



HAL
open science

Codage lexico-sémantique : comment les mots font sens

Alario F.-X., Dufour Sophie, Chotiga Pattamadilok

► **To cite this version:**

Alario F.-X., Dufour Sophie, Chotiga Pattamadilok. Codage lexico-sémantique : comment les mots font sens. Serge Pinto; Marc Sato. *Traité de neurolinguistique. Du cerveau au langage*, Deboeck Supérieur, pp.197-206, 2016, 9782353273393. hal-01728102

HAL Id: hal-01728102

<https://hal.science/hal-01728102v1>

Submitted on 10 Apr 2019

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.

Codage lexico-sémantique : comment les mots font sens

F.-Xavier ALARIO

Aix-Marseille Univ, CNRS, LPC, Marseille, France

Sophie DUFOUR

Aix-Marseille Univ, CNRS, LPL, Aix-en-Provence, France

Chotiga PATTAMADILOK

Aix-Marseille Univ, CNRS, LPL, Aix-en-Provence, France

<p><i>Alario, F.-X., Dufour, S., & Pattamadilok, C. (2016). Codage lexico-sémantique : comment les mots font sens. In S. Pinto & M. Sato (Eds.) Neurolinguistique. Bruxelles : De Boeck Supérieur (ISBN 978-2-35327-339-3).</i></p>

Les mots d'une langue ont un ou plusieurs sens. Les locuteurs de cette langue connaissent la relation entre une forme (p.ex. la forme orthographique « vedette ») et les différentes réalités à laquelle elle renvoie (p.ex. « petite embarcation à moteur », « artiste dont le nom figure en tête d'affiche », « mot placé en tête d'un article de dictionnaire et sous lequel sont groupées les informations le concernant » ; ATILF, 2004). La notion cognitive de codage lexical décrit les connaissances qu'un locuteur a des formes et propriétés des mots ; la notion de codage sémantique, la connaissance qu'il ou elle a de leur sens. Dans ce chapitre nous décrivons des hypothèses actuelles sur la nature de ces codes et de leur mise en œuvre lors de situations comme la production de mots où la compréhension de parole.

1. L'arbitraire du signe

Nous devons à Ferdinand de Saussure d'avoir formalisé la notion d'arbitraire du signe (Saussure, 1916/1995). Le signifiant – le mot – est distingué du signifié – la chose, le concept, la notion désignés. Le caractère arbitraire de leur lien est souligné : la forme des mots ne reflète pas particulièrement les propriétés des entités qu'ils désignent. Cette conceptualisation reste fondamentale, même si l'on a noté quelques limites à l'arbitraire du

signe (Marchand, 2010), notamment dans les onomatopées, dans l'effet « kiki-bouba »¹ (Kölher, 1929) ou, dans une certaine mesure, dans les relations morphologiques. Ainsi, les membres d'une même famille morphologique (p.ex. chercher, chercheur, recherche, etc. ; Gala & Rey, 2008) partagent en effet des propriétés de forme et de sens, même si l'arbitraire du signe caractérise la racine (p.ex. *cherch-*).

1.1 Manifestations comportementales de l'arbitraire du signe

La distinction formelle entre signifiant et signifié trouve un corrélat comportemental et cérébral limpide dans la situation familière du « manque du mot ». Lorsqu'un locuteur a un manque du mot, il sait exactement de quoi il veut parler (telle personne, tel objet) mais il se trouve dans l'incapacité d'en retrouver le nom correspondant. En d'autres termes, le signifié est identifié mais le signifiant reste difficile à trouver. Ce phénomène se produit de façon occasionnelle chez le locuteur sain et de façon plus fréquente dans certains cas d'aphasie (Alario, 2011).

Des travaux expérimentaux ont montré qu'en état de manque du mot les locuteurs sont capables de retrouver des informations partielles concernant le mot manquant, par exemple le genre grammatical de noms communs, ou bien la longueur du mot, ou certains de ses phonèmes (Ferrand, 2001). Cela suggère des représentations mentales distinctes pour ces différents types d'information linguistique et qui ne seraient que partiellement activées dans la mémoire du locuteur lorsque le mot est manquant. Les patients aphasiques ont souvent des difficultés à retrouver les mots qui seraient appropriés à leur propos. On parle alors d'« anomie » ou de « manque du mot ». Ce manque du mot peut conduire à des réponses erronées (p.ex. paraphasies sémantiques, comme dire « tigre » pour *lion*), ou à une absence de réponse immédiate accompagnée de gestes ou périphrases (Hillis, 2001 ; Pillon, 2014). Dans ce dernier cas, et si les troubles de la production ne sont pas accompagnés de troubles de la compréhension du langage, le déficit est fonctionnellement très proche du déficit transitoire de bout de la langue observé chez les sujets sains et décrit plus haut (Badecker, et

¹ Effet « kiki-bouba » : on présente à des locuteurs des formes géométriques abstraites et on leur s'ils préféreraient les appeler « kiki » ou « bouba », deux pseudo-mots sans signification. Certaines de ces formes sont des polygones avec des arrêtes et des angles pointus. D'autres formes sont arrondies et sans arrêtes. Une grande proportion de locuteurs préfère appeler les premières « kiki » et les secondes « bouba », suggérant que certaines formes sont plus fortement associées à certains sens. Ce phénomène n'est pas ignoré dans le choix de certains noms de produits commerciaux.

al. 1995). Il n'existe pas un lien anatomo-fonctionnel très fort entre les troubles du manque du mot et des aires cérébrales spécifiques. Le plus souvent, ce sont des lésions du lobe temporal, frontal et parfois pariétal qui sont en cause. Un rôle prépondérant dans la sélection lexicale a été associé à la partie postérieure des gyrus temporal moyen et inférieur, ainsi qu'au gyrus fusiforme (aire de Brodmann 37 ; Hillis et al., 2006).

Ces arguments, issus de la linguistique, la psychologie et les neurosciences cognitives incitent donc à distinguer les représentations sémantiques des représentations lexicales. Une conceptualisation utile est celle de « lexique mental », la structure mnésique stockant les mots connus par un individu, incluant la phonologie, l'orthographe, ou encore les catégories grammaticales. Cette conception doit être faite sans oublier que dans l'utilisation dynamique du langage ces représentations auront des rôles fonctionnels intimement liés. Par exemple, il est souvent difficile d'activer la représentation orthographique d'un mot en le lisant sans en activer le sens (p.ex. « éléphant » ; ce thème est discuté par Augustinova & Ferrand, 2014, et Besner et al., 2016).

1.2 Représentations sémantiques

Concernant la représentation du sens de mots, il convient pour commencer de rappeler une distinction entre les représentations sémantiques et les représentations conceptuelles. En effet, cette distinction est faite de façon plus ou moins ferme selon les modèles et le domaine de recherche. Pour notre propos, les représentations sémantiques sont celles qui codent le sens des mots ; les représentations conceptuelles codent plus généralement les connaissances qu'à un sujet à propos du monde, par exemple à propos d'objets, événements, régularités physiques connues du sujet (Moss, Tyler, & Taylor, 2007 ; Vigliocco & Vinson, 2007).

La recherche en neuropsychologie cognitive a révélé des phénomènes très frappants concernant les représentations sémantiques. A la suite d'accidents vasculaires, certains patients présentent des déficits sémantiques qui semblent ne concerner que certaines catégories. Des patients pourront avoir des difficultés à identifier et nommer des êtres vivants, des animaux, mais seront beaucoup plus performants avec d'autres types d'items (Hécaen & De Ajuriaguerra, 1956 ; Warrington & McCarthy, 1987). Ces manifestations de déficits sont assez spectaculaires (voir encadré 1 dans Caramazza & Mahon, 2003) et ont fourni un terrain fertile pour tester différentes théories caractérisant les représentations

sémantiques (pour des détails concernant les neuro-dégénérescences et la démence sémantique, voir Laillier, de La Sayette, Eustache & Desgranges, ce volume)”

Les théories actuelles de la représentation sémantique postulent généralement que les connaissances sont organisées en représentations distribuées. L'unité de base (primitive) de ces représentations serait le « trait sémantique » (en anglais *semantic feature*). La définition de ces traits n'est pas facile et est souvent opérationnalisée dans des protocoles où l'on demande à des sujets de lister les connaissances qu'ils ont sur un concept donné (p.ex. « canari » : /est un oiseau/, /a des ailes/, /jaune/ etc.) Une question importante devient alors celle des relations entre les traits, en particulier leur structure de co-occurrence : quels traits sont souvent présents ensemble ? Y a-t-il des agrégats de traits sémantiques ? Les traits sémantiques sont-ils plus ou moins distinctif pour les concepts concernés ? etc.

Ainsi, pour rendre compte des déficits spécifiques de catégories, différentes structurations de ces traits sémantiques ont pu être proposées. Une première distinction avait été proposée entre les traits sensoriels, qui caractérisent les propriétés des objets pouvant être perçues, et les traits fonctionnels, qui caractérisent les propriétés des objets qui concernent leur utilisation ou rôle fonctionnel. Dans la mesure où, par exemple, les entités vivantes ont généralement plus de traits visuels et les artefacts plus de traits fonctionnels, le dommage causé à l'un ou l'autre de ce domaine pourrait être la cause des déficits catégoriels observés (Warrington & McCarthy, 1987). Une autre proposition organise la structure des traits sémantiques sur la base de l'importance que ces connaissances ont pu avoir pour la survie de l'espèce au cours de l'évolution (Caramazza & Shelton, 1998). Cette théorie prédit par exemple quelles catégories sémantiques seront associées dans les déficits (p.ex. animaux, végétaux, membres de sa propre espèce et peut-être aussi outils, toutes ces catégories sont réputées centrales pour la survie de l'espèce, et devraient être déficitaires au même niveau). Finalement une autre approche souligne que de nombreuses connaissances sémantiques pourraient être ancrées dans les systèmes sensori-moteurs qui leur correspondent (Martin, 2007). Dans cette théorie, les traits sémantiques concernant les propriétés visuelles (p.ex. oblong) sont représentés au sein du système visuel, les traits sémantiques concernant les propriétés d'action (p.ex. s'opère avec la main) sont représentés au sein du système moteur, etc. (Meteyard et al., 2012 ; Leshinskaya & Caramazza, 2014). Ainsi la connaissance

sémantique n'est pas complètement une abstraction d'information mais serait pour une large part un reflet des activités des systèmes périphériques.

Ces différentes propositions concernant les dimensions et propriétés qui structurent les traits sémantiques ne sont pas faciles à départager. En particulier, les traits sémantiques ne sont pas véritablement observables, mais sont plutôt des variables latentes postulées par les théories dont on ne mesure qu'indirectement les conséquences. Cela impose une rigueur supplémentaire à l'heure de formuler et tester les prédictions des différentes alternatives (Leshinskaya & Caramazza, 2014), notamment en termes quantitatifs. Cela n'empêche pas un consensus relativement étendu à l'heure actuelle sur la notion même de traits sémantiques et sur l'importance de caractériser les relations qu'ils entretiennent entre eux.

1.3 Représentations lexicales

Co-localisation des mots

Connaître un mot c'est connaître de multiples informations à son propos. Prenons le mot « vedette » cité plus haut. En plus d'avoir plusieurs sens, ce mot a une forme orthographique (que l'on vient de lire), une forme phonologique (/vədɛt/), une classe grammaticale (nom commun), un genre grammatical (féminin), une structure morphologique (« ved-ette »), etc. Un locuteur du français connaît ces propriétés. Cela le distingue d'une personne ne parlant pas le français chez qui ces connaissances ou représentations sont absentes. Chez un enfant n'ayant pas encore appris à lire ou un illettré adulte, ce sont les représentations orthographiques qui feront défaut.

Les informations représentées en mémoire à propos des mots sont facilement utilisables par les locuteurs dans leurs différents comportements verbaux. En principe, différentes représentations pourraient être utilisées dans différentes situations. Il est clair *a priori* que les représentations phonologiques vont jouer un rôle majeur dans la reconnaissance des mots parlés, les représentations orthographiques dans la reconnaissance des mots écrits et que toutes deux donnent accès au sens, c'est-à-dire aux représentations sémantiques. Dans les sections qui suivent, nous illustrons le recrutement de ces représentations dans le cadre de tâches psycholinguistiques simples.

2. Processus de reconnaissance des mots parlés

2.1 Principes généraux

Reconnaître un mot parlé consiste à appairer les informations acoustiques, phonétiques et/ou phonologiques présentes dans le signal de parole à des représentations lexicales et sémantiques stockées en mémoire. Les principaux modèles de la reconnaissance des mots parlés conceptualisent le processus de reconnaissance d'un mot en termes d'une activation et d'une compétition entre de multiples candidats lexicaux. A l'écoute d'un mot, l'auditeur activerait un ensemble de candidats phonologiquement compatibles avec le mot entendu puis sélectionnerait celui qui s'apparie le mieux avec l'information présente dans le signal de parole. En dehors de certains effets de co-articulation et d'anticipation articulatoire (CF CHAPITRE TANT), Le signal de parole est de nature séquentielle : un mot parlé se déploie dans le temps, il est entendu dans l'ordre temporel de sa réalisation acoustique. Ainsi, il est généralement admis que le processus de reconnaissance débute avant la fin de réalisation du mot. L'auditeur a donc à tout moment une information, souvent partielle, à propos du mot en cours de perception. C'est sur la base de cette information qu'un ensemble de candidats se présente à la reconnaissance. De par cette activation multiple, sélectionner un candidat unique est essentiellement un processus de compétition. Un et seulement un seul candidat doit gagner la compétition pour être sélectionné comme étant le meilleur appariement avec les données sensorielles. Une représentation schématique de la reconnaissance des mots parlés est fournie en Figure 1.

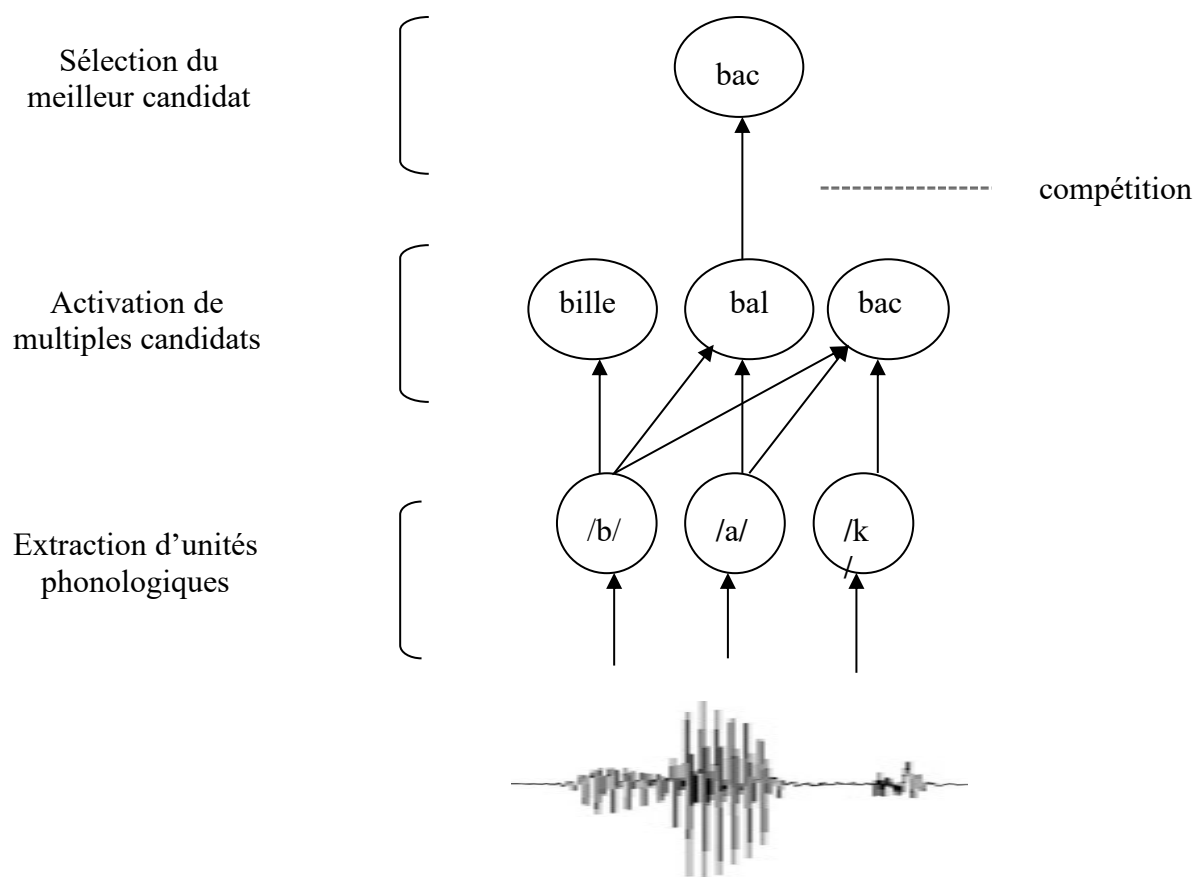


Figure 1 : Représentation schématique de la reconnaissance des mots parlés. Le signal (représenté en bas) conduit, au fur et à mesure de l'écoute, à l'activation de diverses représentations linguistiques, du bas vers le haut dans la figure.

Les détails des mécanismes proposés divergent d'un modèle à l'autre. Concernant l'étape de l'activation lexicale, le nombre et la nature des compétiteurs susceptibles d'être activés à l'écoute d'un mot sont fortement dépendants des parties du signal supposées engendrer un accès lexical. Certains modèles (Marslen-Wilson & Welsh, 1978) supposent que seul le début des mots contribue à la génération des candidats lexicaux. Toutefois si l'on considère la perception des mots dans un contexte plus général de phrases, une telle approche suppose nécessairement qu'un auditeur connaît quelle partie du signal correspond au début des mots. Or, contrairement au langage écrit où les frontières de mots sont marquées par des espaces blancs, la parole est un flux continu sans marques explicites de frontières entre les mots. En raison du peu d'indices acoustiques dont nous disposons pour localiser le début des mots, d'autres modèles (McClelland & Elman, 1986) au contraire proposent un appariement continu dans lequel chaque portion du signal reçu contribue à la génération d'hypothèses lexicales indépendamment du fait qu'elle constitue ou non un début de mot. D'autre part, la nature de la représentation qui sert de médiateur entre le signal acoustique

et les représentations lexicales contraignent fortement le jeu de compétiteurs. En effet, on admet généralement que le signal de parole n'est pas directement apparié aux représentations des mots stockés en mémoire. L'auditeur dégagerait dans le signal des unités plus petites que le mot qui serviraient de médiateur pour le contact lexical (cf. Figure 1). Selon plusieurs de ces modèles, différentes unités comme les traits distinctifs (par exemple, caractère voisé ou non d'une consonne), le phonème ou la syllabe ont été proposées. Dans ce qui suit nous allons nous focaliser sur le modèle TRACE et examiner comment il envisage les étapes d'extraction d'unités plus petites que le mot, l'activation de multiples candidats lexicaux et le processus de sélection du meilleur candidat lexical.

2.2 Focus sur le modèle TRACE

Le modèle TRACE (McClelland & Elman, 1986) est un modèle d'activation interactive inspiré du modèle développé par McClelland et Rumelhart (1981) dans le domaine de la reconnaissance visuelle des mots. Il est composé de trois niveaux successifs de représentations correspondant chacun à différentes unités de traitement : celles des traits distinctifs, des phonèmes et des mots. Ces unités sont organisées hiérarchiquement avec des connexions facilitatrices entre les unités de niveaux adjacents (traits-phonèmes ; phonèmes-mots et mots-phonèmes) et des connexions inhibitrices entre les unités d'un même niveau de traitement. Une illustration schématique du modèle TRACE issue d'un article co-écrit par McClelland, Mirman et Holt (2006) est fournie en

Figure 2.

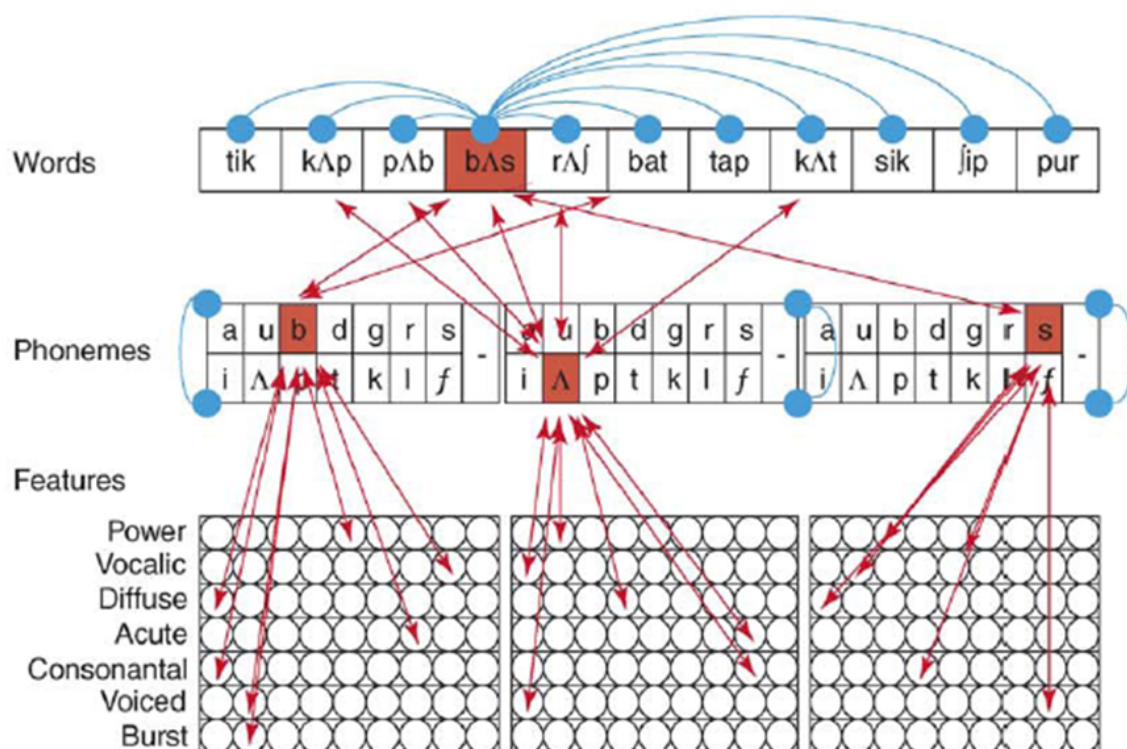


Figure 2: Illustration schématique du modèle TRACE. Figure issue de McClelland, Mirman & Holt (2006). \longleftrightarrow Représente les activations ; $\bullet\text{---}\bullet$ Représente les inhibitions

Selon ce modèle, les informations issues du signal de parole activent dans un premier temps des unités-trait (*features* dans la

Figure 2). Celles-ci à leur tour activent les unités-phonèmes qui les contiennent. Par exemple, la perception d'un trait de voisement dans le signal va activer tous les phonèmes voisés (e.g. /d/ etc...). Ces unités-phonèmes activent ensuite les unités-mots avec lesquelles elles sont connectées. Ainsi, la perception du phonème /b/ dans le signal de parole va activer tous les mots qui contiennent ce phonème. La puissance avec laquelle une unité-phonème active une unité-mot dépend du degré d'activation du phonème ainsi que de la force de la connexion entre les deux unités. TRACE permet également aux unités-mots d'activer les unités-phonèmes qui les constituent par l'intermédiaire d'un mécanisme d'excitation de haut en bas. Parallèlement à ces activations, des inhibitions intra-niveaux se mettent en place. Le degré auquel une unité (mot ou phonème) inhibe une autre unité dépend du niveau d'activation, de la force de la connexion ainsi que du taux de recouvrement entre les deux unités. Les unités les plus activées ont donc tendance à inhiber les moins activées ce qui permet à TRACE de converger vers un seul candidat.

2.3 Résultats expérimentaux compatibles avec le modèle TRACE

Bien que le débat entre modèles de reconnaissance de mots parlés ne soit pas clos, nous allons présenter quelques résultats majeurs et montrer comment le modèle TRACE en rend compte. Ces résultats comprennent des données comportementales consistant en la mesure de la rapidité et de la précision de la réponse en réaction à des mots lors d'une tâche bien précise, puis des données obtenues en électroencéphalographie (EEG).

L'effet d'intérêt est l'effet de fréquence des mots. De nombreuses études mesurant la rapidité et la précision des réponses ont montré que la facilité avec laquelle un mot parlé est reconnu dépend de sa fréquence d'occurrence dans la langue, les mots de haute fréquence étant reconnus plus rapidement et avec moins d'erreurs que les mots de basse fréquence. Dans le modèle TRACE (McClelland & Elman, 1986), la fréquence est encodée dans le niveau d'activation de base des candidats lexicaux. Un mot de haute fréquence ayant un niveau d'activation de base plus élevé qu'un mot de basse fréquence, il est reconnu plus rapidement qu'un mot de basse fréquence, car son niveau d'activation atteint le seuil de reconnaissance plus rapidement.

Une recherche récente (Dufour, Brunellière & Frauenfelder, 2013) a étudié l'impact de la fréquence des mots sur l'activité EEG lors de la reconnaissance des mots parlés. La différence la plus précoce entre des mots de haute et de basse fréquence émerge autour de 350 ms à partir du début des mots, c'est-à-dire bien avant la fin des mots dont la durée moyenne était dans cette étude de 565 ms. Plus précisément, un premier effet de fréquence était visible sur la composante P350, une onde positive précédemment associée à l'activation des représentations lexicales (Friedrich, Kotz, Friederici, & Gunter, 2004). Cette composante montre des amplitudes plus élevées pour des mots de basse fréquence en comparaison à des mots de haute fréquence. Une illustration de la composante P350 et comment son amplitude varie en fonction de la fréquence des mots est fournie dans la Figure 3.

Cet effet de fréquence avait deux caractéristiques majeures. Premièrement, il émergeait durant le traitement des deux premiers phonèmes des mots à reconnaître, ce qui correspond au moment où l'activation lexicale est supposée débiter (Marslen-Wilson & Welsh, 1978). Deuxièmement, il émergeait bien avant la fin des mots, qui avaient tous un

point de reconnaissance du son /ɛ/² après le dernier phonème, et donc avant que les mots ne puissent être identifiés de façon certaine par les auditeurs. Ce premier effet de fréquence semble donc refléter la phase d'activation des candidats lexicaux du modèle TRACE. Plus un mot est rare et plus la réponse cérébrale en réaction à de tel mots est importante, engendrant une réponse de plus forte amplitude.

Un second effet de fréquence, débutant juste après la fin des mots cibles et persistant jusqu'à 80 ms après leur fin a été également observé. Plus spécifiquement, ce second effet de fréquence émergeait sur la composante N400 (ici N400 tardive), une onde négative associée aux processus d'accès au lexique mental dans les phases d'activation ou de compétition lexicales (Desroches, Newman & Joanisse, 2009). Cette composante montre des amplitudes plus élevées pour les mots de basse fréquence en comparaison à des mots de haute fréquence. Une illustration de la composante N400 et comment son amplitude varie en fonction de la fréquence des mots est fournie dans la Figure 3. La caractéristique majeure de ce deuxième effet est qu'il avait lieu après la fin des mots, c'est-à-dire quand l'information présente dans le signal de parole n'était plus compatible avec d'autres candidats lexicaux que le mot cible. Ce second effet de fréquence semble donc refléter la facilité avec laquelle le mot cible est sélectionné comme étant le meilleur candidat. Lorsque la fréquence du mot cible est élevée, la sélection de ce mot comme étant le meilleur candidat est plus aisée, conduisant ainsi à des négativités de plus faibles amplitudes.

² Le point de reconnaissance est supposé correspondre au moment à partir duquel un mot reste l'unique candidat à être activé. Ainsi, le mot « rondelle /rɔ̃dɛl/ » serait reconnu dès la réalisation du son /ɛ/ car il n'existe aucun autre mot dans la langue française débutant par la séquence /rɔ̃dɛ/.

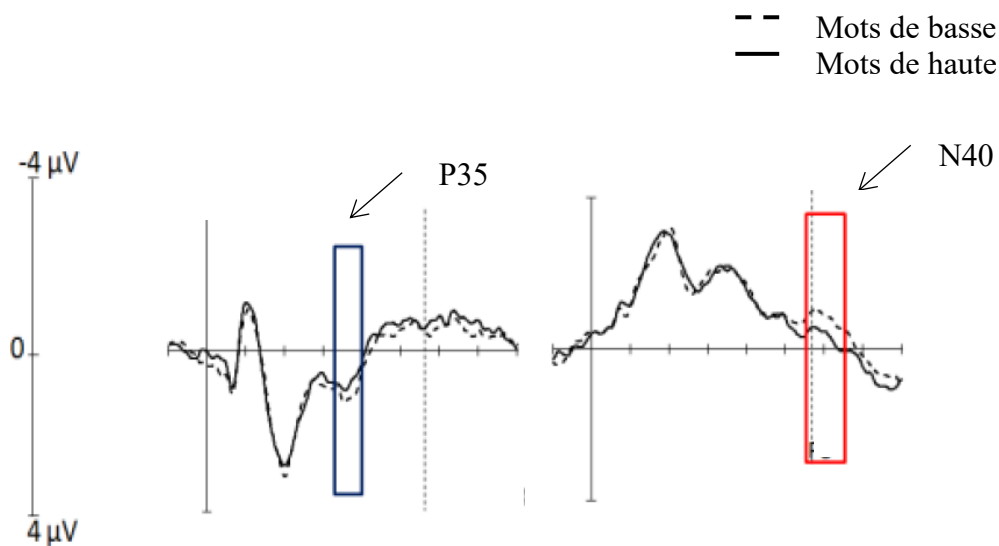


Figure 3: Illustration des composantes P350 et N400 et leur modulation en fonction de la fréquence des mots. La ligne verticale en pointillée indique la fin des mots (figure extraite de Dufour et al. (2013)). Par convention, les négativités sont représentées vers le haut.

2.4 L'onde N400 et sa sensibilité au contexte

La composante EEG identifiée comme N400 nécessite une mention particulière, tellement sa robustesse a retenu l'attention des chercheurs. Dans une description très générale la N400 est une onde négative évoquée par la présentation d'un stimulus verbal (auditif ou visuel, du reste) et ayant un pic maximal d'amplitude autour de 400 ms après le début d'un stimulus. Elle est considérée comme le marqueur électrophysiologique du traitement sémantique d'un mot. Dans une étude princeps, Kutas et Hillyard (1980) ont présenté des phrases se terminant soit par un mot sémantiquement congru (p.ex : *tous les matins, il tartine son pain de confiture*) ou par un mot sémantiquement incongru (p.ex : *tous les matins, il tartine son pain de couverture*). Ils ont observé que les mots sémantiquement incongrus élicitent une N400 d'amplitude plus élevée que les mots sémantiquement congrus. Dans une étude plus récente, Kutas et Federmeier (2000) ont montré que des mots sémantiquement non-plausibles élicitent une N400 de plus grande amplitude en comparaison à des mots congrus qu'ils soient insérés en fin de phrase ou en milieu de phrase, ou qu'ils soient présentés dans leur modalité visuelle ou auditive (cf. Figure 4). Ces auteurs ont également montré que la N400 était sensible à d'autres types de relations sémantiques au sein de contexte plus minime incluant des paires de mots. La Figure 4 illustre la composante N400 en réponse à

des antonymes (NOIR-BLANC), à des membres typiques d'une catégorie (OISEAU-MERLE), à des membres peu typiques d'une catégorie (OISEAU-DINDE) et pour des paires de mots ne présentant aucun lien sémantique (CIEL-GOMME). L'ensemble de ces résultats montrent donc que la N400 reflète la facilité d'accès à l'information sémantique et son intégration dans le contexte local. Lorsqu'un mot est fortement attendu ou fortement prévisible de par le contexte de phrase ou le mot qui le précède, l'accès à son sens en est facilité engendrant une composante N400 d'amplitudes plus faibles en comparaison à des mots faiblement attendus/prévisibles. Il est important de préciser que si la N400 est considérée comme le marqueur de l'accès à l'information sémantique, nous venons de voir qu'elle est également sensible à des facteurs influençant des traitements de plus bas niveau comme le niveau phonologique.

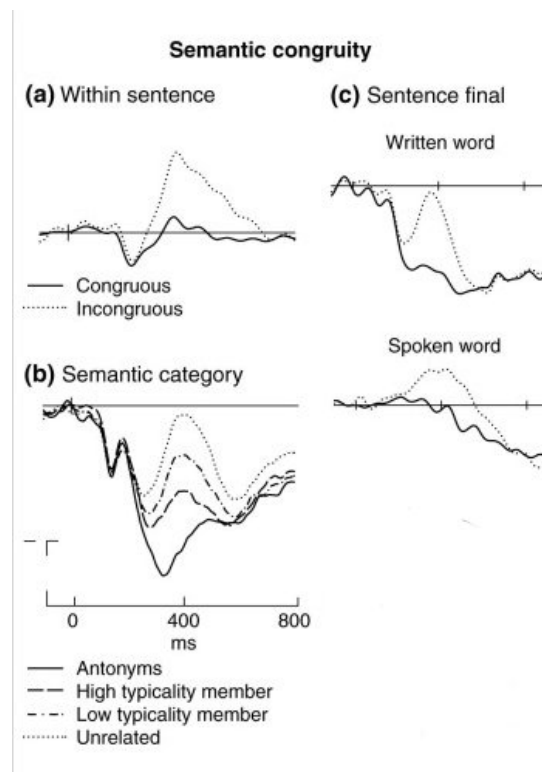


Figure 4: Illustration de la composante N400 pour différents type de relation sémantique (Figure extraite de Kutas et Federmeier (2000)).

3. Conséquences de l'apprentissage de la lecture sur la reconnaissance de la parole

Jusqu'à présent, la description des mécanismes qui interviennent pendant l'accès au lexique se base exclusivement sur les représentations phonologiques. Cela paraîtrait logique

puisqu'il a été question de langage parlé, pas de langage écrit. Cependant, plusieurs études ont montré que la capacité de traiter la parole est elle-même influencée par des connaissances que l'individu acquiert au cours de l'apprentissage de la lecture. Dans la dernière partie de ce chapitre, nous illustrerons plus avant la question des traitements lexico-sémantiques en décrivant le rôle de l'orthographe dans l'accès au lexique phonologique. Pour cela nous aborderons les processus cognitifs et cérébraux sous-jacents aux interactions entre ces deux codes majeurs du langage.

3.1 Exemples de l'influence de l'acquisition de la lecture sur le traitement de la parole

Plusieurs études ont montré que la connaissance de l'orthographe des mots interfère avec la manière dont les personnes lettrées traitent la parole. Seidenberg et Tanenhaus (1979) ont été parmi les premiers à montrer cet « effet orthographique ». Dans la tâche de jugement de rime (décider si deux mots entendus partagent la même rime phonologique), l'auditeur prend moins de temps à déterminer que les mots présentés oralement riment lorsque les rimes s'écrivent de la même manière (p.ex., bord-nord) que lorsqu'elles s'écrivent différemment (p.ex., sort-nord). Ce résultat a conduit à l'idée que les représentations orthographiques associées aux mots parlés sont automatiquement activées dès que l'individu perçoit la parole, même dans les situations où cette information n'est pas indispensable, voire même nuisible à la performance. L'influence de l'orthographe a été également observée dans des tâches plus élémentaires telles que la décision lexicale (décider si le stimulus entendu est un mot existant ou un pseudo-mot inventé) ou le jugement sémantique (décider sur la base du sens si le mot appartient à une catégorie sémantique). Dans ces tâches, les mots parlés qui contiennent des rimes « orthographiquement consistantes » (ex., la rime du mot /duʃ/, 'douche', ne peut s'écrire que d'une seule manière: 'ouche') sont reconnus plus rapidement que les mots parlés qui contiennent des rimes « orthographiquement inconsistantes » (p.ex., la rime du mot /bɛ̃/, 'bain', peut s'écrire de plusieurs manières: 'ain', 'aint', 'in', 'aim', etc.) (Pattamadilok, Morais, Ventura, & Kolinsky, 2007; Peereman, Dufour, & Burt, 2009; Ziegler & Ferrand, 1998). Des études en EEG ont montré que, dans ces situations, l'effet orthographique intervient suffisamment tôt dans le processus de reconnaissance de la parole pour pouvoir influencer l'accès au lexique. Comme l'illustre la Figure 5, l'inconsistance orthographique qui mène à une prolongation du temps de traitement du mot s'accompagne d'une augmentation de

l'amplitude de l'onde cérébrale négative vers 300-350 msec. Ce dérouls temporel de l'effet orthographique précède celui associé à l'effet de fréquence lexicale (Pattamadilok, Perre, Dufau, & Ziegler, 2008) discuté plus haut.

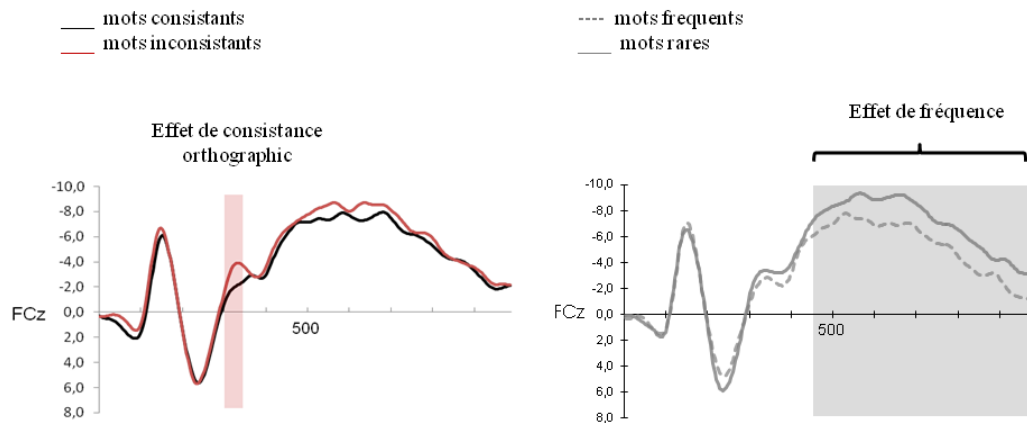


Figure 5 : Illustration de l'effet de consistance orthographiques et de l'effet de fréquence obtenus dans une tâche de jugement sémantique (figure extraite de Pattamadilok et al., 2008).

Les effets orthographiques décrits ci-dessus peuvent être expliqués par deux principaux mécanismes. Le premier mécanisme, dit « en ligne », suppose que la perception d'un mot parlé active automatiquement la représentation orthographique associée au mot. Le deuxième mécanisme considère que les effets orthographiques peuvent être expliqués par des changements plus profonds au sein même du système phonologique et qui seraient la conséquence de l'acquisition et la pratique de la lecture. Nous les discutons l'un après l'autre.

3.2 Activation en ligne des représentations orthographiques pendant le traitement de la parole

Ce premier mécanisme s'appuie sur l'idée qu'apprendre à lire consiste à établir des connexions entre le code parlé (que l'apprenant possède) et le code écrit (qu'il doit acquérir), de telle sorte que la présence d'un mot écrit active automatiquement sa prononciation et, inversement, la présence d'un mot parlé active sa forme écrite. En termes de processus neuronaux, il présuppose que le traitement du langage fait appel à la fois aux systèmes visuel et auditif. Ainsi, l'entrée auditive induit une activation dans les régions temporales spécialisées dans le traitement des représentations phonologiques. Ces

représentations activeront ensuite les représentations orthographiques correspondantes qui sont traitées notamment dans les régions occipito-temporales (Figure 6, à gauche).

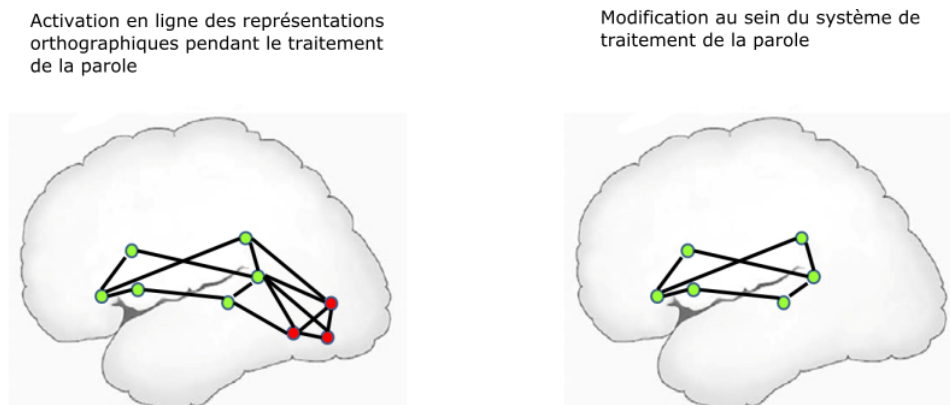


Figure 6 : Schéma illustrant deux mécanismes neuronaux sous-tendant les effets orthographiques observés dans les tâches de traitement de la parole (adapté de l'étude de Pulvermüller, 1999 et de Perre, Pattamadilok, Montant & Ziegler, 2009)

Plusieurs études en imagerie cérébrale fournissent des résultats dans ce sens : on observe une activation dans l'aire visuelle des mots (en anglais : *Visual Word Form Area* ou *VWFA*) lorsque les participants décodent les représentations phonologiques de la parole. L'activité dans cette région augmente avec le niveau de lecture de l'individu (Cone, Burman, Bitan, Bolger, & Booth, 2008; Dehaene et al., 2010; Desroches et al., 2010). Du point de vue anatomique, la communication entre le système phonologique et le système orthographique est rendue possible, au moins en partie, par l'existence du faisceau arqué dans l'hémisphère gauche (Figure 7). Chez les personnes lettrées, la portion temporo-pariétale postérieure de ce faisceau assure les connexions entre le lobe temporal postérieur où se trouve la *VWFA* et le lobule pariétal inférieur ainsi que les régions temporelles supérieures postérieures impliqués dans la conversion phonèmes-graphèmes et dans le traitement de la parole, respectivement. Certaines études ont montré que l'apprentissage de la lecture renforce les connexions entre les deux systèmes du langage en améliorant ces connexions anatomiques (Thiebaut De Schotten, Cohen, Amemiya, Braga, & Dehaene, 2012; Yeatman, Dougherty, Ben-Shachar, & Wandell, 2012; Yeatman et al., 2011).

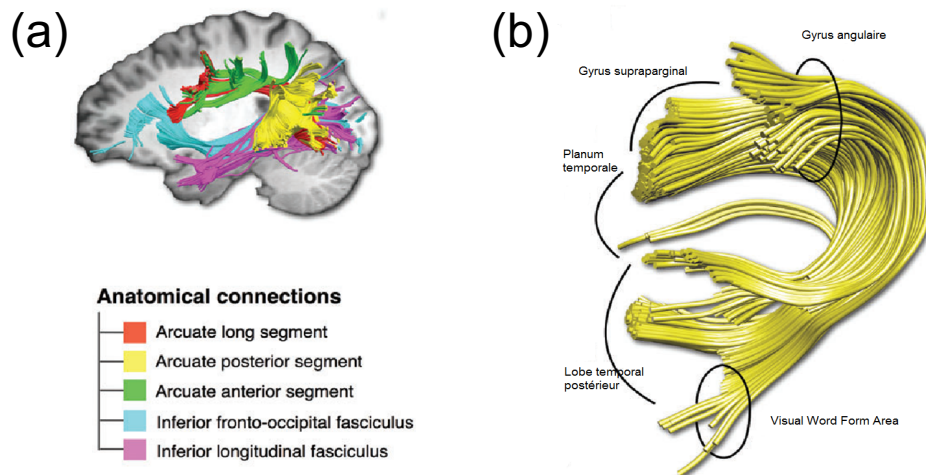


Figure 7 : Illustration des (a) différents faisceaux et (b) des différents segments du faisceau arqué (adapté de l'étude de Thiebaut De Schotten, Cohen, Amemiya, Braga & Dehaene, 2012)

3.3 Modification au sein du système de traitement de la parole suite à l'acquisition de la lecture

Au-delà des connexions entre les deux systèmes du langage (oral et écrit), apprendre à lire induit également des changements plus profonds, au sein même du système phonologique. Ces changements s'établissent progressivement et comportent ainsi un caractère développemental.

Trois hypothèses cognitives ont été proposées pour expliquer les modifications des représentations phonologiques suite à l'acquisition de la lecture. Premièrement, apprendre à lire, au moins dans un système alphabétique, affine les représentations phonologiques via un développement de la capacité de traiter les phonèmes (qui sont la plus petite unité phonologique distinctive dans le son de la parole : Morais, Cary, Alegria, & Bertelson, 1979; Read, Zhang, Nie, & Ding, 1986). Deuxièmement, apprendre à lire rend les représentations phonologiques plus abstraites en y intégrant le code orthographique. En d'autres termes, une forte association entre les deux codes transforme les représentations phonologiques en représentations *phonographiques* (Taft & Hambly, 1985 ; Taft, 2006). Ainsi la représentation phonologique abstraite de la rime /ɛ̃/ dans le mot 'bain' serait différente de celle dans le mot 'peint'. La troisième et dernière hypothèse postule que les connaissances orthographiques contribuent à la modulation du niveau de l'activation des représentations phonologiques. Chaque rencontre avec un mot écrit peut renforcer les représentations phonologiques associées à ce mot grâce aux connexions qui existent entre ces deux codes. A

long terme, les connexions répétées entre les deux codes finissent par moduler le niveau de l'activation des mots parlés.

En termes de processus neuronaux, le mécanisme développemental présuppose qu'apprendre à lire induit des changements dans les régions cérébrales qui sont impliquées dans le traitement des représentations phonologiques. Comme l'illustre la Figure 6 (à droite), les effets orthographiques résultant de ce mécanisme n'impliquent pas l'activation du système visuo-orthographique situé dans le cortex occipito-temporal. Plusieurs études ont montré des résultats dans ce sens. Par exemple, des données d'EEG (Perre, Pattamadilok, Montant, & Ziegler, 2009) et de stimulation magnétique transcrânienne (Pattamadilok, Knierim, Kawabata Duncan, & Devlin, 2010) montrent que l'effet de consistance orthographique trouve sa source corticale dans le système phonologique (le gyrus temporal supérieur et le gyrus supramarginal) mais pas dans le système orthographique (VWFA). Une modulation de l'activité cérébrale a été également observée dans le *planum temporale*, une région impliquée dans le codage et la perception des phonèmes, qui se trouve dans le cortex auditif (Näätänen et al., 1997; Tervaniemi et al., 1999; Van Atteveldt, Formisano, Goebel, & Blomert, 2004). Chez les enfants, l'augmentation de l'activité dans cette région est corrélée avec leur niveau d'habileté en lecture (Monzalvo & Dehaene-Lambertz, 2013). Une comparaison entre adultes lettrés et illettrés a montré une plus grande activation dans cette région chez les lettrés pendant les tâches auditives comme l'écoute passive de phrases ou une tâche de décision lexicale auditive (Dehaene et al., 2010).

4. Conclusion

Au terme de ce chapitre nous avons vu que les connaissances lexicales et sémantiques sont organisées de façon relativement indépendante mais que l'accès au sens d'un mot fait appel à une dynamique cognitive complexe et intégrée. La reconnaissance des mots parlés passe nécessairement par une activation de représentations de nature phonologique ; de façon contrintuitive, nous avons aussi vu que reconnaître des mots parlés n'est pas une activité purement auditive. En effet, elle peut faire appel à des représentations de nature orthographique et implique ainsi une contribution de réseaux cognitifs et cérébraux étendus.

5. Références bibliographiques

Alario, F.-X. (2011). Où se trouvent les mots lorsque nous les avons sur le bout de la langue ? In Alario, F.-X. (éd.) *Toutes les questions que vous vous posez sur votre cerveau* (pp. 37-40). Paris : Odile Jacob.

ATILF (2004). *Trésor de la Langue Française Informatisé*. CNRS Éditions [consulté sur <http://atilf.atilf.fr/tlf.htm> Juillet 2016]. ISBN 978-2-271-06273-4

Augustinova, M. & Ferrand, L. (2014). Automaticity of Word Reading: Evidence from the Semantic Stroop Paradigm. *Current Directions in Psychological Science*, 23 (5), 343-348. doi: 10.1177/0963721414540169

Badecker, W., Miozzo, M., & Zanuttini, R. (1995). The two-stage model of lexical retrieval: evidence from a case of anomia with selective preservation of grammatical gender. *Cognition*, 57(2), 193–216.

Besner, D., Risko, E.F., Stolz, J.A., White, D., Reynolds, M., O'Malley, S. & Robidoux, S. (2016). Varieties of Attention: Their Roles in Visual Word Identification. *Current Directions in Psychological Science*, 25(3), 162-168. doi: 10.1177/0963721416639351

Caramazza, A. & Mahon, B.Z. (2003). The organization of conceptual knowledge: the evidence from category-specific semantic deficits. *Trends in Cognitive Sciences*, 7 (8), 354-362.

Caramazza, A. and Shelton, J.R. (1998) Domain-specific knowledge systems in the brain: the animate-inanimate distinction. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 10, 1 – 34

Cone, N. E., Burman, D. D., Bitan, T., Bolger, D. J., & Booth, J. R. (2008). Developmental changes in brain regions involved in phonological and orthographic processing during spoken language processing. *Neuroimage*, 41(2), 623-635.

De Saussure, F. (1916/1995). *Cours de linguistique générale*. Paris: Payot.

Dehaene, S., Pegado, F., Braga, L. W., Ventura, P., Nunes Filho, G., Jobert, A., Dehaene-Lambertz, G., Kolinsky, R., Morais, J., & Cohen, L. (2010). How Learning to Read Changes the Cortical Networks for Vision and Language. *Science*, 330(6009), 1359-1364.

Desroches, A. S., Cone, N. E., Bolger, D. J., Bitan, T., Burman, D. D., & Booth, J. R. (2010). Children with reading difficulties show differences in brain regions associated with orthographic processing during spoken language processing. *Brain Research*, *1356*, 73-84.

Desroches, A. S., Newman, R. L., & Joanisse, M. F. (2009). Investigating the time course of spoken word recognition: Electrophysiological evidence for the influences of phonological similarity. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *21*, 1893–1906.

Dufour, S., Brunellière, A. & Frauenfelder, U.H. (2013): Tracking the time course of word frequency effects in auditory word recognition with event-related potentials. *Cognitive Science*, *34*, 489-507.

Ferrand, L. (2001c). Grammatical gender is also on the tip of French tongues. *Current Psychology Letters: Behaviour, Brain & Cognition*, *5*, 7-20.

Friedrich, C. K., Kotz, S. A., Friederici, A. D., & Gunter, T. C. (2004). ERPs reflect lexical identification in word fragment priming. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *16*, 541– 552.

Gala N. & Rey, V. (2008). Polymots : une base de données de constructions dérivationnelles en français à partir de radicaux phonologiques. *In Actes de TALN 2008 (Traitement automatique des langues naturelles)*, Avignon : ATALA LIA.

Hécaen, H. and De Ajuriaguerra, J. (1956) Agnosie visuelle pour les objets inanimés par lésion unilatérale gauche. *Revue de Neurologie (Paris)* *94*, 222 – 233

Hillis, A. E., Kleinman, J. T., Newhart, M., Heidler-Gary, J., Gottesman, R., Barker, P.B., Aldrich, E., Llinas, R., Wityk, R., & Chaudhry, P. (2006). Restoring cerebral blood flow reveals neural regions critical for naming. *The Journal of Neuroscience*, *26(31)*, 8069–8073.

Hillis, A.E. (2001). The organization of the lexical system. *In* B. Rapp (éd), *The Handbook of Cognitive Neuropsychology: What Deficits Reveal about the Human Mind*. New York, NY, US: Psychology Press, 185-210.

Köhler, W. (1929/1964). *La psychologie de la forme*. Paris : Gallimard.

Kutas, M., Federmeier, K.D. (2000). Electrophysiology reveals semantic memory use in language comprehension. *Trends in Cognitive Sciences*, *4*, 463–470.

- Kutas, M., Hillyard, S. A. (1980). Reading senseless sentences : brain potentials reflect semantic incongruity. *Science*, 207(4427):203–5.
- Laine, M., & Martin, N. (2006). *Anomia: Theoretical and clinical aspects*. Hove, UK : Psychology Press.
- Leshinskaya, A., & Caramazza, A. (2014). Organization and structure of Conceptual Representations. In M. Goldrick, V.S. Ferreira, & M. Miozzo (Eds .) *The Oxford Handbook of Language Production*, Oxford University Press : Oxford.
- Luce, P. A., & Pisoni, D. B. (1998). Recognizing spoken words: The Neighborhood Activation Model. *Ear & Hearing*, 19, 1-36.
- Marchand, H. (2010). Phonetic symbolism in English word-formation. *Indoger Forschindoger*, 64, 146–168.
- Marslen-Wilson, W. D., & Welsh, A. (1978). Processing interaction and lexical access during word recognition in continuous speech. *Cognitive Psychology*, 10, 29-63.
- Martin, A. (2007). The representation of object concepts in the brain. *Annual Review of Psychology*, 58, 25-45.
- McClelland, J. L., & Elman, J. L. (1986). The TRACE model of speech perception. *Cognitive Psychology*, 18, 1– 86.
- McClelland, J. L., Mirman, D., and Holt, L. L. (2006). Are there interactive processes in speech perception? *Trends in Cognitive Sciences*, 10, 363– 369.
- McClelland, J.L., & Rumelhart, D.E. (1981). An interactive activation model of context effects in letter perception: Part 1. An account of basic findings. *Psychological Review*, 88, 375-407.
- Meteyard, L., Rodriguez Cuadrado, S., Bahrami, B., & Vigliocco, G. (2012). Coming of age: A review of embodiment and the neuroscience of semantics. *Cortex*, 48 (7), 788–804
- Monzalvo, K., & Dehaene-Lambertz, G. (2013). How reading acquisition changes children's spoken language network. *Brain and language*(127), 356-365.
- Morais, J., Cary, L., Alegria, J., & Bertelson, P. (1979). Does awareness of speech as a sequence of phones arise spontaneously? *Cognition*, 7(4), 323-331.

Näätänen, R., Lehtokoski, A., Lennest, M., Luuki, A., Alliki, J., Sinkkonen, J., & Alho, K. (1997). Language-specific phoneme representations revealed by electric and magnetic brain responses. *Nature*, *385*, 432-434.

Pattamadilok, C., Knierim, I. N., Kawabata Duncan, K. J., & Devlin, J. T. (2010). How does learning to read affect speech perception? *Journal of Neuroscience*, *30*(25), 8435-8444.

Pattamadilok, C., Morais, J., Ventura, P., & Kolinsky, R. (2007). The locus of the orthographic consistency effect in auditory word recognition: Further evidence from French. *Language and cognitive processes*, *22*(5), 700-726.

Pattamadilok, C., Perre, L., Dufau, S., & Ziegler, J. C. (2008). On-line orthographic influences on spoken language in a semantic task. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *21*(1), 169-179.

Peereman, R., Dufour, S., & Burt, J. S. (2009). Orthographic influences in spoken word recognition: The consistency effect in semantic and gender categorization tasks. *Psychonomic Bulletin & Review*, *16*(2), 363-368.

Perre, L., Pattamadilok, C., Montant, M., & Ziegler, J. C. (2009). Orthographic effects in spoken language: On-line activation or phonological restructuring? *Brain Research*, *1275*, 73-80.

Pillon, A. (2014). L'évaluation des troubles lexicaux. In X. Seron & M. Van Der Linden (éds), *Traité de neuropsychologie clinique de l'adulte. Tome 1 - Evaluation*. Paris : De Boeck-Solal, 277-295.

Pulvermüller, F. (1999). Words in the brain's language. *Behavioral and Brain Sciences*, *22*, 253-279.

Read, C., Zhang, Y., Nie, H., & Ding, B. (1986). The ability to manipulate speech sounds depends on knowing alphabetic writing. *Cognition*, *24*, 31-44.

Seidenberg, M. S., & Tanenhaus, M. K. (1979). Orthographic effects on rhyme monitoring. *Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory*, *5*(6), 546-554.

Taft, M. (2006). Orthographically influenced abstract phonological representation: Evidence from non-rhotic speakers. *Journal of Psycholinguistic Research*, *35*(1), 67-78.

- Tervaniemi, M. a., Kujala, A., Alho, K., Virtanen, J., Ilmoniemi, R. J., & Näätäntänen, R. (1999). Functional specialization of the human auditory cortex in processing phonetic and musical sounds: A magnetoencephalographic (MEG) study. *Neuroimage*, *9*(3), 330-336.
- Thiebaut De Schotten, M., Cohen, L., Amemiya, E., Braga, L. W., & Dehaene, S. (2012). Learning to read improves the structure of the arcuate fasciculus. *Cerebral Cortex*, *24*(4), 989-995.
- Van Atteveldt, N. M., Formisano, E., Goebel, R., & Blomert, L. (2004). Integration of letters and speech sounds in the human brain. *Neuron*, *43*(2), 271-282.
- Warrington, E.K. and McCarthy, R. (1987) Categories of knowledge: further fractionations and an attempted integration. *Brain*, *110*, 1273 – 1296
- Yeatman, J. D., Dougherty, R. F., Ben-Shachar, M., & Wandell, B. A. (2012). Development of white matter and reading skills. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *109*(44), E3045–E3053. doi:10.1073/pnas.1206792109
- Yeatman, J. D., Dougherty, R. F., Rykhlevskaia, E., Sherbondy, A. J., Deutsch, G. K., Wandell, B. A., & Ben-Shachar, M. (2011). Anatomical properties of the arcuate fasciculus predict phonological and reading skills in children. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *23*(11), 3304-3317.
- Ziegler, J. C., & Ferrand, L. (1998). Orthography shapes the perception of speech: The consistency effect in auditory word recognition. *Psychonomic Bulletin and Review*, *5*, 683-689.