphoric: $r(15) = 0.13, p = 0.64$), rIPL (literal: $r(15) = 0.01, p = 0.98$; metaphoric ors:

¹ Reversed contrast (LIT > META) was performed and revealed activations around visual (right and left fusiform gyrus) and motor (left supplementary motor area) areas, a right inferior frontal activation and activations around the pons. Since this pattern of activations did not provide pertinent information for the aim of the present study, results were not discussed.

Table 3
Whole-brain activation for the Metaphor > Literal contrast.

Location			No. of voxels	Significance		MNI coordinates		
Areas	Hemisphere	BA		$P_{FWE-corr}$	t values	x	y	z
IPG	R	40	156	0.176	5.20	45	−49	43
AG	L	7/40	262	0.041	5.00	−37	−65	43
Precuneus	R	–	76	0.544	4.24	5	−69	41

G: gyrus; R: right; L: left; BA: Brodmann's area; IPG: inferior parietal gyrus; AG: angular gyrus; $p < 0.001$ uncorrected; MNI: Montreal Neurological Institute; $P_{FWE-corr}$: $p < 0.05$ cluster-corrected threshold for family-wise error.

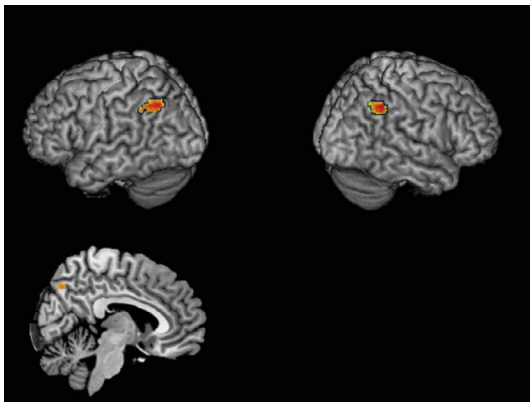


Fig. 1. Activation for metaphoric compared with literal sentences. $p < 0.001$ uncorrected, $k = 20$. Top left: left angular gyrus; top right: inferior parietal gyrus; bottom left: precuneus.

$r(15) = -0.13$, $p = 0.63$), or precuneus (literal: $r(15) = 0.44$, $p = 0.10$; metaphoric: $r(15) = 0.19$, $p = 0.51$).

4. Discussion

The main purpose of this study was to examine the neural correlates of the processing of context-embedded predicative metaphors versus literal sentences, presented in the auditory modality. Given the nonsalient nature of the metaphors, and in accordance with the two main prevailing theories (graded salience hypothesis, Giora, 1997; coarse coding theory, Jung-Beeman, 2005), we expected to observe RH recruitment. However, results for the whole brain did not indicate any significant RH predominance for metaphorical sentences compared with literal ones, although we did note bilateral participation of parietal areas (i.e., IAG and rIPG) for metaphorical sentences compared with literal ones, as well as activation of the right precuneus.

Our second objective was to determine whether the participants' verbal skills and working memory differentially influenced these activation patterns. Verbal skills appeared to be associated with activation of the IAG, but not of the rIPG, as higher verbal scores were associated with greater activation of the IAG. No significant correlations were found between working memory and the activated regions.

4.1. Metaphor-specific activation

The bilateral activation of parietal areas (i.e., IAG and rIPG) specific to metaphors may have resulted from the involvement of different cognitive processes. Some authors have suggested a general involvement of parietal areas in verbal and concept integration (Binder & Desai, 2011; Vigneau et al., 2006). This hypothesis is in accordance with the finding that this area is activated during discourse (Martín-Loeches, Casado, Hernández-Tamames, & Álvarez-Linera, 2008), sentence (Humphries, Binder, Medler, & Liebenthal,

2007) and metaphor comprehension (Lee & Dapretto, 2006; Mashal et al., 2009). Studies focusing on metaphor comprehension have interpreted the role of left parietal regions (parietal gyrus) in different ways. When they contrasted the processing of metaphorical triads with that of literal ones during a semantic-matching decision task, Lee and Dapretto (2006) observed activation of the left inferior parietal areas (BA 40). They ascribed this activation to higher verbal working memory demands, rather than to conceptual integration elicited by metaphorical word processing. Bambini, Gentili, Ricciardi, Bertinetto, and Pietrini (2011), who demonstrated activation of the IAG (BA 39/40) when participants were asked to perform implicit processing of metaphorical sentences through an explicit adjective matching task, conceived of a conceptual-pragmatic system linking the IAG to the bilateral inferior frontal gyrus. In this system, the angular gyrus would be responsible for the construction and contextual integration of metaphorical meaning. Despite the lack of frontal activation in our study when comparing metaphoric with literal sentences, it is still possible that the left angular activation we observed reflected the involvement of a semantic and/or pragmatic component. In line with this interpretation, a recent meta-analysis (Rapp et al., 2012) revealed that the left inferior parietal regions (BA 40) are engaged when figurative language has to be processed, suggesting a semantic rather than an attentional role. It is interesting to note that the involvement of left inferior parietal areas is not specific to semantic integration during comprehension, but also encompasses metaphor production. Benedek et al. (2013) recently demonstrated that the IAG (BA 39) is more highly activated when participants have to produce an adjective related to the metaphorical meaning of a sentence than when they have to produce a synonym ("a supernova" and "bright" for "the lamp is glaring").

Although there seems to be general consensus about left parietal involvement in metaphor processing, the same cannot be said for right parietal regions. Some authors have suggested that the right parietal gyrus is part of broader RH involvement when item processing difficulty increases, and that this region sustains attentional processes (e.g. Bohrn, Altmann, & Jacobs, 2012). However, Prat et al. (2012) found that figurative sentences preceded by highly or less supporting contexts tended to elicit more activation in the right temporoparietal junction (BA 22/39), compared with sentences preceded by a literal orienting context. This result suggests that parts of the parietal regions are sensitive to figurativeness rather than to item processing difficulty.

The involvement of right parietal regions in metaphor understanding could also be explained in the light of the findings reported by Graves, Binder, Desai, Conant, and Seidenberg (2010). In their study, they observed right angular gyrus (rAG) activation during combinatorial semantic processing. The authors discussed this result from the perspective of coarse coding theory and argued that the rAG deals with larger semantic fields, thus facilitating the semantic combination of distant concepts. A similar explanation could be put forward for predicative metaphors. Our metaphorical sentences were based on an association between a verb and an unusual patient of this verb. According to Le Ny and Franquart-Declercq (2002), this type of association can be achieved through

semantic congruence between the verb and its patient, based on their shared features. Because the unfamiliar predicative metaphors we used had only weak semantic congruence, achieving the association may have required deeper semantic processing (Caillies & Declercq, 2011).

Another explanation is that the bilateral parietal activation we observed resulted from the creation of new meanings, as we used novel predicative metaphors. In the study by Stringaris, Medford, Giampietro, Brammer, and David (2007), in which participants were asked to decide whether quite conventional metaphors, literal sentences or nonmeaningful sentences made sense or not, bilateral inferior parietal activation was observed for the non-meaningful sentences but not for the conventional metaphorical or literal ones. These authors argued that during the processing of the nonmeaningful sentences, participants attempted to find a meaning, and we can assume that they did the same thing with our novel metaphors. This interpretation is in accordance with the finding of Subramaniam, Faust, Beeman, and Mashal (2012), who observed repetition enhancement in these same regions for novel metaphors. These authors suggested that the left inferior parietal lobule is involved in retrieving the meaning of conventional metaphors and in formulating new meanings, whereas its right-sided counterpart is solely involved in conceptualizing new meanings. Further studies are needed to disentangle the respective roles of the left and right parts of the inferior parietal areas, and to clearly determine the influence of figurativeness and difficulty during metaphor processing on the involvement of these areas.

Concerning precuneus activation, this has been repeatedly observed in language understanding, but seldom discussed (e.g.: Romero Lauro, Mattavelli, Papagno, & Tettamanti, 2013; Schmidt & Seger, 2009). For instance, involvement of the precuneus has been evidenced during the processing of literal sentences (Stringaris et al., 2007), easy metaphors (Schmidt & Seger, 2009) and novel metaphors (Subramaniam et al., 2012). However, its precise role in figurative language processing is still unclear. Some authors have suggested that it contributes to the retrieval of information in long-term memory (Mashal & Faust, 2009; Mashal et al., 2005), while others have associated this region with the posterior cingulate gyrus, which seems to be recruited during semantic retrieval (Binder, Desai, Graves, & Conant, 2009). Finally, Yang et al. (2009) have argued that the right precuneus could be involved in cases of language requiring mental imagery. The right precuneus activation we observed could not be fully explained by the difficulty of the stimulus processing. Our behavioral results showed that the metaphorical sentences were more correctly categorized than the literal ones. Consistent with Yang et al. (2009)'s proposal, this right precuneus activation could therefore be linked to mental imagery, which is more involved in the processing of metaphors than of their literal counterparts.

4.2. Influence of verbal skills and working memory

Results indicated that verbal skills played a role in the processing of both metaphorical and literal sentences. We observed a positive correlation between verbal skills and IAG activation for both literal and metaphorical sentences. It should be noted that we did not find any significant correlation between verbal skills and the rIPG. These results can be interpreted in two different ways. First, metaphorical and literal sentences are probably sustained by common verbal skills that are part of the more general language comprehension process. Nevertheless, metaphor processing may require greater involvement of these verbal skills, reflected in a greater IAG activation, as suggested by the pattern of activations resulting from the metaphoric versus literal conditions comparison. Second, our results are consistent with the idea that the IAG and rIPG are associated with different skills. In other words, while

the IAG appears to be related to general verbal skills, as indicated by the correlations (common to literal and metaphorical comprehension), metaphor processing may require additional skills mediated by its right homologue, as indicated by fMRI activations. Because the measures of verbal skills used in this study only encompassed crystallized intelligence, it may well be that the IAG is linked to crystallized intelligence, and the rIPG to fluid intelligence. In line with Mashal et al. (2007)'s suggestion that the right posterior superior temporal sulcus is linked to *creativity* during novel metaphor processing, Silvia and Beaty (2012) recently showed that fluid intelligence and metaphors are indeed associated to some extent, denoting creative thought. More recently still, Beaty and Silvia (2013) demonstrated that crystallized intelligence is related to conventional metaphor production, while fluid intelligence is associated with the production of creative metaphors. However, the definition of *creativity* is still unclear. Rutter et al. (2012) suggested dividing the concept into novelty and appropriateness, whereas Silvia, Beaty, and Nusbaum (2013) found that creativity was a lower-order factor of broad retrieval ability.

In contrast to Prat et al. (2012), we were unable to demonstrate an impact of working memory on activation. These authors found that working memory was negatively correlated with the cingulate and precuneus for the easiest condition, and positively correlated with the hippocampus and precuneus for the more difficult one. It should be noted that in their study, Prat et al. (2012) explicitly modeled stimulus difficulty by providing either a supporting or contrasting context for the metaphorical interpretation of the sentence. As we did not model the influence of the context as they did, it may be that the difficulty of the items did not vary sufficiently to reveal an influence of working memory through a spillover effect. Our behavioral results, which failed to reveal any significant difference in the number of correct answers between the metaphor and literal conditions, would tend to confirm this interpretation.

It should be noted that reaction times differed significantly between the metaphorical and literal conditions. Surprisingly, and in contrast to several studies (e.g. Mashal et al., 2009; Shibata, Abe, Terao, & Miyamoto, 2007), it appears that the metaphorical sentences were categorized faster than the literal ones. However, activation analyses provided some evidence of greater semantic demands for metaphoric than for literal condition, suggesting that these discrepant results can be explained by the task we used. The categorization task was easier for metaphors, but this does not mean that constructing the metaphorical meanings was easier.

Additional studies are undoubtedly necessary if we are to achieve a better understanding of the skills needed for metaphor comprehension. It may be that the verbal comprehension score we used was not the only relevant indicator, as other abilities, such as inhibition (Morrone, Declercq, Novella, & Besche, 2010) or implicit learning processes (Li, Guo, Zhu, Yang, & Dienes, 2013) have also been shown to be involved in metaphor processing. Further analyses are needed to disentangle the association of different cognitive processes and the neural substrates of metaphor processing.

5. Conclusion

Taken together, the results of the present study point to bilateral parietal activation in the IAG gyrus and rIPG during predicative metaphorical sentence processing. This activation could reflect the involvement of conceptual systems associated with verbal skills and supported by the LH. The activation of the rIPG appeared to reflect the mobilization of different kinds of cognitive processes sustaining the creation of new meaning during figurative language processing. Our study also highlighted the role of the precuneus

when tackling predicative metaphorical sentences in the auditory modality, pointing to mental imagery processing.

Acknowledgments

We would like to thank Mathieu Vigneau and Donald McLaren for their help and advice with the fMRI analyses.

References

- Ahrens, K., Liu, H. L., Lee, C. Y., Gong, S. P., Fang, S. Y., & Hsu, Y. Y. (2007). Functional MRI of conventional and anomalous metaphors in Mandarin Chinese. *Brain and Language*, *100*(2), 163–171.
- Amanzio, M., Geminiani, G., Leotta, D., & Cappa, S. (2008). Metaphor comprehension in Alzheimer's disease: Novelty matters. *Brain and Language*, *107*(1), 1–10.
- Bambini, V., Gentili, C., Ricciardi, E., Bertinetto, P. M., & Pietrini, P. (2011). Decomposing metaphor processing at the cognitive and neural level through functional magnetic resonance imaging. *Brain Research Bulletin*, *86*(3–4), 203–216.
- Beaty, R. E., & Silvia, P. J. (2013). Metaphorically speaking: Cognitive abilities and the production of figurative language. *Memory & Cognition*, *41*(2), 255–267.
- Benedek, M., Beaty, R., Jauk, E., Koschutnig, K., Fink, A., Silvia, P. J., et al. (2013). Creating metaphors: The neural basis of figurative language production. *Neuroimage*, *90C*, 99–106.
- Binder, J. R., & Desai, R. H. (2011). The neurobiology of semantic memory. *Trends in Cognitive Sciences*, *15*(11), 527–536.
- Binder, J. R., Desai, R. H., Graves, W. W., & Conant, L. L. (2009). Where is the semantic system? A critical review and meta-analysis of 120 functional neuroimaging studies. *Cerebral Cortex*, *19*(12), 2767–2796.
- Bohri, I. C., Altmann, U., & Jacobs, A. M. (2012). Looking at the brains behind figurative language – A quantitative meta-analysis of neuroimaging studies on metaphor, idiom, and irony processing. *Neuropsychologia*, *50*(11), 2669–2683.
- Caillies, S., & Declercq, C. (2011). Kill the song-steal the show: What does distinguish predicative metaphors from decomposable idioms? *Journal of Psycholinguistic Research*, *40*(3), 205–223.
- Chen, E., Widick, P., & Chatterjee, A. (2008). Functional-anatomical organization of predicate metaphor processing. *Brain and Language*, *107*(3), 194–202.
- Desai, R. H., Binder, J. R., Conant, L. L., Mano, Q. R., & Seidenberg, M. S. (2011). The neural career of sensory-motor metaphors. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *23*(9), 2376–2386.
- Diaz, M. T., Barrett, K. T., & Hogstrom, L. J. (2011). The influence of sentence novelty and figurativeness on brain activity. *Neuropsychologia*, *49*(3), 320–330.
- Diaz, M. T., & Hogstrom, L. J. (2011). The influence of context on hemispheric recruitment during metaphor processing. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *23*(11), 3586–3597.
- Faust, M., & Chiarello, C. (1998). Sentence context and lexical ambiguity resolution by the two hemispheres. *Neuropsychologia*, *36*(9), 827–835.
- Faust, M. E., & Gernsbacher, M. A. (1996). Cerebral mechanisms for suppression of inappropriate information during sentence comprehension. *Brain and Language*, *53*(2), 234–259.
- Faust, M., & Kahana, A. (2002). Priming summation in the cerebral hemispheres: Evidence from semantically convergent and semantically divergent primes. *Neuropsychologia*, *40*(7), 892–901.
- Faust, M., & Lavidor, M. (2003). Semantically convergent and semantically divergent priming in the cerebral hemispheres: Lexical decision and semantic judgment. *Brain Research. Cognitive Brain Research*, *17*(3), 585–597.
- Faust, M., & Mashal, N. (2007). The role of the right cerebral hemisphere in processing novel metaphorical expressions taken from poetry: A divided visual field study. *Neuropsychologia*, *45*(4), 860–870.
- Franquart-Declercq, C. (2003, 3–5 Septembre). *Processing of verbal metaphors, semantic representations of verbs and fuzzy-borders*. Paris.
- Ghio, A., Teston, B., Frenck-Mestre, C., Astésano, C., Schön, D., Nazarian, B., et al. (2004). *Perception de la parole et IRM: réalisation, évaluation et validation d'un système permettant une stimulation sonore de qualité en cours de séquence IRM*.
- Gibbs, R. W. Jr., (2002). A new look at literal meaning in understanding what is said and implicated. *Journal of Pragmatics*, *34*(4), 457–486.
- Giora, R. (1997). Understanding figurative and literal language: The graded salience hypothesis. *Cognitive Linguistics*, *8*, 183–206.
- Giora, R., Zaidel, E., Soroker, N., Batori, G., & Kashner, A. (2000). Differential effect of right- and left-hemisphere damage on understanding sarcasm and metaphor. *Metaphor and Symbol*, *15*(1–2), 63–83.
- Gold, R., Faust, M., & Goldstein, A. (2010). Semantic integration during metaphor comprehension in Asperger syndrome. *Brain and Language*, *113*(3), 124–134.
- Graves, W. W., Binder, J. R., Desai, R. H., Conant, L. L., & Seidenberg, M. S. (2010). Neural correlates of implicit and explicit combinatorial semantic processing. *Neuroimage*, *53*(2), 638–646.
- Humphries, C., Binder, J. R., Medler, D. A., & Liebenthal, E. (2007). Time course of semantic processes during sentence comprehension: An fMRI study. *Neuroimage*, *36*(3), 924–932.
- Jung-Beeman, M. (2005). Bilateral brain processes for comprehending natural language. *Trends in Cognitive Sciences*, *9*(11), 512–518.
- Kacunik, N. A., & Chiarello, C. (2007). Understanding metaphors: Is the right hemisphere uniquely involved? *Brain and Language*, *100*(2), 188–207.
- Lai, V. T., Curran, T., & Menn, L. (2009). Comprehending conventional and novel metaphors: An ERP study. *Brain Research*, *1284*, 145–155.
- Lakoff, G., & Johnson, M. (1980). Conceptual metaphor in everyday language. *The Journal of Philosophy*, *77*(8), 453.
- Landauer, T. K., & Dumais, S. T. (1997). A solution to Plato's problem: The latent semantic analysis theory of acquisition, induction, and representation of knowledge. *Psychological Review*, *104*(2), 211–240.
- Le Ny, J.-F., & Franquart-Declercq, C. (2001). Flexibilité des significations, traits sémantiques et compréhension des métaphores verbales. *Verbum*, *23*, 385–400.
- Le Ny, J.-F., & Franquart-Declercq, C. (2002). Signification des verbes, relations verbe/patient et congruence sémantique. *Le Langage et l'Homme*, *37*, 9–26.
- Lee, S. S., & Dapretto, M. (2006). Metaphorical vs. literal word meanings: fMRI evidence against a selective role of the right hemisphere. *Neuroimage*, *29*(2), 536–544.
- Li, F., Guo, X., Zhu, L., Yang, Z., & Dienes, Z. (2013). Implicit learning of mappings between forms and metaphorical meanings. *Consciousness and Cognition*, *22*(1), 174–183.
- Martín-Loeches, M., Casado, P., Hernández-Tamames, J. A., & Álvarez-Linera, J. (2008). Brain activation in discourse comprehension: A 3t fMRI study. *Neuroimage*, *41*(2), 614–622.
- Mashal, N., & Faust, M. (2008). Right hemisphere sensitivity to novel metaphoric relations: Application of the signal detection theory. *Brain and Language*, *104*(2), 103–112.
- Mashal, N., & Faust, M. (2009). Conventionalisation of novel metaphors: A shift in hemispheric asymmetry. *Laterality*, *14*(6), 573–589.
- Mashal, N., & Faust, M. (2010). The effects of metaphoricality and presentation style on brain activation during text comprehension. *Metaphor and Symbol*, *25*(1), 19–33.
- Mashal, N., Faust, M., & Hendler, T. (2005). The role of the right hemisphere in processing nonsalient metaphorical meanings: Application of principal components analysis to fMRI data. *Neuropsychologia*, *43*(14), 2084–2100.
- Mashal, N., Faust, M., Hendler, T., & Jung-Beeman, M. (2007). An fMRI investigation of the neural correlates underlying the processing of novel metaphoric expressions. *Brain and Language*, *100*(2), 115–126.
- Mashal, N., Faust, M., Hendler, T., & Jung-Beeman, M. (2009). An fMRI study of processing novel metaphoric sentences. *Laterality*, *14*(1), 30–54.
- Morrone, I., Declercq, C., Novella, J. L., & Besche, C. (2010). Aging and inhibition processes: The case of metaphor treatment. *Psychology and Aging*, *25*(3), 697–701.
- New, B., Pallier, C., Ferrand, L., & Matos, R. (2001). Une base de données lexicales du français contemporain sur internet: LEXIQUE™/A lexical database for contemporary french: LEXIQUE™. *L'année psychologique*, *101*(3), 447–462.
- Oldfield, R. C. (1971). The assessment and analysis of handedness: The Edinburgh inventory. *Neuropsychologia*, *9*(1), 97–113.
- Prat, C. S., Mason, R. A., & Just, M. A. (2012). An fMRI investigation of analogical mapping in metaphor comprehension: The influence of context and individual cognitive capacities on processing demands. *Journal of Experimental Psychology. Learning, Memory, and Cognition*, *38*(2), 282–294.
- Rapp, A. M., Leube, D. T., Erb, M., Grodd, W., & Kircher, T. T. (2004). Neural correlates of metaphor processing. *Brain Research. Cognitive Brain Research*, *20*(3), 395–402.
- Rapp, A. M., Leube, D. T., Erb, M., Grodd, W., & Kircher, T. T. (2007). Laterality in metaphor processing: Lack of evidence from functional magnetic resonance imaging for the right hemisphere theory. *Brain and Language*, *100*(2), 142–149.
- Rapp, A. M., Mutschler, D. E., & Erb, M. (2012). Where in the brain is nonliteral language? A coordinate-based meta-analysis of functional magnetic resonance imaging studies. *Neuroimage*, *63*(1), 600–610.
- Rinaldi, M. C., Marangolo, P., & Baldassarri, F. (2004). Metaphor comprehension in right brain-damaged patients with visuo-verbal and verbal material: A dissociation (re)considered. *Cortex*, *40*(3), 479–490.
- Romero Lauro, L. J., Mattavelli, G., Papagno, C., & Tettamanti, M. (2013). She runs, the road runs, my mind runs, bad blood runs between us: Literal and figurative motion verbs: An fMRI study. *Neuroimage*, *83*, 361–371.
- Rutter, B., Kroger, S., Stark, R., Schweckendiek, J., Windmann, S., Hermann, C., et al. (2012). Can clouds dance? Neural correlates of passive conceptual expansion using a metaphor processing task: Implications for creative cognition. *Brain and Cognition*, *78*(2), 114–122.
- Schmidt, G. L., & Seger, C. A. (2009). Neural correlates of metaphor processing: The roles of figurativeness, familiarity and difficulty. *Brain and Cognition*, *71*(3), 375–386.
- Shibata, M., Abe, J., Terao, A., & Miyamoto, T. (2007). Neural mechanisms involved in the comprehension of metaphorical and literal sentences: An fMRI study. *Brain Research*, *1166*, 92–102.
- Shibata, M., Toyomura, A., Motoyama, H., Itoh, H., Kawabata, Y., & Abe, J. (2012). Does simile comprehension differ from metaphor comprehension? A functional MRI study. *Brain and Language*, *121*(3), 254–260.
- Silvia, P. J., & Beaty, R. E. (2012). Making creative metaphors: The importance of fluid intelligence for creative thought. *Intelligence*, *40*(4), 343–351.
- Silvia, P. J., Beaty, R. E., & Nusbaum, E. C. (2013). Verbal fluency and creativity: General and specific contributions of broad retrieval ability (Gr) factors to divergent thinking. *Intelligence*, *41*(5), 328–340.

- Stringaris, A. K., Medford, N. C., Giampietro, V., Brammer, M. J., & David, A. S. (2007). Deriving meaning: Distinct neural mechanisms for metaphoric, literal, and non-meaningful sentences. *Brain and Language*, *100*(2), 150–162.
- Stringaris, A. K., Medford, N., Giora, R., Giampietro, V. C., Brammer, M. J., & David, A. S. (2006). How metaphors influence semantic relatedness judgments: The role of the right frontal cortex. *Neuroimage*, *33*(2), 784–793.
- Subramaniam, K., Faust, M., Beeman, M., & Mashal, N. (2012). The repetition paradigm: Enhancement of novel metaphors and suppression of conventional metaphors in the left inferior parietal lobe. *Neuropsychologia*, *50*(12), 2705–2719.
- Tompkins, C. A., Bloise, C. G., Timko, M. L., & Baumgaertner, A. (1994). Working memory and inference revision in brain-damaged and normally aging adults. *Journal of Speech and Hearing Research*, *37*, 896–912.
- Van Lancker, D. R., & Kempler, D. (1987). Comprehension of familiar phrases by left-but not by right-hemisphere damaged patients. *Brain and Language*, *32*(2), 265–277.
- Vigneau, M., Beaucois, V., Herve, P. Y., Duffau, H., Crivello, F., Houde, O., et al. (2006). Meta-analyzing left hemisphere language areas: Phonology, semantics, and sentence processing. *Neuroimage*, *30*(4), 1414–1432.
- Wechsler, D. (2000). *Manuel de l'Echelle d'Intelligence de Wechsler Pour Adultes—3e édition [Manual for the Wechsler Adult Intelligence Scale—Third edition]*. Paris, France: ECPA.
- Winner, E., & Gardner, H. (1977). The comprehension of metaphor in brain-damaged patients. *Brain*, *100*(4), 717–729.
- Yang, F. G., Edens, J., Simpson, C., & Krawczyk, D. C. (2009). Differences in task demands influence the hemispheric lateralization and neural correlates of metaphor. *Brain and Language*, *111*(2), 114–124.
- Zaidel, E., Kasher, A., Soroker, N., & Batori, G. (2002). Effects of right and left hemisphere damage on performance of the "Right Hemisphere Communication Battery". *Brain and Language*, *80*(3), 510–535.

Étude 3

Traitement pragmatique de l'ironie chez des individus sains avec des traits autistiques : étude de potentiels évoqués

Obert, A., Gierski, F. & Caillies, S. (*soumis*). Pragmatic processing of irony by typically developing adults with autistic traits: An ERP study. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*.

Présentation de l'étude 3

La première partie de nos travaux visait à caractériser les processus cognitifs du traitement sémantique d'énoncés métaphoriques verbaux nouveaux. La seconde partie de nos travaux s'intéresse quant à elle aux processus pragmatiques *via* l'étude de la compréhension de l'ironie verbale.

Nous avons vu que ces processus pragmatiques permettent d'intégrer les informations issues du contexte et de différentes sources : marqueurs prosodiques, informations sur les caractéristiques du locuteur, inférence sur les états mentaux, etc. À l'instar des études portant sur la métaphore, de plus en plus d'études cherchent à caractériser ces processus en termes de décours temporel de traitement de l'ironie *via* l'EEG. Si les études sur la métaphore se sont principalement concentrées autour de la mesure de la N400, reflet d'un processus sémantique, les études sur l'ironie s'intéressent essentiellement à la P600, composante tardive positive.

En effet, à l'inverse de la métaphore, les données EEG sur l'ironie font consensus quant à une plus grande amplitude de la P600 pour les énoncés ironiques, comparés aux énoncés littéraux (Regel *et al.*, 2011, 2014 ; Spotorno *et al.*, 2013). Les résultats sur l'amplitude de la N400 sont quant à eux, peu robustes. Si la nature exacte de la P600 est ouverte à discussion (Brouwer *et al.*, 2012), les auteurs travaillant sur la compréhension de l'ironie s'accordent à la considérer comme le reflet d'un traitement pragmatique (Regel *et al.*, 2011 ; Spotorno *et al.*, 2013).

L'objectif de notre troisième étude est d'explorer ces processus pragmatiques lors du traitement de courts énoncés ironiques (Annexe IV) (« *Il se prit les pieds dans le tapis. Ce fut un salto arrière magnifiquement contrôlé* ») comparés à des énoncés non-ironiques (« *Il prit son temps pour faire sa figure. Ce fut un salto arrière magnifiquement contrôlé* »). En effet, nous avons cherché à opérationnaliser les énoncés ironiques dans un contexte minimal, afin de limiter le nombre de sources différentes desquelles les participants peuvent extraire des informations. Ces énoncés portent néanmoins des marqueurs caractéristiques de l'ironie dont une incongruité entre l'énoncé et la situation. De fait, le traitement d'énoncés ironiques devrait entraîner une plus grande amplitude de la composante P600.

De plus, à l'image de Spotorno et Noveck (2014) qui ont mis en évidence un effet des compétences pragmatiques (mesurées par le quotient autistique) sur le traitement des énoncés

ironiques, nous avons cherché à tester l'hypothèse d'une influence des traits autistiques sur l'amplitude de la P600 par une analyse corrélacionnelle.

Notre méthodologie consistait en la présentation auditive d'énoncés ironiques et non-ironiques (« *C'est la meilleure/pire [ironique/non-ironique] des promotions que j'ai eue dans cette entreprise. Demain, je la quitte définitivement* ») à 26 participants. Notre objectif étant de caractériser le traitement pragmatique de ces énoncés, la fenêtre temporelle d'intérêt correspondait à la composante P600. De plus, une mesure des traits autistiques a été réalisée par l'échelle QA (Baron-Cohen *et al.*, 2001 ; Annexe V).

**Pragmatic processing of irony by typically developing adults with autistic traits: An
ERP study**

Alexandre Obert^a, Fabien Gierski^{a,b}, Stéphanie Caillies^a

^a Cognition, Health, Socialization (C2S) laboratory (EA6291), University of Reims Champagne-Ardenne, Reims, France

^b Adult Psychiatry Department, Robert Debré Hospital, Reims University Hospital, Reims, France

Short title: Irony processing and autistic traits

Corresponding author:

Alexandre Obert

Laboratoire C2S

Université de Reims Champagne-Ardenne

57 rue Pierre Taittinger

51096 REIMS Cedex

FRANCE

Phone: +33.3.26.91.37.73

E-mail: obert.alexandre@gmail.com

Abstract

Irony is used daily, and its interpretation relies heavily on pragmatic processes. These processes appear to be impaired in individuals with autism spectrum disorder (ASD), but little is known about them in typically developing adults with high levels of autism traits. We investigated the neurocognitive processes underlying irony comprehension in relation to autistic traits. ERPs were recorded while ironic sentences and their literal counterparts were played to participants whose ASD traits had been measured with the Autism-Spectrum Quotient (AQ). Results showed that irony elicited larger P600 effects than literal sentences did, and revealed a negative correlation between P600 amplitude and scores on the Imagination subscale of the AQ, which contains mentalizing-oriented items. This suggests that the participants with high autistic traits only weakly engaged pragmatic skills during irony processing, consistent with the social motivation theory of ASD, and extends findings for individual differences in irony processing.

Keywords: ERP, P600, ASD traits, irony, social motivation theory

Introduction

Irony is a figure of speech that is frequently used in our daily discourse and communicative exchanges to fulfil social functions such as making criticisms without spoiling relationships (Dews, Kaplan, & Winner, 1995). Using irony is nonetheless risky, as ironic remarks can be misunderstood - mainly because the intended meaning can contrast with the one that is expressed (Gibbs & Colston, 2002). Thus, to understand irony, we have to engage pragmatic processes that allow us to go beyond the literal meaning, such as integrating extralinguistic features (e.g., prosody) and correctly inferring others' beliefs and intentions (i.e. mentalizing or theory of mind, ToM; Pexman, 2008).

ERP measures of the P600 component have frequently been used to assess the nature and timecourse of these pragmatic processes. This component is typically described as a positive deflection 500 ms after the critical event, with a centroparietal distribution. It was initially interpreted as an index of the manipulation of syntactic information (Hagoort, Brown, & Groothusen, 1993), but was subsequently observed during the pragmatic processing of indirect requests or discourse comprehension (see Brouwer, Fitz, & Hoeks, 2012, for a review). Consistent with this, the P600 effect has frequently been found in ERP studies of irony comprehension. For example, when Spotorno, Cheylus, Van Der Henst, and Noveck (2013) exposed participants to sentences preceded by a substantial context biasing to either an ironic or a literal interpretation, they found that ironic sentences induced greater P600 amplitude than literal ones. Similarly, Regel, Gunter, and Friederici (2011) observed a P600 effect for irony processing, regardless of modality (visually or auditory) and task (comprehension or passive reading). Along the same lines, Filik, Leuthold, Wallington, and Page (2014) observed that both familiar and unfamiliar auditory ironic sentences elicited the P600, compared with literal sentences, suggesting that this component reflects the pragmatic processing required by irony, rather than simple semantic processing.

Irony processing deficits have frequently been reported in high-functioning individuals with autism spectrum disorder (ASD) or Asperger syndrome (Martin & McDonald, 2004). Moreover, at the subclinical level, the presence of autistic traits in typically developing adults has been shown to be associated with abnormal responses to extralinguistic cues such as prosody (Yoshimura et al., 2013) and performances on mentalizing tasks (Yang & Baillargeon, 2013). To our knowledge, however, no study has yet assessed the influence of autistic traits on irony processing in a nonclinical population.

The main aim of the present study was to investigate the neurocognitive processes underlying irony processing, and determine whether they are modulated by autistic-like traits. We assessed 25 healthy adults on ASD traits and exposed them to ironic auditory sentences and their literal counterparts while recording their ERPs. We predicted that ironic sentences would elicit a greater amplitude of the P600 component than their nonironic counterparts, and this amplitude would be correlated with the level of autistic traits.

Method

Participants

A total of 26 undergraduates took part in the study, but the data of one participant had to be excluded from the analyses, owing to a high number of artefactual segments (see below). The remaining 25 participants (five men; mean age = 19.56 years, $SD = 1.23$, range = 18-22) were all native French speakers, had normal hearing and reported no current or past history of psychiatric or neurological disorders. Participants gave their written informed consent prior to the beginning of the study.

Autism Quotient

The Autism-Spectrum Quotient (AQ; Baron-Cohen, Wheelwright, Skinner, Martin, & Clubley, 2001) is a 50-item self-report questionnaire designed to assess autistic traits. These items are distributed across five subscales: Social Skills, Attention Switching, Attention to Detail, Communication Skills, and Imagination. Participants are asked to rate their degree of agreement with the situation or behaviour expressed by each item on a 4-point scale ranging from *definitely agree* to *definitely disagree*. Each response expressing an autistic trait yields a score of 1. Although the AQ is not a diagnostic test, it indicates a high probability of ASD when the total score is equal to or greater than 32.

Stimuli and Procedure

We drew 48 two-sentence stimuli from a pool of 74 ironic and literal sentence pairs that had been used in a previous published study (see Calmus & Caillies, 2014). Each ironic story was matched with a literal (control) story in which the context sentence was modified in such a way that the second sentence of the pair was no longer ironic (e.g., “This is the best/worst (ironic/literal) promotion I’ve ever had in this company. Tomorrow, I’m leaving for good.”). It

should be noted that the ironic comments had been created, and as a consequence, were neither familiar nor conventional. The two-sentence stories were recorded in audio files and participants were asked to listen carefully to each sentence.

Electrophysiological Recording and Analyses

Scalp electroencephalograms (EEGs) were recorded with a 32-channel electrode cap (BrainAmp; Brain Products, Germany) arranged on the scalp according to the 10-20 system. Data were recorded online at 250 Hz, with a 0.1-100 Hz bandpass filter. The reference electrode was located midway between Fz and Cz. Impedance was kept below 5 k Ω for all participants. The amplification gain was 1000. Vertical and horizontal eye movements were recorded from two frontopolar electrodes (FP1 and FP2) placed on and below the outer canthus of the left eye.

Data were analysed using the EEGLab toolbox (Delorme & Makeig, 2004) and ERPLab plugin (Lopez-Calderon & Luck, 2014). A 0.1-Hz high-pass filter was applied and data were re-referenced offline to the mean of the left and right mastoids. Segments time-locked to the onset of the last word were computed from 200 ms before to 1000 ms after onset, and baseline-corrected (200 ms before stimulus onset). Artifacts such as blinks and eye movements were eliminated using ICA decomposition and the SASICA semiautomatic procedure (Chaumon, Bishop, & Busch, 2015). Residual electrooculography (EOG) artifacts were discarded through a step-like procedure detecting amplitudes greater than 40 μ V in the eye electrodes in a 400-ms time window. Additional artifacts were detected by applying a \pm 100 μ V threshold and visual inspection. A 30-Hz low-pass filter was then applied. The data of one participant for whom the number of artifactual segments exceeded 50% in at least one condition were excluded from the analyses.

Visual inspection of the waveforms (Fig. 1) showed that the literal and ironic conditions mainly differed in a late time window (500-800 ms). P600 was measured in the same 500-800 ms time window, and six electrodes (Cz, CP1, CP2, P3, Pz, P4) were identified as displaying the greatest positivity, based on inspection of the topography (Fig. 2). A repeated-measures ANOVA with condition (2; ironic vs. literal) and electrode (6; Cz, CP1, CP2, P3, Pz, P4) was computed. Only the main effect of condition is provided and discussed.

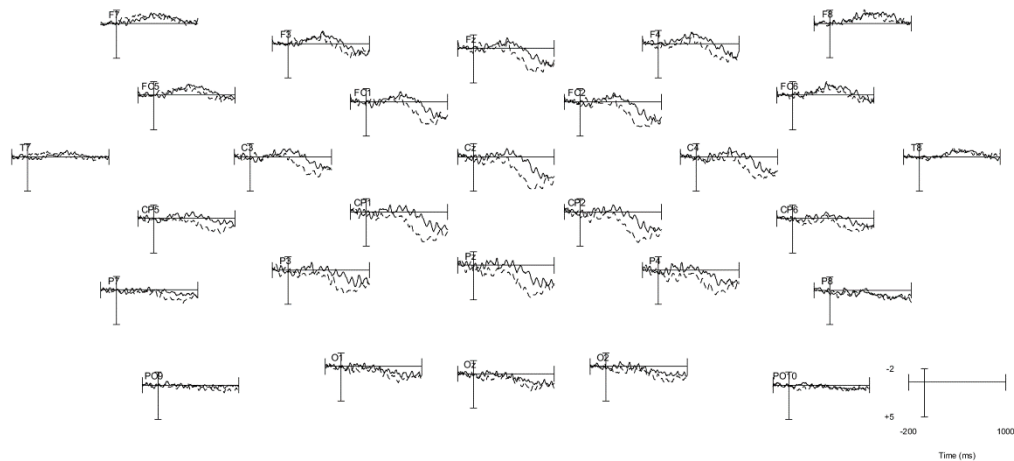


Figure 1: Grand average ERPs at the critical sentence in the ironic (dashed) and literal (solid) conditions.

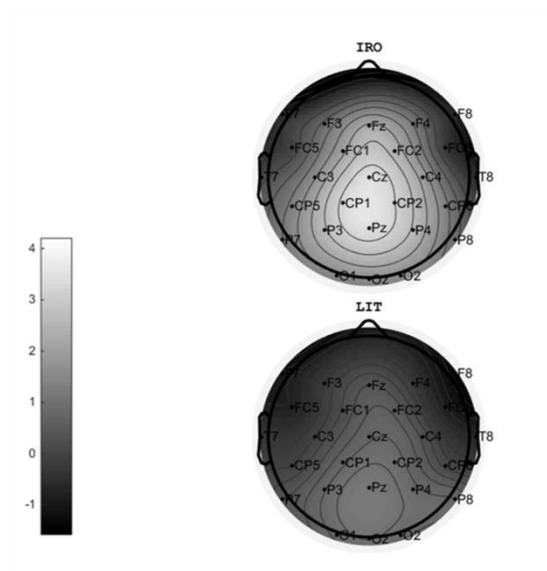


Figure 2: Topographical distribution of the P600 component in the ironic (above) and literal (below) conditions.

Correlation Analyses

To determine whether the P600 was modulated by autistic traits, correlational analyses were computed between the P600 effect and the total score and subscores of the AQ questionnaire. The P600 effect was computed on the basis of the difference in waveform between the

ironic and literal conditions for each electrode and each participant. Mean amplitude was then extracted for the 500-800 ms time window, and Pearson's correlation coefficients were computed between each of the six electrodes (selected according to the topographical distribution) and the scores on the AQ questionnaire.

Results

Autism Quotient

All the participants' scores were below the standard cut-off of 32, indicating a low probability of ASD. The mean scores (and standard deviations) were as follows: Total AQ = 18.60 (6.41); Social Skills = 3.88 (2.42); Attention Switching = 4.08 (2.29); Attention to Detail = 4.88 (2.39); Communication Skills = 3.00 (2.10); and Imagination = 2.76 (1.48).

P600 Effect and Correlation Analyses

The repeated-measures ANOVA on amplitude revealed a main effect of condition, $F(1, 34) = 10.60$, $MSE = 35.29$, $p < 0.01$. Mean amplitudes showed that the ironic condition elicited a higher amplitude ($M = 3.11$, $SD = 2.51$) than the literal one ($M = 0.87$, $SD = 2.92$). Correlation analyses revealed a negative and significant correlation between participants' scores on the Imagination subscale and the amplitude of the P600 effect on all six selected electrodes, as higher scores (i.e., less imagination) were linked to lower amplitudes (Cz: $r = -0.63$, $p < 0.001$; CP1: $r = -0.56$, $p < 0.01$; CP2: $r = -0.66$, $p < 0.001$; P3: $r = -0.46$, $p < 0.05$; Pz: $r = -0.55$, $p < 0.01$, P4: $r = -0.51$, $p < 0.01$; Fig. 3). Other correlations did not reach significance⁵⁹.

⁵⁹ Les autres corrélations sont disponibles en Annexe VI

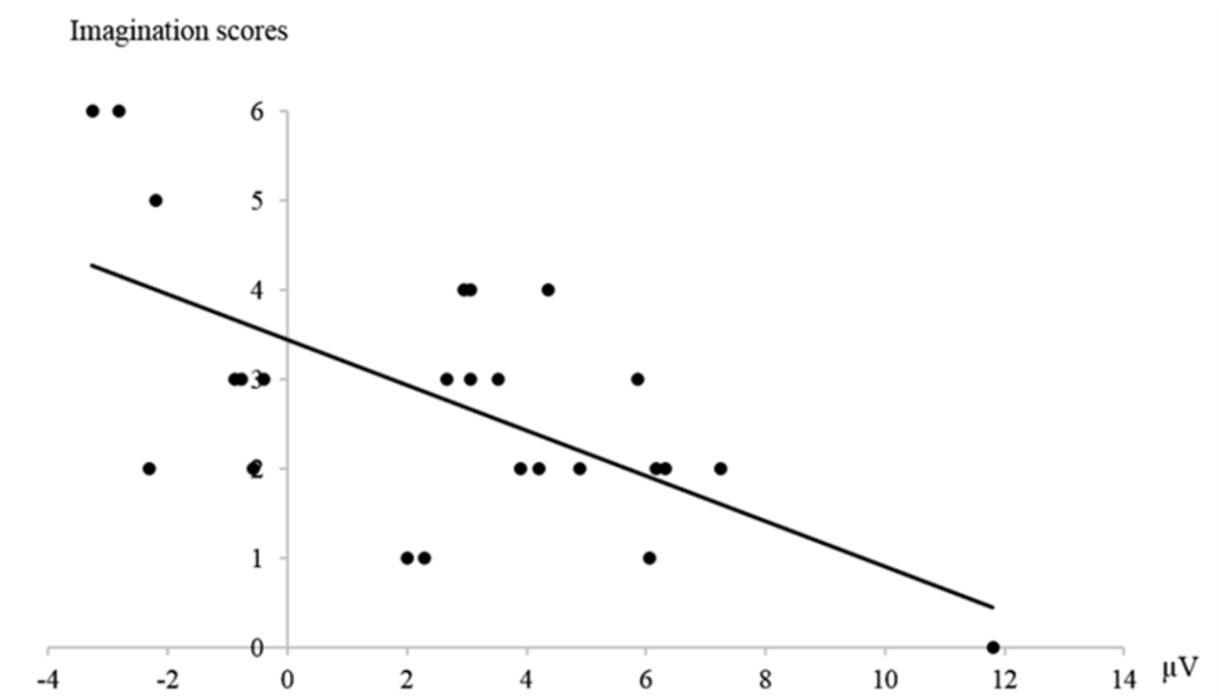


Figure 3: Scatterplot of correlations between the amplitude of the P600 effect (Cz electrode) and participants' scores on the Imagination subscale of the Autism-Spectrum Questionnaire.

Discussion

Consistent with previous findings on irony processing (Regel et al., 2011; Regel, Meyer, & Gunter, 2014; Spotorno et al., 2013), our study showed that the processing of ironic sentences elicits a larger P600 than that of their literal counterparts. The larger P600 for ironic sentences compared with literal ones also appears to be consistent with the view that this component reflects a mental representation updating process (Brouwer et al., 2012). Accordingly, the P600 should be observed when a mental representation has to be refreshed by integrating additional information. Irony comprehension does indeed require the initial mental representation based on the context to be updated, owing to the discrepancy between context and remark.

Our results also revealed that the P600 effect is negatively correlated with one specific dimension of ASD traits (i.e., imagination) in nonclinical individuals. More specifically, we found that participants with poorer imaginations displayed a lower P600 amplitude. Assuming that the P600 reflects the updating of mental representations (Brouwer et al., 2012), this result suggests that a higher score on the Imagination subscale (i.e., a more pronounced ASD trait) is linked to less mental representation updating - a process required in irony comprehension.

This negative correlation could also be interpreted from the perspective of the social motivation theory of autism (Chevallier, Kohls, Troiani, Brodtkin, & Schultz, 2012). This theory claims that the ASD deficits observed in social cognition-oriented tasks (e.g., ToM) and daily behaviour can be explained by early-onset impairment of core prosocial skills (e.g., joint attention), which affects the social learning experience, reducing the reward perception of social events. From this point of view, we suggest that irony comprehension belongs to the category of poorly rewarding social events for individuals with ASD or ASD traits, explaining their failure to understand figurative language and, more generally, all the pragmatic and socially complex effects. Furthermore, autistic traits have been shown to impact social reward processing at a neural level, even in a healthy population. Cox et al. (2015) associated social (video feedback from an observer) and nonsocial (video of a candy) rewards with an attentional task performed by nonclinical participants who underwent an EEG recording and an autistic trait assessment. Consistent with social motivation theory, their results showed that the amplitude of the P3 component – a motivation-sensitive component – was reduced in the social reward condition for the high-autistic trait individuals, but not for the low-autistic trait participants. This finding leads us to assume that the negative correlation we observed in our study between autistic traits and the reduction in P600 amplitude reflected a lack of motivation among higher autistic-trait participants for grasping the pragmatic meaning of irony, the ironic remarks being perceived by

them as largely irrelevant social events. Social motivation theory states that individuals with ASD engage less actively in relationship-protective behaviour (Chevallier et al., 2012). Furthermore, ironic remarks have a protective effect on the speaker-addressee relationship (Dews et al., 1995) that individuals with ASD or ASD traits may fail to perceive.

Additional studies are needed to extend the present findings. In our study, for instance, participants were not explicitly compelled to process one particular aspect of the sentence pairs. It is therefore difficult to say precisely which pragmatic aspect of irony was impaired (i.e., speaker's intent, belief, or humorous intent) and replicating our experiment with an explicit task would surely prove informative. Moreover, our relatively small sample did not provide a broad range of ASD traits, thus limiting the predictions we could make about the other domains assessed by the AQ.

The major finding of the present study is the link we observed between irony processing and ASD traits at a neural level in a healthy population. Participants with higher scores (i.e., higher ASD traits) on the Imagination subscale displayed a lower P600 amplitude during irony processing. In the light of social motivation theory, this finding suggests that these participants were less engaged into achieving a pragmatic account of the ironic remarks. This study supports the continuum view of autism and extends findings on individual differences in irony processing, along with recent theory about social event processing in ASD.

References

- Baron-Cohen, S., Wheelwright, S., Skinner, R., Martin, J., & Clubley, E. (2001). The Autism-Spectrum Quotient (AQ): Evidence from Asperger syndrome/high-functioning autism, males and females, scientists and mathematicians. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, *31*(1), 5–17. doi:10.1023/A:1005653411471
- Brouwer, H., Fitz, H., & Hoeks, J. (2012). Getting real about semantic illusions: Rethinking the functional role of the P600 in language comprehension. *Brain Research*, *1446*, 127–143. doi:10.1016/j.brainres.2012.01.055
- Calmus, A., & Caillies, S. (2014). Verbal irony processing: How do contrast and humour correlate? *International Journal of Psychology* .: *Journal International de Psychologie*, *49*(1), 46–50. doi:10.1002/ijop.12003
- Chaumon, M., Bishop, D. V. M., & Busch, N. A. (2015). A practical guide to the selection of independent components of the electroencephalogram for artifact correction. *Journal of Neuroscience Methods*, *250*, 47–63. doi:10.1016/j.jneumeth.2015.02.025
- Chevallier, C., Kohls, G., Troiani, V., Brodtkin, E. S., & Schultz, R. T. (2012). The social motivation theory of autism. *Trends in Cognitive Sciences*, *16*(4), 231–238. doi:10.1016/j.tics.2012.02.007
- Cox, A., Kohls, G., Naples, A. J., Mukerji, C. E., Coffman, M. C., Rutherford, H. J. V, ... McPartland, J. C. (2015). Diminished social reward anticipation in the broad autism phenotype as revealed by event-related brain potentials. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, *10*(10), 1357–1364. doi:10.1093/scan/nsv024
- Delorme, A., & Makeig, S. (2004). EEGLAB: An open source toolbox for analysis of single-trial EEG dynamics including independent component analysis. *Journal of Neuroscience Methods*, *134*(1), 9–21. doi:10.1016/j.jneumeth.2003.10.009
- Dews, S., Kaplan, J., & Winner, E. (1995). Why not say it directly? The social functions of irony. *Discourse Processes*, *19*(3), 347–367. doi:10.1080/01638539509544922
- Filik, R., Leuthold, H., Wallington, K., & Page, J. (2014). Testing theories of irony processing using eye-tracking and ERPs. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, *40*(3), 811–828. doi:10.1037/a0035658
- Gibbs, R. W., & Colston, H. L. (2002). The risks and rewards of ironic communication. In L. Anolli, R. Ciceri, G. Riva, L. Anolli, R. Ciceri, & G. Riva (Eds.), *Say not to say: New perspectives on miscommunication*. (Vol. 16, pp. 181–194). Amsterdam, Netherlands: IOS Press.

- Hagoort, P., Brown, C., & Groothusen, J. (1993). The syntactic positive shift (SPS) as an ERP measure of syntactic processing. *Language and Cognitive Processes*, 8(4), 439–483. doi:10.1080/01690969308407585
- Lopez-Calderon, J., & Luck, S. J. (2014). ERPLAB: An open-source toolbox for the analysis of event-related potentials. *Frontiers in Human Neuroscience*, 8, 213. doi:10.3389/fnhum.2014.00213
- Martin, I., & McDonald, S. (2004). An exploration of causes of non-literal language problems in individuals with Asperger syndrome. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 34(3), 311–328. doi:10.1023/B:JADD.0000029553.52889.15
- Pexman, P. M. (2008). It's fascinating research: The cognition of verbal irony. *Current Directions in Psychological Science*, 17(4), 286–290. doi:10.1111/j.1467-8721.2008.00591.x
- Regel, S., Gunter, T. C., & Friederici, A. D. (2011). Isn't it ironic? An electrophysiological exploration of figurative language processing. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 23(2), 277–293. doi:10.1162/jocn.2010.21411
- Regel, S., Meyer, L., & Gunter, T. C. (2014). Distinguishing neurocognitive processes reflected by P600 effects: Evidence from ERPs and neural oscillations. *PLoS ONE*, 9(5), e96840. doi:10.1371/journal.pone.0096840
- Spotorno, N., Cheylus, A., Van Der Henst, J. B., & Noveck, I. A. (2013). What's behind a P600? Integration operations during irony processing. *PLOS ONE*, 8(6), e66839. doi:10.1371/journal.pone.0066839
- Yang, D. Y. J., & Baillargeon, R. (2013). Brief report: Difficulty in understanding social acting (but not false beliefs) mediates the link between autistic traits and ingroup relationships. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 43(9), 2199–2206. doi:10.1007/s10803-013-1757-3
- Yoshimura, Y., Kikuchi, M., Ueno, S., Okumura, E., Hiraishi, H., Hasegawa, C., ... Minabe, Y. (2013). The brain's response to the human voice depends on the incidence of autistic traits in the general population. *PLOS ONE*, 8(11). doi:10.1371/journal.pone.0080126

Étude 4

Bases cérébrales du contraste et de l'humour : traitement de caractéristiques communes de l'ironie verbale

Obert, A., Gierski, F., Calmus, A., Flucher, A., Portefaix, C., Pierot, L., Kaladjian, A. & Caillies, S. (*en révision*). Neural Correlates of Contrast and Humor: Processing Common Features of Verbal Irony. *PLoS ONE*

Présentation de l'étude 4

Les résultats de notre précédente étude suggèrent un traitement pragmatique plus important pour les énoncés ironiques, comparés aux énoncés littéraux et se traduisant par une plus grande composante tardive positive. L'objectif de notre dernière étude est de caractériser les bases cérébrales de ces processus. Plus précisément, nous avons cherché à caractériser les bases cérébrales de la compréhension de l'ironie au regard de deux de ses caractéristiques majeures : le contraste et l'humour.

Nous avons vu dans notre introduction théorique que l'ironie était considérée comme un phénomène pragmatique, en ce sens que la seule analyse sémantique ne peut permettre de distinguer un énoncé ironique d'un énoncé non-ironique (Attardo, 2002). De fait, le contexte joue un rôle important dans la mesure où l'incongruité – que nous qualifions également de contraste – entre le contexte et l'énoncé ironique doit être résolue afin d'accéder à la signification ironique. De plus, ce contraste permet de rendre plus saillant l'intention ironique du locuteur et est lié à certains effets pragmatiques de l'ironie (Colston & O'Brien, 2000b ; Ivanko & Pexman, 2003). Parmi ces effets liés au contraste, l'humour est l'un des plus rapporté dans les études comportementales (Colston & O'Brien, 2000a, 2000b) et permettrait notamment d'atténuer la valence d'un message négatif, préservant ainsi la relation entre le locuteur et l'interlocuteur.

Peu d'études se sont intéressées aux bases cérébrales du traitement de ces caractéristiques de l'ironie. La plupart des études portant sur la compréhension d'énoncés ironiques mettent en évidence des réseaux cérébraux interprétés au regard de processus de TdE (*e.g.* JTP, CPFm, STS). Cependant, l'implication de régions fronto-temporales gauches a été observée dans la compréhension de l'ironie (Eviatar & Just, 2006 ; Uchiyama *et al.*, 2006), suggérant un traitement sémantique de l'énoncé (Kim, Yoon, Kim, Lee, & Kang, 2012 ; Ye, Doñamayor, & Münte, 2014) et donc, une résolution de l'incongruité entre la remarque ironique et le contexte de production. Toutefois, les données concernant les bases cérébrales du traitement de l'humour dans l'ironie sont rares. À notre connaissance, seule l'étude d'Akimoto (2014) a examiné les corrélats cérébraux de l'appréciation de l'humour d'énoncés ironiques. Leur étude a montré que l'activation du cortex préfrontal dorsolatéral droit était positivement corrélée à l'humour perçu dans l'ironie. Les auteurs ont interprété ce résultat par le rôle attribué à cette région dans les fonctions exécutives associées à la résolution d'incongruité mais aussi à la perception de la fonction sociale de l'humour.

Ces données font écho à la littérature sur le traitement de stimuli humoristiques, selon un modèle de détection-résolution d'incongruité et d'appréciation de l'humour. Les études en IRMf portant sur l'humour ont en effet montré une participation de régions préfrontales et sous-corticales dans l'appréciation de l'humour (Chan, Chou, Chen, & Liang, 2012). Ce résultat est interprété comme reflétant l'implication du système cérébral de la récompense, les stimuli humoristiques ayant une fonction sociale et émotionnelle positive (Berns, 2004). Bekinschtein, Davis, Rodd, and Owen (2011) ont demandé à des participants de juger du sentiment d'amusement de stimuli variant en termes de contraste et d'humour. Ils ont noté que la résolution d'incongruité sollicitait un réseau fronto-temporal alors que la perception d'humour engageait des régions sous-corticales. Ils ont également observé que le gyrus frontal inférieur gauche était commun à ces deux traitements, confirmant le lien existant entre contraste et humour.

L'objectif principal de cette étude est d'examiner les bases cérébrales du traitement d'énoncés ironiques et de caractériser les structures impliquées dans le traitement du contraste et de l'humour. Les données de la littérature nous permettent de poser l'hypothèse de régions cérébrales commune dans le traitement de ces deux caractéristiques (Calmus & Caillies, 2014).

Dans cette étude, des énoncés ironiques et littéraux identiques (Annexe IV) à l'étude précédente ont été présentés auditivement à 23 participants qui avaient pour consigne de décider du caractère ironique ou littéral de chacun des énoncés. Une comparaison de la condition ironique et non-ironique nous a permis d'observer les activations propres au traitement des énoncés ironiques. Afin de mettre en évidence les régions cérébrales sollicitées dans le traitement du contraste et de l'humour, des analyses en modulations paramétriques (MP) ont été menées. Un modèle a été construit pour chacune des deux caractéristiques nous intéressant, en incluant les valeurs de contraste et d'humour de chaque énoncé, issues d'une précédente étude (Calmus & Caillies, 2014). Enfin, une analyse de conjonction entre les deux cartes d'activations résultant de ces deux modèles MP nous a permis de tester l'hypothèse de régions communes dans le traitement du contraste et de l'humour.

Neural Correlates of Contrast and Humor: Processing Common Features of Verbal Irony

Short title: Irony, Contrast and Humor Processing

Alexandre Obert^{1*}, Fabien Gierski^{1,2}, Arnaud Calmus^{1,3}, Aurélie Flucher¹, Christophe Portefaix^{4,5}, Laurent Pierot⁴, Arthur Kaladjian^{1,2}, Stéphanie Caillies¹

¹ C2S Laboratory (EA6291), University of Reims Champagne-Ardenne, Reims, France

² Department of Psychiatry, Robert Debré Hospital, Reims University Hospital, Reims, France

³ Department of Physical Medicine and Rehabilitation, Sébastopol Hospital, Reims University Hospital, Reims, France

⁴ Department of Medical Imaging, Maison Blanche Hospital, Reims University Hospital, Reims, France

⁵ CReSTIC Laboratory (EA 3804), University of Reims Champagne-Ardenne, Reims, France

Corresponding author:

E-mail: obert.alexandre@gmail.com

Abstract

Irony is a kind of figurative language used by a speaker to say something that contrasts with the context and, to some extent, lends humor to a situation. However, little is known about the cerebral regions that specifically support the processing of these two common features of irony. The present study had two main aims: (i) investigate the neural basis of irony processing by delivering short ironic spoken sentences, and their literal counterparts, to participants undergoing fMRI; (ii) assess the neural effect of two irony parameters, obtained from normative studies: contrast degree and humor appreciation. Results revealed activation of a bilateral inferior frontal gyrus, posterior part of the left superior temporal gyrus, medial frontal cortex and left caudate during irony processing, suggesting the involvement of both semantic and theory of mind networks. Parametric models' networks showed that *contrast* was specifically associated with the activation of bilateral frontal and subcortical areas and that these regions were also sensitive to *humor* feature, as shown by a conjunction analysis. Activation of bilateral IFG is consistent with literature on humor processing and echoes to the detection/resolution process of incongruity. Moreover, the activation of subcortical structures could be seen through the scope of reward process of social events.

Keywords: fMRI; irony; contrast; humor; inferior frontal gyrus; superior temporal gyrus

Introduction

Verbal irony is a kind of nonliteral language that is traditionally viewed as a figure of thought, in the sense that the semantics of an ironic sentence and a nonironic one are indistinguishable (1). This feature means that context plays a particularly important role in narrative comprehension. For example, in order to understand the comments “He is bright” about an idiot or “He is stupid” about somebody intelligent, it is necessary to take into account the reality of the situation, generally named the *context*. In most theories, the comprehension of verbal irony relies on an incongruity resolution process, following the detection of a contrast (or incongruity) between the assertion (i.e., ironic sentence) and the reality (i.e., context) (2); according to the main theory of humor, the latter relies on the detection of an incongruity (termed *contrast* in the irony literature) that produces a violation of expectations and/or facts that needs to be resolved (3). It is further generally acknowledged that irony is used because of its humorous effect (4). There have even been suggestions that irony serves a social function, enabling us to say something negative with humor, and thus attenuate the negative impact on the speaker-listener relationship (5). Despite this, very few studies have explicitly explored the neural bases of both the contrast effect and humor appreciation in irony comprehension.

Most findings regarding contrast and humor come from rating studies. The groundbreaking research by Colston and O’Brien (6) highlighted the importance of the contrast effect on pragmatic goals of verbal irony such as humorousness. These authors found that ironic sentences were rated as more contrasted and more humorous than their literal counterparts, and that the pragmatic goal of humor was influenced by the perceived contrast. Moreover, in a second study (7), they found that making positive comments about negative events (e.g., verbal irony) was more likely to involve humor than exaggerating these events (e.g., hyperbole), and that strongly negative comments (strong irony) had greater pragmatic effects than weaker negative comments (weak irony). Similarly, when Ivanko and Pexman (8) modulated the contrast between context and critical assertion, by accentuating the negativity of the context, they found that a greater contrast appeared to involve greater perception of sarcasm (see also 9), which is traditionally viewed as a kind of ironic statement where ridicule is an important component (10). In a recent study, however, Calmus and Caillies (2) showed that contrast (between the context and what is said) and humorousness are linked in a nonlinear manner, in an inverted U-shape, such that the funniest sentences are those with moderate contrasts between the context and the ironic assertion. All these studies emphasized the role of contrast effect in ironic humor.

Even today, little is known about the brain network that subtends the processing of these two interconnected features when dealing with irony. Relatively few studies have examined the cerebral bases of irony processing in healthy participants, using functional magnetic resonance imaging (fMRI). Some of these have reported areas of activation, which are discussed in the light of theory of mind (ToM; drawing of inferences about others' mental states and intentions) and semantic processes. Indeed, studies have shown activation of the medial prefrontal cortex (11–13), left and right temporoparietal junction (TPJ; 13,14), and superior temporal sulcus (STS; 12), which are recognized as forming part of the ToM network. Along with this ToM network, some authors found a broad language network dedicated to semantic and contextual processing. Eviatar and Just (15) showed that the right superior and middle temporal gyri (MTG) are more likely to be activated by ironic sentences than by literal ones. These authors interpreted this as the neural expression of two kinds of (nonexclusive) processes: the ability to grasp the speaker's communicative intent and the integration of different items of information into a single, coherent story. Similarly, using sarcastic sentences, Uchiyama et al. (16) observed left temporal activation for processing both the context and the critical ironic sentence, supporting the idea of a general involvement of left temporal areas in contextual and semantic processing. This is congruent with some other studies providing evidence that the temporal gyri are involved in inference processing (17) and semantic incongruity (18). Additionally, Uchiyama et al. (16) reported activation of the left inferior frontal gyrus (IFG) during the processing of sarcasm, and argued that it must be a key region for integrating ToM and semantic processes. Furthermore, a recent meta-analysis by Rapp et al. (19) demonstrated that the IIFG is a core region for several types of nonliteral language, including metaphor, idiom and irony. This can be explained by the higher cognitive demands (in terms of semantic processing) made by figurative expressions, and by the fact that the IIFG has been shown to be involved in several language processes, including semantic integration (20,21). Finally, similar areas of activation have been reported by studies of incongruity based on the detection-resolution model of humorous stimuli. Samson, Zysset, and Huber (22) showed that the temporoparietal junction is activated during the processing of cartoons requiring ToM processes, and suggested that this reflects successful incongruity resolution processing, allowing complex information to be integrated into a coherent meaning (3,23,24).

Taken together, these results shed some interesting light on the semantic processes underlying irony comprehension, and thus on the semantic resolution of the incongruity resulting from the contrast between remark and context. However, very few of them have focused on the neural bases recruited by the humorous aspect of ironic sentences. To our knowledge, the only

fMRI study to have included an analysis of humor appreciation is Akimoto et al. (25)'s study. After the scanning session, participants were asked to rate the stimuli on perceived humor, in addition to the degree of irony. Analyses showed that the right amygdala and hippocampal structures were more likely to respond positively to the degree of irony, and the right dorsolateral prefrontal cortex to the degree of perceived humor. The former were assumed to be sensitive to the emotional states of ironic communication, and the authors postulated that the latter subtends the executive functions involved in the resolution of incongruity, as well as in the social function of irony. These results have been echoed in fMRI studies of humor featuring materials other than verbal irony, namely humorous cartoons or stories. For example, Bartolo et al. (26) observed that the left amygdala was positively linked to the degree of amusement derived from humorous cartoons, supporting the idea that this is a key area for emotional responses to humorous events. For their part, Chan et al. (27) used verbal funny stories containing a situational context (e.g., a child has to share some donuts with his brother) and ending with an unexpected punchline (e.g., "Hey, we have a donut to share! I'll take the circle, and you can have the hole!"). When they compared highly funny stories with less funny ones, the authors observed activation of the left ventromedial prefrontal cortex, along with subcortical activation in the bilateral parahippocampal and amygdala structures. These structures are known to form part of the mesolimbic reward system, which has been shown to be activated by subjective appreciation of humor (28). Moreover, incongruity resolution and humor processing appear to share common cortical areas. Bekinschtein, Davis, Rodd, and Owen (29) conducted an fMRI study in which they asked the participants to rate the funniness of sentences that varied on humorous and contrast features. Their results suggested that resolving the incongruity of the sentences engaged the frontotemporal network, while perceiving humor involved the subcortical reward network. More interestingly, they observed that the left IFG was recruited by both incongruity resolution and humor processing, confirming that incongruity and humor are strongly linked.

The aim of the present study was to investigate the neural bases of auditory verbal irony comprehension, using fMRI, and to specifically assess the responsiveness of brain areas to contrast and humor features, taking indirectly into account their nonlinear relation as it has been previously demonstrated. Our rationale was that if contrast affects humor appreciation in a nonlinear manner, brain regions affected by contrast degree through a quadratic effect would also respond to the humor feature. In our design, the stimuli were presented in the auditory modality, as intonation is an important cue for detecting the contrast between context and critical remark, and thus for understanding the irony (30,31).

Material and methods

Participants

Initially, 23 healthy participants were included in the study. Two of them, however, were excluded owing to poor-quality behavioral data (see below). All the remaining participants (10 women and 11 men; mean age = 22.10 years, $SD = 1.92$, range = 20-27) were native French speakers and right-handed, according to the Edinburgh Handedness Inventory (32). They had normal or corrected-to-normal vision and normal hearing, and no past or present medical, psychiatric or neurological illnesses. They also met health and safety regulations regarding the use of MRI. The study was designed in accordance with the Declaration of Helsinki and approved by the “Comité de Protection des Personnes – Est III” of the University Hospital of Nancy. All participants gave their written informed consent after receiving a full description of the study.

Stimuli

Forty-eight two-sentence stimuli were taken from a pool of 74 sentences used in a previous published study (2). Each ironic story was matched with a control story, in which the context sentence was modified in such a way that the second sentence of the pair was no longer ironic (Table 1). It should be noted that the ironic comments were invented, and as a consequence, were neither familiar nor conventional although they were selected as being easily understandable. Contrast detection and humor appreciation were operationalized with contrast and funniness rating scales. For the contrast judgments, 153 participants were asked to rate the extent to which the meaning of the first sentence contrasted with that of the second sentence, on a 6-point Likert-type scale ranging from 1 (*Not at all contrasting*) to 6 (*Highly contrasting*). For the humor judgments, 99 participants (none of whom participated in the contrast judgments) were asked to rate the funniness of the stories on a similar 6-point scale ranging from 1 (*Not at all funny*) to 6 (*Very funny*). For the present study, the 24 ironic sentences were all moderately contrasted ($M = 4.84$, $SD = 0.69$) and humorous ($M = 3.43$, $SD = 0.61$), and their literal controls were those with the lowest contrast ($M = 1.89$, $SD = 0.69$) and humor ($M = 1.96$, $SD = 0.57$) ratings. A statistical t test for independent samples revealed significant differences between the ironic and literal sentences on both contrast, $t(46) = 14.80$, $p < 0.001$, and humor, $t(46) = 8.65$,

$p < 0.001$, with the ironic sentences being judged as more contrasted and more humorous than the literal ones.

The two-sentence stories were recorded in audio files. Each story was accompanied by a *yes/no* visually presented question concerning its ironic or literal nature. A training session featured two other ironic stories and their literal counterparts.

Table 1. Examples of the Two-Sentence Stories

	Example 1	Example 2
Ironic	<i>C'est la meilleure des promotions que j'ai eues dans cette entreprise. Demain, je la quitte définitivement.</i> (This is the best promotion I've ever had in this company. Tomorrow, I'm leaving for good.)	<i>Ce nouveau spectacle n'est pas mauvais. C'est tout simplement un navet.</i> (This new show isn't bad. It's complete rubbish.)
Control	<i>C'est la pire des situations que j'ai eues dans cette entreprise. Demain, je la quitte définitivement.</i> (It's the worst post I've ever held in this company. Tomorrow, I'm leaving for good.)	<i>Ce nouveau spectacle est de mauvais goût. C'est tout simplement un navet.</i> (This new show's in bad taste. It's complete rubbish.)

Procedure

Participants were invited to listen to the 48 two-sentence stories, which were presented in a semirandom order (fixed order for each participant). A black screen with a fixation point was presented first, via a mirror. It was displayed for between 0 and 3000 ms to introduce jittering. The presentation of this black screen was used to establish a baseline activation level for the first-level functional computations (see below). While participants listened to each sentence pair, a similar and indistinguishable black screen with a fixation point remained in full view. After they had heard the item, another black screen appeared, this time featuring a question mark and the words *ironic* (bottom lefthand corner) and *literal* (bottom righthand corner). Participants were invited to judge the nature of the item and indicate their choice by pressing the corresponding button.

Imaging procedures

The fMRI data were collected using a Philips 3.0T whole body MRI scanner (Achieva, Philips Medical Systems; Best, Nederland). The study was performed with a 2D T2*-weighted EPI sequence, in ascending slice order (TR = 2000 ms, TE = 33 ms, 90° flip angle, FOV = 240 mm). Thirty-two slices were acquired, and each slice was 4.5 mm thick, with a gap of 0 mm. The acquisition matrix was 64 x 64 voxels. The functional acquisition sequence was composed of 245 volumes, corresponding to the continuous acquisition of the 32 axial slices, and lasted 8 minutes and 10 seconds. For each participant, we also acquired a high-resolution 3D T1-weighted anatomical image (TR = 8.2 ms, TE = 3.7 ms, 8° flip angle, FOV = 240 mm), allowing us to register the functional data. One hundred and sixty slices were acquired, and each slice was 1 mm thick, with no gap. Structural and functional images were taken in the axial plane parallel to the anterior-posterior commissure (AC-PC) line.

Functional data were preprocessed with Statistical Parametric Mapping (SPM) software Version 8 (Wellcome Department of Cognitive Neurology, Institute of Neurology, London, UK), implemented in MATLAB®. Functional images were realigned to the mean functional image of the series, then normalized with reference to a standard brain template (EPI template of the Montreal Neurological Institute, MNI). Data were spatially smoothed using an 8-mm full width at half maximum (FWHM) Gaussian filter. High-pass and low-pass filters were also used, in order to filter the data for artifacts of a physiological origin (breathing, heartbeat).

Whole-brain analysis

We began by modeling the onset of the correctly classified ironic and literal target sentences as two regressors. The context sentences, fixation crosses and participants' response events were also modeled across these two conditions, leading to three additional regressors. In the first analysis, we compared the ironic condition with the literal one.

In order to test the effect of the contrast and humor features of irony on brain activity considering the non-linear effect of contrast onto humor appreciation (2), two parametric models were performed. As a reminder, our rationale was that if contrast affects humor appreciation in a non-linear manner, brain regions that are affected by contrast degree through a quadratic effect would also respond to the humor feature. A first parametric model was set using all correctly classified sentences as a unique regressor and contrast values as parametric modulator with a negative polynomial quadratic function (33). Context sentences, fixation crosses and participants' response events were entered as covariates of no interest. A second design contained the

same regressors but with the humor degrees as parametric modulator with a linear polynomial function was run. For both designs, contrast images representing the effects of contrast and humor values were computed for each participant. In order to reveal brain regions responding to both contrast and humor features, a conjunction analysis using conjunction null hypothesis was performed by using these individual contrast images (34). For both the ironic versus literal comparison, the parametric models and the conjunction analysis, activation maps were thresholded at $p = 0.001$ uncorrected, with a cluster extent of 20 voxels and labelled using the AAL toolbox for SPM8 (35).

Results

Behavioral results

We used Grubbs' method to assess outliers for both accuracy and response times. Two participants were excluded because they provided fewer correct responses than the group as a whole. We ran two one-way repeated-measures analyses of variance (ANOVAs) on the mean number of correct responses as a function of condition (ironic vs. literal): one per participant (F_1), the other per item (F_2). The mean number of correct responses in the ironic condition did not differ significantly from that in the literal condition, $F_1(1, 20) = 1.74$, $p = 0.20$, and $F_2(1, 23) = 0.40$, $p = 0.53$. Similar results were observed for mean correct response times, $F_1(1, 20) = 1.25$, $p = 0.28$, and $F_2(1, 23) = 0.25$, $p = 0.53$.

Brain activation results

Ironic versus literal conditions

The ironic minus literal comparison revealed a fronto-temporal pattern of activations: posterior part of the left superior temporal gyrus (STG), bilateral inferior frontal gyrus (IFG), left caudate and left lingual gyrus extending to the fusiform area (Table 2 and Fig. 1).

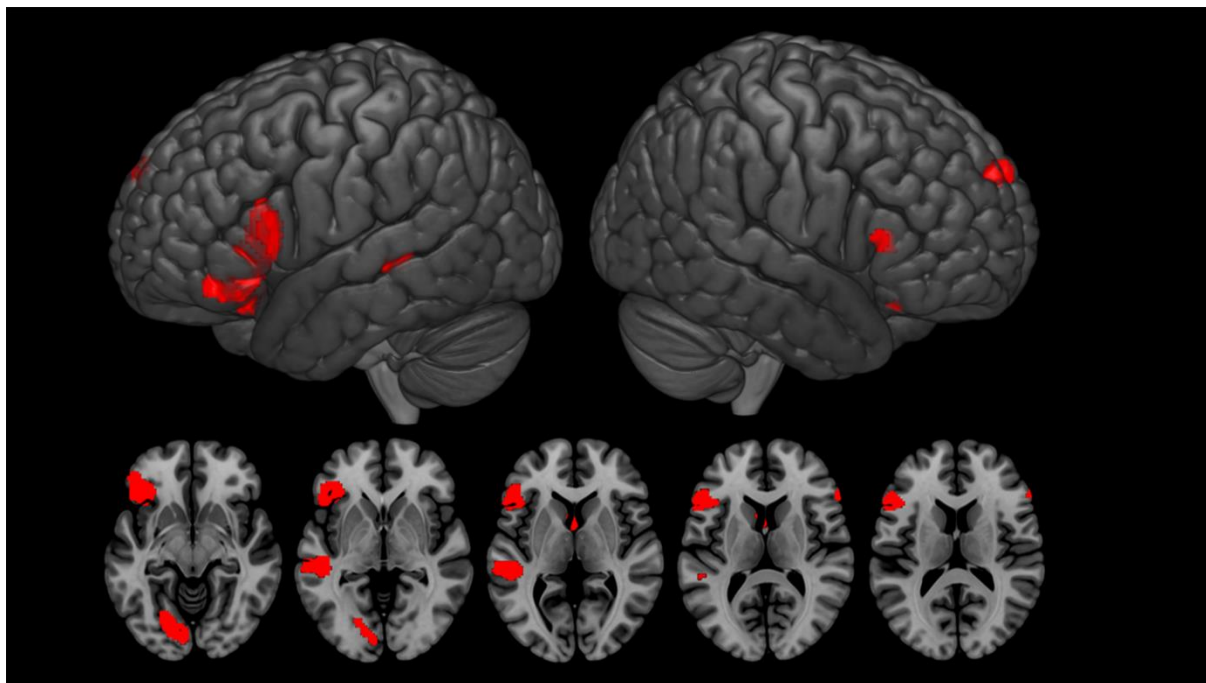


Fig 1. Activation for the Irony > Literal comparison. $p < 0.001$ uncorrected, $k = 20$ voxels. Differences are observed in bilateral inferior frontal gyrus, left superior temporal gyrus, lingual gyrus caudate and bilateral medial superior frontal gyrus.

Table 2. Whole-Brain Activation for the Irony > Literal comparison.

Location			Significance			MNI coordinates			
Areas	Hemisphere	BA	No. voxels		$p_{\text{FWE-corr}}$	t values	x	y	z
STG	L	21	325	0.016	6.73	-49	-29	1	
IFG	L	45	1079	0.001	6.47	-51	23	11	
Lingual G	L	18	565	0.001	6.05	-11	-83	-9	
Medial SFG	R	10	31	0.875	4.58	9	59	29	
IFG	R	45	35	0.845	4.58	59	29	11	
Caudate	L	-	61	0.632	4.50	-1	7	7	
Medial SFG	L	10	49	0.731	4.31	-5	61	31	
IFG	R	38	20	0.944	4.17	45	29	-21	

Note. STG = superior temporal gyrus; IFG = inferior frontal gyrus; SFG = superior frontal gyrus; L = left; MNI = Montreal Neurological Institute; $p_{\text{FWE-corr}}$: $p = 0.05$ cluster-corrected threshold for familywise error. $p < 0.001$ uncorrected; $k = 20$

Effects of contrast and humor

The analyses of the two modulators (contrast and humor) revealed different patterns of activation. A negative quadratic effect of the degree of contrast was observed in bilateral IFG extending to middle frontal gyrus (MFG) in the left hemisphere. Left activations were also observed in the superior parietal gyrus and posterior part of the MTG encompassing the superior temporal gyrus (STG). Activations in the right medial frontal gyrus (MedSFG) reaching the supplementary motor area and bilateral subcortical regions containing the caudate and the putamen were also significant. Similar regions were obtained for the linear effect of humor: left STG, bilateral IFG and anterior part of the MedSFG and left caudate. Additionally, activations in the left lingual gyrus was obtained (Table 3 and Fig. 2). The conjunction analysis revealed that bilateral IFG and left caudate were both significantly activated by contrast and humor (Table 3).

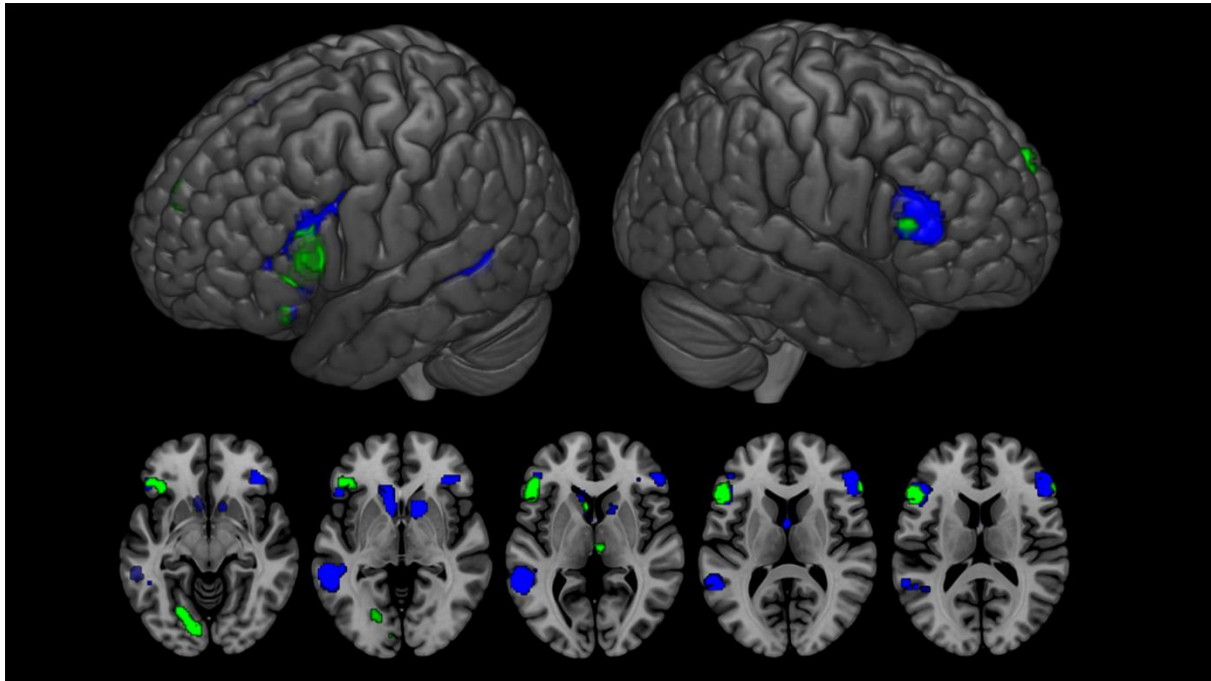


Fig 2. Activation for the Contrast (blue) and Humor (green) effects. $p < 0.001$ uncorrected, $k = 20$ voxels. Common activations are localized in bilateral inferior frontal gyrus and left caudate.

Table 3. Whole-Brain Activation for Contrast and Humor.

Location		Significance				MNI coordinates		
Areas	Hemisphere	BA	No. voxels	$p_{FWE-corr}$	t values	x	y	z
<i>Contrast</i>								
IFG	R	45	525	0.001	7.58	57	37	15
MTG	L	21	563	0.001	7.46	-59	-45	1
Medial SFG	R	8	720	0.001	7.27	3	25	49
IFG	L	48	844	0.001	6.23	-47	17	25
Caudate	L	25	232	0.020	5.92	-9	23	-1
Putamen	R	-	124	0.157	5.79	15	9	-3
MTG	L	39	36	0.822	4.85	-41	-53	19

Contributions expérimentales		Ironie				IRMf			
IFG	R	47	106	0.226	4.72	41	35	-7	
MFG	L	6	24	0.929	4.24	-17	5	53	
MTG	L	20	23	0.936	4.23	-47	-43	-11	
Superior Parietal Gyrus	L	7	26	0.914	4.04	-25	-75	41	
IFG	L	45	21	0.949	4.01	-45	39	7	
<hr/>									
<i>Humor</i>									
IFG	L	48	587	0.014	7.31	-49	21	17	
IFG	R	45	31	0.875	5.46	61	31	11	
Lingual Gyrus	L	17	238	0.047	5.16	-11	-83	-9	
Medial SFG	L	10	60	0.636	4.52	-5	61	31	
Thalamus	R	-	21	0.939	4.17	5	-19	5	
Caudate	L	25	22	0.934	3.91	-7	15	5	
<hr/>									
<i>Conjunction between Contrast and Humor</i>									
IFG	L	48	346	0.012	4.90	-49	21	19	
IFG	R	45	28	0.456	4.43	61	31	11	
Caudate	L	25	34	0.971	3.67	-9	17	-1	

Note. MTG = middle temporal gyrus; IFG = inferior frontal gyrus; SFG = superior frontal gyrus; L = left; MNI = Montreal Neurological Institute; $p_{\text{FWE-corr}}$: $p = 0.05$ cluster-corrected threshold for familywise error. $p < 0.001$ uncorrected; $k = 20$.

Discussion

The present study used fMRI to assess the neural bases of the comprehension of auditory verbal irony, and specifically the brain areas involved in the irony processing as a function of contrast and humor features. Results showed that irony processing, in comparison with literal, was associated with specific patterns of activation, posterior part of the left STG and caudate

along with bilateral IFG and medial SFG. More interestingly, we observed that contrast degrees, integrated with a quadratic function, also triggered activations in these regions along with the left MFG and the putamen. Humor linear effect was also observed in the bilateral IFG, medial SFG, right thalamus, left caudate and left lingual gyrus. Lastly, the conjunction analysis between contrast and humor showed significant common activations in the bilateral IFG and the left caudate.

Activations during irony processing

As previously mentioned, our irony versus literal comparison highlighted activations in the posterior part of the left STG and caudate along with bilateral IFG and medial SFG specific to the processing of ironic sentences. This pattern of activations could be seen through both theory of mind (ToM) and semantic processes.

Irony is often regarded as a figure of thought that requires mentalizing processes. Many studies have been designed to investigate this specific question, and these have consistently found activation of the brain areas involved in ToM such as the STG, the superior temporal sulcus and the medial SFG (11,12,16). These areas are parts of a well-known ToM network (36,37), which is strongly solicited during irony processing, as requiring higher-order inferences about others beliefs and intentions (38). The activation of the IFG, and more particularly of the left IFG which appears more robust, is consistent with studies revealing that this region plays a semantic role in figurative language processing, particularly the left IFG. For instance, Rapp et al. (19) observed left IFG activation for all the figurative expressions they studied (metaphors, idioms, metonymy and irony). According to these authors, this region is involved in contextual integration, meaning selection and evaluation, and integration of world knowledge into sentences. In their meta-analysis, Vigneau et al. (39) also reported robust activation of the left IFG, for both semantic and sentence processing. Taken together, the left STG and left IFG activations appear to confirm the hypothesis that semantic integration processes are engaged in irony comprehension. One potential issue regarding this interpretation concerns the modality of stimulus presentation in our study, as we cannot exclude the possibility that areas associated with auditory processing overlapped with semantic processing. Indeed, Frühholz and Grandjean (40) suggested that the STG along with bilateral IFG are involved in affective prosody processing. Consistently, Matsui et al. (41) showed bilateral IFG activation when processing ironic prosody. Following these authors, the right IFG would be sensitive to the detection of statement-

prosodic incongruity while the left IFG would be more engaged during information selection and integration as required in case of disparity between the context and the sentence meaning.

Furthermore, it could be suggested that both ToM and semantic language processes interacted during irony processing and are not mutually exclusive. Indeed, when Kuperberg et al. (42) compared sentences containing a pragmatic, semantic or syntactic violation with normal ones, they found that the left STG was activated more for pragmatically violated sentences than for semantically or syntactically violated ones. The authors interpreted this as reflecting reevaluation of the sentence when the pragmatic meaning could not easily be grasped. Moreover, based upon evidences of the activation of the superior temporal sulcus in both language and mentalizing tasks, Redcay (43) suggested that the superior temporal area endorse the analysis of visual and verbal inputs and the extraction of their social meanings. In the same line, Spotorno et al. (13) showed that parts of the medial frontal cortex and left IFG strongly interact during irony processing, suggesting information exchanges between ToM and linguistic networks. Taken together, these findings suggest that auditory irony processing engages areas devoted to the integration of linguistic auditory inputs, which require linguistic and mentalizing processes in order to catch their socially consistent meaning.

In studies of language processing, the caudate has been identified as a key region in meaning selection and ambiguity resolution (44,45). This process is probably needed more to *get the joke* with verbal irony, as this figure of speech can convey the opposite of what is being said. However, very few studies of irony have reported subcortical activation, and this kind of activation has therefore seldom been discussed (14,46,47).

Neural correlates of contrast and humor

The results modulated by the contrast revealed activation of left areas in the IFG, MFG, MTG extending to the STG and parietal gyrus. Activations in the right medial SFG and bilateral caudate and putamen were also observed. Humor linear effect was observed in the bilateral IFG, medial SFG, right thalamus, left caudate and left lingual gyrus. Finally, bilateral IFG and left caudate appeared both sensitive to the contrast and humor features.

The left IFG had previously been highlighted in studies of humor processing. According to Gardner et al. (48), humorous events are processed in two stages: humor detection and humor appreciation. The purpose of the first stage (cognitive component) is to understand the disparity between the unexpected ending and the situation. The second stage corresponds to the affective component, and is responsible for the emotional enjoying of the humorous event (see also 49

for a complementary perspective). In line with this theory, Moran et al. (50) found that the left IFG reacted to the first component (i.e., humor detection) when participants were asked to watch episodes of sitcoms. Chan et al. (27), who tried to segregate these two components of humor processing using verbal stories, also observed activation of the bilateral IFG when participants were engaged in a humor comprehension process. In the same line, Bartolo et al. (26) found that the left and right IFG were more activated during processing of funny cartoons than nonfunny ones and that the right IFG was also positively correlated to the feeling of amusing. Thus, the authors suggested that while the left IFG would be involved in incongruity detection, its right homologue would be engaged in incongruity resolution that is required to reach a feeling of amusement. Thus, the bilateral IFG could be a key region for incongruity detection and resolution when processing humorous events.

The involvement of subcortical structures during irony processing remains unclear. Activation of caudate nucleus and putamen could be related to the decision-making process involved by the task and reflect the activation of the “executive” frontal-subcortical loops (51). However, when focusing on the potential effect of humor in different kinds of stimuli, humor can be seen to involve the activation not just of cortical areas, but also of subcortical ones, which are known to be associated with the reward system (27,50). This system constitutes a network encompassing both cortical areas (e.g., medial temporal, prefrontal and orbitofrontal cortices) and subcortical ones, including midbrain structures (ventral tegmental area, substantia nigra) and the ventral striatum (nucleus accumbens, caudate, putamen) (52). Data from literature evidenced that this system is activated when processing humorous stimuli such as cartoons (26,53), comedy clips (54), and verbal jokes (29) and could be thus extended to ironic sentence listening.

One possible caveat of the present study may lie in the methodology we used, as the humor ratings were not provided by the participants themselves, but were taken from an earlier stimulus validation. Unlike contrast, which more strongly refers to a feature of the stimuli, humor appreciation is a very individual experience. The pattern of activation we observed may not, therefore, directly relate to individual differences in irony. As a consequence, we acknowledge that further studies will be needed to confirm our results.

Furthermore, it may be important to distinguish humor from other ways of triggering emotional states. The ironic material used in studies frequently singles out a specific victim for differing degrees of mockery (14,15,25). However, irony and sarcasm have been shown to induce different emotional states and different emotional attributions, with sarcasm producing

more negative feelings in addressees (55). Future studies could therefore be conducted to investigate the specific neural correlates associated with these different rhetorical devices.

Taken together, results of the present study highlight the brain network involved in the processing of auditory ironic sentences. They also reveal that some brain regions are sensitive to the processing of disparity between the context and the critical sentence and that these regions also related on humor intensity of the sentences. Our results echo the literature findings on humor, and underline the importance of both cortical and subcortical structures. Moreover, some components of the reward system have been found to be involved in the processing of humorous events, supporting the notion that social and emotional processes are engaged. However, further studies are needed to investigate whether this system is linked to the successful decoding of irony or to the processing of the stories' degree of humor. Furthermore, our results suggest that the IIFG is a key region that supports both contrast and humor features through an incongruity detection-resolution process.

Acknowledgments

The authors would like to express their gratitude to Mathieu Vigneau and Donald McLaren.

References

1. Attardo S. Humor and irony in interaction: From mode adoption to failure of detection. In: Anolli L, Ciceri R, Riva G, editors. *Say not to say*. Amsterdam, Netherlands: IOS Press; 2002. p. 165–85.
2. Calmus A, Caillies S. Verbal irony processing: how do contrast and humour correlate? *Int J Psychol*. 2014 Feb 20;49(1):46–50.
3. Vrticka P, Black JM, Reiss AL. The neural basis of humour processing. *Nat Rev Neurosci*. 2013 Dec;14(12):860–8.
4. Roberts RM, Kreuz RJ. Why Do People Use Figurative Language? *Psychol Sci*. 1994;5:159–63.
5. Dews S, Kaplan J, Winner E. Why not say it directly? The social functions of irony. *Discourse Process*. 1995 May;19(3):347–67.
6. Colston HL, O'Brien J. Contrast and pragmatics in figurative language: Anything understatement can do, irony can do better. *J Pragmat*. Netherlands: Elsevier Science; 2000 Oct;32(11):1557–83.
7. Colston HL, O'Brien J. Contrast of Kind Versus Contrast of Magnitude: The Pragmatic Accomplishments of Irony and Hyperbole. *Discourse Process*. US: Lawrence Erlbaum; 2000;30(2):179–99.
8. Ivanko SL, Pexman PM. Context Incongruity and Irony Processing. *Discourse Process*. Lawrence Erlbaum; 2003 May;35(3):241–79.
9. Gerrig RJ, Goldvarg Y. Additive Effects in the Perception of Sarcasm: Situational Disparity and Echoic Mention. *Metaphor Symb*. 2000;15:197–208.
10. Gibbs RW. *The poetics of mind: Figurative thought, language, and understanding*. New York, NY, US: Cambridge University Press; 1994.
11. Rapp A, Mutschler DE, Wild B, Erb M, Lengsfeld I, Saur R, et al. Neural correlates of irony comprehension: The role of schizotypal personality traits. *Brain Lang*. Elsevier Inc.; 2010 Apr;113(1):1–12.
12. Shibata M, Toyomura A, Itoh H, Abe JI. Neural substrates of irony comprehension: A functional MRI study. *Brain Res*. Elsevier B.V.; 2010 Jan 13;1308:114–23.
13. Spotorno N, Koun E, Prado J, Van Der Henst JB, Noveck I a. Neural evidence that utterance-processing entails mentalizing: The case of irony. *Neuroimage*. Elsevier Inc.;

- 2012 Oct 15;63(1):25–39.
14. Varga E, Simon M, Tényi T, Schnell Z, Hajnal A, Orsi G, et al. Irony comprehension and context processing in schizophrenia during remission - A functional MRI study. *Brain Lang.* Elsevier Inc.; 2013 Sep;126(3):231–42.
 15. Eviatar Z, Just MA. Brain correlates of discourse processing: An fMRI investigation of irony and conventional metaphor comprehension. *Neuropsychologia.* 2006 Jan;44(12):2348–59.
 16. Uchiyama H, Seki A, Kageyama H, Saito DN, Koeda T, Ohno K, et al. Neural substrates of sarcasm: A functional magnetic-resonance imaging study. *Brain Res.* 2006 Dec 8;1124(1):100–10.
 17. Kim S Il, Yoon M, Kim W, Lee S, Kang E. Neural Correlates of Bridging Inferences and Coherence Processing. *J Psycholinguist Res.* 2012 Aug;41(4):311–21.
 18. Ye Z, Doñamayor N, Münte TF. Brain network of semantic integration in sentence reading: Insights from independent component analysis and graph theoretical analysis. *Hum Brain Mapp.* 2014 Feb;35(2):367–76.
 19. Rapp AM, Mutschler DE, Erb M. Where in the brain is nonliteral language? A coordinate-based meta-analysis of functional magnetic resonance imaging studies. *NeuroImage.* 2012.
 20. Rodd JM, Johnsrude IS, Davis MH. The role of domain-general frontal systems in language comprehension: Evidence from dual-task interference and semantic ambiguity. *Brain Lang.* Elsevier Inc.; 2010 Dec;115(3):182–8.
 21. Zhu Z, Zhang JX, Wang S, Xiao Z, Huang J, Chen HC. Involvement of left inferior frontal gyrus in sentence-level semantic integration. *Neuroimage.* Elsevier Inc.; 2009 Aug 15;47(2):756–63.
 22. Samson AC, Zysset S, Huber O. Cognitive humor processing: different logical mechanisms in nonverbal cartoons--an fMRI study. *Soc Neurosci.* Taylor & Francis; 2008 Jan;3(2):125–40.
 23. Samson AC, Hempelmann CF, Huber O, Zysset S. Neural substrates of incongruity-resolution and nonsense humor. *Neuropsychologia.* 2009;47(4):1023–33.
 24. Lerner Y, Honey CJ, Silbert LJ, Hasson U. Topographic mapping of a hierarchy of temporal receptive windows using a narrated story. *J Neurosci.* 2011;31(8):2906–15.

25. Akimoto Y, Sugiura M, Yomogida Y, Miyauchi CM, Miyazawa S, Kawashima R. Irony comprehension: Social conceptual knowledge and emotional response. *Hum Brain Mapp.* 2014;35:1167–78.
26. Bartolo A, Benuzzi F, Nocetti L, Baraldi P, Nichelli P. Humor comprehension and appreciation: an fMRI study. *J Cogn Neurosci.* 2006 Dec;18(11):1789–98.
27. Chan YC, Chou TL, Chen HC, Liang KC. Segregating the comprehension and elaboration processing of verbal jokes: An fMRI study. *Neuroimage.* Elsevier Inc.; 2012 Jul 16;61(4):899–906.
28. Mobbs D, Greicius MD, Abdel-Azim E, Menon V, Reiss AL. Humor Modulates the Mesolimbic Reward Centers. *Neuron.* 2003;40(1):1041–8.
29. Bekinschtein T a, Davis MH, Rodd JM, Owen AM. Why clowns taste funny: the relationship between humor and semantic ambiguity. *J Neurosci.* 2011;31(26):9665–71.
30. Attardo S, Eisterhold J, Hay J, Poggi I. Multimodal markers of irony and sarcasm. *Humor - Int J Humor Res.* Walter de Gruyter GmbH & Co. KG Berlin, Germany; 2003 Jan 13;16(2):243–60.
31. Bryant G a., Fox Tree JE. Recognizing Verbal Irony in Spontaneous Speech. *Metaphor Symb.* 2002 Apr;17(2):99–119.
32. Oldfield RC. The assessment and analysis of handedness: the Edinburgh inventory. *Neuropsychologia.* 1971 Mar;9(1):97–113.
33. Büchel C, Holmes a P, Rees G, Friston KJ. Characterizing stimulus-response functions using nonlinear regressors in parametric fMRI experiments. *Neuroimage.* 1998 Aug;8(2):140–8.
34. Friston KJ, Penny WD, Glaser DE. Conjunction revisited. *Neuroimage.* 2005 Apr 15;25(3):661–7.
35. Tzourio-Mazoyer N, Landeau B, Papathanassiou D, Crivello F, Etard O, Delcroix N, et al. Automated anatomical labeling of activations in SPM using a macroscopic anatomical parcellation of the MNI MRI single-subject brain. *Neuroimage.* 2002 Jan;15(1):273–89.
36. Frith U, Frith CD. Development and neurophysiology of mentalizing. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci.* 2003;358(1431):459–73.
37. Saxe R, Powell LJ. It's the thought that counts: Specific brain regions for one component of theory of mind. *Psychol Sci.* 2006;17(8):692–9.

38. Wang AT, Lee SS, Sigman M, Dapretto M. Neural basis of irony comprehension in children with autism: The role of prosody and context. *Brain*. 2006;129(4):932–43.
39. Vigneau M, Beaucousin V, Hervé PY, Duffau H, Crivello F, Houdé O, et al. Meta-analyzing left hemisphere language areas: Phonology, semantics, and sentence processing. *Neuroimage*. 2006 May 1;30(4):1414–32.
40. Frühholz S, Grandjean D. Processing of emotional vocalizations in bilateral inferior frontal cortex. *Neurosci Biobehav Rev* [Internet]. Elsevier Ltd; 2013;37(10):2847–55. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.neubiorev.2013.10.007>
41. Matsui T, Nakamura T, Utsumi A, Sasaki AT, Koike T, Yoshida Y, et al. The role of prosody and context in sarcasm comprehension: behavioral and fMRI evidence. *Neuropsychologia*. Elsevier; 2016;
42. Kuperberg GR, McGuire PK, Bullmore ET, Brammer MJ, Rabe-Hesketh S, Wright IC, et al. Common and Distinct Neural Substrates for Pragmatic , Semantic , and Syntactic Processing of Spoken Sentences: An fMRI Study. *J Cogn Neurosci*. 2000 Mar;12(2):321–41.
43. Redcay E. The superior temporal sulcus performs a common function for social and speech perception: Implications for the emergence of autism. *Neurosci Biobehav Rev*. 2008;32(1):123–42.
44. Price CJ. The anatomy of language: A review of 100 fMRI studies published in 2009. *Ann N Y Acad Sci*. 2010 Mar;1191:62–88.
45. Ketteler D, Kastrau F, Vohn R, Huber W. The subcortical role of language processing. High level linguistic features such as ambiguity-resolution and the human brain; an fMRI study. *Neuroimage*. 2008 Feb 15;39(4):2002–9.
46. Uchiyama H, Saito DN, Tanabe HC, Harada T, Seki A, Ohno K, et al. Distinction between the literal and intended meanings of sentences: A functional magnetic resonance imaging study of metaphor and sarcasm. *Cortex*. Elsevier Srl; 2012 May;48(5):563–83.
47. Wang a. T, Lee SS, Sigman M, Dapretto M. Developmental changes in the neural basis of interpreting communicative intent. *Soc Cogn Affect Neurosci*. 2006 Sep;1(2):107–21.
48. Gardner H, Ling PK, Flamm L, Silverman J. Comprehension and appreciation of humorous material following brain damage. *Brain*. 1975;98(3):399–412.
49. Wyer RS, Collins JE. A theory of humor elicitation. *Psychol Rev*. 1992;99(4):663–88.

50. Moran JM, Wig GS, Adams RB, Janata P, Kelley WM. Neural correlates of humor detection and appreciation. *Neuroimage. Society for Neuroscience*; 2004;21(5):1055–60.
51. Bonelli RM, Cummings JL. Frontal-subcortical circuitry and behavior. *Dialogues Clin Neurosci*. 2007;9(2):141–51.
52. Schultz W. Multiple reward signals in the brain. *Nat Rev Neurosci*. 2000;1:199–207.
53. Watson KK, Matthews BJ, Allman JM. Brain activation during sight gags and language-dependent humor. *Cereb Cortex. Oxford University Press*; 2007;17(2):314–24.
54. Franklin RG, Adams RB. The reward of a good joke: neural correlates of viewing dynamic displays of stand-up comedy. *Cogn Affect Behav Neurosci*. 2011 Dec;11(4):508–15.
55. Leggitt JS, Gibbs RW. Emotional Reactions to Verbal Irony. *Discourse Process. US: Lawrence Erlbaum*; 2000 Jan;29(1):1–24.

Discussion générale

L'objectif de cette thèse était d'étudier les processus inférentiels de création de signification, et ce par l'étude de deux types d'expressions issues du langage figuré : la métaphore verbale nouvelle et l'ironie verbale. Le choix de ces expressions repose sur le postulat que, bien qu'appartenant toutes deux au langage non-littéral, leur compréhension mobilise des processus cognitifs différents. En effet, la littérature confirme que la métaphore sollicite essentiellement des processus de traitement sémantique et requiert pour l'essentiel des inférences de nature sémantique, *i.e.* des informations décontextualisées. L'ironie repose quant à elle sur des processus cognitifs intégrant des informations contextuelles de différentes sources (*e.g.* prosodie, expressions faciales, attitudes, informations sociales). Sa compréhension dépend par conséquent essentiellement de processus pragmatiques. Nous avons cherché à caractériser ces processus par leur nature et leur temporalité *via* l'utilisation de l'outil d'EEG (**études 1 et 3**) ainsi que leurs bases cérébrales par l'emploi de l'IRMf (**études 2 et 4**).

Nous proposons de discuter nos résultats autour des questions centrales qui ont structurées ce manuscrit. Nous présenterons une synthèse de nos résultats et de leurs interprétations, eu égard à la nature des processus mis en œuvre lors de la compréhension des métaphores verbales et de l'ironie verbale, à leur temporalité et aux bases cérébrales les sous-tendant.

Les processus inférentiels sémantiques : la métaphore verbale nouvelle

Temporalité et nature des processus

Nous avons constaté au travers de notre introduction théorique que la compréhension de la métaphore nouvelle se distinguait de celle du langage littéral. Selon les théories et modèles, cette différenciation s'exprime en termes de nature des processus (Grice, 1975) ou de coût cognitif de traitements (Jung-Beeman, 2005 ; Le Ny & Franquart-Declercq, 2001, 2002). D'une manière générale, il apparaît que le traitement de la métaphore nouvelle entraîne un surcoût cognitif qui se traduit par une augmentation des temps de traitement (Brisard, Frisson, & Sandra, 2001), des amplitudes plus importantes des composantes PE (Arzouan, Goldstein, &

Faust, 2007 ; Goldstein, Arzouan, & Faust, 2012) et des activations plus importantes de certaines régions cérébrales (Bohrn, Altmann, & Jacobs, 2012). Toutefois, la majeure partie des études portant sur la métaphore nouvelle se basent sur la métaphore nominale et peu se sont intéressées à la métaphore verbale. Cette asymétrie constitue un problème dans la mesure où ces deux formes métaphoriques se fondent sur les entités grammaticales différentes et pourraient relever de processus différents (Utsumi & Sakamoto, 2011). La question se pose ainsi de la généralisation des données obtenues sur la métaphore nominale à la métaphore verbale.

Notre première étude visait à caractériser la nature et la temporalité des processus de compréhension d'expressions métaphoriques verbales nouvelles (« *accueillir le chagrin* »), via l'examen des potentiels évoqués. Ces énoncés étaient comparés à des expressions littérales (« *accueillir le bébé* ») et sans signification (« *accorder une valise* »). Afin de tester l'hypothèse d'un traitement unitaire ou composé de plusieurs étapes et d'une différence de traitement entre les types d'énoncés, deux fenêtres temporelles ont été ciblées : l'une correspondant à la N400 et la seconde à des composantes tardives positives. La comparaison de ces types d'expressions a mis en évidence un gradient de l'amplitude de la N400, couramment observé dans la littérature sur la métaphore nominale (Arzouan *et al.*, 2007 ; Gold, Faust, & Goldstein, 2010 ; Goldstein *et al.*, 2012). De fait, les énoncés littéraux entraînent la plus petite amplitude de la N400, suivis des métaphores nouvelles puis des énoncés sans signification. L'analyse de la fenêtre post-N400 a également mis en évidence un gradient de positivité : les énoncés sans signification montrant la plus faible amplitude, suivis des énoncés littéraux puis des énoncés métaphoriques. Toutefois, contrairement à ce qui a pu être observé dans la littérature (*e.g.* Coulson & Van Petten, 2002), la topographie de cette composante était essentiellement frontale, notamment pour les énoncés métaphoriques et littéraux.

Le gradient d'amplitude de la N400 que nous avons observé est en accord avec les études portant sur la compréhension des métaphores nouvelles, qu'elles soient nominales ou verbales. En effet, si nous considérons la N400 comme un indice de recherche d'informations en mémoire sémantique (Brouwer, Fitz, & Hoeks, 2012 ; Kutas & Federmeier, 2011), cette recherche serait effective pour les deux formes de métaphores. Dans le cas des métaphores nominales (« *ce doctorant est une asymptote* »), il s'agirait par exemple de rechercher les caractéristiques du véhicule (« *asymptote* ») pouvant s'appliquer au thème (« *doctorant* ») pour former une signification pertinente (*e.g.* « *Ce doctorant est en perpétuelle amélioration mais*

ne finalise pas ses projets »). Dans le cas des métaphores verbales, les modèles tendent également vers la mise en œuvre de processus associatifs.

En effet, selon le modèle de partage de traits (Le Ny & Franquart-Declercq, 2001, 2002), la compréhension des expressions métaphoriques verbales procéderait de la combinaison de traits sémantiques entre le verbe et le patient. Par exemple, pour comprendre le sens de l'expression « *affuter sa voix* », le participant doit être capable de trouver en mémoire des traits sémantiques du verbe pouvant s'accorder à ceux du patient, tels que « *améliorer* », processus de recherche qui serait reflété par la modulation de la N400. Les traits extraits sont ensuite combinés pour créer une signification nouvelle pertinente de l'expression. Les composantes post-N400 seraient un indice de cette seconde étape. Nos résultats sont également en accord avec le modèle de *catégorisation indirecte* d'Ustumi et Sakamoto (2011). Selon ces auteurs, la compréhension de métaphores verbales nécessite l'activation d'une entité intermédiaire qui pourrait être une abstraction sémantique (« *accepter* » pour *accueillir*) ou l'exemplification de la signification littérale de ce verbe. Bien que les prédictions de ce modèle n'aient pas été testées expérimentalement, il suppose un effort de traitement plus important pour les métaphores verbales nouvelles, ce que nous avons observé par l'amplitude des composantes mesurées.

À première vue, nous pourrions conclure que les processus de traitement sémantique des métaphores verbales nouvelles se déroulent de manière séquentielle, reflétant un traitement en étapes tel que le suppose le *modèle pragmatique standard* (Grice, 1975 ; Searle, 1979). Toutefois, il est important de noter que ce modèle stipule un traitement de la signification littérale complète puis un rejet de cette signification et la construction d'une signification littérale adaptée au contexte. Il suppose donc des processus différents de traitement entre la signification littérale et la signification figurée. Or, nous avons observé les mêmes composantes pour le traitement des trois types d'expressions, seule l'amplitude variant. Ceci suggère des processus similaires mais de coûts cognitifs différents, selon les expressions. De plus, si des différences d'amplitudes ont été observées, la topographie des composantes restent sensiblement les mêmes pour chacune des expressions, ne permettant pas de mettre en évidence des processus différents.

Nos résultats sont dans une certaine mesure en accord avec l'*hypothèse de la saillance* (Giora, 2003). Selon cette hypothèse, la saillance d'une expression ou d'un mot détermine le coût cognitif de traitement de cette expression ou mot. En effet, une signification saillante est activée automatiquement et la signification contextuelle est traitée en parallèle mais ces deux processus n'interagissent pas dans les premiers temps de traitement. Les amplitudes de la N400

et de la composante post-N400 plus importantes pour les métaphores nouvelles que pour les énoncés littéraux sont en accord avec cette hypothèse. Toutefois, l'interprétation au regard du modèle de Giora (1997, 2003) reste limitée, notre protocole ne permettant pas de contrôler l'activation automatique de la signification saillante du verbe. Enfin, le modèle de Gibbs (1994, 2002) ne peut pas non plus être complètement écarté. En effet, le *modèle d'accès direct* stipule un accès direct à la signification figurée d'une métaphore, lorsqu'elle est présentée en contexte informatif. En l'absence de contexte, les expressions non-littérales nouvelles devraient être plus difficiles à traiter que les littérales, ce qui est congruent avec le gradient d'amplitudes observé dans notre étude.

Résumé

Dans l'ensemble, les processus inférentiels mobilisés dans le traitement de la métaphore verbale nouvelle semblent similaires, dans une certaine mesure, à ceux observés dans le traitement de la métaphore nominale nouvelle et seraient pour l'essentiel de nature sémantique. Ces processus seraient mis en œuvre dans deux étapes : l'une de recherche d'information sémantique et la seconde d'intégration de cette information pour en dériver une signification pertinente. Les processus correspondant à la première étape sont reflétés par la modulation de la N400 dont le gradient observé correspond à celui de la littérature sur la métaphore nominale nouvelle. Précisément, la plus faible amplitude pour les expressions littérales traduit un processus de traitement sémantique peu profond, le patient rencontré étant parmi les patients les plus probables du verbe. La plus grande amplitude observée pour les expressions sans signification traduit le phénomène inverse. Quant à la métaphore, elle se situe à un niveau intermédiaire. Les processus d'intégration (traduit par les composantes post-N400) sont moins consensuels mais reflètent la continuité du processus traduit par la N400. En effet, lors du traitement des expressions sans signification, les processus d'intégration n'ont probablement pas été menés à terme, expliquant la plus faible amplitude par comparaison aux autres types d'expressions. Les expressions littérales menant à une signification cohérente ont sollicité un processus d'intégration de coût cognitif modéré se traduisant par une modulation de la post-N400 plus importante que celle observée pour les expressions sans signification mais néanmoins moins importante que pour le traitement de la métaphore.

Nature des processus et influences des compétences cognitives

Notre seconde étude nous permet d'affiner notre compréhension de la nature des processus sémantiques mis en œuvre dans le traitement de la métaphore verbale, notamment les processus d'intégration et de construction sémantique. Dans cette étude en IRMf, les participants devaient décider si des expressions accompagnées d'un contexte (« *Du haut de l'estrade, il catapultait ses paroles* [expression métaphorique nouvelle]/*des pierres* [expression littérale] ») avaient une signification métaphorique ou littérale. Il est important de noter que le contexte n'orientait pas vers une signification métaphorique ou littérale et qu'ainsi, les participants n'avaient accès à la signification qu'à la fin de l'énoncé. L'analyse des activations cérébrales a montré que les expressions métaphoriques, comparées aux expressions littérales, entraînaient une plus grande activation des régions pariétales bilatérales (gyrus angulaire gauche et lobule pariétal inférieur droit ; Figure 10). De plus, nous avons également observé que les compétences verbales, mesurées par l'Indice de Compréhension Verbale (Wechsler, 2000) étaient liées positivement à l'activité de la région temporale droite observée.

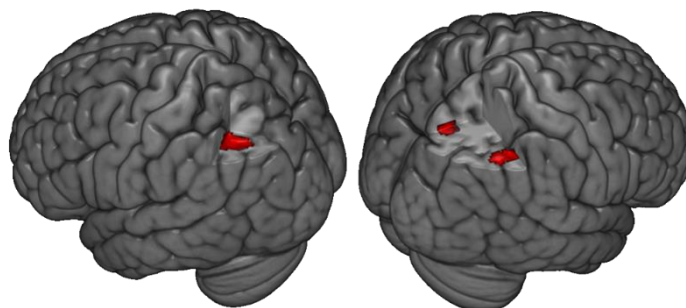


Figure 10 : Représentation des activations propres à la compréhension de la métaphore. $p < 0.001$ non-corrigé, $k = 20$ voxels

Rappelons que certaines études ont également rapporté et discuté l'activation de régions pariétales gauches dans le traitement de ces métaphores nominales nouvelles (Bambini *et al.*, 2011 ; Mashal & Faust, 2008). Ces régions pariétales, que nous retrouvons lors du traitement de métaphores verbales dans notre étude, seraient impliquées dans le traitement conceptuel de haut niveau et participeraient donc à la manipulation et l'intégration sémantique conceptuelle dans la compréhension des métaphores (Bambini *et al.*, 2011 ; Binder *et al.*, 2009 ; Binder & Desai, 2011 ; Vigneau *et al.*, 2006). Il faut également noter que l'activation des régions pariétales a été retrouvée dans le traitement de métaphores nouvelles basées sur des verbes d'actions et a été interprétée comme le résultat d'une intégration entre le système sensori-moteur et le système conceptuel (*e.g.* Desai *et al.*, 2011). Ce type d'interprétation est en accord

avec les théories de la cognition incarnée évoquées plus haut. Bien que tous les verbes utilisés dans notre étude ne représentent pas à proprement parlé une action (« *Vive et imprévisible, Sandra décourageait l'ennui.* »), cette interprétation ne peut être complètement écartée.

Un autre résultat intéressant apporté par notre étude est l'activation de régions pariétales droite. Ce type d'activations a été observé par Subramaniam *et al.* (2012) qui ont mis en évidence une augmentation de l'activité de ces régions lors de la présentation répétée de métaphores nouvelles. Ces auteurs ont attribué une fonction de conceptualisation et de stockage de relations sémantiques nouvelles à ces régions. Une autre interprétation nous vient de l'étude de Desai *et al.* (2011) qui a montré que les expressions métaphoriques sollicitaient la région pariétale inférieure droite, comparées aux expressions abstraites, et que l'activité de cette région était liée négativement au degré de familiarité des expressions littérales. Ceci suggère que cette région est sensible à la nouveauté des expressions, qu'elles soient littérales ou métaphoriques. Ce résultat suggère également que les traitements des métaphores nouvelles et des expressions littérales reposent en partie sur des processus communs. Les résultats de notre étude tendent à soutenir l'hypothèse de processus de traitements communs entre les énoncés métaphoriques et littéraux mais apportent également des précisions quant aux processus cognitifs spécifiques sous-jacents.

Ainsi, si nous avons observé une activation bilatérale des régions pariétales pour le traitement des métaphores verbales comparées aux énoncés littéraux, l'activité des régions gauche et droite semble reposer sur des processus et compétences cognitifs différents. En effet, les compétences verbales semblent liées à l'activité du gyrus angulaire gauche et non au lobule pariétal inférieur droit, que ce soit pour le traitement des métaphores ou des énoncés littéraux. Nous pouvons tirer deux interprétations de ce résultat. Tout d'abord, les individus ayant les meilleures compétences en compréhension verbale sont ceux qui sollicitent le plus le gyrus angulaire gauche. Cette interprétation est partiellement en accord avec les études associant une fonction de manipulation et de stockage des concepts aux régions pariétales inférieures (Bonner, Peelle, Cook, & Grossman, 2013 ; Seghier, 2012 ; Subramaniam *et al.*, 2012). À l'image des métaphores nominales, comprendre une métaphore verbale nécessite d'associer deux concepts *a priori* distants. Pour pouvoir associer ces concepts, il est nécessaire d'en posséder un niveau de connaissance sémantique suffisant. Selon cette interprétation, le gyrus angulaire procéderait donc de la recherche et de la manipulation de concepts dans l'objectif d'une construction sémantique cohérente conceptuelle.

Ensuite, nos résultats nous indiquent qu'un autre processus que la manipulation de concepts serait sollicité dans la compréhension des métaphores verbales nouvelles. Ce processus serait sous-tendu par la région pariétale inférieure droite et indépendant des compétences verbales. En effet, l'activité de cette région n'est pas liée aux compétences verbales. Ayant noté que l'intelligence fluide était liée à la *production* de métaphores (Beaty & Silvia, 2012 ; Silvia & Beaty, 2012), nous avons suggéré que cette différence pouvait s'exprimer en termes d'implication de processus associés à l'intelligence fluide, peu liées à la mesure de l'ICV. Toutefois, cette interprétation nécessite de plus amples recherches afin d'en tester les implications. En effet, les capacités de mémoire de travail sont liées à l'intelligence fluide. Or, nous n'avons pas observé de lien entre ces capacités et l'activité du lobule pariétal inférieur droit. Il est possible que d'autres compétences non évaluées dans notre étude aient été mises en œuvre et soutenues par le lobule pariétal inférieur droit.

Enfin, une activation du precuneus a été observée pour les métaphores, comparées aux énoncés littéraux. À l'instar du gyrus angulaire, il s'agit d'une région partageant de multiples connections avec d'autres régions corticales et sous-corticales et impliquée dans une grande variété de tâches (Cavanna & Trimble, 2006). Une récente étude a mis en évidence que le precuneus constituait une région centrale dans la compréhension des métaphores et permettait de soutenir des processus d'imagerie mentale et de recouvrement d'informations en mémoire épisodiques (Mashal, Vishne, & Laor, 2014).

Résumé

Cette étude nous a permis de mettre en évidence plusieurs faits concernant les processus inférentiels sémantiques mobilisés lors de la compréhension d'énoncés métaphoriques verbaux nouveaux, présentés en contexte. Tout d'abord, ces processus inférentiels reposent en partie sur des processus cognitifs de haut niveau d'intégration conceptuelle, localisés dans les régions pariétales inférieures. De plus, nous avons mis en évidence une participation de l'hémisphère droit dans le traitement des métaphores nouvelles, résultat en accord avec l'*hypothèse de la saillance* (Giora & Fein, 1999 ; Giora, 2003) et la *théorie du codage distant* (Jung-Beeman, 2005). Toutefois, contrairement à la littérature sur la compréhension de la métaphore nominale nouvelle, cette participation de l'hémisphère droit n'inclut pas les régions fronto-temporales. Il est possible que cette particularité soit en partie liée à la nature de nos expressions dont certaines sont basées sur des verbes d'action qui nécessiteraient une intégration des informations des systèmes sensori-moteur et conceptuel, supportée par les régions pariétales (Desai *et al.*, 2011). Enfin, les compétences verbales des individus sont liées au recrutement du gyrus angulaire gauche mais pas de la région pariétale droite. Ceci suggère que les processus inférentiels reposent en partie sur les compétences verbales et seraient supportés par l'hémisphère gauche et que d'autres compétences que celles de nature sémantique seraient mises à contribution et supportées par l'hémisphère droit.

Processus inférentiels sémantiques : synthèse

Nos études ont permis de mettre en évidence une série de processus sémantiques impliqués dans la compréhension des métaphores verbales nouvelles : un processus de recherche d'information sémantique en mémoire et un processus d'intégration de cette information sémantique pour en dériver une signification nouvelle et pertinente. Cette perspective suppose donc un processus de compréhension en étapes. Toutefois, nous suggérons que ces étapes ne nécessitent pas un traitement complet tel un rejet de la signification littérale de l'expression, ainsi que le suggère le *modèle pragmatique standard* (Grice, 1975 ; Searle, 1979). Bien que nos études ne nous permettent pas de valider pleinement l'un ou l'autre des modèles présentés, nous retiendrons comme modèle interprétatif le modèle de *partage de traits sémantiques* de Le Ny et Franquart-Decercq (2001, 2002) et l'*hypothèse de la saillance* de Giora (Giora & Fein, 1999 ; Giora, 2003). Le premier modèle stipule une pré-activation des patients les plus probables du verbe. Le lien entre le verbe et le patient s'exprime par un partage de traits sémantiques : un patient probable partagera une congruence sémantique forte avec le verbe. Si le patient rencontré au cours du traitement de l'énoncé est peu probable (comme dans le cas des métaphores verbales nouvelles), les traits les plus pertinents doivent être retrouvés et recombinaison pour en dériver une signification. Le second modèle suppose quant à lui une prédominance de la signification saillante d'un mot ou d'une expression. Dans le cas des métaphores nouvelles, cette signification est la signification littérale. Si nous prenons l'exemple des verbes d'actions, la signification saillante sera liée à l'action représentée par le verbe. Le traitement d'un patient ne pouvant être lié à l'action véhiculée par le verbe de manière littérale (e.g. « *catapulter ses paroles* ») et donc, à la signification saillante nécessitera le traitement d'une signification alternative, non saillante, liée au contexte. Nos données peuvent être interprétées par ces deux modèles : les métaphores nouvelles nécessitent un coût cognitif plus élevé que les énoncés littéraux et un processus de création de signification nouvelle sur la base d'un traitement sémantique.

De plus, nous avons mis en évidence que les processus inférentiels sémantiques sollicitent des régions cérébrales bilatérales, soutenant l'hypothèse d'une participation de l'hémisphère droit dans la compréhension des métaphores nouvelles. Ces processus inférentiels sont liés à des processus cognitifs de haut niveau de manipulation de concepts sous-tendus par le gyrus angulaire gauche. Une participation d'une région pariétale inférieure droite a également été retrouvée mais une distinction entre ces régions pariétales bilatérales peut s'opérer sur la base des compétences verbales des individus. En effet, alors que l'activité du gyrus angulaire

gauche est apparue liée à ces compétences, ce lien n'a pas été observé pour le lobule pariétal inférieur droit. Ceci suggère que d'autres compétences que les compétences verbales, et soutenues par l'hémisphère droit, seraient mises en œuvre dans la compréhension des métaphores verbales nouvelles. Ces résultats sont dans une certaine mesure en accord avec l'*hypothèse de la saillance* (Giora & Fein, 1999 ; Giora, 2003) et la *théorie du codage distant* (Jung-Beeman, 2005) qui supposent toutes deux une implication de l'hémisphère droit qui procéderait au traitement d'informations sémantiques nouvelles. Toutefois, nos résultats suggèrent que les compétences verbales telles que nous les avons évaluées ne seraient pas liées à ce traitement sémantique, laissant supposer que d'autres compétences cognitives interviendraient et seraient liées à la sollicitation de l'hémisphère droit.

Les processus inférentiels pragmatiques : l'ironie verbale

Temporalité et nature des processus

Notre revue de la littérature sur les processus de compréhension de l'ironie nous a permis de mettre en évidence l'importance de processus pragmatiques dit tardifs afin de saisir la signification ironique. Au-delà des mesures comportementales classiques de temps de lecture ou de temps de réactions, ces processus ont été mis en évidence par les études en EEG et la mesure d'une composante tardive positive, la P600 (Regel, *et al.* 2011, 2014 ; Spotorno *et al.*, 2013). La majorité de ces études utilise des énoncés ironiques accompagnés de contextes assez importants et apportant un certain nombre d'informations, obligeant les participants à intégrer ces informations et donc, à solliciter de fait des processus pragmatiques. Parmi les compétences pragmatiques liées au traitement de l'ironie, celles faisant référence aux capacités à décrypter les états mentaux sont sans doute les mieux mises en évidence actuellement (Caillies, Hody, & Calmus, 2012 ; Filippova & Astington, 2008 ; Le Sourn-Bissaoui *et al.*, 2009 ; Spotorno *et al.*, 2012). Spotorno et Novek (2014) ont proposé la mesure des Capacités Sociales par l'échelle de Quotient Autistique (QA ; Baron-Cohen *et al.*, 2001) comme indicateur de ces compétences. D'un point de vue plus général, cette mesure permet de mettre en évidence des atypicités de traitements pragmatiques chez des individus ne présentant pas de TSA (Yang & Baillargeon, 2013 ; Yoshimura *et al.*, 2013).

Notre troisième étude visait à caractériser les processus pragmatiques engagés dans la compréhension d'énoncés ironiques présentés dans un contexte limité (« *Il se prit les pieds dans le tapis. Ce fut un salto arrière magnifiquement contrôlé* »), comparés à des énoncés littéraux

de même nature (« *Il prit son temps pour faire sa figure. Ce fut un salto arrière magnifiquement contrôlé* ») et présentés de manière auditive avec une prosodie ironique et littérale naturelle. Afin de tester l'hypothèse d'un traitement pragmatique de ces énoncés, notre intérêt s'est porté sur une fenêtre temporelle correspondant à la P600. De plus, nous avons cherché à explorer l'influence des traits autistiques dans le traitement des énoncés ironiques, en testant la corrélation entre les scores à l'échelle QA et l'amplitude de la composante mesurée. Nos résultats ont confirmé la mise en œuvre de processus pragmatiques dans le traitement des énoncés, se reflétant par une amplitude plus grande pour les énoncés ironiques. De plus, une corrélation négative a été observée entre les scores à la sous-échelle d'Imagination et la différence d'amplitude de la P600 entre les énoncés ironiques et littéraux.

La plus grande amplitude du PE mesuré pour les énoncés ironiques comparés aux énoncés littéraux est en accord avec la littérature et suggère la mise en œuvre de processus pragmatiques plus importants. Toutefois, nous ferons ici la même remarque que Regel *et al.* (2014) qui ont mis en évidence qu'un PE mesuré dans une fenêtre temporelle similaire peut en réalité refléter deux processus : un traitement syntaxique et un traitement sémantico-pragmatique. La topographie centrale observée dans notre étude tend à confirmer la mise en œuvre du processus sémantico-pragmatique évoqué par ces auteurs. Cependant, distinguer ces deux processus nécessite une méthodologie et des analyses non réalisées dans notre étude. De la même manière, Spotorno *et al.* (2013) ont montré par une analyse temps-fréquence, que les processus pragmatiques pouvaient être sollicités antérieurement à la fenêtre temporelle classique de la P600. Bien que leurs énoncés soient différents des nôtres, en raison du contexte plus important qui les précède, ce résultat invite à un examen plus fin de nos données.

La corrélation négative que nous avons observée entre l'amplitude de la P600 et le sous-score d'Imagination de l'échelle QA est inattendue mais pas incohérente. En effet, contrairement à ce que laissaient supposer certaines études (Yang & Baillargeon, 2013 ; Yoshimura *et al.*, 2013), nous n'avons pas observé de corrélations entre le traitement pragmatique (*i.e.* l'amplitude de la P600) et les traits autistiques mesurés de manière globale (*i.e.* le score total), ou le sous-score de Compétences Sociales (voir Spotorno & Noveck, 2014) (voir Annexe VI pour les autres corrélations testées). Le manque de puissance peut expliquer en partie ce résultat. Nous avons interprété la corrélation négative observée entre la P600 et le score d'Imagination au regard de la théorie de la motivation sociale dans l'autisme (Chevallier, Kohls, Troiani, Brodtkin, & Schultz, 2012). Selon cette théorie, le développement des personnes atteintes de TSA se caractérise par des déficits dans les compétences pro-sociales (*e.g.*

l'attention conjointe). Ce déficit affecte l'expérience des événements sociaux et diminue la perception de la récompense sociale des événements. Nous suggérons que l'ironie constitue une catégorie d'objets et d'événements sociaux dont l'utilisation et la compréhension relèvent de compétences pro-sociales. Une moindre perception de l'intérêt social de l'ironie a pu conduire les individus présentant de hauts traits sur cette sous-échelle à fournir un travail pragmatique de compréhension incomplet, d'autant plus en l'absence de tâche leur demandant de traiter le caractère ironique ou les intentions du locuteur. Un parallèle pourrait être fait avec le *principe de pertinence* tel qu'exposé par Sperber et Wilson (1995). Selon ce principe, un stimulus est pertinent lorsque l'effet produit est maximal et l'effort de traitement minimal. Il est possible que les individus ayant de hauts traits autistiques présentent des difficultés d'appréciation de l'ironie (*i.e.* la récompense sociale de l'ironie, selon la théorie de la motivation sociale), couplées à des difficultés de traitements pragmatiques. Ainsi, les énoncés ironiques seraient perçus comme peu pertinents, d'autant plus en situation de laboratoire, sans tâche imposant la réalisation d'une performance.

Le score d'Imagination peut traduire dans une certaine mesure, ces compétences pragmatiques. En effet, lorsque nous examinons les items constituant ce score, nous remarquons que certains d'entre eux font références à des notions d'inférences d'états mentaux, tels que les items 20 (*Quand je lis une histoire, je trouve qu'il est difficile de me représenter les intentions des personnages*), 40 (*Quand j'étais enfant, j'aimais habituellement jouer à des jeux de rôle avec les autres*), 42 (*Je trouve qu'il est difficile de s'imaginer dans la peau d'un autre*) ou 50 (*Je trouve qu'il est très facile de jouer à des jeux de rôle avec des enfants*). Toutefois, d'autres scores de Compétences Sociales sont également représentatifs de ce type de compétences (« *Je trouve qu'il est difficile de décoder les intentions des autres* »). De plus, certaines données de la littérature laissent supposer que l'échelle QA constitue un bon outil fournissant un critère de probabilité de présence d'une pathologie TSA mais reste limitée dans son utilisation non-clinique (Kloosterman, Keefer, Kelley, Summerfeldt, & Parker, 2011). D'autres études sont nécessaires pour éclaircir ce point.

Résumé

Cette étude nous a permis de mettre en évidence l'implication de processus sémantico-pragmatiques dans le traitement d'énoncés ironiques, précédés d'un contexte court mais informatif. Nous avons également constaté que l'activité électrique cérébrale traduisant ces processus pouvait être en partie reliée aux compétences pragmatiques des individus *via* la mesure des traits autistiques.

Nature des processus et traitement de caractéristiques de l'ironie

Nous avons constaté au cours de notre revue de la littérature traitant des bases cérébrales de la compréhension de l'ironie que les régions sollicitées relevaient essentiellement de processus pragmatiques. Ces processus sollicitent un réseau diversifié, comprenant des régions préfrontales médianes (Akimoto *et al.*, 2014 ; Rapp *et al.*, 2010 ; Shibata *et al.*, 2010 ; Spotorno *et al.*, 2012 ; Uchiyama *et al.*, 2006 ; Wakusawa *et al.*, 2007 ; Wang *et al.*, 2007), temporales postérieures (Shibata *et al.*, 2010 ; Uchiyama *et al.*, 2006 ; Varga *et al.*, 2013) et antérieures (Akimoto *et al.*, 2014) et des régions temporo-pariétales (Spotorno *et al.*, 2012). Ces régions et processus sont souvent interprétés comme engagés dans le traitement des états mentaux et de l'inférence des intentions du locuteur. Cependant, l'ironie se caractérise par certain nombre de marqueurs, tel que le contraste entre le contexte et ce qui est dit (Colston & O'Brien, 2000a; Colston, 2002; Gibbs, 1994; Giora *et al.*, 2005; Ivanko & Pexman, 2003). De plus, elle véhicule un certain nombre d'effets pragmatiques dont l'humour est l'un des plus testé dans les études comportementales (Colston & O'Brien, 2000a ; Dews *et al.*, 1995 ; Pexman *et al.*, 2005 ; Pexman *et al.*, 2010 ; Roberts & Kreuz, 1994). Or, peu d'études de neuroimagerie ont cherché à distinguer les régions et processus traitant de ces caractéristiques de l'ironie, en dehors de la prosodie (Wang *et al.*, 2006) ou de l'étude d'Akimoto *et al.* (2014) qui a évalué les régions dont l'activité répondait au degré d'humour perçu d'énoncés ironiques.

Notre dernière étude avait donc pour objectif d'examiner les régions cérébrales impliquées dans le traitement du contraste et de l'humour lors de la compréhension d'énoncés ironiques, similaire à l'**étude 3** et diffusés de manière auditive. Plus précisément, considérant le lien existant entre le contraste et l'humour dans l'ironie (Calmus & Caillies, 2014), nous avons posé l'hypothèse que des régions dont l'activité répondrait au degré de contraste seraient également sensibles au degré d'humour des items. Nous avons comparé dans un premier temps,

les activations de la compréhension des énoncés ironiques à celles des énoncés littéraux. Cette comparaison a mis en évidence l'implication de régions frontales inférieures bilatérales, du cortex préfrontal médian et du noyau caudé gauche. L'analyse des activations liées au degré de contraste des énoncés a révélé des régions frontales inférieures bilatérales, sous corticales bilatérales, au niveau du noyau caudé et du putamen, et temporales gauches. Concernant le degré d'humour, les régions liées sont localisées dans le gyrus frontal inférieur bilatéral, le gyrus frontal supérieur médian, le thalamus droit, le noyau caudé gauche et le gyrus lingual gauche. Enfin, une analyse de conjonction entre les activations liées au degré de contraste et celles liées au degré d'humour a mis en évidence les régions frontales inférieures bilatérales et le noyau caudé gauche (Figure 11).

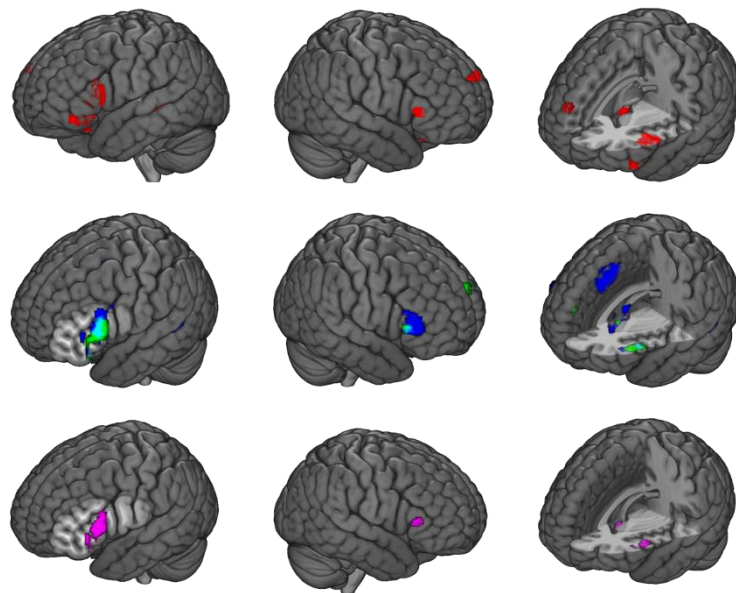


Figure 11 : Représentation des activations propres à la compréhension de l'ironie (rouge), au traitement du contraste (bleu), de l'humour (vert) et du contraste \cap humour (rose). $p < 0.001$ non-corrige, $k = 20$ voxels

Les patterns d'activations observés dans cette étude sont en accord avec ceux relevés dans la littérature sur la compréhension de l'ironie (Rapp *et al.*, 2010 ; Shibata *et al.*, 2010 ; Uchiyama *et al.*, 2006). Les activations spécifiques au traitement de l'ironie tendent à confirmer l'implication de processus liés aux théories de l'esprit et localisés dans le cortex préfrontal médian (Frith & Frith, 2003 ; Saxe & Powell, 2006). Les activations des régions frontales inférieures bilatérales et temporelle supérieure gauche refléteraient, quant à elles, un processus sémantique (Rapp *et al.*, 2012 ; Vigneau *et al.*, 2006), lié au contraste sémantique que nous avons opérationnalisé. Une distinction entre le gyrus frontal (GF) inférieur gauche et son

homologue droit peut se faire sur la base de l'étude de Matsui *et al.* (2016) et de la modalité auditive de présentation de nos énoncés. Selon ces auteurs, le GF inférieur droit traiterait de la détection de l'incongruité entre l'énoncé et la prosodie alors que son homologue gauche serait sollicité dans la sélection et l'intégration d'informations. Notons que les traitements pragmatique et sémantique de l'ironie ne semblent pas être des phénomènes indépendants et favoriseraient l'interaction de régions telles que le cortex préfrontal médian et le GF inférieur gauche (Spotorno *et al.*, 2012).

Enfin, notre hypothèse de régions cérébrales communes entre le traitement du contraste et de l'humour s'est vue confirmée par l'activation de régions frontales inférieures bilatérales et du noyau caudé gauche. Si l'interprétation de processus sémantiques liés aux régions frontales (Matsui *et al.*, 2016 ; Rapp *et al.*, 2012 ; Vigneau *et al.*, 2006) peut également être avancée pour l'analyse de conjonction, d'autres interprétations peuvent être évoquées. Par exemple des études sur l'humour ont mis en évidence une implication du GF inférieur gauche et droit dans – respectivement – la détection-résolution d'incongruité et l'appréciation du sentiment humoristique (Bartolo, Benuzzi, Nocetti, Baraldi, & Nichelli, 2006 ; Chan *et al.*, 2012). D'autres, également, ont montré que le circuit de la récompense pouvait être impliqué dans l'appréciation de stimuli humoristiques (Bartolo *et al.*, 2006 ; Bekinschtein *et al.*, 2011 ; Chan *et al.*, 2012 ; Moran, Wig, Adams, Janata, & Kelley, 2004 ; Watson, Matthews, & Allman, 2007). Ce réseau comprend des régions corticales (gyrus temporal médian, gyrus préfrontal) et sous-corticales (aire tegmentale ventrale, substance noire, striatum ventral). Ainsi, certaines des régions que nous avons observées (*e.g.* noyau caudé) pourraient être impliquées dans la perception de la récompense sociale ou émotionnelle de stimuli humoristiques. La participation de ces régions dans le traitement de la prosodie est également envisageable. En effet, selon les études de Frühholz et Grandjean (2013) et Frühholz, Ceravolo et Grandjean (2012), certaines aires des gyri frontaux inférieurs seraient impliqués dans le traitement implicite de la prosodie émotionnelle. La méthodologie et les analyses de notre étude ne nous permettent pas de confirmer cette hypothèse. Toutefois, la prosodie est un marqueur important de l'ironie verbale (Ackerman, 1983 ; Capelli *et al.*, 1990 ; Milosky & Ford, 1997). La diffusion des énoncés *via* une modalité auditive a pu favoriser le traitement de ce marqueur afin de détecter et comprendre les énoncés ironiques.

Processus inférentiels pragmatiques : synthèse

Plusieurs conclusions sur les processus inférentiels pragmatiques peuvent être tirées de nos études portant sur l'ironie verbale. Tout d'abord, et conformément à la littérature, nous avons observé que ces processus étaient sollicités tardivement dans le traitement des énoncés ironiques, même lorsqu'ils sont accompagnés d'un contexte minimal mais informatif. Il ne s'agit toutefois pas d'une confirmation d'un modèle en étapes de compréhension de l'ironie, tel que le suggèrent les travaux de Grice (1975). En effet, aucune donnée ne nous laisse supposer que des processus différents sont mis en œuvre pour le traitement de l'ironie et des énoncés littéraux. Tout d'abord, l'étude mesurant les PE ne montre pas de topographies radicalement différentes entre le traitement des énoncés ironiques et littéraux, au sein de la fenêtre temporelle sélectionnée. Des topographies similaires (en l'occurrence, centro-pariétales) laissent donc supposer des processus similaires (Regel *et al.*, 2014)⁶⁰. Nos données seraient donc plutôt en accord avec les modèles stipulant des processus inférentiels similaires entre les énoncés ironiques et littéraux (Sperber & Wilson, 1981, 1995 ; Wilson & Sperber, 1992). Toutefois, nous ne pouvons pas écarter des modèles alternatifs, tels que l'*hypothèse de la saillance* (Giora *et al.*, 1998 ; Giora, 2003). Selon ce modèle, la signification littérale d'un énoncé ironique serait maintenue en parallèle de la signification non-littérale de l'énoncé ironique et une comparaison entre ces deux significations serait opérée. Très clairement, notre méthodologie ne permet pas de vérifier le processus de maintien de la signification littérale. Toutefois, une comparaison de ces deux significations peut être apparentée à une comparaison entre les attentes et la réalité, ce qui pourrait s'interpréter comme un processus pragmatique. Nos résultats semblent également suggérer que la mise en œuvre ou l'efficacité de ces processus lors du traitement d'énoncés ironiques verbaux sont soumises à des variations inter-individuelles. Ces variations sont suffisamment importantes pour avoir un impact sur les variables mesurées en neuroimagerie qui reflètent les processus engagés.

Concernant la nature de ces processus pragmatiques, nous avons constaté qu'ils pouvaient relever du traitement d'informations très diversifiées, dont l'inférence sur les états mentaux d'autrui ou le traitement de la prosodie émotionnelle. La participation de processus de théorie de l'esprit est l'un des résultats les plus robustes dans la littérature sur l'ironie et se traduit par des activations frontales médianes et temporelles postérieures. Cependant, la compréhension de l'ironie ne se résume pas à la seule inférence sur les états mentaux. Elle

⁶⁰ Ce n'est bien entendu qu'une supposition qui nécessite de plus amples analyses et une méthodologie permettant de tester une différence de processus au sein de cette fenêtre, à l'image de l'étude de Regel *et al.* (2014).

comporte notamment un certain nombre de marqueurs extra-linguistiques qui sont encodés et traités lors de sa compréhension, tel que le contraste entre le contexte et l'énoncé ironique ou la prosodie. Les régions cérébrales observées dans les études sur la compréhension de l'ironie et associées aux processus de TdE peuvent ainsi être interprétées en termes de traitement des caractéristiques de l'ironie. De plus, nous avons observé que le traitement de ces caractéristiques sollicitait des régions « pivots », au carrefour de réseaux agissant en interaction, ainsi que le suggère l'étude de Spotorno *et al.* (2012). Cette complexité des échanges cérébraux souligne celle du processus d'intégration des informations lors de la compréhension de l'ironie.

Concernant la question de la latéralisation hémisphérique du traitement de l'ironie, nous en resterons à notre constat évoqué dans le second chapitre de notre introduction théorique. Les processus de compréhension de l'ironie recouvrent plusieurs traitements cognitifs et l'intégration d'informations issues de différentes sources. Poser la question de la latéralisation du traitement de l'ironie revient à la poser pour chacun de ces processus. Si nous nous en tenons à une interprétation large des théories, nos résultats sont en accord avec l'*hypothèse de la saillance* (Giora & Fein, 1999 ; Giora, 2003) et celle du *codage distant* (Jung-Beeman, 2005) et supportent l'hypothèse de bases cérébrales droites dans le traitement de l'ironie. Toutefois, ces modèles postulent une latéralisation droite dans le traitement sémantique de l'information. La question de la latéralisation droite pour les processus d'inférences sur les états mentaux, de l'intégration de la prosodie ou de l'expression faciale reste ouverte.

Résumé

Conformément à la littérature, nous avons observé dans notre dernière étude, des régions liées aux compétences de théorie de l'esprit lors du traitement d'énoncés ironiques. Cette étude nous a également permis d'explorer les bases du traitement de deux caractéristiques de l'ironie verbale : le contraste (opérationnalisé dans notre étude comme résultant d'une incongruité sémantique entre le contexte et l'énoncé ironique) et l'humour. L'analyse du traitement des régions communes entre le contraste et l'humour a mis en évidence un réseau composé du GF inférieur bilatéral et du noyau caudé gauche. Plusieurs interprétations sont avancées dont un traitement sémantique visant à résoudre l'incongruité sémantique (*i.e.* le contraste) et l'appréciation de l'humour dans l'ironie. Une implication de ces régions dans le traitement de la prosodie est également en accord avec notre étude.

Ouverture et perspectives de recherches

Chacune des études que nous avons menées nous apportent des éléments nouveaux sur les processus inférentiels. Confrontés aux données de la littérature, ces éléments nous permettent d'affiner nos hypothèses de travail et d'ouvrir de nouvelles perspectives de recherche. En cohérence avec la distinction que nous avons opérée entre les deux expressions du langage non-littéral étudiées, nous proposons des pistes de recherches distinctes pour chacune d'entre elle.

Traitement de la métaphore

Au début de notre introduction théorique, nous avons opéré une distinction entre les métaphores conventionnelles et les métaphores nouvelles. Alors que les premières relèveraient de processus de récupération de la signification en mémoire, les secondes dépendraient de processus dynamiques de création de significations nouvelles. Cette distinction peut se comprendre selon une autre distinction que nous avons évoquée dans notre **étude 2** : celle de l'intelligence cristallisée vs l'intelligence fluide. La première forme d'intelligence fait référence aux connaissances acquises par l'expérience et repose en partie sur la mémoire à long terme. La seconde désigne quant à elle des processus plus généraux à la base du raisonnement logique et de la résolution de problèmes nouveaux. De plus, selon Carroll (1993), il existe une capacité de recouvrement de l'information désignant la capacité à extraire efficacement et rapidement des informations de la mémoire à long terme. À titre d'exemple, l'ICV que nous avons mesuré dans notre étude est lié à l'intelligence cristallisée et les capacités de mémoire de travail sont associées à l'intelligence fluide. Les capacités de recouvrement d'informations en mémoire à long terme peuvent quant à elles être mesurées *via* les tâches de fluences verbales.

Cette distinction est rarement opérée dans les études portant sur la compréhension de métaphores nouvelles, contrairement aux études portant sur la *production* de métaphores nouvelles. D'après ces études, l'intelligence fluide et les capacités de recouvrement de l'information constitueraient des facteurs déterminants dans la qualité de production des métaphores (Beaty & Silvia, 2012 ; Silvia & Beaty, 2012). Il s'agit selon les auteurs, de capacités permettant d'extraire une catégorie supraordonnée reliant le véhicule et le thème, dans le cas d'une métaphore nominale nouvelle (Glucksberg, 2001). Considérant que la production et la compréhension des métaphores reposent sur des processus cognitifs similaires (Benedek

et al., 2014), nous pourrions étendre les données des études de Beaty et Silvia (2012) et Silvia et Beaty (2012) à la compréhension des métaphores verbales nouvelles.

Rappelons toutefois que les auteurs ont interprété leurs données par rapport au modèle de Glucksberg (2003) postulant un processus de catégorisation directe dans la compréhension des métaphores. Si ce modèle semble pertinent pour les métaphores nominales, nous avons vu qu'Utsumi et Sakamoto (2011) le considèrent comme incomplet au regard des métaphores verbales. De plus, bien que des études aient mis en évidence une implication des fonctions exécutives dans la compréhension des métaphores verbales nouvelles, leurs interprétations restent limitées. Par exemple, la tâche utilisée par Columbus *et al.* (2015) comporte diverses variantes et reflète les capacités attentionnelles sélectives ou soutenues⁶¹. La performance à ce type de tâche semble influencée par les caractéristiques des stimuli utilisés (Roebuck, Freigang, & Barry, 2016). En d'autres termes, la mesure des fonctions exécutives est globale et limite la généralisation des résultats. Par ailleurs, l'étude menée par Morrone *et al.* (2010) a mis en évidence un effet de la sensibilité à l'interférence chez la population âgée mais pas chez la population jeune. Si cette étude souligne l'importance de ces capacités exécutives dans la compréhension des métaphores, ses résultats ne peuvent se généraliser à la population jeune.

D'autre part, la compréhension des métaphores est souvent envisagée comme une activité de résolution de problème linguistique et sémantique, auquel participeraient les fonctions exécutives et les compétences verbales. Toutefois, d'autres processus pourraient être impliqués dans la compréhension des métaphores nouvelles, notamment des processus d'apprentissage implicite. Ces processus sont définis comme la capacité à apprendre inconsciemment des informations nouvelles (Stefaniak, Willems, Adam, & Meulemans, 2008). Une étude a cherché à tester l'hypothèse d'un apprentissage implicite des associations conceptuelles nouvelles et métaphoriques. En effet, Li, Guo, Zhu, Yang et Dienes (2013) ont présenté à des participants des idéogrammes nouveaux associés à des significations telles que « loin » ou « haut » et « proche » ou « bas ». Durant la phase d'apprentissage, les participants apprenaient à associer les idéogrammes avec des mots liés à leurs significations littérales (*ciel, soleil, grenier, plafond, sous-sol, plancher*). Dans une seconde phase, les participants devaient associer les idéogrammes à d'autres mots dont certains étaient associées à leurs significations

⁶¹ Pour rappel, les auteurs ont utilisé la version AX du *Continuous Performance Test* (AX-CPT ; Braver *et al.*, 2001). Dans cette tâche, les participants doivent appuyer sur une touche lorsqu'un X est précédé d'un A et sur une autre touche dans les autres cas (BY, condition contrôle et BX).

métaphoriques (ici, des significations liées au statut social : *chef, roi, capitaine, enfant, étudiant, assistant*). Les auteurs ont observé que les participants associaient également les nouveaux idéogrammes à cette seconde catégorie de mot. Ils ont interprété ce résultat comme l'effet d'un apprentissage implicite de l'association des idéogrammes à leurs significations métaphoriques (voir également Guo, Li, Yang, & Dienes, 2013). Notons toutefois que la mesure même des capacités d'apprentissage implicite n'est pas consensuelle et fait l'objet de débats. Par exemple, alors que les études de Li *et al.* (2013) et Guo *et al.* (2013) utilisent des échelles de jugements subjectifs⁶², d'autres auteurs proposent une mesure de ces capacités ne mettant pas en jeu la subjectivité du participant (*e.g.* tâche de réaction sérielle⁶³ ; Stefaniak *et al.*, 2008).

L'évaluation des capacités d'apprentissage implicite dans la compréhension des métaphores peut également s'envisager au travers d'une perspective développementale. En effet, les études de Duvignau (*e.g.* 2008) nous montrent que les enfants substituent des verbes par d'autres, que nous pourrions considérer comme liés de manière métaphorique. Par exemple, « *elle déshabille la pomme de terre* » pour « *éplucher la pomme de terre* » (Duvignau, 2008 ; p. 1725). Cette utilisation pourrait témoigner d'un apprentissage implicite de la relation entre « *déshabiller* » et « *retirer une couche superficielle* ». Ce point de vue est d'ailleurs en accord avec la théorie de la cognition incarnée, appliquée aux métaphores. Rappelons-nous que selon cette théorie, certaines relations métaphoriques sont associées à nos expériences sensorielles et physiques (Gibbs, 2006 ; Lakoff & Johnson, 1980). Évaluer la place des processus d'apprentissage implicite dans la compréhension des métaphores, tant chez les enfants que chez les adultes, permettrait d'apporter une vision nouvelle, dans une approche différentielle et développementale.

Traitement de l'ironie verbale

Les processus inférentiels engagés dans le traitement et la compréhension de l'ironie sont de différentes natures. De fait, chacun de ces processus ouvre la voie à de multiples possibilités d'approfondissement de nos connaissances. L'une des pistes que nous estimons

⁶² Les participants devaient par exemple juger de leur performance selon une échelle de confiance en leur choix de réponse ou de ce qui a guidé leur choix (intuition, mémoire, règle apprise, supposition)

⁶³ Dans ce type de tâches, une cible apparaît sur un écran d'ordinateur sur l'une des quatre positions (alignées horizontalement). Le participant doit appuyer le plus rapidement possible sur une touche correspondant à cette position pour faire disparaître la cible. Une autre cible apparaît alors sur une autre position. La séquence d'apparition n'est pas aléatoire mais les participants n'en sont pas informés.

intéressantes à explorer et faisant suite à nos études, est celle de la caractérisation des bases cérébrales du traitement de certaines caractéristiques de l'ironie.

En effet, de nombreuses études comportementales se sont intéressées aux effets pragmatiques de l'ironie (Dews & Winner, 1995 ; Gibbs, 2000 ; Kreuz *et al.*, 1991 ; Leggitt & Gibbs, 2000 ; Roberts & Kreuz, 1994) mais l'effet qui nous intéresse le plus ici est l'humour véhiculé par l'ironie (Colston & O'Brien, 2000b ; Dews *et al.*, 1995 ; Pexman *et al.*, 2005, 2010 ; Pexman & Zvaigzne, 2004). Toutefois, cet intérêt nécessite une justification plus complexe qu'il n'y paraît. En effet, si la relation entre l'humour et l'ironie a été étudiée par le passé, nous pouvons constater que le consensus n'est pas atteint, principalement en raison de la définition de ces deux objets d'étude et de la question de l'appartenance de l'ironie aux phénomènes humoristiques (Attardo, 2002). Il est d'ailleurs intéressant de constater que si les théoriciens de l'humour ont tendance à inclure l'ironie comme objet humoristique (Martin, Puhlik-Doris, Larsen, Gray, & Weir, 2003 ; Martin, 2007), les théoriciens de l'ironie adoptent une démarche plus précautionneuse. Ils considèrent par exemple qu'un traitement séquentiel de l'ironie basé sur les modèles de traitement de l'humour (*i.e.* résolution d'incongruité puis appréciation humoristique), ne rend pas compte de la complexité et du dynamisme des échanges conversationnels (Gibbs, Bryant, & Colston, 2014). Pour comprendre l'origine de la difficulté de marier humour et ironie et l'intérêt de la question que nous posons, il est nécessaire d'opérer un rapide détour par les études portant sur l'humour.

L'humour en tant qu'objet d'étude dispose de ses propres modèles théoriques de compréhension (Martin, 2007). Malgré les divergences théoriques des différents modèles existants, le modèle princeps de Suls (1972) exprime assez bien la base commune des différents modèles. Selon cet auteur, la compréhension d'un stimulus humoristique nécessite la détection puis la résolution d'une incongruité, inhérente aux objets humoristiques. Ces deux étapes appartiennent à ce qui est caractérisé comme la composante cognitive de la compréhension de l'humour. Une seconde composante serait émotionnelle et caractériserait l'appréciation de l'humour (Vrticka, Black, & Reiss, 2013). Par le terme appréciation, les auteurs englobent l'expression de cette appréciation (*e.g.* le rire) et la perception de l'objet humoristique comme un objet de récompense (parfois considéré comme l'élaboration de l'humour ; Chan *et al.*, 2012). Cette définition assez large des processus ne rend pas fidèlement compte de la diversité des objets humoristiques (*e.g.* dessins, vidéo, blagues, humour verbal non ironique) mais offre un aperçu des points de comparaisons possibles avec l'ironie.

Selon nous, le premier de ces points communs est l'incongruité caractérisant les objets humoristiques. Cette incongruité dépend de la nature de l'objet et de la scène (visuelle ou verbale) qu'il représente et peut s'opérer sur la base de violation de scripts sociaux, de ressemblances visuelles ou encore de ressemblances sémantiques (Samson, Zysset, & Huber, 2008). Le cas de l'ironie ne semble pas incohérent avec cette vision de l'humour, si nous considérons le contraste comme une forme d'incongruité. Plusieurs auteurs ont par ailleurs opérationnalisé ce contraste par une incongruité, notamment entre le contexte et l'énoncé ironique (Calmus & Caillies, 2014 ; Ivanko & Pexman, 2003 ; Pexman *et al.*, 2010). Pour saisir un énoncé ironique, il est nécessaire de traiter ce contraste, sans quoi l'énoncé est perçu comme littéral.

Nous avons vu que l'ironie permet d'accomplir un certain nombre d'effets pragmatiques, que certains auteurs qualifient de nombreux (Gibbs, 1994 ; Wilson & Sperber, 2007), rendant son appréciation très spécifique. Nous pouvons considérer deux points communs de l'ironie avec les objets humoristiques. Tout d'abord, l'ironie peut être humoristique. Bien entendu, il ne s'agit pas de considérer l'ironie comme humoristique pour l'ensemble des individus : la cible de la forme la plus critique de l'ironie (*i.e.* le sarcasme) peut ne pas percevoir d'humour dans l'énoncé. Toutefois, un auditoire non ciblé par le sarcasme peut y percevoir de l'humour. De même, un énoncé ironique non personnel peut également susciter de l'humour chez l'auditoire. Nous proposons donc que chaque énoncé ironique porte une certaine valeur humoristique, c'est-à-dire un effet humoristique. D'autre part, il a été observé que l'appréciation d'objets humoristiques dépend de caractéristiques individuelles, tels que les traits de personnalité ou le genre des individus (Martin *et al.*, 2003). Un constat similaire peut être fait de l'ironie qui semble être plus souvent utilisée et appréciée positivement par les hommes que par les femmes (Colston & Lee, 2004 ; Milanowicz, 2013)⁶⁴. Bruntsch *et al.* (2016) défendent l'intérêt d'étudier de telles différences inter-individuelles et l'importance de certains traits (dont les traits de personnalité) dans la production de l'ironie et l'appréciation de ses effets pragmatiques. Autrement dit, la question n'est pas de savoir si un énoncé ironique est humoristique mais plutôt, pour quel type d'individu il est perçu comme humoristique. La mise en évidence de facteurs sources de différences inter-individuelles dans l'appréciation de l'ironie – dont son effet humoristique – permettrait d'apporter des données complémentaires à une approche cognitive de la compréhension de l'ironie.

⁶⁴ Selon Colston et Lee (2004), cet effet de genre pourrait être lié au risque que représente l'interprétation de l'ironie et à la tendance des hommes à plus apprécier le risque que les femmes.

Conclusion

L'objectif de cette thèse était de caractériser les bases cognitives et cérébrales des processus inférentiels sémantiques et pragmatiques mis en œuvre dans la compréhension du langage. Nous avons choisi de réaliser cet objectif par l'étude de deux types d'expressions issues du langage non-littéral : la métaphore verbale nouvelle et l'ironie verbale. Partant de modèles psycholinguistiques et cognitifs, nous avons formulé plusieurs hypothèses afin d'évaluer la temporalité, la nature et les bases cérébrales des processus cognitifs mobilisés. Ces hypothèses ont été testées par l'emploi d'outils de neuroimagerie, dont la haute résolution temporelle (EEG) et spatiale (IRMf) nous ont permis de tester les principales prédictions des modèles étudiés.

D'une manière générale, nos résultats sont en accord avec la littérature portant sur le traitement du langage figuré. Concernant les processus cognitifs soutenant les inférences sémantiques, nos résultats suggèrent un processus de recherche d'information sémantique congruente et d'intégration de cette information en une signification pertinente. De plus, des régions cérébrales bilatérales supramodales semblent être particulièrement sollicitées dans le traitement des métaphores. Cependant, les régions gauches et droites ne semblent pas être sollicitées sur la base de processus cognitifs similaires. Concernant les processus inférentiels pragmatiques, nous avons noté une intervention tardive de ceux-ci, probablement en raison de la difficulté d'intégration d'informations issues de différentes sources, dans le traitement de l'ironie. Nous avons également observé, en plus de régions caractéristiques des TdE, des réseaux cérébraux traitant du contraste et de l'humour – caractéristiques importantes de l'ironie – et partageant des régions communes.

Ces travaux apportent de nouvelles données à la littérature sur le traitement du langage figuré et ouvrent la voie à des perspectives de recherches. Parmi celles-ci, la participation de l'intelligence fluide et de l'apprentissage implicite dans la compréhension des métaphores nouvelles semble intéressante. Concernant l'ironie, une étude spécifique des liens qu'elle partage avec l'humour pourrait offrir un autre point de vue sur sa compréhension et son appréciation. De plus, l'ironie étant un objet social très utilisé aux impacts sociaux importants, une étude des facteurs sociaux et de personnalité dans sa compréhension et son appréciation pourrait apporter des résultats intéressants.

Références bibliographiques

- Abu-Akel, A., & Shamay-Tsoory, S. (2011). Neuroanatomical and neurochemical bases of theory of mind. *Neuropsychologia*, 49(11), 2971-2984. doi:10.1016/j.neuropsychologia.2011.07.012
- Ackerman, B. P. (1983). Form and function in children's understanding of ironic utterances. *Journal of Experimental Child Psychology*, 35(3), 487-508. doi:10.1016/0022-0965(83)90023-1
- Ahrens, K., Liu, H. L., Lee, C. Y., Gong, S. P., Fang, S. Y., & Hsu, Y. Y. (2007). Functional MRI of conventional and anomalous metaphors in Mandarin Chinese. *Brain and Language*, 100(2), 163-171. doi:10.1016/j.bandl.2005.10.004
- Akimoto, Y., Sugiura, M., Yomogida, Y., Miyauchi, C. M., Miyazawa, S., & Kawashima, R. (2014). Irony comprehension: Social conceptual knowledge and emotional response. *Human Brain Mapping*, 35, 1167-1178. doi:10.1002/hbm.22242
- Amenta, S., & Balconi, M. (2008). Understanding irony: an ERP analysis on the elaboration of acoustic ironic statements. *Neuropsychological Trends*, 37-27.
- Anaki, D., Faust, M., & Kravetz, S. (1998). Cerebral hemispheric asymmetries in processing lexical metaphors. *Neuropsychologia*, 36(4), 353-362. doi:10.1016/S0028-3932(97)00110-3
- Anolli, L., Ciceri, R., & Infantino, M. G. (2002). From « Blame by Praise » to « Praise by Blame: » Analysis of Vocal Patterns in Ironic Communication. *International Journal of Psychology*, 37(June), 266-276. doi:10.1080/00207590244000106
- Ariel, M. (2002). The demise of a unique concept of literal meaning. *Journal of Pragmatics*, 34(4), 361-402. doi:10.1016/S0378-2166(01)00043-1
- Aristote, *Poétique*, Traduit par Magnien, M. (1990) Le livre de poche classique.
- Arzouan, Y., Goldstein, A., & Faust, M. (2007a). Brainwaves are stethoscopes: ERP correlates of novel metaphor comprehension. *Brain Research*, 1160, 69-81. doi:10.1016/j.brainres.2007.05.034
- Arzouan, Y., Goldstein, A., & Faust, M. (2007b). Dynamics of hemispheric activity during metaphor comprehension: Electrophysiological measures. *NeuroImage*, 36(1), 222-231. doi:10.1016/j.neuroimage.2007.02.015
- Attardo, S. (2000a). Irony as relevant inappropriateness. *Journal of Pragmatics*, 32(6), 793-826. doi:10.1016/S0378-2166(99)00070-3

- Attardo, S. (2000b). Irony markers and functions: Towards a goal-oriented theory of irony and its processing. *Rask*, 45, 3-20.
- Attardo, S. (2002). Humor and irony in interaction: From mode adoption to failure of detection. Dans L. Anolli, R. Ciceri, & G. Riva (Éd.), *Say not to say* (p. 165-185). Amsterdam, Netherlands, Netherlands: IOS Press.
- Attardo, S. (2013). Intentionality and irony. Dans L. Ruiz Gurillo & M. Alvarado Ortega (Éd.), *Irony and Humor: From pragmatics to discourse* (p. 39-58). John Benjamins Publishing Company. doi:10.1075/pbns.231.04att
- Attardo, S., Eisterhold, J., Hay, J., & Poggi, I. (2003). Multimodal markers of irony and sarcasm. *Humor - International Journal of Humor Research*, 16(2), 243-260. doi:10.1515/humr.2003.012
- Balconi, M., & Amenta, S. (2010). « A fighter is a lion » Neuropsychological indexes in comprehending frozen metaphors. *Journal of Pragmatics*, 42(12), 3246-3257. doi:10.1016/j.pragma.2010.06.016
- Bambini, V., Bertini, C., Schaeken, W., Stella, A., & Di Russo, F. (2016). Disentangling Metaphor from Context: An ERP Study. *Frontiers in Psychology*, 7(May), 1-14. doi:10.3389/fpsyg.2016.00559
- Bambini, V., Gentili, C., Ricciardi, E., Bertinetto, P. M., & Pietrini, P. (2011). Decomposing metaphor processing at the cognitive and neural level through functional magnetic resonance imaging. *Brain Research Bulletin*, 86(3-4), 203-216. doi:10.1016/j.brainresbull.2011.07.015
- Baron-Cohen, S., Wheelwright, S., Skinner, R., Martin, J., & Clubley, E. (2001). The Autism-Spectrum Quotient (AQ): Evidence from Asperger Syndrome/High-Functioning Autism, Males and Females, Scientists and Mathematicians. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 31(1), 5-17. doi:10.1023/A:1005653411471
- Barsalou, L. W. (2008). Grounded cognition. *Annual review of psychology*, 59, 617-645. doi:10.1146/annurev.psych.59.103006.093639
- Barsalou, L. W. (2010). Grounded Cognition: Past, Present, and Future. *Topics in Cognitive Science*, 2(4), 716-724. doi:10.1111/j.1756-8765.2010.01115.x
- Bartolo, A., Benuzzi, F., Nocetti, L., Baraldi, P. et Nichelli, P. (2006). Humor comprehension and appreciation: an fMRI study. *Journal of cognitive neuroscience*, 18(11), 1789-1798. doi:10.1162/jocn.2006.18.11.1789

- Beaty, R. E. et Silvia, P. J. (2012). Metaphorically speaking: cognitive abilities and the production of figurative language. *Memory & Cognition*, 41(2), 255-67. doi:10.3758/s13421-012-0258-5
- Beeman, M. J., & Chiarello, C. (1998). Complementary Right- and Left-Hemisphere Language Comprehension. *Current Directions in Psychological Science*, 7(1), 2-8. doi:10.1111/1467-8721.ep11521805
- Bekinschtein, T. A, Davis, M. H., Rodd, J. M., & Owen, A. M. (2011). Why clowns taste funny: the relationship between humor and semantic ambiguity. *The Journal of neuroscience : the official journal of the Society for Neuroscience*, 31(26), 9665-9671. doi:10.1523/JNEUROSCI.5058-10.2011
- Benedek, M., Beaty, R., Jauk, E., Koschutnig, K., Fink, A., Silvia, P. J., ... Neubauer, A. C. (2014). Creating metaphors: The neural basis of figurative language production. *NeuroImage*, 90, 99-106. doi:10.1016/j.neuroimage.2013.12.046
- Bergen, B., & Wheeler, K. (2010). Grammatical aspect and mental simulation. *Brain and Language*, 112(3), 150-158. doi:10.1016/j.bandl.2009.07.002
- Berns, G. S. (2004). Something funny happened to reward. *Trends in Cognitive Sciences*, 8(5), 193-194. doi:10.1016/j.tics.2004.03.007
- Best, C. S., Moffat, V. J., Power, M. J., Owens, D. G. C., & Johnstone, E. C. (2008). The boundaries of the cognitive phenotype of autism: Theory of mind, central coherence and ambiguous figure perception in young people with autistic traits. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 38(5), 840-847. doi:10.1007/s10803-007-0451-8
- Binder, J. R., & Desai, R. H. (2011). The neurobiology of semantic memory. *Trends in Cognitive Sciences*, 15(11), 527-536. doi:10.1016/j.tics.2011.10.001
- Binder, J. R., Desai, R. H., Graves, W. W., & Conant, L. L. (2009). Where is the semantic system? A critical review and meta-analysis of 120 functional neuroimaging studies. *Cerebral Cortex*, 19(12), 2767-2796. doi:10.1093/cercor/bhp055
- Blasko, D. G., & Connine, C. (1993). Effects of familiarity and aptness on metaphor processing. *Journal of experimental psychology. Learning, memory, and cognition*, 19(2), 295-308. doi:10.1037/0278-7393.19.2.295
- Bohrn, I. C., Altmann, U., & Jacobs, A. M. (2012). Looking at the brains behind figurative language-A quantitative meta-analysis of neuroimaging studies on metaphor, idiom, and irony processing. *Neuropsychologia*, 50(11), 2669-2683. doi:10.1016/j.neuropsychologia.2012.07.021

- Bonner, M. F., Peelle, J. E., Cook, P. A. et Grossman, M. (2013). Heteromodal conceptual processing in the angular gyrus. *NeuroImage*, *71*, 175-186. doi:10.1016/j.neuroimage.2013.01.006
- Bowlde, B. F., & Gentner, D. (2005). The Career of Metaphor. *Psychological Review*, *112*(1), 193-216. doi:10.1037/0033-295X.112.1.193
- Braver, T. S., Barch, D. M., Keys, B. A., Carter, C. S., Cohen, J. D., Kaye, J. A., ... Reed, B. R. (2001). Context processing in older adults: evidence for a theory relating cognitive control to neurobiology in healthy aging. *Journal of Experimental Psychology. General*, *130*(4), 746-763.
- Briner, S. W., Joss, L. M., & Virtue, S. (2011). Hemispheric processing of sarcastic text. *Journal of Neurolinguistics*, *24*(4), 466-475.
- Brisard, F., Frisson, S., & Sandra, D. (2001). Processing Unfamiliar Metaphors in a Self-Paced Reading Task. *Metaphor and Symbol*, *16*(1979), 87-108. doi:10.1207/S15327868MS1601&2_7
- Brouwer, H., Fitz, H., & Hoeks, J. (2012). Getting real about Semantic Illusions: Rethinking the functional role of the P600 in language comprehension. *Brain Research*, *1446*, 127-143. doi:10.1016/j.brainres.2012.01.055
- Bruntsch, R., Hofmann, J., & Ruch, W. (2016). Virgin soil in irony research: Personality, humor, and the « sense of irony ». *Translational Issues in Psychological Science*, *2*(1), 25-34. doi:10.1037/tps0000054
- Bryant, G. a., & Fox Tree, J. E. (2005). Is there an ironic tone of voice? *Language and speech*, *48*(Pt 3), 257-277. doi:10.1177/00238309050480030101
- Bryant, G. a., & Fox Tree, J. E. (2002). Recognizing Verbal Irony in Spontaneous Speech. *Metaphor and Symbol*, *17*(2), 99-119. doi:10.1207/S15327868MS1702_2
- Burgers, C., van Mulken, M., & Schellens, P. J. (2012). Type of evaluation and marking of irony: The role of perceived complexity and comprehension. *Journal of Pragmatics*, *44*(3), 231-242. doi:10.1016/j.pragma.2011.11.003
- Caillies, S., & Declercq, C. (2011). Kill the Song-Steal the Show: What Does Distinguish Predicative Metaphors From Decomposable Idioms? *Journal of Psycholinguistic Research*, *40*(3), 205-223. doi:10.1007/s10936-010-9165-8
- Caillies, S., Hody, A., & Calmus, A. (2012). Theory of mind and irony comprehension in children with cerebral palsy. *Research in Developmental Disabilities*, *33*, 1380-1388. doi:10.1016/j.ridd.2012.03.012

- Calmus, A., & Caillies, S. (2014). Verbal irony processing: how do contrast and humour correlate? *International journal of psychology: Journal internationale de psychologie*, 49(1), 46-50. doi:10.1002/ijop.12003
- Cameron L. (2002). Metaphors in the Learning of Science: a discourse focus. *British Educational Research Journal*, 28(5), 673-688. doi:10.1080/014119202200001553
- Cameron, L. (2008). Metaphor and Talk. Dans R. J. Gibbs, R. J. Gibbs (Éd.). *The Cambridge handbook of metaphor and thought* (pp. 197-211). New York, NY, US : Cambridge University Press. doi:10.1017/CBO9780511816802.013
- Campbell, J. D., & Katz, A. N. (2012). Are There Necessary Conditions for Inducing a Sense of Sarcastic Irony? *Discourse Processes*, 49(6), 459-480. doi:10.1080/0163853X.2012.687863
- Capelli, C. A., Nakagawa, N., & Madden, C. M. (1990). How Children Understand Sarcasm : The Role of Context and Intonation. *Child Development*, 61(6), 1824-1841. doi:10.1111/1467-8624.ep9103040642
- Cardillo, E. R., Watson, C. E., Schmidt, G. L., Kranjec, A., & Chatterjee, A. (2012). From novel to familiar: Tuning the brain for metaphors. *NeuroImage*, 59(4), 3212-3221. doi:10.1016/j.neuroimage.2011.11.079
- Carriedo, N., Corral, A., Montoro, P. R., Herrero, L., Ballestrino, P., & Sebastián, I. (2016). The Development of Metaphor Comprehension and Its Relationship with Relational Verbal Reasoning and Executive Function. *Plos One*, 11(3), e0150289. doi:10.1371/journal.pone.0150289
- Carroll, J. B. (1993). *Human cognitive abilities: A survey of factor-analytic studies*. New York, NY, US : Cambridge University Press. doi:10.1017/CBO9780511571312
- Cavanna, A. E. et Trimble, M. R. (2006). The precuneus: A review of its functional anatomy and behavioural correlates. *Brain*, 129(Pt 3), 564-583. doi:10.1093/brain/awl004
- Champagne-Lavau, M., & Charest, A. (2015). Theory of Mind and Context Processing in Schizophrenia: The Role of Social Knowledge. *Frontiers in psychiatry*, 6, 98. doi:10.3389/fpsy.2015.00098
- Champagne-Lavau, M., Charest, A., Anselmo, K., Rodriguez, J. P., & Blouin, G. (2012). Theory of mind and context processing in schizophrenia: The role of cognitive flexibility. *Psychiatry Research*, 200(2-3), 184-192. doi:10.1016/j.psychres.2012.06.011
- Champagne-Lavau, M., Desautels, M. C., & Joanne, Y. (2010). Lateralization of irony processing. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 6, 59-60. doi:10.1016/j.sbspro.2010.08.030

- Chan, Y. C., Chou, T. L., Chen, H. C., & Liang, K. C. (2012). Segregating the comprehension and elaboration processing of verbal jokes: An fMRI study. *NeuroImage*, *61*(4), 899-906. doi:10.1016/j.neuroimage.2012.03.052
- Channon, S., Pellijeff, A., & Rule, A. (2005). Social cognition after head injury: Sarcasm and theory of mind. *Brain and Language*, *93*, 123-134. doi:10.1016/j.bandl.2004.09.002
- Channon, S., & Watts, M. (2003). Pragmatic language interpretation after closed head injury: relationship to executive functioning. *Cognitive neuropsychiatry*, *8*(4), 243-260. doi:10.1080/135468000344000002
- Chen, E., Widick, P., & Chatterjee, A. (2008). Functional-anatomical organization of predicate metaphor processing. *Brain and Language*, *107*(3), 194-202. doi:10.1016/j.bandl.2008.06.007
- Chevallier, C., Kohls, G., Troiani, V., Brodtkin, E. S. et Schultz, R. T. (2012). The social motivation theory of autism. *Trends in Cognitive Sciences*, *16*(4), 231-238. doi:10.1016/j.tics.2012.02.007
- Chiappe, D. L., & Chiappe, P. (2007). The role of working memory in metaphor production and comprehension. *Journal of Memory and Language*, *56*(2), 172-188. doi:10.1016/j.jml.2006.11.006
- Chiarello, C. (2003). Parallel systems for processing language: Hemispheric complementarity in the normal brain. Dans *Mind brain and language Multidisciplinary perspectives* (p. 229-250). doi:10.4324/9781410609182
- Clark, H. H., & Gerrig, R. J. (1984). On the pretense theory of irony. *Journal of experimental psychology. General*, *113*(1), 121-126. doi:10.1037/0096-3445.113.1.121
- Climie, E. A., & Pexman, P. M. (2008). Eye Gaze Provides a Window on Children's Understanding of Verbal Irony. *Journal of Cognition and Development*, *9*(3), 257-285. doi:10.1080/15248370802247939
- Colston, H. L. (1997). Salting a wound or sugaring a pill: The pragmatic functions of ironic criticism. *Discourse Processes*, *23*(1), 25-45. doi:10.1080/01638539709544980
- Colston, H. L. (2002). Contrast and assimilation in verbal irony. *Journal of Pragmatics*, *34*(2), 111-142. doi:10.1016/S0378-2166(02)80008-X
- Colston, H. L. (2015). *Using Figurative Language*. Cambridge: Cambridge University Press. doi:10.1017/CBO9781316226414
- Colston, H. L., & Gibbs, R. W. (2002). Are Irony and Metaphor Understood Differently? *Metaphor and Symbol*, *17*(1), 57-80. doi:10.1207/S15327868MS1701_5

- Colston, H. L., & Lee, S. Y. (2004). Gender Differences in Verbal Irony Use. *Metaphor and Symbol, 19*(4), 289-306. doi:10.1207/s15327868ms1904_3
- Colston, H. L., & O'Brien, J. (2000a). Contrast and pragmatics in figurative language: Anything understatement can do, irony can do better. *Journal of Pragmatics, 32*(11), 1557-1583. doi:10.1016/S0378-2166(99)00110-1
- Colston, H. L., & O'Brien, J. (2000b). Contrast of Kind Versus Contrast of Magnitude: The Pragmatic Accomplishments of Irony and Hyperbole. *Discourse Processes, 30*(2), 179-199. doi:10.1207/S15326950DP3002_05
- Columbus, G., Sheikh, N. a., Côté-Lecaldare, M., Häuser, K., Baum, S. R., & Titone, D. (2015). Individual differences in executive control relate to metaphor processing: an eye movement study of sentence reading. *Frontiers in Human Neuroscience, 8*(January), 1-12. doi:10.3389/fnhum.2014.01057
- Cornejo, C., Simonetti, F., Aldunate, N., Ibáñez, A., López, V., & Melloni, L. (2007). Electrophysiological evidence of different interpretative strategies in irony comprehension. *Journal of Psycholinguistic Research, 36*(6), 411-430. doi:10.1007/s10936-007-9052-0
- Coulson, S., & Van Petten, C. (2002). Conceptual integration and metaphor: an event-related potential study. *Memory & cognition, 30*(6), 958-968. doi:10.3758/BF03195780
- Cox, A., Kohls, G., Naples, A. J., Mukerji, C. E., Coffman, M. C., Rutherford, H. J. V, ... McPartland, J. C. (2015). Diminished social reward anticipation in the broad autism phenotype as revealed by event-related brain potentials. *Social Cognitive and Affective Neuroscience, 10*(10), 1357-1364. doi:10.1093/scan/nsv024
- Creusere, M. (2000). A Developmental Test of Theoretical Perspectives on the Understanding of Verbal Irony: Children's Recognition of Allusion and Pragmatic Insincerity. *Metaphor and Symbol, 15*(1984), 29-45. doi:10.1207/S15327868MS151&2_3
- Davenport, T., & Coulson, S. (2011). Predictability and novelty in literal language comprehension: An ERP study. *Brain Research, 1418*, 70-82. doi:10.1016/j.brainres.2011.07.039
- De Grauwe, S., Swain, A., Holcomb, P. J., Ditman, T., & Kuperberg, G. R. (2010). Electrophysiological insights into the processing of nominal metaphors. *Neuropsychologia, 48*(7), 1965-1984. doi:10.1016/j.neuropsychologia.2010.03.017
- Del Goleto, S., Kostova, M., & Blanchet, A. (2016). Impaired context processing during irony comprehension in schizotypy: An ERPs study. *International Journal of Psychophysiology,*

- 105, 17-25. doi:10.1016/j.ijpsycho.2016.04.009
- Desai, R. H., Binder, J. R., Conant, L. L., Mano, Q. R., & Seidenberg, M. S. (2011). The neural career of sensory-motor metaphors. *Journal of cognitive neuroscience*, 23(9), 2376-2386. doi:10.1162/jocn.2010.21596
- Desai, R. H., Conant, L. L., Binder, J. R., Park, H., & Seidenberg, M. S. (2013). A piece of the action: Modulation of sensory-motor regions by action idioms and metaphors. *NeuroImage*, 83, 862-869. doi:10.1016/j.neuroimage.2013.07.044
- Dews, S., Kaplan, J., & Winner, E. (1995). Why not say it directly? The social functions of irony. *Discourse Processes*, 19(3), 347-367. doi:10.1080/01638539509544922
- Dews, S., & Winner, E. (1995). Muting the Meaning A Social Function of Irony. *Metaphor and Symbolic Activity*, 10(1), 3-19. doi:10.1207/s15327868ms1001_2
- Diaz, M. T., Barrett, K. T., & Hogstrom, L. J. (2011). The influence of sentence novelty and figurativeness on brain activity. *Neuropsychologia*, 49(3), 320-330. doi:10.1016/j.neuropsychologia.2010.12.004
- Diaz, M. T., & Hogstrom, L. J. (2011). The Influence of Context on Hemispheric Recruitment during Metaphor Processing. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 23(11), 3586-3597. doi:10.1162/jocn_a_00053
- Dudschig, C., de la Vega, I., De Filippis, M., & Kaup, B. (2014). Language and vertical space: On the automaticity of language action interconnections. *Cortex*, 58, 151-160. doi:10.1016/j.cortex.2014.06.003
- Duvignau, K. (2003). Métaphore verbale et approximation. *Revue d'Intelligence Artificielle*, 17(5/6), 869-881.
- Duvignau, K. (2008). Acquisition du lexique verbal par proximité sémantique: Premiers pas avec les troubles spécifiques du langage oral et ouverture sur la dyslexie. *ANAE - Approche Neuropsychologique des Apprentissages chez l'Enfant*, 20, 65-70.
- Eviatar, Z., & Just, M. A. (2006). Brain correlates of discourse processing: An fMRI investigation of irony and conventional metaphor comprehension. *Neuropsychologia*, 44(12), 2348-2359. doi:10.1016/j.neuropsychologia.2006.05.007
- Faust, M., & Lavidor, M. (2003). Semantically convergent and semantically divergent priming in the cerebral hemispheres: Lexical decision and semantic judgment. *Cognitive Brain Research*, 17(3), 585-597. doi:10.1016/S0926-6410(03)00172-1
- Faust, M., & Mashal, N. (2007). The role of the right cerebral hemisphere in processing novel metaphoric expressions taken from poetry: A divided visual field study.

- Neuropsychologia*, 45(4), 860-870. doi:10.1016/j.neuropsychologia.2006.08.010
- Federmeier, K. D., Wlotko, E. W., De Ochoa-Dewald, E., & Kutas, M. (2007). Multiple effects of sentential constraint on word processing. *Brain Research*, 1146(1), 75-84. doi:10.1016/j.brainres.2006.06.101
- Ferstl, E. C., Neumann, J., Bogler, C., & Von Cramon, D. Y. (2008). The extended language network: A meta-analysis of neuroimaging studies on text comprehension. *Human Brain Mapping*, 29(5), 581-593. doi:10.1002/hbm.20422
- Filik, R., Leuthold, H., Wallington, K., & Page, J. (2014). Testing theories of irony processing using eye-tracking and ERPs. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 40(0), 811-828. doi:10.1037/a0035658
- Filik, R., & Moxey, L. M. (2010). The on-line processing of written irony. *Cognition*, 116(3), 421-436. doi:10.1016/j.cognition.2010.06.005
- Filippova, E., & Astington, J. W. (2008). Further development in social reasoning revealed in discourse irony understanding. *Child Development*, 79(1), 126-138. doi:10.1111/j.1467-8624.2007.01115.x
- Filippova, E., & Astington, J. W. (2010). Children's understanding of social-cognitive and social-communicative aspects of Discourse Irony. *Child Development*, 81(3), 913-928. doi:10.1111/j.1467-8624.2010.01442.x
- Forgács, B., Lukács, Á., & Pléh, C. (2014). Lateralized processing of novel metaphors: Disentangling figurativeness and novelty. *Neuropsychologia*, 56(1), 101-109. doi:10.1016/j.neuropsychologia.2014.01.003
- Franquart-Declercq, C. (2000). *Processus et représentations dans la compréhension des métaphores verbales : perspective générale et développementale* (Thèse).
- Friederici, A. D. (1995). The time course of syntactic activation during language processing: a model based on neuropsychological and neurophysiological data. *Brain and language*. doi:10.1006/brln.1995.1048
- Friederici, A. D. (2002). Towards a neural basis of auditory sentence processing. *Trends in Cognitive Sciences*, 6(2), 78-84. doi:10.1016/S1364-6613(00)01839-8
- Frith, U., & Frith, C. D. (2003). Development and neurophysiology of mentalizing. *Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences*, 358(1431), 459-73. doi:10.1098/rstb.2002.1218

- Frühholz, S., Ceravolo, L. et Grandjean, D. (2012). Specific brain networks during explicit and implicit decoding of emotional prosody. *Cerebral Cortex*, 22(5), 1107-1117. doi:10.1093/cercor/bhr184
- Frühholz, S. et Grandjean, D. (2013). Processing of emotional vocalizations in bilateral inferior frontal cortex. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 37(10), 2847-2855. doi:10.1016/j.neubiorev.2013.10.007
- Garmendia, J. (2014). The Clash: Humor and critical attitude in verbal irony. *Humor*, 27(4), 641-659. doi:10.1515/humor-2014-0094
- Geschwind, N. (1970). The organization of language and the brain. *Science*, 170(961), 940-944. doi:10.1126/science.170.3961.940
- Gibbs, R. W. (1986). On the psycholinguistics of sarcasm. *Journal of Experimental Psychology: General*, 115(1), 3-15. doi:10.1037/0096-3445.115.1.3
- Gibbs, R. W. (1994). *The poetics of mind: Figurative thought, language, and understanding*. New York, NY, US, NY, US: Cambridge University Press.
- Gibbs, R. W. (2000). Irony in Talk Among Friends. *Metaphor and Symbol*, 15, 5-27. doi:10.1207/S15327868MS151&2_2
- Gibbs, R. W. (2001). Evaluating Contemporary Models of Figurative Language Understanding. *Metaphor and Symbol*, 16(3-4), 317-333. doi:10.1207/S15327868MS1603&4_10
- Gibbs, R. W. (2002). A new look at literal meaning in understanding what is said and implicated. *Journal of Pragmatics*, 34(4), 457-486. doi:10.1016/S0378-2166(01)00046-7
- Gibbs, R. W. (2008). *The Cambridge Handbook of Metaphor and Thought*. New York, NY, US: Cambridge University Press. doi:10.1017/CBO9780511816802
- Gibbs, R. W. (2011). Evaluating Conceptual Metaphor Theory. *Discourse Processes*, 48(8), 529-562. doi:10.1080/0163853X.2011.606103
- Gibbs, R. W. (2012). Are ironic acts deliberate? *Journal of Pragmatics*, 44(1), 104-115. doi:10.1016/j.pragma.2011.11.001
- Gibbs, R. W. (2013). Does Conceptual Metaphor Emerge from Metaphoric Language. *Journal of Cognitive Science*, 14(3), 229-334.
- Gibbs, R. W., & Bogdonovich, J. (1999). Mental Imagery in Interpreting Poetic Metaphor. *Metaphor and Symbol*, 14(1), 37-54. doi:10.1207/s15327868ms1401_4
- Gibbs, R. W., Bryant, G. a. et Colston, H. L. (2014). Where is the humor in verbal irony? *Humor*, 27(4), 575-595. doi:10.1515/humor-2014-0106
- Gibbs, R. W., & Colston, H. L. (2002). The risks and rewards of ironic communication. Dans L.

- Anolli, R. Ciceri, G. Riva, L. Anolli, R. Ciceri, G. Riva (Eds.) , *Say not to say: New perspectives on miscommunication* (pp. 181-194). Amsterdam, Netherlands: IOS Press.
- Gibbs, R. J., & Colston, H. L. (2007). *Irony in language and thought: A cognitive science reader*. Mahwah, NJ, US: Lawrence Erlbaum Associates Publishers.
- Gibbs, R. W., & Colston, H. L. (2012). *Interpreting figurative meaning. Interpreting figurative meaning*. New York, NY US: Cambridge University Press.
- Gibbs, R. W., Gould, J. J., & Andric, M. (2005). Imagining metaphorical actions: Embodied simulations make the impossible plausible. *Imagination, Cognition and Personality*, 25(3), 221-238. doi:10.2190/97MK-44MV-1UUF-T5CR
- Giora, R. (1995). On irony and negation. *Discourse Processes*, 19(2), 239-264. doi:10.1080/01638539509544916
- Giora, R. (1997). Understanding figurative and literal language: The graded salience hypothesis. *Cognitive Linguistics*, 8(3), 183-206. doi:10.1515/cogl.1997.8.3.183
- Giora, R. (1999). On the priority of salient meanings: Studies of literal and figurative language. *Journal of Pragmatics*, 31(7), 919-929. doi:10.1016/S0378-2166(98)00100-3
- Giora, R. (2002). Literal vs. figurative language: Different or equal? *Journal of Pragmatics*, 34(4), 487-506. doi:10.1016/S0378-2166(01)00045-5
- Giora, R. (2003). *On our mind: Salience, context, and figurative language. Language in Society* (Vol. 34). New York, NY, US, NY, US: Oxford University Press. doi:10.1017/S0047404505280119
- Giora, R., Federman, S., Kehat, A., Fein, O., & Sabah, H. (2005). Irony aptness. *Humor - International Journal of Humor Research*, 18(1), 23-39. doi:10.1515/humr.2005.18.1.23
- Giora, R., & Fein, O. (1999a). Irony: Context and Salience. *Metaphor and Symbol*, 14(4), 241-257. doi:10.1207/S15327868MS1404_1
- Giora, R., & Fein, O. (1999b). On understanding familiar and less-familiar figurative language. *Journal of Pragmatics*, 31(12), 1601-1618. doi:10.1016/S0378-2166(99)00006-5
- Giora, R., Fein, O., Laadan, D., Wolfson, J., Zeituny, M., Kidron, R., ... Shaham, R. (2007). Expecting Irony: Context Versus Salience-Based Effects. *Metaphor and Symbol*, 22(2), 119-146. doi:10.1080/10926480701235346
- Giora, R., Fein, O., & Schwartz, T. (1998). Irony: Graded Salience and Indirect Negation. *Metaphor and Symbol*, 13(2), 83-101. doi:10.1207/s15327868ms1302_1
- Giora, R., Zaidel, E., Soroker, N., Batori, G., & Kasher, A. (2000). Differential Effects of Right- and Left-Hemisphere Damage on Understanding Sarcasm and Metaphor. *Metaphor and*

- Symbol*, 15(1), 63-83. doi:10.1207/S15327868MS151&2_5
- Glenberg, A. M., Sato, M., Cattaneo, L., Riggio, L., Palumbo, D., & Buccino, G. (2008). Processing abstract language modulates motor system activity. *Quarterly journal of experimental psychology (2006)*, 61(6), 905-919. doi:10.1080/17470210701625550
- Glenwright, M., & Agbayewa, A. S. (2012). Older children and adolescents with high-functioning autism spectrum disorders can comprehend verbal irony in computer-mediated communication. *Research in Autism Spectrum Disorders*, 6(2), 628-638. doi:10.1016/j.rasd.2011.09.013
- Glucksberg, S. (2001). *Understanding figurative language: From metaphors to idioms*. New York, NY, US: Oxford University Press. doi:10.1093/acprof:oso/9780195111095.001.0001
- Glucksberg, S. (2003). The psycholinguistics of metaphor. *Trends in Cognitive Sciences*, 7(2), 92-96. doi:10.1016/S1364-6613(02)00040-2
- Glucksberg, S., Gildea, P., & Bookin, H. B. (1982). On understanding nonliteral speech: Can people ignore metaphors? *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 21(1), 85-98. doi:10.1016/S0022-5371(82)90467-4
- Glucksberg, S., & Haught, C. (2006). On the relation between metaphor and simile: When comparison fails. *Mind and Language*, 21(3), 360-378. doi:10.1111/j.1468-0017.2006.00282.x
- Glucksberg, S., Newsome, M., & Goldvarg, Y. (2001). Inhibition of the Literal: Filtering Metaphor-Irrelevant Information During Metaphor Comprehension. *Metaphor and Symbol*, 16(3-4), 277-293. doi:10.1207/S15327868MS1603&4_8
- Gold, R., & Faust, M. (2012). Metaphor Comprehension in Persons with Asperger's Syndrome: Systemized versus Non-Systemized Semantic Processing. *Metaphor and Symbol*, 27(1), 55-69. doi:10.1080/10926488.2012.638826
- Gold, R., Faust, M., & Goldstein, A. (2010). Semantic integration during metaphor comprehension in Asperger syndrome. *Brain and Language*, 113(3), 124-134. doi:10.1016/j.bandl.2010.03.002
- Goldstein, A., Arzouan, Y., & Faust, M. (2012). Killing a novel metaphor and reviving a dead one: ERP correlates of metaphor conventionalization. *Brain and Language*, 123(2), 137-142. doi:10.1016/j.bandl.2012.09.008
- Grice, P. (1975). Logic and conversation. Dans *Syntax and Semantics* (p. 41-58).
- Grice, P. (1989). *Studies in the Way of Words*. Harvard University Press.

- Guo, X., Li, F., Yang, Z. et Dienes, Z. (2013). Bidirectional Transfer between Metaphorical Related Domains in Implicit Learning of Form-Meaning Connections. *PLoS ONE*, 8(7), 1-10. doi:10.1371/journal.pone.0068100
- Hagoort, P. (2003). How the brain solves the binding problem for language: A neurocomputational model of syntactic processing. *NeuroImage*, 20(SUPPL. 1), 18-29. doi:10.1016/j.neuroimage.2003.09.013
- Hancock, J. T., Dunham, P. J., & Purdy, K. (2007). Children's comprehension of critical and complimentary forms of verbal irony. Dans R. J. Gibbs, H. L. Colston, R. J. Gibbs, H. L. Colston (Eds.) , *Irony in language and thought: A cognitive science reader* (pp. 425-445). Mahwah, NJ, US: Lawrence Erlbaum Associates Publishers.
- Harris, M., & Pexman, P. M. (2003). Children's Perceptions of the Social Functions of Verbal Irony. *Discourse Processes*, 36(3), 147-165. doi:10.1207/S15326950DP3603_1
- Inhoff, A. W., Lima, S. D., & Carroll, P. J. (1985). Contextual effects on metaphor comprehension in reading. *Memory & Cognition*, 12(6), 558-567. doi:10.3758/BF03213344
- Ivanko, S. L., & Pexman, P. M. (2003). Context Incongruity and Irony Processing. *Discourse Processes*, 35(3), 241-279. doi:10.1207/S15326950DP3503_2
- Jones, J., & Stone, C. A. (1989). Metaphor comprehension by language learning disabled and normally achieving adolescent boys. *Learning Disability Quarterly*, 12(4), 251-260. doi:10.2307/1510208
- Jorgensen, J., Miller, G. A., & Sperber, D. (1984). Test of the mention theory of irony. *Journal of Experimental Psychology: General*, 113(1), 112-120. doi:10.1037/0096-3445.113.1.112
- Jung-Beeman, M. (2005). Bilateral brain processes for comprehending natural language. *Trends in Cognitive Sciences*, 9(11), 512-518. doi:10.1016/j.tics.2005.09.009
- Kaan, E., Harris, A., Gibson, E., & Holcomb, P. (2000). The P600 as an index of syntactic integration difficulty. *Language and Cognitive Processes*, 15(2), 159-201. doi:10.1080/016909600386084
- Kaplan, J. a, Brownell, H. H., Jacobs, J. R., & Gardner, H. (1990). The effects of right hemisphere damage on the pragmatic interpretation of conversational remarks. *Brain and language*, 38(2), 315-333. doi:10.1016/0093-934X(90)90117-Y
- Kazmerski, V. A, Blasko, D. G., & Dessalegn, B. G. (2003). ERP and behavioral evidence of individual differences in metaphor comprehension. *Memory & cognition*, 31(5), 673-689.

doi:10.3758/BF03196107

- Keenan, T. R., & Quigley, K. (1999). Do young children use echoic information in their comprehension of sarcastic speech? A test of echoic mention theory. *British Journal of Developmental Psychology*, *17*, 83-96. doi:10.1348/026151099165168
- Kim, S. Il, Yoon, M., Kim, W., Lee, S., & Kang, E. (2012). Neural Correlates of Bridging Inferences and Coherence Processing. *Journal of Psycholinguistic Research*, *41*(4), 311-321. doi:10.1007/s10936-011-9185-z
- Kintsch, W. (2000). Metaphor comprehension: a computational theory. *Psychonomic bulletin & review*, *7*(2), 257-266. doi:10.3758/BF03212981
- Kloosterman, P. H., Keefer, K. V., Kelley, E. A., Summerfeldt, L. J. et Parker, J. D. A. (2011). Evaluation of the factor structure of the Autism-Spectrum Quotient. *Personality and Individual Differences*, *50*(2), 310-314. doi:10.1016/j.paid.2010.10.015
- Kotthoff, H. (2003). Responding to irony in different contexts: On cognition in conversation. *Journal of Pragmatics*, *35*(9), 1387-1411. doi:10.1016/S0378-2166(02)00182-0
- Kreuz, R. J., Long, D. L., & Church, M. B. (1991). On Being Ironic: Pragmatic and Mnemonic Implications. *Metaphor and Symbolic Activity*, *6*(3), 149-162. doi:10.1207/s15327868ms0603_1
- Kreuz, R. J., & Roberts, R. M. (1993). The empirical study of figurative language in literature. *Poetics*, *22*(1-2), 151-169. doi:10.1016/0304-422X(93)90026-D
- Kumon-Nakamura, S., Glucksberg, S., & Brown, M. (2007). How about another piece of pie: The allusional pretense theory of discourse irony. Dans R. J. Gibbs, H. L. Colston, R. J. Gibbs, H. L. Colston (Eds.) , *Irony in language and thought: A cognitive science reader* (pp. 57-95). Mahwah, NJ, US: Lawrence Erlbaum Associates Publishers.
- Kuperberg, G. R. (2007). Neural mechanisms of language comprehension: Challenges to syntax. *Brain Research*, *1146*, 23-49. doi:10.1016/j.brainres.2006.12.063
- Kuperberg, G. R., Sitnikova, T., Caplan, D., & Holcomb, P. J. (2003). Electrophysiological distinctions in processing conceptual relationships within simple sentences. *Cognitive Brain Research*, *17*(1), 117-129. doi:10.1016/S0926-6410(03)00086-7
- Kutas, M., & Federmeier, K. D. (2000). Electrophysiology reveals semantic memory use in language comprehension. *Trends in Cognitive Sciences*. doi:10.1016/S1364-6613(00)01560-6
- 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

- Lai, V. T., Curran, T., & Menn, L. (2009). Comprehending conventional and novel metaphors: An ERP study. *Brain Research, 1284*, 145-155. doi:10.1016/j.brainres.2009.05.088
- Lai, V. T., van Dam, W., Conant, L. L., Binder, J. R., & Desai, R. H. (2015). Familiarity differentially affects right hemisphere contributions to processing metaphors and literals. *Frontiers in human neuroscience, 9*(February), 44. doi:10.3389/fnhum.2015.00044
- Lakoff, G. (2014). Mapping the brain's metaphor circuitry: metaphorical thought in everyday reason. *Frontiers in Human Neuroscience, 8*(December), 1-14. doi:10.3389/fnhum.2014.00958
- Lakoff, G., & Johnson, M. (1980). Conceptual metaphor in everyday language. *The Journal of Philosophy, 77*(8), 453-486. doi:10.2307/2025464
- Lamiroy, B. (1987). Les verbes de mouvement. Emplois figurés et extensions métaphoriques. *Langue Française, 76*(1), 41-58. doi:http://dx.doi.org/10.3406/lfr.1987.4730
- Landau, M. J., Meier, B. P., & Keefer, L. a. (2010). A metaphor-enriched social cognition. *Psychological bulletin, 136*(6), 1045-1067. doi:10.1037/a0020970
- Landauer, T. K., Dutnais, S. T., Anderson, R., Carroll, D., Fbltz, P., Pumas, G., ... Streeter, L. (1997). A Solution to Plato's Problem: The Latent Semantic Analysis Theory of Acquisition, Induction, and Representation of Knowledge. *Psychological Review, 1*(2), 211-240. doi:10.1037/0033-295X.104.2.211
- Le Ny, J.-F., & Franquart-Declercq, C. (2001). Flexibilité des significations, traits sémantiques et compréhension des métaphores verbales : Sémantique des verbes: Nouvelles approches. *Verbum, (4)*, 385-400.
- Le Ny, J.-F., & Franquart-Declercq, C. (2002). Signification des verbes, relations verbe/patient et congruence sémantique. *Le Langage et l'homme, 37*(2), 9-26.
- Le Sourn-Bissaoui, S., Caillies, S., Gierski, F., & Motte, J. (2009). Inference processing in adolescents with Asperger syndrome: Relationship with theory of mind abilities. *Research in Autism Spectrum Disorders, 3*(3), 797-808. doi:10.1016/j.rasd.2009.03.003
- Lee, C. J., & Katz, A. N. (1998). The Differential Role of Ridicule in Sarcasm and Irony. *Metaphor and Symbol, 13*(1), 1-15. doi:10.1207/s15327868ms1301_1
- Lee, S. S., & Dapretto, M. (2006). Metaphorical vs. literal word meanings: fMRI evidence against a selective role of the right hemisphere. *NeuroImage, 29*(2), 536-544. doi:10.1016/j.neuroimage.2005.08.003
- Leggitt, J. S., & Gibbs, R. W. (2000). Emotional Reactions to Verbal Irony. *Discourse Processes, 29*(1), 1-24. doi:10.1207/S15326950dp2901_1

- Li, F., Guo, X., Zhu, L., Yang, Z. et Dienes, Z. (2013). Implicit learning of mappings between forms and metaphorical meanings. *Consciousness and Cognition*, 22(1), 174-183. doi:10.1016/j.concog.2012.11.011
- Loffler-Laurian, A.-M. (1994). Réflexions sur la métaphore dans les discours scientifiques de vulgarisation. *Langue française*, 101(1), 72-79. doi:10.3406/lfr.1994.5844
- Lucariello, J. (1994). Situational irony: A concept of events gone awry. *Journal of Experimental Psychology: General*, 123(2), 129-145.
- MacKay, G., & Shaw, A. (2004). A comparative study of figurative language in children with autistic spectrum disorders. *Child Language Teaching and Therapy*, 20(1), 13-32. doi:10.1191/0265659004ct261oa
- Macnamara, B. N., Moore, A. B., & Conway, A. R. (2011). Phonological similarity effects in simple and complex span tasks. *Memory & Cognition*, 39(7), 1174-1186. doi:10.3758/s13421-011-0100-5
- Maguire, M. J., Abel, A. D., Schneider, J. M., Fitzhugh, A., McCord, J., & Jeevakumar, V. (2015). Electroencephalography theta differences between object nouns and action verbs when identifying semantic relations. *Language, Cognition and Neuroscience*, 3798(March), 1-11. doi:10.1080/23273798.2014.1000344
- Martin, R. A. (2007). *The psychology of humor: An integrative approach*. Martin, Rod A., Department of Psychology, University of Western Ontario, London, ON, Canada, N6A 5C2 : Elsevier.
- Martin, I., & McDonald, S. (2004). An exploration of causes of non-literal language problems in individuals with Asperger syndrome. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 34(3), 311-328. doi:10.1023/B:JADD.0000029553.52889.15
- Martin, R. A., Puhlik-Doris, P., Larsen, G., Gray, J. et Weir, K. (2003). Individual differences in uses of humor and their relation to psychological well-being: Development of the humor styles questionnaire. *Journal of Research in Personality*, 37(1), 48-75. doi:10.1016/S0092-6566(02)00534-2
- Mashal, N., & Faust, M. (2008). Right hemisphere sensitivity to novel metaphoric relations: Application of the signal detection theory. *Brain and Language*, 104(2), 103-112. doi:10.1016/j.bandl.2007.02.005
- Mashal, N., Faust, M., & Hendler, T. (2005). The role of the right hemisphere in processing nonsalient metaphorical meanings: Application of Principal Components Analysis to fMRI data. *Neuropsychologia*, 43(14), 2084-2100. doi:10.1016/j.neuropsychologia.2005.03.019

- Mashal, N., Faust, M., Hendler, T., & Jung-Beeman, M. (2007). An fMRI investigation of the neural correlates underlying the processing of novel metaphoric expressions. *Brain and Language*, *100*(2), 115-126. doi:10.1016/j.bandl.2005.10.005
- Mashal, N., Faust, M., Hendler, T., & Jung-Beeman, M. (2009). An fMRI study of processing novel metaphoric sentences. *Laterality*, *14*(1), 30-54. doi:10.1080/13576500802049433
- Mashal, N., & Kasirer, A. (2011). Thinking maps enhance metaphoric competence in children with autism and learning disabilities. *Research in Developmental Disabilities*, *32*(6), 2045-2054. doi:10.1016/j.ridd.2011.08.012
- Mashal, N., & Kasirer, A. (2012). The relationship between visual metaphor comprehension and recognition of similarities in children with learning disabilities. *Research in Developmental Disabilities*, *33*(6), 1741-1748. doi:10.1016/j.ridd.2012.04.015
- Mashal, N., Vishne, T. et Laor, N. (2014). The role of the precuneus in metaphor comprehension: evidence from an fMRI study in people with schizophrenia and healthy participants. *Frontiers in human neuroscience*, *8*(October), 818. doi:10.3389/fnhum.2014.00818
- Matsui, T., Nakamura, T., Utsumi, A., Sasaki, A. T., Koike, T., Yoshida, Y., ... Sadato, N. (2016). The role of prosody and context in sarcasm comprehension: behavioral and fMRI evidence. *Neuropsychologia*. doi:10.1016/j.neuropsychologia.2016.04.031
- Milanowicz, A. (2013). Irony as a Means of Perception Through Communication Channels. Emotions, Attitude and IQ Related to Irony Across Gender. *Psychology of Language and Communication*, *17*(2). doi:10.2478/plc-2013-0008
- Milosky, L. M., & Ford, J. A. (1997). The role of prosody in children's inferences of ironic intent. *Discourse Processes*, *23*(1), 47-61. doi:10.1080/01638539709544981
- Miyake, A., Friedman, N. P., Emerson, M. J., Witzki, a H., Howerter, A., & Wager, T. D. (2000). The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex « Frontal Lobe » tasks: a latent variable analysis. *Cognitive psychology*, *41*(1), 49-100. doi:10.1006/cogp.1999.0734
- Moran, J. M., Wig, G. S., Adams, R. B., Janata, P. et Kelley, W. M. (2004). Neural correlates of humor detection and appreciation. *NeuroImage*, *21*(5), 1055-1060. doi:10.1016/j.neuroimage.2003.10.017
- Morrone, I., Declercq, C., Novella, J.-L., & Besche, C. (2010). Aging and inhibition processes: the case of metaphor treatment. *Psychology and aging*, *25*(3), 697-701. doi:10.1037/a0019578
- Myers A, G. (2003). Discourse studies of scientific popularization: questioning the boundaries. *Discourse Studies*, *5*(2), 265-279. doi:10.1177/1461445603005002313

- Nicholson, A., Whalen, J. M., & Pexman, P. M. (2013). Children's processing of emotion in ironic language. *Frontiers in Psychology, 4*. doi:10.3389/fpsyg.2013.00691
- Olson, I. R., Plotzker, A., & Ezzyat, Y. (2007). The Enigmatic temporal pole: A review of findings on social and emotional processing. *Brain, 130*(7), 1718-1731. doi:10.1093/brain/awm052
- Ortony, A., Schallert, D. L., Reynolds, R. E., & Antos, S. J. (1978). Interpreting metaphors and idioms: Some effects of context on comprehension. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior, 17*, 465-477. doi:10.1016/S0022-5371(78)90283-9
- Peleg, O., Giora, R., & Fein, O. (2001). Salience and Context Effects: Two Are Better Than One. *Metaphor and Symbol, 16*(3-4), 173-192. doi:10.1207/S15327868MS1603&4_4
- Péran, P., Démonet, J. F., Cherubini, A., Carbebat, D., Caltagirone, C., & Sabatini, U. (2010). Mental representations of action: The neural correlates of the verbal and motor components. *Brain Research, 1328*, 89-103. doi:10.1016/j.brainres.2010.02.082
- Persicke, A., Tarbox, J., Ranick, J., & St. Clair, M. (2013). Teaching children with autism to detect and respond to sarcasm. *Research in Autism Spectrum Disorders, 7*(1), 193-198. doi:10.1016/j.rasd.2012.08.005
- Pexman, P. M. (2008). It's fascinating research: The cognition of verbal irony. *Current Directions in Psychological Science, 17*(4), 286-290. doi:10.1111/j.1467-8721.2008.00591.x
- Pexman, P. M., Ferretti, T. R., & Katz, A. N. (2000). Discourse Factors That Influence Online Reading of Metaphor and Irony. *Discourse Processes, 29*(3), 201-222. doi:10.1207/S15326950dp2903_2
- Pexman, P. M., Glenwright, M., Hala, S., Kowbel, S. L., & Jungen, S. (2006). Children's Use of Trait Information in Understanding Verbal Irony. *Metaphor and Symbol, 21*(1), 39-60. doi:10.1207/s15327868ms2101_3
- Pexman, P. M., Glenwright, M., Krol, A., & James, T. (2005). An Acquired Taste: Children's Perceptions of Humor and Teasing in Verbal Irony. *Discourse Processes, 40*(3), 259-288. doi:10.1207/s15326950dp4003_5
- Pexman, P. M., Rostad, K. R., McMorris, C. A., Climie, E. A., Stowkowy, J., & Glenwright, M. R. (2011). Processing of ironic language in children with high-functioning autism spectrum disorder. *Journal of Autism and Developmental Disorders, 41*, 1097-1112. doi:10.1007/s10803-010-1131-7
- Pexman, P. M., Whalen, J. M., & Green, J. J. (2010). Understanding Verbal Irony: Clues From

- Interpretation of Direct and Indirect Ironic Remarks. *Discourse Processes*, 47(3), 237-261. doi:10.1080/01638530902959901
- Pexman, P. M., & Zvaigzne, M. (2004). Does irony go better with friends? *Metaphor and Symbol*, 19(2), 143-163. doi:10.1207/s15327868ms1902
- Phillips, L. H., Allen, R., Bull, R., Hering, A., Kliegel, M., & Channon, S. (2015). Older Adults Have Difficulty in Decoding Sarcasm. *Developmental psychology*, (February 2016). doi:10.1037/dev0000063
- Pierce, R. S., MacLaren, R., & Chiappe, D. L. (2010). The role of working memory in the metaphor interference effect. *Psychonomic bulletin & review*, 17(3), 400-404. doi:10.3758/PBR.17.3.400
- Polich, J. (2012). Neuropsychology of P300. Dans *The Oxford Handbook of Event-Related Potential Components*. doi:10.1093/oxfordhb/9780195374148.013.0089
- Poljac, E., Poljac, E., & Wagemans, J. (2013). Reduced accuracy and sensitivity in the perception of emotional facial expressions in individuals with high autism spectrum traits. *Autism*, 17, 668-680. doi:10.1177/1362361312455703
- Prandi, M. (2002). La métaphore : de la définition à la typologie. *Langue française*, 134(1), 6-20. doi:10.3406/lfr.2002.6450
- Prat, C. S., Mason, R. A., & Just, M. A. (2011). Individual differences in the neural basis of causal inferencing. *Brain and Language*, 116(1), 1-13. doi:10.1016/j.bandl.2010.08.004
- Prat, C. S., Mason, R. A., & Just, M. A. (2012). An fMRI investigation of analogical mapping in metaphor comprehension: The influence of context and individual cognitive capacities on processing demands. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 38(2), 282-294. doi:10.1037/a0026037
- Pynte, J., Besson, M., Robichon, F. H., & Poli, J. (1996). The time-course of metaphor comprehension: an event-related potential study. *Brain and language*, 55(3), 293-316. doi:10.1006/brln.1996.0107
- Rapp, A. M., Leube, D. T., Erb, M., Grodd, W., & Kircher, T. T. (2004). Neural correlates of metaphor processing. *Cognitive Brain Research*, 20(3), 395-402. doi:10.1016/j.cogbrainres.2004.03.017
- Rapp, A. M., Leube, D. T., Erb, M., Grodd, W., & Kircher, T. T. (2007). Laterality in metaphor processing: Lack of evidence from functional magnetic resonance imaging for the right hemisphere theory. *Brain and Language*, 100(2), 142-149. doi:10.1016/j.bandl.2006.04.004

- Rapp, A. M., Mutschler, D. E., & Erb, M. (2012). Where in the brain is nonliteral language? A coordinate-based meta-analysis of functional magnetic resonance imaging studies. *NeuroImage*, *63*(1), 600-610. doi:10.1016/j.neuroimage.2012.06.022
- Rapp, A. M., Mutschler, D. E., Wild, B., Erb, M., Lengsfeld, I., Saur, R., & Grodd, W. (2010). Neural correlates of irony comprehension: The role of schizotypal personality traits. *Brain and Language*, *113*(1), 1-12. doi:10.1016/j.bandl.2009.11.007
- Reboul, A., & Moeschler, J. (1998). *La pragmatique aujourd'hui. Une nouvelle science de la communication*. Paris : Seuil.
- Regel, S., Coulson, S., & Gunter, T. C. (2010). The communicative style of a speaker can affect language comprehension? ERP evidence from the comprehension of irony. *Brain Research*, *1311*, 121-135. doi:10.1016/j.brainres.2009.10.077
- Regel, S., Gunter, T. C., & Friederici, A. D. (2011). Isn't it ironic? An electrophysiological exploration of figurative language processing. *Journal of cognitive neuroscience*, *23*(2), 277-293. doi:10.1162/jocn.2010.21411
- Regel, S., Meyer, L., & Gunter, T. C. (2014). Distinguishing neurocognitive processes reflected by P600 effects: Evidence from ERPs and neural oscillations. *PLoS ONE*, *9*(5), e96840. doi:10.1371/journal.pone.0096840
- Roberts, R. M., & Kreuz, R. J. (1994). Why Do People Use Figurative Language? *Psychological Science*, *5*, 159-163. doi:10.1111/j.1467-9280.1994.tb00653.x
- Rockwell, P. (2000). Lower, slower, louder: Vocal cues of sarcasm. *Journal of Psycholinguistic Research*, *29*(5), 483-495. doi:10.1023/A:1005120109296
- Rockwell, P. (2001). Facial Expression and Sarcasm. *Perceptual and Motor Skills*, *93*(4), 47. doi:10.2466/PMS.93.4.47-50
- Rockwell, P. (2007). Vocal features of conversational sarcasm: A comparison of methods. *Journal of Psycholinguistic Research*, *36*(5), 361-369. doi:10.1007/s10936-006-9049-0
- Roebuck, H., Freigang, C. et Barry, J. G. (2016). Continuous Performance Tasks: Not Just About Sustaining Attention. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research: JSLHR*, *59*(3), 501-510. doi:10.1044/2015_JSLHR-L-15-0068
- Romero Lauro, L. J., Mattavelli, G., Papagno, C., & Tettamanti, M. (2013). She runs, the road runs, my mind runs, bad blood runs between us: Literal and figurative motion verbs: An fMRI study. *NeuroImage*, *83*, 361-371. doi:10.1016/j.neuroimage.2013.06.050
- Rösler, F., & Haan, H. (2001). Event-related brain potentials evoked by verbs and nouns in a primed lexical decision task. *Psychophysiology*, *38*(4), S0048577201000440. doi:10.1017/S0048577201000440

- Ross, L. A., & Olson, I. R. (2010). Social cognition and the anterior temporal lobes. *NeuroImage*, 49(4), 3452-3462. doi:10.1016/j.neuroimage.2009.11.012
- Rueschemeyer, S.-A., Lindemann, O., van Rooij, D., van Dam, W., & Bekkering, H. (2010). Effects of intentional motor actions on embodied language processing. *Experimental Psychology*, 57(4), 260-266. doi:10.1027/1618-3169/a000031
- Rutter, B., Kröger, S., Hill, H., Windmann, S., Hermann, C., & Abraham, A. (2012). Can clouds dance? Part 2: An ERP investigation of passive conceptual expansion. *Brain and Cognition*, 80(3), 301-310. doi:10.1016/j.bandc.2012.08.003
- Saban-Bezalel, R., & Mashal, N. (2015). Hemispheric Processing of Idioms and Irony in Adults With and Without Pervasive Developmental Disorder. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 45(11), 3496-3508. doi:10.1007/s10803-015-2496-4
- Samson, A. C., Zysset, S. et Huber, O. (2008). Cognitive humor processing: different logical mechanisms in nonverbal cartoons--an fMRI study. *Social neuroscience*, 3(2), 125-140. doi:10.1080/17470910701745858
- Saxe, R., & Powell, L. J. (2006). It's the thought that counts: Specific brain regions for one component of theory of mind. *Psychological Science*, 17(8), 692-699. doi:10.1111/j.1467-9280.2006.01768.x
- Schmidt, G. L., & Seger, C. a. (2009). Neural correlates of metaphor processing: The roles of figurativeness, familiarity and difficulty. *Brain and Cognition*, 71(3), 375-386. doi:10.1016/j.bandc.2009.06.001
- Schuil, K. I., Smits, M., & Zwaan, R. A. (2013). Sentential context modulates the involvement of the motor cortex in action language processing: an FMRI study. *Frontiers in human neuroscience*, 7(April), 100. doi:10.3389/fnhum.2013.00100
- Schwoebel, J., Dews, S., Winner, E., & Srinivas, K. (2007). Obligatory Processing of the Literal Meaning of Ironic Utterances: Further Evidence. *Irony in language and thought*, 15(1), 47-61. doi:2000
- Searle, J. R. (1979). *Expression and Meaning*. Cambridge University Press.
- Seghier, M. (2012). The Angular Gyrus: Multiple Functions and Multiple Subdivisions. *The Neuroscientist : a review journal bringing neurobiology, neurology and psychiatry*, 19(1), 43-61. doi:10.1177/1073858412440596
- Shibata, M., Abe, J. I., Terao, A., & Miyamoto, T. (2007). Neural mechanisms involved in the comprehension of metaphoric and literal sentences: An fMRI study. *Brain Research*, 1166, 92-102. doi:10.1016/j.brainres.2007.06.040
- Shibata, M., Toyomura, A., Itoh, H., & Abe, J. I. (2010). Neural substrates of irony

- comprehension: A functional MRI study. *Brain Research*, 1308, 114-123. doi:10.1016/j.brainres.2009.10.030
- Shibata, M., Toyomura, A., Motoyama, H., Itoh, H., Kawabata, Y., & Abe, J. I. (2012). Does simile comprehension differ from metaphor comprehension? A functional MRI study. *Brain and Language*, 121(3), 254-260. doi:10.1016/j.bandl.2012.03.006
- Shinjo, M., & Myers, J. L. (1987). The role of context in metaphor comprehension. *Journal of Memory and Language*, 26(2), 226-241. doi:10.1016/0749-596X(87)90125-2
- Silvia, P. J. et Beaty, R. E. (2012). Making creative metaphors: The importance of fluid intelligence for creative thought. *Intelligence*, 40(4), 343-351. doi:10.1016/j.intell.2012.02.005
- Sotillo, M., Carretié, L., Hinojosa, J. A., Tapia, M., Mercado, F., López-Martín, S., & Albert, J. (2005). Neural activity associated with metaphor comprehension: Spatial analysis. *Neuroscience Letters*, 373(1), 5-9. doi:10.1016/j.neulet.2004.09.071
- Sperber, D. (1984). Verbal irony: Pretense or echoic mention? *Journal of Experimental Psychology: General*, 113(1), 130-136. doi:10.1037/0096-3445.113.1.130
- Sperber, D., & Wilson, D. (1981). Irony and the Use-Mention distinction. Dans P. Cole (Éd.), *Radical Pragmatics* (pp. 295-318). New York: Academic Press.
- Sperber, D., & Wilson, D. (1995). *Relevance: Communication and cognition (2nd ed.)*. (Vol. 1). Malden: Blackwell Publishing. doi:10.1017/CBO9781107415324.004
- Spotorno, N., Cheylus, A., Van Der Henst, J. B., & Noveck, I. A. (2013). What's behind a P600? Integration Operations during Irony Processing. *PLoS ONE*, 8(6), e66839. doi:10.1371/journal.pone.0066839
- Spotorno, N., Koun, E., Prado, J., Van Der Henst, J. B., & Noveck, I. A. (2012). Neural evidence that utterance-processing entails mentalizing: The case of irony. *NeuroImage*, 63(1), 25-39. doi:10.1016/j.neuroimage.2012.06.046
- Spotorno, N., & Noveck, I. A. (2014). When is irony effortful? *Journal of experimental psychology. General*, 143(3), 1649-1665. doi:10.1037/a0036630
- Stefaniak, N., Willems, S., Adam, S. et Meulemans, T. (2008). What is the impact of the explicit knowledge of sequence regularities on both deterministic and probabilistic serial reaction time task performance? *Memory & Cognition*, 36(7), 1283-1298. doi:10.3758/MC.36.7.1283
- Subramaniam, K., Faust, M., Beeman, M., & Mashal, N. (2012). The Repetition Paradigm: Enhancement of novel metaphors and suppression of conventional metaphors in the left inferior parietal lobe. *Neuropsychologia*, 50(12), 2705-2719. doi:10.1016/j.neuropsychologia.2012.07.020

- Suls, J. M. (1972). A Two-Stage Model for the Appreciation of Jokes and Cartoons: An Information-Processing Analysis. Dans *The Psychology of Humor* (p. 81-100). doi:10.1016/B978-0-12-288950-9.50010-9
- Tartter, V. C., Gomes, H., Dubrovsky, B., Molholm, S., & Stewart, R. V. (2002). Novel metaphors appear anomalous at least momentarily: evidence from N400. *Brain and language*, 80(3), 488-509. doi:10.1006/brln.2001.2610
- Uchiyama, H., Saito, D. N., Tanabe, H. C., Harada, T., Seki, A., Ohno, K., ... Sadato, N. (2012). Distinction between the literal and intended meanings of sentences: A functional magnetic resonance imaging study of metaphor and sarcasm. *Cortex*, 48(5), 563-583. doi:10.1016/j.cortex.2011.01.004
- Uchiyama, H., Seki, A., Kageyama, H., Saito, D. N., Koeda, T., Ohno, K., & Sadato, N. (2006). Neural substrates of sarcasm: A functional magnetic-resonance imaging study. *Brain Research*, 1124(1), 100-110. doi:10.1016/j.brainres.2006.09.088
- Utsumi, A., & Sakamoto, M. (2011). Indirect Categorization as a Process of Predicative Metaphor Comprehension. *Metaphor and Symbol*, 26(4), 299-313. doi:10.1080/10926488.2011.609120
- Varga, E., Simon, M., Tényi, T., Schnell, Z., Hajnal, A., Orsi, G., ... Herold, R. (2013). Irony comprehension and context processing in schizophrenia during remission - A functional MRI study. *Brain and Language*, 126(3), 231-242. doi:10.1016/j.bandl.2013.05.017
- Vigliocco, G., & Vinson, D. P. (2005). Semantic Representation. Dans Gaskell, G. (Éd), *The Oxford handbook of psycholinguistics* (pp. 195-215). New York, NY, US: Oxford University Press. doi:10.1145/1014052.1014133
- Vigneau, M., Beaucousin, V., Hervé, P. Y., Duffau, H., Crivello, F., Houdé, O., ... Tzourio-Mazoyer, N. (2006). Meta-analyzing left hemisphere language areas: Phonology, semantics, and sentence processing. *NeuroImage*, 30(4), 1414-1432. doi:10.1016/j.neuroimage.2005.11.002
- Vigneau, M., Beaucousin, V., Hervé, P. Y., Jobard, G., Petit, L., Crivello, F., ... Tzourio-Mazoyer, N. (2011). What is right-hemisphere contribution to phonological, lexico-semantic, and sentence processing? Insights from a meta-analysis. *NeuroImage*, 54(1), 577-593. doi:10.1016/j.neuroimage.2010.07.036
- Vuadens, P. (2005). Les bases anatomiques de la Théorie de l'Esprit : une revue de la littérature. *Schweizer Archiv für Neurologie und Psychiatrie*, 156(4), 136-146.
- Vulchanova, M., Saldaña, D., Chahboun, S., & Vulchanov, V. (2015). Figurative language

- processing in atypical populations: the ASD perspective. *Frontiers in Human Neuroscience*, 9(February), 1-11. doi:10.3389/fnhum.2015.00024
- Vrticka, P., Black, J. M. et Reiss, A. L. (2013). The neural basis of humour processing. *Nature reviews. Neuroscience*, 14(12), 860-8. doi:10.1038/nrn3566
- Wakusawa, K., Sugiura, M., Sassa, Y., Jeong, H., Horie, K., Sato, S., ... Kawashima, R. (2007). Comprehension of implicit meanings in social situations involving irony: A functional MRI study. *NeuroImage*, 37(4), 1417-1426. doi:10.1016/j.neuroimage.2007.06.013
- Wang, A. T., Lee, S. S., Sigman, M., & Dapretto, M. (2006). Neural basis of irony comprehension in children with autism: The role of prosody and context. *Brain*, 129(4), 932-943. doi:10.1093/brain/awl032
- Wang, A. T., Lee, S. S., Sigman, M., & Dapretto, M. (2007). Reading affect in the face and voice: neural correlates of interpreting communicative intent in children and adolescents with autism spectrum disorders. *Archives of general psychiatry*, 64(June), 698-708. doi:10.1001/archpsyc.64.6.698
- Watson, K. K., Matthews, B. J. et Allman, J. M. (2007). Brain activation during sight gags and language-dependent humor. *Cerebral Cortex*, 17(2), 314-324. doi:10.1093/cercor/bhj149
- Wechsler, D. (2000). *Manuel de l'Echelle d'Intelligence de Wechsler Pour Adultes—3^e édition [Manual for the Wechsler Adult Intelligence Scale—Third edition]*. Paris, France: ECPA.
- Weiland, H., Bambini, V., & Schumacher, P. (2014). The role of literal meaning in figurative language comprehension: Evidence from masked priming ERP. *Frontiers in Human Neuroscience*, 8(August), 1-17. doi:10.3389/fnhum.2014.00583
- Whalen, J. M., Pexman, P. M., & Gill, a. J. (2009). « Should Be Fun--Not! »: Incidence and Marking of Nonliteral Language in E-Mail. *Journal of Language and Social Psychology*, 28(3), 263-280. doi:10.1177/0261927X09335253
- Wilson, D., & Sperber, D. (1992). On verbal irony. Dans R. J. Gibbs, H. L. Colston, R. J. Gibbs, H. L. Colston (Eds.) , *Irony in language and thought: A cognitive science reader* (pp. 35-55). Mahwah, NJ, US: Lawrence Erlbaum Associates Publishers.
- Wilson, N. L., & Gibbs, R. W. (2007). Real and imagined body movement primes metaphor comprehension. *Cognitive science*, 31(4), 721-731. doi:10.1080/15326900701399962
- Winner, E., & Gardner, H. (1977). The comprehension of metaphor in brain-damaged patients. *Brain: a journal of neurology*, 100(4), 717-729. doi:10.1093/brain/100.4.717
- Wittenberg, E., Paczynski, M., Wiese, H., Jackendoff, R., & Kuperberg, G. (2014). The difference between « giving a rose » and « giving a kiss »: Sustained neural activity to the

- light verb construction. *Journal of memory and language*, 73, 31-42. doi:10.1016/j.jml.2014.02.002
- Woodland, J., & Voyer, D. (2011). Context and Intonation in the Perception of Sarcasm. *Metaphor and Symbol*, 26(3), 227-239. doi:10.1080/10926488.2011.583197
- Yang, D. Y. J. et Baillargeon, R. (2013). Brief Report: Difficulty in understanding social acting (but not false beliefs) mediates the link between autistic traits and ingroup relationships. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 43(9), 2199-2206. doi:10.1007/s10803-013-1757-3
- Yang, F.-P. G., Bradley, K., Huq, M., Wu, D. L., & Krawczyk, D. C. (2013). Contextual effects on conceptual blending in metaphors: An event-related potential study. *Journal of Neurolinguistics*, 26(2), 312-326. doi:10.1016/j.jneuroling.2012.10.004
- Yang, F.-P. G., Edens, J., Simpson, C., & Krawczyk, D. C. (2009). Differences in task demands influence the hemispheric lateralization and neural correlates of metaphor. *Brain and Language*, 111(2), 114-124. doi:10.1016/j.bandl.2009.08.006
- Yang, F.-P. G., Fuller, J., Khodaparast, N., & Krawczyk, D. C. (2010). Figurative language processing after traumatic brain injury in adults: A preliminary study. *Neuropsychologia*, 48(7), 1923-1929. doi:10.1016/j.neuropsychologia.2010.03.011
- Yang, J., & Shu, H. (2015). Involvement of the Motor System in Comprehension of Non-Literal Action Language: A Meta-Analysis Study. *Brain Topography*. doi:10.1007/s10548-015-0427-5
- Ye, Z., Doñamayor, N., & Münte, T. F. (2014). Brain network of semantic integration in sentence reading: Insights from independent component analysis and graph theoretical analysis. *Human Brain Mapping*, 35(2), 367-376. doi:10.1002/hbm.22182
- Yoshimura, Y., Kikuchi, M., Ueno, S., Okumura, E., Hiraishi, H., Hasegawa, C., ... Minabe, Y. (2013). The brain's response to the human voice depends on the incidence of autistic traits in the general population. *PLoS ONE*, 8(11). doi:10.1371/journal.pone.0080126
- Zalla, T., Amsellem, F., Chaste, P., Ervas, F., Leboyer, M., & Champagne-Lavau, M. (2014). Individuals with autism spectrum disorders do not use social stereotypes in irony comprehension. *PLoS ONE*, 9(4), e95568. doi:10.1371/journal.pone.0095568

Annexes

ANNEXE I : Techniques d'imagerie cérébrale fonctionnelle : L'IRMf et les PE	241
ANNEXE II : Liste des énoncés utilisés dans l'étude 1	258
ANNEXE III : Liste des énoncés utilisés dans l'étude 2	260
ANNEXE IV : Liste des énoncés utilisés dans l'étude 3 et 4 et valeurs de contraste et d'humour	261
ANNEXE V : Consigne et items du questionnaire du Quotient Autistique, adaptation française	263
ANNEXE VI : Corrélations de Bravais-Pearson entre l'amplitude de l'effet de la P600 et les scores à l'échelle de QA.....	266

Annexe I

Techniques d'imagerie cérébrale fonctionnelle : L'IRMf et les PE

Cette section du manuscrit se veut didactique en exposant les principes généraux de deux outils de neuroimagerie couramment utilisés dans notre domaine : l'Imagerie par Résonance Magnétique fonctionnelle (IRMf) et les potentiels évoqués (PE) recueillis par un électroencéphalographe (EEG). Il sera ici question de la nature des données recueillies, de leurs analyses ainsi que des avantages et inconvénients de chacun des deux outils utilisés. Nous pourrions ainsi constater leurs usages et complémentarités dans l'étude du langage.

1. L'Imagerie par Résonance Magnétique fonctionnelle (IMRf)

Cette technique constitue sans conteste l'outil privilégié de la recherche de bases cérébrales et réseaux anatomiques et fonctionnels des études en psychologie cognitive. D'autres outils ont précédé l'IRMf et l'un des premiers à avoir été appliqué au langage figuré fut la tomographie par émission de positons (TEP), dans l'étude de Bottini et al. (1994)⁶⁵. La TEP repose sur l'injection d'un traceur radioactif – de l'eau marquée à l'oxygène 15 dans l'étude citée – qui émet des positons. Le principe de l'IRMf se veut moins invasif que la TEP, puisqu'elle ne nécessite aucune injection. En effet, l'IRMf se base sur la résonance magnétique nucléaire. Succinctement, il s'agit d'appliquer une radio fréquence permettant l'alignement d'atomes auparavant orientés aléatoirement ; le retour à l'état de repos de ces atomes provoque l'émission d'énergie, le signal enregistré.

1.1. La mesure de l'activité cérébrale en IRMf

La mesure recueillie par l'IRMf est dépendante du signal BOLD (*Blood Oxygen Level Dependent*). Ce signal correspond aux variations d'oxygène et de débit sanguin dans une région localisée du cerveau. En effet, l'activité neuronale nécessite un apport en glucose et en oxygène nécessaire à la consommation de ce glucose. Or, l'apport en oxygène par l'hémoglobine est plus important que l'oxygène consommé et il y a donc déséquilibre entre l'oxyhémoglobine (hémoglobine contenant de l'oxygène non consommé) et la désoxyhémoglobine (hémoglobine

⁶⁵ Bien que ce ne soit pas le sujet de cette section du manuscrit, il est intéressant de noter que cette étude fut ainsi l'une de première à re-situer la problématique de l'implication de l'hémisphère droit dans le traitement du langage figuré avec un outil de neuroimagerie.

dont l'oxygène a été consommé) dans la région cérébrale. La désoxyhémoglobine étant paramagnétique (elle acquiert des propriétés magnétiques lorsque soumise à un champ magnétique), le signal est recueilli par la machine IRM. Le postulat de base de l'IRMf est qu'une région cérébrale donnée consomme plus de glucose et d'oxygène lorsqu'elle est recrutée pour une tâche donnée (perceptive, motrice, langagière, etc.)

1.2. Les pré-traitements

Avant de pouvoir observer l'activité de régions cérébrales dans une tâche expérimentale donnée, une série de traitements est nécessaire. Ces traitements ont plusieurs objectifs tels que réduire les artefacts et leurs impacts ou encore standardiser les acquisitions (anatomiques et fonctionnelles) pour les rendre comparables, ceci afin de pouvoir réaliser dans un second temps des statistiques inférentielles. Parmi ces pré-traitements, nous pouvons citer :

Le « slice-timing » (correction temporelle) :

L'acquisition d'un volume (cerveau entier) en IRMf se fait en réalité en plusieurs coupes (par exemple : 32 coupes) ce qui a pour conséquence que chaque coupe est acquise dans une fenêtre temporelle différente. Chaque volume ainsi obtenu est découpé en un certain nombre de petites unités, des voxels (l'équivalent 3D des pixels), dont nous allons évaluer l'activité. Pour inférer l'activité du cerveau, nous avons besoin de considérer son acquisition comme unique et donc de replacer l'acquisition de chacun des voxels dans un même référentiel temporel. La correction temporelle consiste alors à choisir une coupe de référence et à la considérer comme étant la référence temporelle pour les autres coupes.

Le réalignement (correction de mouvements) :

Tout mouvement, même limité à quelques millimètres ou degrés de rotation est susceptible de générer des artefacts. En effet, l'analyse en IRMf présuppose qu'un voxel est stationnaire. Or, un mouvement de la tête va déplacer ce voxel entre les acquisitions et donc, générer un signal hors des limites de ce voxel. La correction de ces mouvements se fait en traduisant en six variables – de translation (x , y et z) et de rotation ($pitch$, $roll$ et yaw) – la différence entre chacune des images acquises et une image de référence (généralement l'image moyenne ou la coupe

médiane). Ces paramètres sont également intégrés dans le modèle statistique en tant que variables dites de non-intérêt⁶⁶.

La « co-registration » :

Une acquisition dite anatomique, de haute résolution spatiale, est systématiquement réalisée en plus de l'acquisition fonctionnelle permettant ainsi de pallier la faible résolution spatiale de cette dernière. La « co-registration » est la technique permettant de placer dans un même référentiel les deux acquisitions de nature différente : séquences fonctionnelle et anatomique. Tandis que dans le réalignement, les acquisitions ne sont modifiées que dans leur orientation, la « co-registration » applique une matrice de déformation aux images.

La normalisation :

L'inférence statistique majeure en IRMf se fait sur un groupe de participants. Il est alors nécessaire de s'assurer que chaque voxel se situe bien dans une même région du cerveau entre les participants, en raison de variabilités anatomiques inter-individuelles. L'étape de normalisation permet d'appliquer une série de déformations aux images de chaque participant pour qu'elles correspondent au même référentiel (ou atlas), notamment en termes de coordonnées. Sans cette étape, les résultats ne pourraient être ni comparables, ni généralisables, ni répliquables.

Le lissage :

Cette étape a plusieurs objectifs. Elle permet de lisser les potentielles différences résistant à la normalisation. Elle est également nécessaire pour vérifier les conditions d'applications de la théorie des champs aléatoire (RFT, *Random Field Theory*), permettant de prendre en compte le problème des comparaisons multiples en IRMf (Brett, Penny, & Kiebel, 2003). Enfin, le lissage permet d'augmenter le ratio signal/bruit en faveur du signal.

1.3. L'analyse de 1^{er} niveau

L'analyse statistique de données issues d'IRMf se fait par la construction d'un modèle statistique fondé sur le modèle linéaire généralisé (GLM, *General Linear Model*). Il s'agit du modèle que nous connaissons bien en statistiques classiques et qui sert de base aux analyses telles que

⁶⁶ L'expression « non-intérêt » est à utiliser avec précaution. En effet, toute variable incluse dans le modèle statistique est supposée avoir un effet sur le signal. Nous considérerons ici qu'il s'agit de variables dont nous supposons qu'elles ont un effet que nous souhaitons contrôler.

les analyses de variance. Dans le cas de l'IRMf, (Y) correspond au signal à prédire et les prédictors (x_n) aux facteurs expérimentaux ou variables à contrôler :

$$Y = x_1\beta_1 + x_2\beta_2 + \dots + x_n\beta_n + \varepsilon$$

L'élaboration de ce modèle est à la base des analyses dites de 1^{er} niveau, qui concerne chacun des participants. Autrement dit, un modèle est construit et appliqué à l'enregistrement de chacun des individus. Il s'agit d'inclure les différents facteurs et variables pouvant expliquer une part du signal total. Ainsi, pour modéliser une condition expérimentale comprenant plusieurs stimuli, nous indiquons les « onsets⁶⁷ » de chaque stimulus de la condition. C'est aussi durant cette étape que nous modélisons les valeurs de translation et de rotation issues du réaligement. À la suite de cette construction, les paramètres β_n sont estimés et des contrastes sont réalisés. Ces contrastes permettent d'estimer les activations (les β_n) entre les différentes conditions. Par exemple, évaluer les activations propres à une condition A par rapport à une condition B revient à réaliser le contraste A-B, c'est-à-dire : [1 -1]. Cependant, ces analyses individuelles ne suffisent pas pour généraliser les résultats, il est alors nécessaire de passer à une analyse de groupe, dite de 2nd niveau.

1.4. L'analyse de 2nd niveau

Les contrastes issus des analyses de 1^{er} niveau sont intégrés dans un modèle de groupe. Ces modèles de second niveau reproduisent en partie les analyses de groupes que nous pouvons réaliser dans des études comportementales de comparaison de moyennes telles que des modèles mixtes, des modèles de comparaison de groupes indépendants ou appariés, ou encore des régressions. Par exemple, si nous avons réalisé le contraste A-B pour chacun des participants, nous pouvons entrer ces contrastes dans un « *one-sample t-test* » qui permet de tester l'hypothèse nulle selon laquelle l'activation moyenne de l'ensemble des participants pour le contraste calculé est égale à 0.

1.5. Statistiques, seuils et inférences

Les résultats d'études IRMf réfèrent à des données statistiques affichées sous forme d'une carte statistique paramétrique (SPM, *Statistical Parametric Map*). Cette carte affiche avec un gra-

⁶⁷ L'onset d'un stimulus correspond au temps t de son apparition, exprimé ici en secondes.

dient de couler les valeurs t de chaque voxel en fonction d'un seuil défini. Il existe deux niveaux de lecture d'inférences statistiques : au niveau des voxels et au niveau des clusters (groupements de voxels).

Lorsque l'inférence se fait au niveau des voxels, la valeur statistique de chaque voxel est comparée à un seuil déterminé. Si la valeur excède ce seuil, l'hypothèse nulle est rejetée : le voxel est considéré comme « significativement activé ». Toutefois, les voxels ne sont pas indépendants les uns des autres, posant ainsi un problème quant à la distribution spatiale du signal. C'est pourquoi l'inférence au niveau des clusters est recommandée (Friston, Worsley, Frackowiak, Mazziotta, & Evans, 1994). Cette inférence se fait en deux temps : un premier seuil est appliqué pour lequel tout groupe de voxels contigus au-dessus de ce seuil sera considéré comme un cluster (exemple : si le seuil est fixé à 20 voxels contigus, un groupe de 18 voxels contigus ne sera pas considéré comme un cluster). Ensuite, un cluster sera considéré comme « significatif » si sa taille excède celle fixée par un seuil critique k .

De plus, en raison du grand nombre de comparaisons opérées, il est possible d'appliquer une correction statistique afin de contrôler principalement l'erreur de type I, c'est à dire rejeter H_0 alors qu'elle est vraie (autrement dit, considérer un cluster ou un voxel comme significativement activé alors qu'il s'agit d'un faux positif)⁶⁸.

Deux corrections de seuil sont couramment utilisées dans la littérature. Un seuil FWE (*Family Wise Error*), qui vise à limiter l'erreur de type I⁶⁹ (à l'image de la correction de Bonferroni), en pondérant le seuil par le nombre de tests d'hypothèse réalisés. Notons toutefois que cette correction est très sévère et limite les résultats exploitables dans les études de moindre puissance. Le seuil FDR (*False Discovery Rate*) est une méthode qui vise plutôt à contrôler la quantité de faux positifs parmi tous les tests réalisés. Autrement dit, un seuil $p < 0.05$ signifie que potentiellement 5% des activations sont des faux-positifs (Wager & Lindquist, 2011).

1.6. Bilan de la technique : avantages, inconvénients

L'outil d'IMRf est une technique présentant l'avantage d'être relativement peu invasive, bien que nécessitant de longues séquences d'acquisitions (dépendantes de l'étude) durant lesquelles

⁶⁸ Il n'est cependant pas rare de présenter l'ensemble des activations à un seuil non corrigé en plus des valeurs de chaque cluster avec correction de seuil.

⁶⁹ Dans le cas des analyses IMRf, l'erreur de type I consisterait à rejeter H_0 alors qu'elle est vraie : considéré un voxel comme significativement activé alors qu'il s'agit d'un faux positif.

les participants doivent rester immobiles. Cette technique dispose également au final d'une excellente résolution spatiale, puisqu'analysant l'activité de chaque voxel. Ceci permet d'obtenir une estimation de l'activité cérébrale dans tout le cerveau, aussi bien au niveau cortical que sous cortical. Cependant, cet atout est à pondérer par une faible résolution temporelle. En effet, l'IRMf dépend fortement du signal BOLD qui suit une courbe particulière (Figure 1) et n'atteint son maximum d'amplitude que 5 à 6 secondes après l'apparition du stimulus.

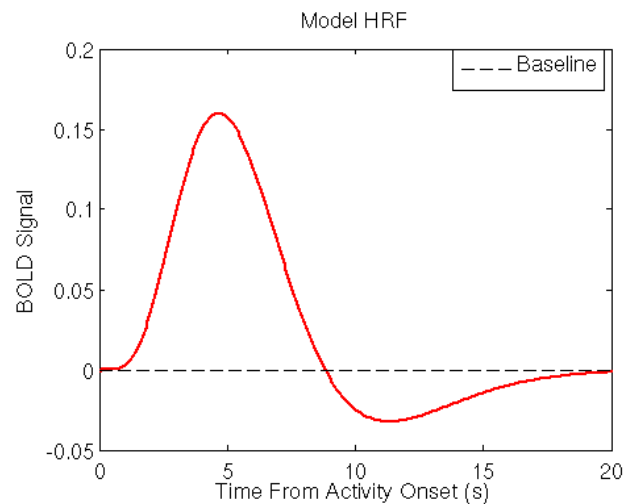


Figure 1 : courbe du signal BOLD au cours du temps

2. L'analyse de potentiels évoqués (PE)

Alors que l'IRMf est limitée à une résolution temporelle de plusieurs secondes, le recueil de PE permet une mesure de l'ordre de la milliseconde de processus cognitifs. Son utilisation s'est rapidement répandue dans le domaine de l'étude du langage figuré puisque permettant de détecter des marqueurs de processus sensoriels ou cognitifs fins dans une fenêtre temporelle courte. Alors que l'IRMf peut apporter des réponses aux questions « quels processus et où ? », les PE peuvent apporter des éléments de réponses aux questions « quels processus et quand ? ».

2.1. La mesure de l'activité cérébrale en EEG

L'EEG est à la base de l'analyse de composantes PE. Il s'agit d'une technique non invasive permettant une mesure indirecte de l'activité cérébrale. Le cerveau est constitué d'un grand nombre de neurones (environ 10^{10}) distribués sur plusieurs couches et faisant transiter l'information sous forme d'influx nerveux. Cet influx est la conséquence d'un échange complexe d'ions entre le milieu intra- et extra-cellulaire du neurone. En état de repos, la différence de potentiel entre les deux milieux est négative mais lorsqu'il y a transmission de l'information,

un échange entre les ions sodium (milieu intra-cellulaire) et les ions potassium (milieu extra-cellulaire) s'opère et induit une dépolarisation : la polarité de la membrane devient positive. Vient ensuite une étape d'hyperpolarisation diminuant la polarité de la membrane avant un retour à un niveau de repos. Cette inversion de polarité dans un large groupe de neurones synchronisés rend possible l'enregistrement de faibles variations électriques exprimées en microvolts (μV) par l'intermédiaire d'électrodes placées sur le scalp. Plus précisément, sont enregistrées des différences de variations de voltage entre deux électrodes, raison pour laquelle il est nécessaire de définir une ou plusieurs électrodes de références (exemple : électrodes placées au niveau des mastoïdes). Notons que les électrodes ne sont pas disposées au hasard sur le scalp et suivent très souvent le système standard 10-20 (Jasper, 1958) qui assure ainsi une standardisation et une reproductibilité des études en PE (Figure 2).

2.2. Nature des composantes PE

Les composantes PE correspondent à des variations caractéristiques de voltage (positif et négatif), d'amplitude et de durée différentes, propres à un événement perceptif ou cognitif, pouvant

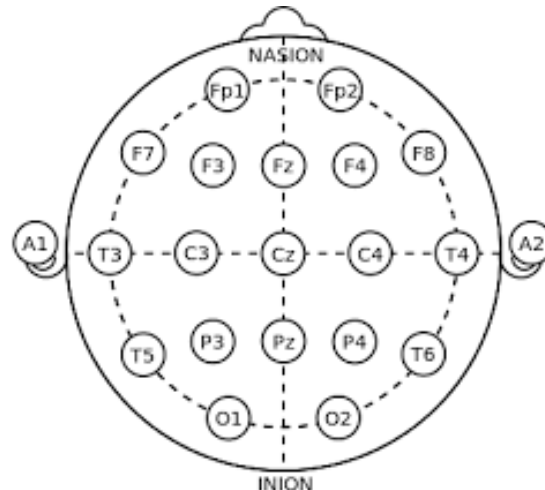


Figure 2 : Schéma du montage d'électrodes selon le système 10-20. Les dénominations d'électrodes indiquent leur position sur le scalp dont la région et la latéralisation.

être la résultante de la présentation d'un stimulus ou celle de la production d'une réponse. Elles se définissent par une polarité (positive ou négative) et par un pic dont on évalue la latence (le maximum d'amplitude exprimée en ms). Elles sont nommées en fonction de cette polarité (P pour positive, ou N pour négative) et de leur latence (exemple : N400 pour une composante de polarité négative survenant 400 ms après l'apparition du stimulus). Elles possèdent également

des caractéristiques topographiques en fonction du groupe d'électrodes sur lequel la composante est la plus importante (ex. : fronto-central, centro-pariétal).

2.3. Les pré-traitements

Tout comme pour l'IRMf, les analyses de composantes PE ne peuvent se faire sans une série de pré-traitements, permettant notamment de passer de données continues (EEG) à des données segmentées temporellement autour d'un événement d'intérêt (PE) (Figure 3). Parmi ces prétraitements, figurent :

Le filtrage

L'application d'un filtre de fréquences sur les données de PE a notamment pour intérêt de réduire le bruit contenu dans le signal afin de ne conserver que les fréquences pertinentes. Il existe plusieurs types de filtres : des filtres passe-bas (*low-pass filters*) qui bloquent les hautes fréquences et leurs opposés, des filtres passe-haut (*high-pass filters*) qui bloquent les basses fréquences, et des filtres passe-bandes (*bandpass filters*) qui laissent passer les fréquences selon un intervalle défini. Ainsi, la majeure partie des composantes PE étudiées en psychologie cognitive (et plus particulièrement dans l'étude sur le langage) ont une fréquence comprise entre 0.01 Hz et 30 Hz. Un filtre de 50 Hz, appelé « notch » qui a pour objectif de bloquer les fréquences dues au fonctionnement d'appareils électriques environnants est également souvent appliqué.

La segmentation

Comme nous le mentionnions précédemment, les données EEG sont continues : il s'agit d'un enregistrement de l'activité électrique du cerveau durant tout le protocole. Pour analyser des PE, il est nécessaire de segmenter ce signal en portions autour des événements d'intérêts. La segmentation se fait en général sur une fenêtre d'environ 200 ms avant l'événement (période qui servira de ligne de base) et jusqu'à environ 1000 ms après l'événement dans l'objectif de capturer des composantes « tardives ».

La correction à la ligne de base

Des facteurs non liés à l'activité cérébrale peuvent avoir une influence sur le signal électrique recueilli. C'est le cas par exemple de facteurs dermiques comme le niveau d'hydratation qui vont engendrer des variations plutôt lentes sur le voltage du signal mesuré (exemple : une diminution graduelle du voltage au cours du temps). La correction à la ligne de base permet de corriger de telles variations. Le principe est de soustraire l'activité électrique d'une ligne de

base ciblée à l'activité électrique de chaque segment extrait. Une pratique courante est de choisir une ligne de base précédant de 100 à 200 ms le stimulus, on considère alors la ligne de base comme représentative de l'activité « au repos » associée à ce stimulus mais non influencée par le traitement de ce stimulus bien que cela dépende fortement de la nature du protocole et des stimuli. Une ligne de base bruitée aura pour incidence l'ajout de bruit dans le signal d'intérêt (voir Luck, 2005).

Le moyennage

Cette étape consiste à faire la moyenne des segments de chaque stimulus d'une même condition. L'EEG est très sensible aux moindres modifications de l'environnement externe du participant (variations de lumière, variations sonores, fréquences générées par les appareils électroniques, ou toute autre influence de l'environnement). Le signal enregistré comporte donc beaucoup de bruit, réduisant le ratio signal/bruit. Le fait de moyenner les segments d'une même condition expérimentale augmente ce ratio en réduisant le bruit : étant aléatoire par nature, contrairement aux composantes PE, la moyenne du bruit tendra vers zéro.

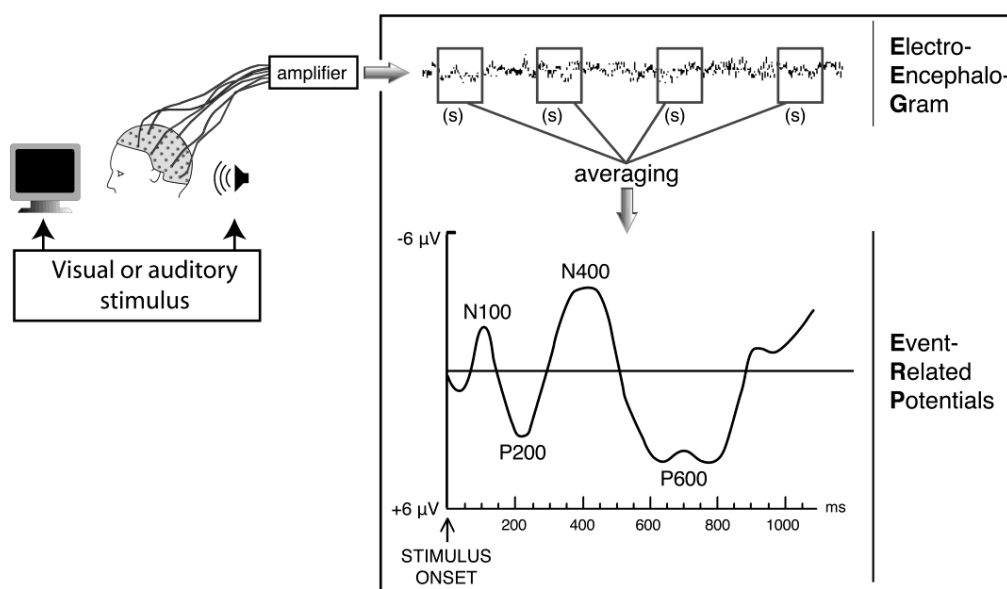


Figure 3 : Schéma d'enregistrement et d'extraction de composantes PE (tiré de Coles & Rugg, 1997)

2.4. Les analyses

Une fois les courbes extraites pour chaque condition expérimentale, il s'agit d'identifier les différentes composantes PE à travers leurs caractéristiques dont leur polarité, leur latence et amplitude. Les analyses statistiques entre plusieurs conditions portent souvent sur la latence et l'amplitude d'une composante. Les analyses de variance (ANOVA) constituent sans conteste l'outil statistique par excellence des analyses PE. En fonction des hypothèses posées, sont modélisés les facteurs expérimentaux (intra- et/ou inter- participants) ainsi que les électrodes révélant la composante étudiée. En fonction des composantes étudiées, il est également possible de modéliser un facteur de latéralisation hémisphérique ou de distribution antéro-postérieure. Compte tenu de la non-homogénéité des covariances (les données recueillies par des électrodes proches les unes des autres sont plus corrélées que celles issues d'électrodes éloignées), une correction de Greenhouse-Geisser qui ajuste les degrés de liberté – et donc les seuils de significativité – est appliquée.

2.5. Principales composantes PE dans l'étude du langage

Il existe différentes composantes PE supposées résultantes de processus cognitifs différents, que ceux-ci soient de bas niveau (i.e. perceptifs ou attentionnels) ou de plus haut niveau (i.e. traitement sémantique). L'identification de ces composantes dans les études portant sur le langage peut sembler difficile dans la mesure où elles sont sensibles à la nature du matériel (phrases *vs* mots), à leur modalité de présentation (auditive *vs* visuelle), à leur fréquence de présentation ou toute autre caractéristique de l'expérience. Nous allons brièvement présenter ici certaines des composantes qui nous semblent les plus pertinentes dans le cadre de notre domaine d'étude

N400

La N400 se caractérise par une polarité négative survenant 400 ms après l'apparition du stimulus et de distribution centro-pariétale. Elle a été révélée pour la première fois par Kutas et Hillyard (Kutas & Hillyard, 1980) dans une étude dans laquelle des participants devaient lire des phrases dont le dernier mot était congruent ou incongruent avec le sens de la phrase⁷⁰, cette dernière condition entraînant une plus grande N400. Dès lors, elle fut interprétée comme traduisant un traitement sémantique. D'autres études ont montré que la N400 était également sensible à certaines caractéristiques sémantiques dont la concrétude (Gullick, Mitra, & Coch,

⁷⁰ Il y avait une 3^{ème} condition expérimentale dans laquelle le mot était sémantiquement congruent mais perceptivement incongruent (i.e. en majuscule) mais n'entraînait pas de N400.

2013), l'effet du contexte ou encore le degré d'attente sémantique (Kutas & Hillyard, 1984; Swaab, Brown, & Hagoort, 2003). Elle apparaît également sensible aux traitements sémantiques des mots (Deacon, Mehta, Tinsley, & Nousak, 1995 ; Kiang, Patriciu, Roy, Christensen, & Zipursky, 2013). Enfin, elle semble amodale puisqu'également observée dans le traitement sémantique de phrases auditives (Holcomb & Neville, 1991 ; van den Brink, Brown, & Hagoort, 2006). Toutefois, le traitement associé à cette composante est encore sujet à discussion. Alors que certains auteurs considèrent que la N400 reflète un processus d'intégration sémantique (Osterhout & Holcomb, 1992), d'autres auteurs suggèrent que cette composante traduit un processus de recouvrement d'information sémantique et dont le processus d'intégration serait traduit par des composantes plus tardives (Brouwer, Fitz, & Hoeks, 2012 ; Kuperberg, 2007).

P600

Alors que la N400 a tout d'abord été interprétée comme reflet d'un processus sémantique, les chercheurs ont longtemps accordée à la P600 un processus de traitement syntaxique. Il s'agit d'une composante positive survenant environs 600 ms après l'apparition du stimulus (bien qu'elle puisse ne pas présenter de pic mais plutôt une déclinaison progressive) et souvent plus importante sur les électrodes postérieures. Ses premières observations proviennent des études d'Osterhout et Holcomb (Osterhout & Holcomb, 1992) et de Hagoort, Brown et Groothusen (Hagoort, Brown, & Groothusen, 1993). La P600 se retrouve dans les tâches impliquant une résolution d'anomalies ou d'ambiguïtés syntactico-sémantiques (Ainsworth-Darnell, Shulman, & Boland, 1998 ; Faustmann, Murdoch, Finnigan, & Copland, 2005) mais aussi – et étonnamment – lors d'intégrations sémantiques (Ericsson, Olofsson, Nordin, Rudolfsson, & Sandström, 2008; Van Herten, Kolk, & Chwilla, 2005). De récents travaux et revues de littérature tendent à attribuer à la P600 un processus d'intégration de l'information provenant de différents niveaux et processus de traitement du langage dont le niveau syntaxique et sémantique (Brouwer et al., 2012 ; Kuperberg, 2007).

E/LAN (Early/Left Anterior Negativity)

Il s'agit de composantes négatives apparaissant entre 100 et 300 ms après la présentation du stimulus pour la ELAN et entre 300 et 500 ms pour la LAN. Ces composantes se caractérisent par une topographie essentiellement antérieure et une latéralisation à gauche ou bilatérale (Friederici, Hahne, & Mecklinger, 1996). La distinction entre ces deux composantes n'est évidente ni expérimentalement, ni conceptuellement (Kutas & Federmeier, 2007; Swaab et al., 2011). La littérature laisse penser que la ELAN serait sensible aux violations syntactico-sémantiques locales du langage telle qu'une violation de la classe grammaticale attendue (Friederici,

Hahne, & Saddy, 2002 ; Friederici, Pfeifer, & Hahne, 1993). Sa pendante plus tardive (LAN) serait quant à elle le reflet d'une étape de traitement syntactico-sémantique ultérieure et sensible aux violations de structures prédicatives de type sujet/verbe ou verbe/argument en fonction des caractéristiques de la langue (Friederici & Weissenborn, 2007).

2.6. Bilan de la technique : avantages, inconvénients

L'analyse de PE offre une perspective intéressante pour l'étude des processus cognitifs de bas ou de haut niveaux en permettant notamment une observation fine de leur déroulement temporel. Cependant, à l'image de l'IRMf, cette excellente résolution temporelle est contrebalancée par une résolution spatiale faible. En effet, le signal a traversé plusieurs couches du cerveau avant d'être observable et le crâne l'a distordu rendant la localisation de sa source complexe.

3. Conclusions

Ces techniques d'imagerie cérébrale constituent des outils privilégiés de l'étude de la compréhension du langage, à tous les niveaux. Naturellement, elles offrent des perspectives intéressantes aux problématiques du traitement du langage figuré. Ainsi, des questions telles que celle du rôle de l'hémisphère droit dans la compréhension des métaphores (Arzouan, Goldstein, & Faust, 2007 ; Coulson & Van Petten, 2007 ; Lee & Dapretto, 2006 ; Mashal, Faust, & Hendler, 2005 ; Rapp, Leube, Erb, Grodd, & Kircher, 2007), ou celles de l'influence du contexte (Diaz & Hogstrom, 2011 ; Yang, Bradley, Huq, Wu, & Krawczyk, 2013), de la familiarité des expressions et de leur difficulté (Lai, van Dam, Conant, Binder, & Desai, 2015 ; Schmidt & Seger, 2009 ; Yang, Edens, Simpson, & Krawczyk, 2009) ou encore celles du rôle des caractéristiques cognitives individuelles (Kazmerski, Blasko, & Dessalegn, 2003 ; Prat *et al.*, 2012) ont fait largement l'objet de recherche grâce à ces outils. De même, dans le traitement de l'ironie, les capacités d'inférences d'états mentaux (Spotorno, Koun, Prado, Van Der Henst, & Noveck, 2012 ; Uchiyama *et al.*, 2006), les réponses émotionnelles engendrées (Akimoto *et al.*, 2014), la prosodie (Amenta & Balconi, 2008 ; Regel, Gunter, & Friederici, 2011) ont également fait l'objet de nombreuses études utilisant les outils de neuro-imagerie. Enfin, ces outils permettent l'étude des processus de traitement et de compréhension du langage tant chez le participant sain que chez des personnes atteintes de pathologies neuro-développementales telles que la schizophrénie (Rapp, Langohr, & Mutschler, 2014 ; Varga *et al.*, 2013), les troubles de la

sphère autistique (Gold, Faust, & Goldstein, 2010) ou acquises comme les traumatismes crâniens (Yang, Fuller, Khodaparast, & Krawczyk, 2010).

Références bibliographiques

- Ainsworth-Darnell, K., Shulman, H. G., & Boland, J. E. (1998). Dissociating Brain Responses to Syntactic and Semantic Anomalies: Evidence from Event-Related Potentials. *Journal of Memory and Language*, 38(1), 112-130. doi :10.1006/jmla.1997.2537
- Akimoto, Y., Sugiura, M., Yomogida, Y., Miyauchi, C. M., Miyazawa, S., & Kawashima, R. (2014). Irony comprehension: Social conceptual knowledge and emotional response. *Human Brain Mapping*, 35, 1167-1178. doi :10.1002/hbm.22242
- Amenta, S., & Balconi, M. (2008). Understanding irony: an ERP analysis on the elaboration of acoustic ironic statements. *Neuropsychological Trends*, 3(April), 5-28.
- Arzouan, Y., Goldstein, A., & Faust, M. (2007). Dynamics of hemispheric activity during metaphor comprehension: Electrophysiological measures. *NeuroImage*, 36(1), 222-231. doi :10.1016/j.neuroimage.2007.02.015
- Bottini, G., Corcoran, R., Sterzi, R., Paulesu, E., Schenone, P., Scarpa, P., ... Frith, C. D. (1994). The role of the right hemisphere in the interpretation of figurative aspects of language. A positron emission tomography activation study. *Brain: a journal of neurology*, 117 (Pt 6(6), 1241-1253. doi :10.1093/brain/117.6.1241
- Brett, M., Penny, W., & Kiebel, S. (2003). An Introduction to Random Field Theory. *Human Brain Function*, 1-23. doi :10.1049/sqj.1969.0076
- Brouwer, H., Fitz, H., & Hoeks, J. (2012). Getting real about Semantic Illusions: Rethinking the functional role of the P600 in language comprehension. *Brain Research*, 1446, 127-143. doi :10.1016/j.brainres.2012.01.055
- Coles, M. G. H., & Rugg, M. D. (1996). Event-related brain potentials: an introduction. *Electrophysiology of Mind: Event-related Brain Potentials and Cognition*, 1-26. doi :10.1093/acprof:oso/9780198524168.003.0001
- Coulson, S., & Van Petten, C. (2007). A special role for the right hemisphere in metaphor comprehension? *Brain Research*, 1146, 128-145. doi :10.1016/j.brainres.2007.03.008
- Deacon, D., Mehta, A., Tinsley, C., & Nousak, J. M. (1995). Variation in the latencies and amplitudes of N400 and NA as a function of semantic priming. Dans *Psychophysiology* (Vol. 32, pp. 560-570). doi :10.1111/j.1469-8986.1995.tb01232.x
- Diaz, M. T., & Hogstrom, L. J. (2011). The Influence of Context on Hemispheric Recruitment

- during Metaphor Processing. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 23(11), 3586-3597.
doi :10.1162/jocn_a_00053
- Ericsson, E., Olofsson, J. K., Nordin, S., Rudolfsson, T., & Sandström, G. (2008). Is the P600/SPS affected by the richness of semantic content? A linguistic ERP study in Swedish: Cognition and neurosciences. *Scandinavian Journal of Psychology*, 49, 1-9.
doi :10.1111/j.1467-9450.2007.00604.x
- Faustmann, A., Murdoch, B. E., Finnigan, S. P., & Copland, D. A. (2005). Event-Related Brain Potentials Elicited by Semantic and Syntactic Anomalies during Auditory Sentence Processing. *Journal of the American Academy of Audiology*, 16(9), 708-725.
doi :10.3766/jaaa.16.9.8
- Friederici, A. D., Hahne, A., & Mecklinger, A. (1996). Temporal structure of syntactic parsing: early and late event-related brain potential effects. *Journal of experimental psychology. Learning, memory, and cognition*, 22(5), 1219-1248. doi :10.1037/0278-7393.22.5.1219
- Friederici, A. D., Hahne, A., & Saddy, D. (2002). Distinct neurophysiological patterns reflecting aspects of syntactic complexity and syntactic repair. *Journal of Psycholinguistic Research*, 31(1), 45-63. doi :10.1023/A:1014376204525
- Friederici, A. D., Pfeifer, E., & Hahne, A. (1993). Event-related brain potentials during natural speech processing: effects of semantic, morphological and syntactic violations. *Cognitive Brain Research*, 1(3), 183-192. doi :10.1016/0926-6410(93)90026-2
- Friederici, A. D., & Weissenborn, J. (2007). Mapping sentence form onto meaning: The syntax-semantic interface. *Brain Research*, 1146(1), 50-58. doi :10.1016/j.brainres.2006.08.038
- Friston, K. J., Worsley, K. J., Frackowiak, R. S., Mazziotta, J. C., & Evans, a C. (1994). Assessing the significance of focal activations using their spatial extent. *Human brain mapping*, 1(3), 210-20. doi :10.1002/hbm.460010306
- Gold, R., Faust, M., & Goldstein, A. (2010). Semantic integration during metaphor comprehension in Asperger syndrome. *Brain and Language*, 113(3), 124-134.
doi :10.1016/j.bandl.2010.03.002
- Gullick, M. M., Mitra, P., & Coch, D. (2013). Imagining the truth and the moon: an electrophysiological study of abstract and concrete word processing. *Psychophysiology*, 50(5), 431-40. doi :10.1111/psyp.12033
- Hagoort, P., Brown, C., & Groothusen, J. (1993). The syntactic positive shift (sps) as an erp measure of syntactic processing. *Language and Cognitive Processes*, 8(4), 439-483.
doi :10.1080/01690969308407585

- Holcomb, P. J., & Neville, H. J. (1991). Natural speech processing : An analysis using event-related brain potentials. *Psychobiology*, *19*(4), 286-300. doi :10.3758/BF03332082
- Jasper, H. H. (1958). Report of to the Committee on Method of Clinical Examination in Electroencephalography. Appendix: The Ten Tweny Electrode System of the International Federation. *Electroencephalography and clinical neurophysiology*, *10*, 371-375. doi :http://dx.doi.org/10.1016/0013-4694(58)90053-1
- Kazmerski, V. a, Blasko, D. G., & Dessalegn, B. G. (2003). ERP and behavioral evidence of individual differences in metaphor comprehension. *Memory & cognition*, *31*(5), 673-689. doi :10.3758/BF03196107
- Kiang, M., Patriciu, I., Roy, C., Christensen, B. K., & Zipursky, R. B. (2013). Test-retest reliability and stability of N400 effects in a word-pair semantic priming paradigm. *Clinical Neurophysiology*, *124*(4), 667-674. doi :10.1016/j.clinph.2012.09.029
- Kuperberg, G. R. (2007). Neural mechanisms of language comprehension: Challenges to syntax. *Brain Research*, *1146*, 23-49. doi :10.1016/j.brainres.2006.12.063
- Kutas, M., & Federmeier, K. (2007). Event-related brain potential (ERP) studies of sentence processing. *The Oxford Handbook of Psycholinguistics*. doi :10.1093/oxfordhb/9780198568971.013.0023
- Kutas, M., & Hillyard, S. A. (1980). Reading senseless sentences: brain potentials reflect semantic incongruity. *Science (New York, N.Y.)*, *207*(4427), 203-205.
- Kutas, M., & Hillyard, S. A. (1984). Brain potentials during reading reflect word expectancy and semantic association. *Nature*, *307*(5947), 161-163. doi :10.1038/307161a0
- Lai, V. T., van Dam, W., Conant, L. L., Binder, J. R., & Desai, R. H. (2015). Familiarity differentially affects right hemisphere contributions to processing metaphors and literals. *Frontiers in human neuroscience*, *9*(February), 44. doi :10.3389/fnhum.2015.00044
- Lee, S. S., & Dapretto, M. (2006). Metaphorical vs. literal word meanings: fMRI evidence against a selective role of the right hemisphere. *NeuroImage*, *29*(2), 536-544. doi :10.1016/j.neuroimage.2005.08.003
- Luck, S. J. (2005). An Introduction to the Event-Related Potential Technique. *Monographs of the Society for Research in Child Development*, *78*(3), 388. doi :10.1111/1.4736938
- Mashal, N., Faust, M., & Hendler, T. (2005). The role of the right hemisphere in processing nonsalient metaphorical meanings: Application of Principal Components Analysis to fMRI data. *Neuropsychologia*, *43*(14), 2084-2100. doi :10.1016/j.neuropsychologia.2005.03.019

- Osterhout, L., & Holcomb, P. J. (1992). Event-related brain potentials elicited by syntactic anomaly. *Journal of Memory and Language*, *31*(6), 785-806. doi :10.1016/0749-596X(92)90039-Z
- Prat, C. S., Mason, R. a., & Just, M. A. (2012). An fMRI investigation of analogical mapping in metaphor comprehension: The influence of context and individual cognitive capacities on processing demands. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, *38*(2), 282-294. doi :10.1037/a0026037
- Rapp, A. M., Langohr, K., & Mutschler, D. E. (2014). Neural correlates of irony comprehension: Role of schizotypal personality traits in healthy subjects and schizophrenia. *Personality and Individual Differences*, *60*(2014), S7-S8. doi :10.1016/j.paid.2013.07.169
- Rapp, A. M., Leube, D. T., Erb, M., Grodd, W., & Kircher, T. T. J. (2007). Laterality in metaphor processing: Lack of evidence from functional magnetic resonance imaging for the right hemisphere theory. *Brain and Language*, *100*(2), 142-149. doi :10.1016/j.bandl.2006.04.004
- Regel, S., Gunter, T. C., & Friederici, A. D. (2011). Isn't it ironic? An electrophysiological exploration of figurative language processing. *Journal of cognitive neuroscience*, *23*(2), 277-293. doi :10.1162/jocn.2010.21411
- Schmidt, G. L., & Seger, C. a. (2009). Neural correlates of metaphor processing: The roles of figurativeness, familiarity and difficulty. *Brain and Cognition*, *71*(3), 375-386. doi :10.1016/j.bandc.2009.06.001
- Spotorno, N., Koun, E., Prado, J., Van Der Henst, J. B., & Noveck, I. a. (2012). Neural evidence that utterance-processing entails mentalizing: The case of irony. *NeuroImage*, *63*(1), 25-39. doi :10.1016/j.neuroimage.2012.06.046
- Swaab, T., Brown, C., & Hagoort, P. (2003). Understanding words in sentence contexts: The time course of ambiguity resolution. *Brain and Language*, *86*, 326-343. doi :10.1016/S0093-934X(02)00547-3
- Swaab, T. Y., Ledoux, K., Camblin, C. C., & Boudewyn, M. a. (2011). *Language-Related ERP Components. The Oxford Handbook of Event-Related Potential Components*. (S.l.) : (s.n.). doi :10.1093/oxfordhb/9780195374148.013.0197
- Uchiyama, H., Seki, A., Kageyama, H., Saito, D. N., Koeda, T., Ohno, K., & Sadato, N. (2006). Neural substrates of sarcasm: A functional magnetic-resonance imaging study. *Brain Research*, *1124*(1), 100-110. doi :10.1016/j.brainres.2006.09.088

- van den Brink, D., Brown, C. M., & Hagoort, P. (2006). The cascaded nature of lexical selection and integration in auditory sentence processing. *Journal of experimental psychology. Learning, memory, and cognition*, 32(2), 364-72. doi :10.1037/0278-7393.32.3.364
- Van Herten, M., Kolk, H. H. J., & Chwilla, D. J. (2005). An ERP study of P600 effects elicited by semantic anomalies. *Cognitive Brain Research*, 22, 241-255. doi :10.1016/j.cogbrainres.2004.09.002
- Varga, E., Simon, M., Tényi, T., Schnell, Z., Hajnal, A., Orsi, G., ... Herold, R. (2013). Irony comprehension and context processing in schizophrenia during remission - A functional MRI study. *Brain and Language*, 126(3), 231-242. doi :10.1016/j.bandl.2013.05.017
- Wager, T. D., & Lindquist, M. a. (2011). *Essentials of Functional Magnetic Resonance Imaging* (pp. 69-96). (S.1.) : Oxford University Press. doi :10.1093/oxfordhb/9780195342161.013.0006
- Yang, F.-P. G., Bradley, K., Huq, M., Wu, D. L., & Krawczyk, D. C. (2013). Contextual effects on conceptual blending in metaphors: An event-related potential study. *Journal of Neurolinguistics*, 26(2), 312-326. doi :10.1016/j.jneuroling.2012.10.004
- Yang, F.-P. G., Edens, J., Simpson, C., & Krawczyk, D. C. (2009). Differences in task demands influence the hemispheric lateralization and neural correlates of metaphor. *Brain and Language*, 111(2), 114-124. doi :10.1016/j.bandl.2009.08.006
- Yang, F.-P. G., Fuller, J., Khodaparast, N., & Krawczyk, D. C. (2010). Figurative language processing after traumatic brain injury in adults: A preliminary study. *Neuropsychologia*, 48(7), 1923-1929. doi :10.1016/j.neuropsychologia.2010.03.011

Annexe II : Liste des énoncés utilisés dans l'étude 1

Expressions Littérales/Métaphoriques

1	Welcome the <i>Accueillir le</i>	baby/sorrow <i>bébé/chagrin</i>	20	Squash the <i>Ecraser l'</i>	spider/authority <i>araignée/autorité</i>
2	Sharpen one's <i>Affuter sa</i>	blade/voice <i>lame/voix</i>	21	Unravel one's <i>Effilocher son</i>	jeans/couple <i>jean/couple</i>
3	Shake one's <i>Agiter ses</i>	bedclothes/neurons <i>couvertures/neurones</i>	22	Imprison one's <i>Emprisonner ses</i>	enemies/memories <i>ennemis/souvenirs</i>
4	Pile up the <i>Amasser les</i>	scraps/hours <i>restes/heures</i>	23	Step over the <i>Enjamber le</i>	stream/prohibition <i>ruisseau/interdit</i>
5	Darken a <i>Assombrir une</i>	photo/party <i>photo/fête</i>	24	Display one's <i>Étaler sa</i>	merchandise/clumsiness <i>marchandise/maladresse</i>
6	Launder one's <i>Blanchir son</i>	money/past <i>argent/passé</i>	25	Freeze a <i>Figer une</i>	solution/talk <i>solution/discussion</i>
7	Snub the <i>Bouder le</i>	neighbour/sleep <i>voisin/sommeil</i>	26	Hit the <i>Frapper l'</i>	stomach/intellect <i>estomac/intellect</i>
8	Knock up an <i>Bricoler une</i>	alarm/excuse <i>alarme/excuse</i>	27	Brush against the <i>Frôler la</i>	stone/rage <i>pierre/rage</i>
9	Stroke the <i>Caresser la</i>	cheek/luck <i>joue/chance</i>	28	Waste one's <i>Gâcher sa</i>	food/motivation <i>nourriture/motivation</i>
10	Catapult some <i>Catapulter des</i>	stones/words <i>pierres/paroles</i>	29	Ignore the <i>Ignorer la</i>	distance/mountain <i>distance/montagne</i>
11	Tickle the <i>Chatouiller le</i>	chin/pride <i>menton/orgueil</i>	30	Question one's <i>Interroger ses</i>	friends/pockets <i>amis/poches</i>
12	Collect the <i>Collectionner les</i>	minerals/idiocies <i>minéraux/idioties</i>	31	Mutilate one's <i>Mutuler son</i>	hostage/pleasure <i>otage/plaisir</i>
13	Date the <i>Courtiser la</i>	girl/assembly <i>demoiselle/assemblée</i>	32	Taunt one's <i>Narguer sa</i>	sister/death <i>sœur/mort</i>
14	Discourage the <i>Décourager l'</i>	lover/boredom <i>amant/ennui</i>	33	Seal a(n) <i>Sceller une</i>	envelope/resolution <i>enveloppe/décision</i>
15	Savor one's <i>Déguster son</i>	meal/triumph <i>repas/triomphe</i>	34	Shake the <i>Secouer la</i>	head/system <i>tête/système</i>
16	Unveil some <i>Dévoiler des</i>	secrets/abuses <i>secrets/abus</i>	35	Sow the <i>Semer la</i>	daisy/knowledge <i>marguerite/connaissance</i>
17	Dilute the <i>Diluer la</i>	powder/anger <i>poudre/colère</i>	36	Pierce the <i>Trouer le</i>	ceiling/smog <i>plafond/brouillard</i>
18	Dominate the <i>Dominer le</i>	world/doubt <i>monde/doute</i>	37	Lock the <i>Verrouiller la</i>	door/heart <i>porte/cœur</i>
19	Tame a(n) <i>Dompter un</i>	world/exercise <i>troupeau/exercice</i>	38	Rob the <i>Voler le</i>	merchant/silence <i>marchand/silence</i>

**Expressions
Sans signification**

1	Tune a	suitcase	20	Rip one's	farm
	<i>Accorder une</i>	<i>valise</i>		<i>Déchirer sa</i>	<i>ferme</i>
2	Adopt a	cloud	21	Start an	anvil
	<i>Adopter un</i>	<i>nuage</i>		<i>Démarrer une</i>	<i>enclume</i>
3	Enlarge the	purée	22	Sink the	beard
	<i>Agrandir la</i>	<i>purée</i>		<i>Enfoncer la</i>	<i>barbe</i>
4	Calm a	beer	23	Hear a	compote
	<i>Apaiser une</i>	<i>bière</i>		<i>Entendre une</i>	<i>compote</i>
5	Learn a	wardrobe	24	Close the	mallet
	<i>Apprendre une</i>	<i>armoire</i>		<i>Fermer la</i>	<i>masse</i>
6	Take on a	mummy	25	Raise the	tortoises
	<i>Assumer une</i>	<i>momie</i>		<i>Hausser les</i>	<i>tortues</i>
7	Plug a	seal	26	Forget one's	mud
	<i>Boucher un</i>	<i>phoque</i>		<i>Oublier sa</i>	<i>boue</i>
8	Change a	yoga	27	Bend the	wave
	<i>Changer un</i>	<i>yoga</i>		<i>Plier la</i>	<i>vague</i>
9	Color the	dust	28	Provoke a	dictation
	<i>Colorier la</i>	<i>poussière</i>		<i>Provoquer une</i>	<i>dictée</i>
10	Dig the	dance			
	<i>Creuser la</i>	<i>danse</i>			

Annexe III : Liste des énoncés utilisés dans l'étude 2

	Contexte	Métaphores	Littéraires
1	Tout juste sorti de prison, Sébastien s'acharnait à blanchir son	Passé	Salon
2	Afin de ne pas se faire surprendre, Lucie bricolait une	Excuse	Alarme
3	Espérant avoir bien travaillé, le marbrier caressait la	Chance	Pierre
4	Vive et imprévisible, Sandra décourageait l'	Ennui	Amant
5	Lorsqu'il rencontra la journaliste, le chauffeur dévoila des/son	Abus	Taxi
6	Toute jeune cavalière, Cindy dompta son	Exercice	Troupeau
7	En tombant dans le magasin, Sylvain étala sa/la	Maladresse	Marchandise
8	Triste de devoir partir, le curé scella sa	Décision	Chapelle
9	Tous les jours en arrivant à la bibliothèque, Martin volait le	Silence	Journal
10	Alors que tous ses amis étaient là, François assombrit la	Fête	Cours
11	N'écoutant pas ses parents, Guillaume enjamba l'	Interdit	Ennui
12	Avant de débiter son spectacle, l'artiste affutait sa	Voix	Lame
13	En agissant aussi brusquement, Stéphanie écrasait l'	Autorité	Assiette
14	Ses amis avaient peur, Ludovic frôlait la	Rage	Voie
15	Très angoissé, le peintre mutila son	Plaisir	Tableau
16	Dans son énervement, le patron secoua le	Système	Plateau
17	Du haut de l'estrade, Jérémy catapultait des	Paroles	Pierres
18	Après cette folle chevauchée, Oscar dégusta son	Triomphe	Chocolat
19	Il y a quelques temps déjà qu'Anne courtisait l'	Assemblée	Ingénieur
20	Après ces événements, Éric a été forcé. Il a emprisonné ses/les	souvenirs	Officiers
21	Petit à petit, elle le voit bien. Marie effiloche son	Couple	Canapé
22	Quand il est arrivé, Olivier a troué le/sa	Brouillard	Chaussette
23	Lorsqu'il cherche quelque chose, Luc interroge ses/son	Poches	Maitre
24	Assis dans son fauteuil, lorsqu'il bavardait, le professeur frappait l'	Intellect	Accoudoir

Annexe IV : Liste des énoncés utilisés dans l'étude 3 et 4 et valeurs de contraste (CONT) et d'humour (HUM)

	CONTEXTE [IRONIQUE/LITTÉRAL]	ÉNONCÉ	CONT IRO / LIT	HUM IRO / LIT
1	C'est la [meilleure/pire] des promotions que j'ai eues dans cette entreprise.	Demain, je la quitte définitivement.	5.44 / 1.68	3.24 / 1.28
2	Ce garçon [est vraiment musclé/prépare sa tarte].	Comme un flan aux pruneaux.	5.12 / 3.88	4.52 / 2.48
3	Ce jeune homme est [stupide/intelligent].	Il a considérablement développé ses dons naturels.	5.44 / 2.04	3.60 / 1.72
4	Ce nouveau spectacle [n'est pas mauvais/est de mauvais goût]	C'est tout simplement un navet.	4.80 / 1.36	3.84 / 2.40
5	Ce type-là est l'un des plus [performants/mauvais]	Il rate totalement tout ce qu'il entreprend.	5.76 / 1.20	3.12 / 1.32
6	Ces vins présentent des [qualités/défauts] uniques.	Ce sont ces arômes de moisi.	4.32 / 2.80	3.16 / 2.96
7	Depuis son altercation, il [ne sortait plus de chez lui/recherche ses agresseurs]	Tout le monde connaît sa très grande bravoure.	5.12 / 2.76	2.60 / 1.56
8	Elle est [moche, niaise et limitée/belle, riche et intelligente]	La nature a vraiment été généreuse avec elle.	5.24 / 1.52	3.96 / 1.68
9	Elle [ne se déplaissait pas en sa compagnie/était mal à l'aise en sa compagnie]	Elle a mis très rapidement fin à leur rendez-vous.	5.48 / 1.32	2.36 / 1.32
10	Il aime [réparer/casser] les ordinateurs.	Il y va à coup de massue.	5.00 / 1.52	3.68 / 2.16
11	Il est [admiré/détesté] de tous.	Cet homme est très populaire.	5.32 / 1.32	2.80 / 1.24
12	[Qu'est-ce qu'il laisse comme poussière !/Il est décédé il y a à peine trois jours !]	Il a été incinéré hier.	3.28 / 1.36	4.04 / 1.20
13	Il [se prit les pieds dans le tapis/prit son temps pour faire sa figure]	Ce fut un salto arrière magnifiquement contrôlé.	4.12 / 1.68	3.20 / 1.52
14	Ils [ont passé toutes leurs vacances sur la plage/appréhendent l'examen de demain matin].	Ils doivent être livides.	5.12 / 2.68	2.60 / 1.68
15	J'[adore/ai horreur] ce désodorisant pour toilettes.	Cela me rappelle l'odeur des poubelles.	4.72 / 1.72	3.56 / 2.76
16	L'éditeur lit le manuscrit [en grimaçant/admiratif].	On va pouvoir vous ranger entre Zola et Hugo.	5.00 / 2.04	2.68 / 1.92
17	[Le condamné à mort part au supplice/Le chômeur trouve une offre d'emploi] le lundi matin.	Voilà une semaine qui commence très bien.	5.04 / 1.20	3.40 / 1.60

18	Le nouveau chien des voisins est [doux/ agressif].	Comme un tigre du Bengale.	4.76 / 1.60	3.04 / 2.16
19	Leur vie commune est très [intense/explosive].	Cette fois-ci la claque lui a marqué la joue.	3.36 / 2.04	3.88 / 3.08
20	Mon lit est très [confortable/inconfortable]	Il est minuscule, sans ressort et grince.	5.64 / 1.36	2.68 / 1.88
21	Nous avons [l'un pour l'autre beaucoup de sympathie/pour le repas de ce soir, peu à manger].	Autant qu'un cube de glace et un brasero.	4.84 / 3.12	3.96 / 2.32
22	Quand [tu es du même avis que moi/je regarde à nouveau la recette/].	J'ai l'impression de m'être fortement trompé.	4.12 / 1.84	4.20 / 2.84
23	[Tu es devenu chauve/Tu veux te venger].	Et depuis, tu me cherches des poux.	3.68 / 1.92	4.20 / 1.80
24	Ils nous ont réservé un accueil tellement [chaleureux/déplorable].	Que nous étions vraiment très pressés de partir.	5.44 / 1.20	3.40 / 1.60

Annexe V : Consigne et items du questionnaire du Quotient Autistique (Baron-Cohen et al., 2001), adaptation française

Comment remplir cette échelle :

Voici une liste de situations. Veuillez lire chacune d'elles très attentivement et précisez en entourant la réponse comme dans les exemples ci-dessous dans quelle mesure vous êtes d'accord ou pas.

POUR QUE CETTE ÉCHELLE SOIT VALIDE, VOUS DEVEZ RÉPONDRE À CHAQUE QUESTION.

Exemples :

E1.	Je suis prêt(e) à prendre des risques.	Tout à fait d'accord	Plutôt d'accord	Plutôt pas d'accord	Pas du tout d'accord
E2.	J'aime jouer à des jeux de plateau.	Tout à fait d'accord	Plutôt d'accord	Plutôt pas d'accord	Pas du tout d'accord
E3.	Je trouve qu'il est facile d'apprendre à jouer d'un instrument de musique.	Tout à fait d'accord	Plutôt d'accord	Plutôt pas d'accord	Pas du tout d'accord
E4.	Je suis fasciné(e) par les autres cultures.	Tout à fait d'accord	Plutôt d'accord	Plutôt pas d'accord	Pas du tout d'accord

N°	ITEMS	SOUS-ÉCHELLE
1.	Je préfère réaliser des activités avec d'autres personnes plutôt que seul(e).	CS
2.	Je préfère tout faire continuellement de la même manière.	SA
3.	Quand j'essaie d'imaginer quelque chose, il est très facile de m'en représenter une image mentalement.	IM
4.	Je suis fréquemment tellement absorbé(e) par une chose que je perds tout le reste de vue.	SA
5.	Mon attention est souvent attirée par des bruits discrets que les autres ne remarquent pas.	AD
6.	Je fais habituellement attention aux numéros de plaques d'immatriculation ou à d'autres types d'informations de ce genre.	AD
7.	Les gens me disent souvent que ce que j'ai dit était impoli, même quand je pense moi que c'était poli.	CO
8.	Quand je lis une histoire, je peux facilement imaginer à quoi les personnages pourraient ressembler.	IM
9.	Je suis fasciné(e) par les dates.	AD
10.	Au sein d'un groupe, je peux facilement suivre les conversations de plusieurs personnes à la fois.	SA
11.	Je trouve les situations de la vie en société faciles.	CS

12.	J'ai tendance à remarquer certains détails que les autres ne voient pas.	AD
13.	Je préférerais aller dans une bibliothèque plutôt qu'à une fête.	CS
14.	Je trouve facile d'inventer des histoires.	IM
15.	Je suis plus facilement attiré(e) par les gens que par les objets.	CS
16.	J'ai tendance à avoir des centres d'intérêt très importants. Je me tracasse lorsque je ne peux m'y consacrer.	SA
17.	J'apprécie le bavardage en société.	CO
18.	Quand je parle, il n'est pas toujours facile pour les autres de placer un mot.	CO
19.	Je suis fasciné(e) par les chiffres.	AD
20.	Quand je lis une histoire, je trouve qu'il est difficile de me représenter les intentions des personnages.	IM
21.	Je n'aime pas particulièrement lire des romans.	IM
22.	Je trouve qu'il est difficile de se faire de nouveaux amis.	CS
23.	Je remarque sans cesse des schémas réguliers dans les choses qui m'entourent.	AD
24.	Je préférerais aller au théâtre qu'au musée.	IM
25.	Cela ne me dérange pas si mes habitudes quotidiennes sont perturbées.	SA
26.	Je remarque souvent que je ne sais pas comment entretenir une conversation.	CO
27.	Je trouve qu'il est facile de « lire entre les lignes » lorsque quelqu'un me parle.	CO
28.	Je me concentre habituellement plus sur l'ensemble d'une image que sur les petits détails de celle-ci.	AD
29.	Je ne suis pas très doué(e) pour me souvenir des numéros de téléphone.	AD
30.	Je ne remarque habituellement pas les petits changements dans une situation ou dans l'apparence de quelqu'un.	AD
31.	Je sais m'en rendre compte quand mon interlocuteur s'ennuie.	CO
32.	Je trouve qu'il est facile de faire plus d'une chose à la fois.	SA
33.	Quand je parle au téléphone, je ne suis pas sûr(e) de savoir quand c'est à mon tour de parler.	CO
34.	J'aime faire les choses de manière spontanée.	SA
35.	Je suis souvent le(la) dernier(ère) à comprendre le sens d'une blague.	CO
36.	Je trouve qu'il est facile de décoder ce que les autres pensent ou ressentent juste en regardant leur visage.	CS
37.	Si je suis interrompu(e), je peux facilement revenir à ce que j'étais en train de faire.	SA

38.	Je suis doué(e) pour le bavardage en société.	CO
39.	Les gens me disent souvent que répète continuellement les mêmes choses.	CO
40.	Quand j'étais enfant, j'aimais habituellement jouer à des jeux de rôle avec les autres.	IM
41.	J'aime collectionner des informations sur des catégories de choses (types de voitures, d'oiseaux, de trains, de plantes, ...).	IM
42.	Je trouve qu'il est difficile de s'imaginer dans la peau d'un autre.	IM
43.	J'aime planifier avec soin toute activité à laquelle je participe.	SA
44.	J'aime les événements sociaux.	CS
45.	Je trouve qu'il est difficile de décoder les intentions des autres.	CS
46.	Les nouvelles situations me rendent anxieux(se).	SA
47.	J'aime rencontrer de nouvelles personnes.	CS
48.	Je suis une personne qui a le sens de la diplomatie.	CS
49.	Je ne suis pas très doué(e) pour me souvenir des dates de naissance des gens.	AD
50.	Je trouve qu'il est très facile de jouer à des jeux de rôle avec des enfants.	IM

AD : Attentions aux Détails ; CS : Compétences Sociales ; CO : Communication ; IM : Imagination ; SA : Switching Attentionnel

Annexe VI : Corrélations de Bravais-Pearson entre l'amplitude de l'effet de la P600 et les scores à l'échelle de QA

	Électrodes					
	Cz	CP1	CP2	P3	Pz	P4
Compétences Sociales	r = -0.11 p = 0.600	r = -0.07 p = 0.734	r = -0.06 p = 0.785	r = -0.04 p = 0.846	r = -0.05 p = 0.820	r = -0.02 p = 0.936
Switching Attentionnel	r = -0.01 p = 0.946	r = -0.19 p = 0.363	r = -0.06 p = 0.768	r = -0.29 p = 0.165	r = -0.19 p = 0.368	r = -0.08 p = 0.718
Attention aux Détails	r = -0.22 p = 0.290	r = -0.15 p = 0.467	r = -0.19 p = 0.370	r = -0.22 p = 0.303	r = -0.19 p = 0.364	r = -0.15 p = 0.474
Communication	r = -0.01 p = 0.970	r = -0.08 p = 0.696	r = -0.01 p = 0.996	r = -0.11 p = 0.589	r = -0.09 p = 0.688	r = -0.02 p = 0.914
Imagination	r = -0.63 p = 0.001	r = -0.56 p = 0.004	r = -0.66 p = 0.001	r = -0.46 p = 0.021	r = -0.55 p = 0.005	r = -0.51 p = 0.009
QA Total	r = -0.27 p = 0.189	r = -0.31 p = 0.136	r = -0.26 p = 0.199	r = -0.34 p = 0.100	r = -0.31 p = 0.333	r = -0.20 p = 0.268

Note : l'effet de la P600 a été calculé par la différence entre l'amplitude de la P600 pour les énoncés ironiques et l'amplitude de la P600 pour les énoncés littéraux.

Traitement Cognitif des Métaphores et de l'Ironie verbale : études comportementales et substrats neuronaux

Résumé

L'objectif de cette thèse était d'explorer les bases cognitives et cérébrales des processus de compréhension du langage figuré *via* l'utilisation d'outils de neuroimagerie (EEG et IRMf). Nous nous sommes particulièrement intéressés aux processus inférentiels sémantiques et pragmatiques. Afin de mieux les cerner, nous avons étudié la compréhension de la métaphore verbale nouvelle (« *catapulter ses paroles* ») et de l'ironie verbale (« *Il est détesté de tous. Cet homme est très populaire.* »). Ce choix repose sur l'hypothèse selon laquelle chacune de ces figures sollicite spécifiquement un type de processus inférentiel ; de nature sémantique pour la métaphore et pragmatique pour l'ironie. Conformément à cette hypothèse, nos résultats indiquent que la compréhension des métaphores verbales nouvelles se fonde sur des processus de recherche et d'intégration d'informations sémantiques, supportant l'hypothèse d'un traitement séquentiel. L'examen des bases cérébrales du traitement de ces expressions précédées d'un contexte a mis en évidence des régions cérébrales postérieures, suggérant la mise en œuvre d'un processus de manipulation conceptuelle. Concernant le traitement de l'ironie, nous avons observé un processus tardif d'intégration d'informations plus important pour les énoncés ironiques comparés aux énoncés littéraux, suggérant un traitement pragmatique plus difficile. Enfin, nous avons mis en évidence un réseau fronto-temporal bilatéral lors du traitement de l'ironie, dont une part serait sensible au contraste entre le contexte et l'énoncé et à l'humour des énoncés. Nos résultats sont confrontés aux théories psycholinguistiques et cognitives du traitement du langage figuré.

Mots-clefs : *Métaphore verbale, Ironie, Sémantique, Pragmatique, IRMf, EEG*

Cognitive processing of predicative metaphors and verbal irony: behavioral study and neural bases.

Abstract

Our main aim was to assess the cognitive and neural basis of the figurative language processing using neuroimaging tools (EEG and fMRI). We were especially interested in semantic and pragmatic inferential processes. In order to better grasp these processes, we have studied the comprehension of novel verbal metaphor (“*to catapult his/her words*”) and verbal irony (“*Everybody thinks he is foul. He is a very popular man.*”). This choice was based upon the hypothesis that each of these figurative expressions specifically engages one of the two inferential processes: semantic for metaphors and pragmatic for irony. Following this hypothesis, our results point out that the comprehension of novel metaphoric expression is built on the research and the integration of a semantic congruent information, supporting a sequential processing hypothesis. The assessment of the cerebral basis of the processing of such expressions embedded in a context has revealed regions in posterior areas, suggesting a conceptual manipulation process. Concerning the irony processing, we observed a greater late integration processing for ironic sentences than literal ones, suggesting a more effortful pragmatic processing. Finally, we observed a fronto-temporal network specific to irony processing. Some part of this network could be involved in both the contrast between the utterance and the context and the humor processing of the sentences. Our results are confronted with psycholinguistic and cognitive theories about figurative language processing.

Keywords: *Verbal metaphors, Irony, Semantic, Pragmatic, fMRI, EEG*

Discipline : Psychologie

Université de Reims Champagne-Ardenne
Laboratoire C2S – Cognition Santé Socialisation
57 rue Pierre Taittinger – 51096 REIMS CEDEX