



Université Paul Sabatier - Toulouse III
Faculté de Médecine Toulouse Rangueil
Enseignement des techniques de réadaptation

Mémoire présenté en vue de l'obtention
du Certificat de Capacité d'Orthophonie

EVOLEX :

Etude de l'effet des variables démographiques
sur les données recueillies durant la tâche
de génération de noms avec contrainte sémantique

Anne BARTHÉLEMY BELIGNÉ

Sous la direction de **Lola DANET**,
Orthophoniste, PhD, Service neurologie CHU Purpan, Unité ToNIC Inserm

Co-directeurs :

Mélanie Jucla, enseignante/chercheuse, Université de Toulouse – Jean Jaurès, laboratoire Octogone-Lordat

Xavier de Boissezon, médecin spécialiste en médecine physique et réadaptation fonctionnelle, PU-PH, Médecine Physique et de Réadaptation, INSERM U825, Imagerie Cérébrale et Handicap Neurologique

19 juin 2018

REMERCIEMENTS

Je souhaite d'abord exprimer toute ma reconnaissance à ma directrice de mémoire, Lola Danet, qui m'a guidée tout au long mon stage de recherche et de ce mémoire, ainsi qu'aux autres membres de l'équipe Evolex, le Professeur Xavier de Boissezon et Mélanie Jucla, sans oublier les informaticiens de l'IRIT, Jérôme Farinas et Julien Pinquier, pour leur aide patiente, leurs explications et leurs conseils.

Mes remerciements vont aussi à BEDE, BADE, CHCH, CHMA, DUFL, MAMA, PIMI, PEPI, TOSO, TOEL et BEJE qui ont accepté de participer à notre étude et de passer le protocole Evolex, et spécialement à BIJE qui nous a quittés cette année... Je remercie aussi BEJV, DEMA, BECO et LEMA qui m'ont aidée à l'entraînement des passations.

Cette page me donne l'occasion de remercier tous ceux qui m'ont accueillie en stage durant ces cinq années d'école d'orthophonie et qui ont, de ce fait, largement contribué à ma formation : Séverine, Anne-Marie, Edouard, Emmanuelle et Virginie, Caroline, Leslie et Séverine, Frédérique, Elodie, Sylvie, Françoise, Sophie, Laurelle, Fabienne, Sylvie, Marianne, Hélène, Isabelle et Corinne, Cécile et Hélène, Marie-Noëlle, Nathalie et Pauline, et plus particulièrement Sophie qui m'ouvre le chemin depuis bien longtemps...

Ma gratitude va encore à tous ceux qui m'ont aidée d'une manière ou d'une autre dans la réalisation de ce mémoire, en particulier mes gentils « pêcheurs de coquilles » et Quentin pour ses nombreux conseils, ainsi qu'à tous ceux qui m'ont soutenue et encouragée, parents, proches et amis, durant mes études et ce travail. Une mention particulière pour Marie-Alix et les lyonnaises, Apolline et Marie, les rayons de soleil de ces cinq ans...

A Jean-Vianney, mon mari

SOMMAIRE

REMERCIEMENTS	1
SOMMAIRE.....	2
SYNTHÈSE.....	3
INTRODUCTION	7
MÉTHODOLOGIE	27
RÉSULTATS	42
DISCUSSION.....	51
CONCLUSION	68
BIBLIOGRAPHIE	70
TABLE DES ILLUSTRATIONS.....	79
TABLE DES MATIÈRES.....	80
ANNEXES	83

19 juin 2018

EVOLEX :

Etude de l'effet des variables démographiques sur les données recueillies
durant la tâche de génération de noms avec contrainte sémantique

Anne BARTHÉLEMY BELIGNÉ, sous la direction de Lola DANET

Co-directeurs : Mélanie JUCLA et Xavier de BOISSEZON

INTRODUCTION

Ce mémoire, qui constitue une nouvelle étape dans l'élaboration du logiciel Evolex destiné à l'évaluation lexicale, se focalise sur la tâche de génération. Durant cette épreuve d'association verbale, le sujet entend un mot et doit répondre par le premier mot qui lui vient alors à l'esprit. La génération d'Evolex est agrémentée de trois contraintes : grammaticale car la réponse doit être un nom commun comme le mot inducteur, temporelle puisqu'il faut répondre le plus vite possible et sémantique puisque le stimulus et la réponse doivent être liés par le sens. Cette épreuve évalue l'accès (Burke and Peters, 1986) et l'organisation du stock lexical (Istifçi, 2010) via les temps de réaction et l'analyse des réponses. Elle met en jeu différents processus cognitifs : la reconnaissance et la compréhension du stimulus puis la conceptualisation, la lexicalisation et enfin l'articulation de la réponse (Caramazza, 1997; Marslen-Wilson, 1984). La génération sollicite spécialement la phase de lexicalisation au cours de laquelle sont récupérées les données linguistiques permettant au sujet de répondre conformément aux critères imposés.

Au vu de la diversité des temps de réaction et des réponses recueillis, nous nous demandons quels sont les facteurs de variation de l'accès et de l'organisation du stock lexical. L'âge, le sexe et le niveau socio-culturel étant réputés pour influencer le langage, nous allons analyser leurs effets sur les temps de réaction, la fréquence lexicale de la

réponse et la nature des relations sémantiques entre le stimulus et la réponse (Démonet and Planton, 2012).

- Pour les temps de réaction, nous faisons l'hypothèse qu'ils seront plus longs chez les sujets âgés (Burke and Peters, 1986; Harada et al., 2013; Ryan et al., 2000) et chez les femmes (Der and Deary, 2006; Fozard et al., 1994) mais qu'ils ne varieront pas entre les niveaux socio-culturels (Ritchie et al., 2013).
- Concernant la fréquence lexicale, nous faisons l'hypothèse qu'elle ne sera pas impactée par l'âge (Burke and Peters, 1986). En nous basant sur le niveau de vocabulaire, nous pensons qu'elle sera influencée par le niveau socio-culturel (Bonin, 2008; Ferrand, 2002) et par le sexe (Turner and Willerman, 1977; Wechsler, 1958).
- Enfin, pour la nature des relations sémantiques, nous faisons l'hypothèse d'une même proportion de réponses syntagmatiques et paradigmatiques chez les sujets jeunes et âgés, (Burke and Peters, 1986) ainsi que chez les hommes et les femmes (Rosenzweig, 1957) mais d'une augmentation des réponses paradigmatiques chez des sujets d'un niveau socio-culturel élevé (Sharp and Cole, 1972; Burke and Peters, 1986).

METHODOLOGIE

Entre 2016 et 2018, 125 sujets sains ont été recrutés par des étudiants toulousains pour passer le protocole Evolex. Compte-tenu des critères d'inclusion et de différents problèmes techniques, notre population compte au final 93 sujets. Pour les besoins de nos analyses, ces sujets ont été répartis en fonction de 3 niveaux socio-culturels (17 NSC1 : 5 à 9 ans de scolarisation, 25 NSC2 : 10 à 12 ans de scolarisation, 51 NSC3 : 13 ans de scolarisation et plus), de 3 groupes d'âge (40 jeunes : 18 à 39 ans, 36 moyens : 40 à 64 ans, 17 âgés : 65 à 89 ans) et de leur sexe (46 hommes et 47 femmes).

Le protocole Evolex comprend un questionnaire d'anamnèse, 4 tâches cognitives contrôles (le MoCA, le TMT A & B, des empans de chiffres auditivo-verbaux endroit et envers, le Stroop Colour Word Test) ainsi que 3 tâches expérimentales d'évaluation lexicale, enregistrées sur Evolex : une tâche de fluence verbale formelle (mots en V et en R) et catégorielle (fruits et animaux), une tâche de dénomination (60 images), une tâche de génération de noms avec contrainte sémantique (60 items).

Dans une première phase d'analyses préparatoires, les données recueillies sur le logiciel Evolex ont été transférées sur le serveur Samoplay où nous avons corrigé l'emplacement et la transcription des stimuli et des réponses. Dans un second temps toutes ces données ont été extraites dans des tableaux Excel où nous avons trié les données pour pouvoir procéder aux analyses nous permettant de répondre à nos hypothèses.

ANALYSES ET RESULTATS

- L'analyse de l'effet des variables démographiques sur les temps de réaction n'a mis aucun effet en évidence. Ces résultats ne s'accordent pas avec nos hypothèses, hormis pour le niveau socio-culturel.
- L'analyse de l'effet des variables démographiques sur la fréquence lexicale de la réponse n'a mis aucun effet en évidence. Ces résultats ne s'accordent pas avec nos hypothèses, hormis pour l'âge.
- Pour les relations sémantiques, l'analyse préliminaire de l'effet des variables démographiques sur le taux de validité des réponses a seulement montré un effet significatif du sexe, avec plus de réponses valides chez les femmes.
- L'analyse des réponses valides, classées en relations syntagmatiques, spécifiques, génériques et formelles, a été réalisée avec des tests du Khi-deux. Ceux-ci ont mis en évidence une tendance pour les groupes d'âge (plus de génériques chez les sujets âgés et plus de relations syntagmatiques chez jeunes), un effet significatif du niveau socio-culturel (plus de relations génériques chez les NSC1, plus de relations spécifiques et syntagmatiques chez les NSC2) mais pas d'effet du sexe.
- L'analyse des réponses invalides, subdivisées en adjectifs, verbes, noms propres, expressions, stimuli non compris et autres erreurs, a été réalisée avec des tests du Khi-deux qui ont montré un effet significatif de chaque variable démographique. Les sujets âgés et les sujets de niveau 1 ont plus de mal à respecter la contrainte grammaticale et celle du mot isolé. Les femmes utilisent plus d'adjectifs et de verbes que les hommes, tandis que ceux-ci utilisent plus de noms propres.

- L'analyse plus approfondie des relations spécifiques, subdivisées en co-hyponymes, hyponymes, synonymes, relations partie-tout et associés, a été effectuée avec des tests du Khi-deux. Ceux-ci ont mis en évidence une différence significative du groupe d'âge mais pas d'effet du sexe ni du niveau socio-culturel.

DISCUSSION

Globalement, ces résultats montrent que les variables démographiques n'influencent pas l'accès et l'organisation du stock lexical de la même manière puisqu'elles n'ont aucun effet sur les temps de réaction alors qu'il y a des tendances et des effets significatifs pour la nature des relations sémantiques. Le déséquilibre de nos échantillons, dû à des difficultés de recrutement, et les nombreux dysfonctionnements techniques survenus sur le logiciel et sur Samoplay ont pu biaiser nos résultats, expliquant l'absence d'effet là où nous en attendions. D'autre part, nos outils de mesure, nos choix méthodologiques et la variabilité induite par la tâche ont également pu influencer nos résultats. Pour les confirmer, il serait intéressant de reconduire cette étude en neutralisant les sources de variabilité et en procédant à des améliorations techniques sur le logiciel. En attendant, cette étude met en évidence l'intérêt clinique de cette tâche qui permet de qualifier les types d'atteintes lexicales grâce à l'analyse des réponses valides et invalides, pour proposer ensuite des objectifs thérapeutiques adaptés aux patients. Les analyses ayant été productives auprès des sujets âgés sains, il serait intéressant de poursuivre l'étude avec des sujets âgés pathologiques. Enfin, les analyses qualitatives lexico-sémantiques s'avérant précieuses pour la pratique orthophonique, il serait utile de les intégrer au logiciel pour les automatiser et faciliter ainsi leur exploitation.

BIBLIOGRAPHIE

- Burke, D.M., Peters, L., 1986. Word associations in old age: evidence for consistency in semantic encoding during adulthood. *Psychol. Aging* 1, 283–292.
- Gaume, B., Tanguy, L., Fabre, C., Ho-Dac, L.M., Pierrejean, B., Hathout, N., Jucla, M., Soumis. Automatic analysis of word association data from the Evolex psycholinguistic tasks using computational lexical semantic similarity measures. *13th Int. Workshop Nat. Lang. Process. Cogn. Sci. Kraków Pol. 11-12 Sept. 2018.*

INTRODUCTION

Quelques minutes encore avant l'arrivée de monsieur PEPI, septuagénaire enjoué et menuisier à la retraite, qui a accepté de passer notre protocole d'évaluation du lexique. Juste le temps nécessaire pour ouvrir les paris. Au seuil de cette huitième passation, nous pouvons en effet mettre nos pas dans ceux de Jean Piaget qui soulignait que l'expérience et la déduction « *sont les deux pôles d'un même effort de pensée* » (Piaget, 1927, p. 326) et, de ce fait, émettre quelques suppositions sur les réponses que pourrait nous donner PEPI. Au fil des passations et des discussions avec les autres testeurs, nous avons en effet pu remarquer des régularités, en particulier dans la tâche de génération qui consiste à répondre le plus vite possible un mot en rapport avec celui qui a été donné comme stimulus.

Ainsi lorsqu'il entendra le mot « brochette », nous pouvons parier sans grand risque que PEPI réagira avec le mot « viande » puisque cette réponse fait pratiquement l'unanimité. Pour « rail », il y a de fortes chances pour qu'il réponde « train ». Même si cette réponse n'est pas majoritaire, nous relevons le défi malgré tout. Un autre élément auquel l'expérience nous amène à prêter attention est le type de réponse donnée. La consigne demande d'associer un nom commun au mot entendu. Au vu des passations réalisées auprès de sujets avec des profils similaires à celui de PEPI, en termes d'âge ou de niveau socio-culturel, il est possible qu'il ait, lui aussi, du mal à se conformer à cette instruction et qu'il réponde avec des verbes, des adjectifs ou même des phrases. Et que dire à propos de la durée de cette nouvelle passation ? Nous avons bien noté qu'avec BIJE, âgée de 87 ans et n'ayant été scolarisée que jusqu'en CM2, la passation de la génération, comme du reste du protocole, avait été particulièrement longue. Plus longue que celles des sujets jeunes comme BADE ou DUFL ; plus longue que celles de CHCH et CHMA qui ont fait des études supérieures. PEPI est plus proche en âge de BIJE que de BADE ou DUFL, et il est loin d'avoir étudié aussi longtemps que CHCH et CHMA. L'inquiétude monte car ces indices sont annonciateurs d'une passation qui risque de durer longtemps. Or, il n'est pas de coutume que les avions attendent leurs passagers... Mais PEPI arrive. Les paris sont clos. Commençons sans tarder !

La passation terminée, l'heure du bilan sonne. Quels seront nos gains aujourd'hui ? Un échec pour commencer car, contre toute attente, PEPI a répondu « barbecue » pour « brochette ». Le couple « brochette-viande » nous semblait pourtant être un automatisme.

D'où vient donc cette originalité ? Le choix de ce mot serait-il lié à ses expériences ou à son stock de vocabulaire ? En revanche, il a répondu « train » à « rail », levant ainsi le doute, et utilisant à cette occasion un mot relativement fréquent. Ceci n'est pas du tout le cas pour la réponse « Jackie Chan » donnée pour « scarabée », alors que les uns ont tendance à répondre « insecte » et les plus cultivés « coléoptère » ou « lucane ». Là encore, il doit bien y avoir des raisons à l'origine de la sélection d'un mot rare plutôt que d'un mot courant... Concernant les types de réponses données, même si PEPI a donné une majorité de noms, des verbes, des adjectifs et quelques phrases figurent également parmi ses réponses, ce qui s'avère conforme à nos attentes. Nous nous étions en effet basés sur la similarité des profils avec les autres sujets pour énoncer cette supposition. L'âge et le niveau socio-culturel auraient-ils donc un impact réel sur les réponses données à la tâche de génération ? Quant à la durée de cette passation, nos inquiétudes ont été vaines, fort heureusement, puisque PEPI a été plutôt rapide dans la réalisation des différentes épreuves, du moins plus rapide que BIJE. Est-ce que parce qu'il est de 17 ans son cadet ou qu'il est allé à l'école quelques années de plus qu'elle ? Ou encore parce qu'il est un homme ?

Tandis que les paysages défilent devant le hublot, nous tentons de percer cette énigme. Des lois mystérieuses semblent régir les liens qui unissent le stimulus à sa réponse, à la fois au niveau temporel mais aussi au niveau lexico-sémantique. Quels sont donc ces facteurs qui influencent la vitesse, le type et la fréquence d'une réponse et de quelles manières les font-ils varier ? Afin de répondre à cette question, nous découvrirons d'abord la tâche de génération et les fonctions cognitives qu'elle met en jeu, puis nous intéresserons aux différents facteurs influençant les performances.

1 La génération de noms avec contrainte sémantique

1.1 Déroulement de la tâche

Dans la tâche d'association ou de génération de mots, le sujet reçoit un mot comme stimulus et a pour consigne de répondre le plus rapidement possible le premier mot qui lui vient à l'esprit (Bonin et al., 2001, 2013; Burke and Peters, 1986, 1987; Clark, 1970; De Deyne and Storms, 2008a; De La Haye, 2003; Ferrand, 2001a; Istifçi, 2010; Nelson et al., 2000; Tarrago et al., 2005). A partir de cette base, l'épreuve se décline de différentes manières : le stimulus peut être délivré oralement (De La Haye, 2003; Lepron et al., 2009;

Péran et al., 2004; Soulier and Varlan, 2016) ou à l'écrit (De La Haye, 2003; Ferrand, 2001a), voire les deux (Burke and Peters, 1987, 1986) ; la réponse peut aussi être donnée oralement (Soulier and Varlan, 2016) ou à l'écrit (Burke and Peters, 1986; Ferrand, 2001a). Si la tâche est discrète, la consigne impose de ne donner qu'un mot isolé en réponse (Ferrand, 2001a; Péran et al., 2004, 2003) tandis que, si elle est continue, le sujet est invité à donner plusieurs associés verbaux pour un même mot inducteur (Cofer and Shevitz, 1952; De Deyne and Storms, 2008a; Rosen and Russell, 1957). Le stimulus peut être un nom, un verbe ou un adjectif (Burke and Peters, 1987; De La Haye, 2003; Rosenzweig and Menahem, 1962). La réponse peut être libre et appartenir à n'importe quelle catégorie grammaticale (Ferrand and Alario, 1998) ou bien elle peut être contrainte par une catégorie imposée (Lepron et al., 2009; Péran et al., 2004, 2003). La tâche proposée sur le logiciel Evolex retient les critères suivants : le stimulus et la réponse sont délivrés oralement ; le sujet ne doit donner qu'un seul mot en réponse ; le mot inducteur est systématiquement un nom commun et la réponse doit appartenir à cette même catégorie grammaticale. Au niveau terminologique, il s'agit donc d'une « génération de mots » que l'on distingue de l'« association libre de mots » qui n'impose aucune contrainte (Soulier and Varlan, 2016).

1.2 Objectifs cliniques

La génération de mots a pour but d'évaluer le stock lexical d'un individu dans deux dimensions. La première concerne l'accès au stock puisque cette tâche permet de tester l'activation des connaissances sémantiques et associatives contenues dans la mémoire (Bonin et al., 2013; Burke and Peters, 1986; Clark, 1970; Sinopalnikova, 2003). Cet accès peut être mesuré grâce à l'analyse des erreurs de production, au phénomène du mot au bout de la langue et à la chronométrie mentale (Ferrand, 2001b, 2002). D'autre part, la génération permet de se figurer l'organisation de ce stock puisque cette tâche reflète le réseau sémantique et lexical (Istifçi, 2010). Cette organisation lexicale est évaluable grâce à l'analyse qualitative des réponses du sujet. Celle-ci concerne la qualification des relations sémantiques unissant le stimulus et la réponse, l'étude des propriétés lexico-sémantiques partagées entre ces deux mots, la force de leur connexion ou encore leur occurrence dans notre langue. Il est donc possible d'inférer sur l'organisation du lexique et sur l'état de l'accès lexical grâce à l'analyse des productions d'un sujet, qu'elles soient valides ou non

(Burke et al., 1991). Avant de nous intéresser davantage à ces productions, nous ferons un détour par le fonctionnement cognitif qui sous-tend cette tâche afin de comprendre les mécanismes qui permettent de recueillir ces données.

1.3 Fonctionnement cognitif sous-jacent

Les processus cognitifs mis en jeu dans la tâche de génération s'articulent autour de grands deux pôles. Le premier concerne le traitement langagier du stimulus pour le percevoir et l'identifier. Ce processus se découpe en trois étapes : la décomposition et la reconnaissance des sons par leur appariement au stock des paramètres acoustiques, puis la recombinaison des sons et la reconnaissance du mot par son appariement au stock lexical et enfin l'accès au sens par l'appariement du mot au stock de concepts (Marslen-Wilson, 1984). A ce stade, le sujet travaille sur le sens du stimulus et mobilise les mécanismes d'association en vue d'une réponse conforme aux règles imposées (Clark, 1970).

Le deuxième pôle concerne la production de la réponse. Les grands modèles psycholinguistiques s'accordent sur les trois étapes principales de la production langagière : la conceptualisation, l'accès lexical et enfin l'articulation. L'étape de l'accès lexical se compose de la sélection des représentations sémantiques et syntaxiques, ou lemmas, et de la sélection des représentations lexicales et phonologiques, ou lexèmes (Caramazza, 1997). Des dissensions se manifestent entre les chercheurs sur la nature des représentations, les niveaux de traitement, le nombre d'étapes, les modalités de sélection des représentations et la dynamique temporelle du processus (Caramazza, 1997). Ces divergences ont conduit à la création de différents modèles de production de la parole, sériels, en cascade et interactifs. Chacun d'eux propose sa vision de la récupération des informations linguistiques durant la phase d'accès lexical (Ferrand, 2001b, 2002).

Selon la conception sérielle (Fig. 1 (A)), défendue notamment par Levelt et al., l'information se propage d'un de ces niveaux de traitement à l'autre seulement lorsque le traitement effectué au niveau précédent est entièrement achevé et sans rétroaction possible (Ferrand, 2001b, 2002; Levelt et al., 1999; Roux and Bonin, 2011). Cette transmission discrète et sérielle est remise en cause par les conceptions dites en cascade, comme celle de Humphreys et al., (Fig. 1 (B)) qui sont en faveur d'un recouvrement temporel entre l'encodage sémantique et l'encodage phonologique, l'information se diffusant de façon

continue entre ces deux étapes (Ferrand, 2001b; Humphreys et al., 1988). Une troisième approche, soutenue par Dell et al., propose, en plus de la transmission en cascade (Fig. 1 (C)), une circulation ascendante et descendante entre les différents niveaux de traitement. Ces interactions permettent d'établir le rapport entre la représentation conceptuelle d'un objet et la forme phonologique du mot correspondant, pour aboutir à la récupération lexicale du mot (Dell et al., 1997; Ferrand, 2002, 2001b).

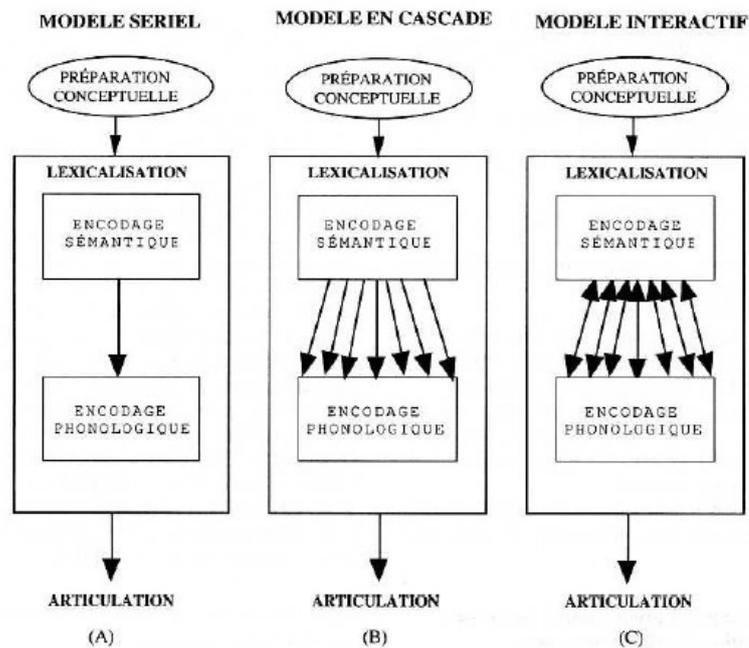


Figure 1 : « Trois types de modèles de l'accès au lexique au cours de la production de la parole : le modèle sériel (A), le modèle en cascade (B) et le modèle interactif (C) » (Ferrand, 2001b, p. 8).

Dans la perspective de notre travail sur la génération de mots, nous nous intéressons particulièrement à l'étape de l'accès lexical, ou lexicalisation, puisque c'est à ce moment-là que le sujet récupère toutes les données linguistiques de sa réponse. Ces données sont censées répondre aux critères imposés par la consigne de manière à ce que la réponse soit valide (nom commun, lien sémantique, mot isolé, fréquence lexicale). Les modèles sériels, comme celui de Levelt, s'intéressent surtout aux étapes d'activation de ces caractéristiques, tandis que le modèle de Dell concerne davantage le mot et l'organisation de ces caractéristiques. Dell conçoit en effet leur activation au sein d'un réseau composé de nœuds interconnectés entre eux de façon bidirectionnelle. L'information se propage en

sélectionnant les nœuds les plus activés pour chacune des caractéristiques. Ce modèle permet de rendre compte de différents types d'erreurs de production du langage chez les sujets sains et les patients (Bonin, 2003a) et accorde donc une place centrale aux mots.

C'est aussi le cas du modèle en réseaux indépendants de Caramazza (1997), qui tient son nom de son organisation en sous-ensembles, avec le réseau sémantico-lexical, le réseau syntaxico-lexical et les réseaux lexémiques phonologiques et orthographiques. Malgré leur fonctionnement indépendant, ces réseaux sont connectés entre eux et il existe des relations entre les représentations sémantiques, les représentations syntaxiques et la forme du mot. Ce modèle s'intéresse aux erreurs de production, aux mots au bout de la langue et aux patrons de performance chez les patients (Bonin, 2003a; Caramazza, 1997). Tout comme pour le modèle de Dell, le mot tient également une place importante dans celui de Caramazza. Ces deux modèles méritent un intérêt particulier puisque le mot est aussi au centre de la tâche de génération. Ce sont en effet les productions langagières qui permettent d'identifier et de comprendre les processus cognitifs mis en jeu dans cette épreuve.

Pour finir, nous mentionnons le modèle de l'engagement sélectif (Crosson, 2013), mis au point pour expliquer les troubles lexico-sémantiques présentés par des sujets atteints d'aphasies thalamiques. Crosson a émis l'hypothèse que ces troubles seraient dus à un dysfonctionnement survenant lors de l'appariement entre le concept et sa représentation lexicale, au niveau de l'interface lexico-sémantique. Cette étape intermédiaire entre la conceptualisation et la lexicalisation fonctionnerait grâce à des processus attentionnels et exécutifs, plus que linguistiques. La perturbation de l'un des quatre mécanismes de cette interface, à savoir l'engagement sélectif, le transfert d'informations, l'augmentation du focus et la sélection lexicale, serait à l'origine des erreurs de production. Ce modèle a été questionné auprès de patients atteints d'aphasies thalamiques (Soulier and Varlan, 2016) au moyen d'une tâche de génération de mots puisque cette épreuve répondait aux critères permettant d'évaluer les mécanismes et les processus mis en jeu dans l'interface lexico-sémantique. Cette expérience conforte le bien-fondé d'une tâche de génération pour l'évaluation du domaine lexical. Voyons maintenant ce qui se passe au niveau cortical lorsqu'un sujet effectue une association entre deux mots.

1.4 Implications neuro-anatomiques

Au niveau des substrats cérébraux sous-tendant ces processus, un historique de l'imagerie fonctionnelle nous apprend que la perception de la parole se fait par la transmission de l'information auditive via le tronc cérébral et le thalamus jusqu'à l'aire auditive primaire, contenue dans le cortex temporal (Démonet and Planton, 2012). A partir de là, la voie ventrale temporale (voie du « quoi ») traite le signal acoustique pour la reconnaissance et la compréhension de la parole tandis que la voie dorsale pariéto-frontale (voie du « comment ») assure le traitement du signal acoustique pour la perception de la parole, selon le modèle à deux voies (Fig. 2) établi par Hickok et Poeppel (2007) grâce à la neuro-imagerie fonctionnelle. Quant au traitement sémantique permettant l'accès à la signification, il implique un réseau d'aires cérébrales largement étendu dans l'hémisphère gauche, incluant des régions distribuées dans les cortex frontal, temporal et pariétal (Fig. 3), comme le montrent une étude basée sur l'imagerie à résonance magnétique fonctionnelle (IRMf) (Binder et al., 2000) et deux revues de la littérature s'intéressant à la neuro-imagerie fonctionnelle (Binder et al., 2009; Démonet and Planton, 2012).

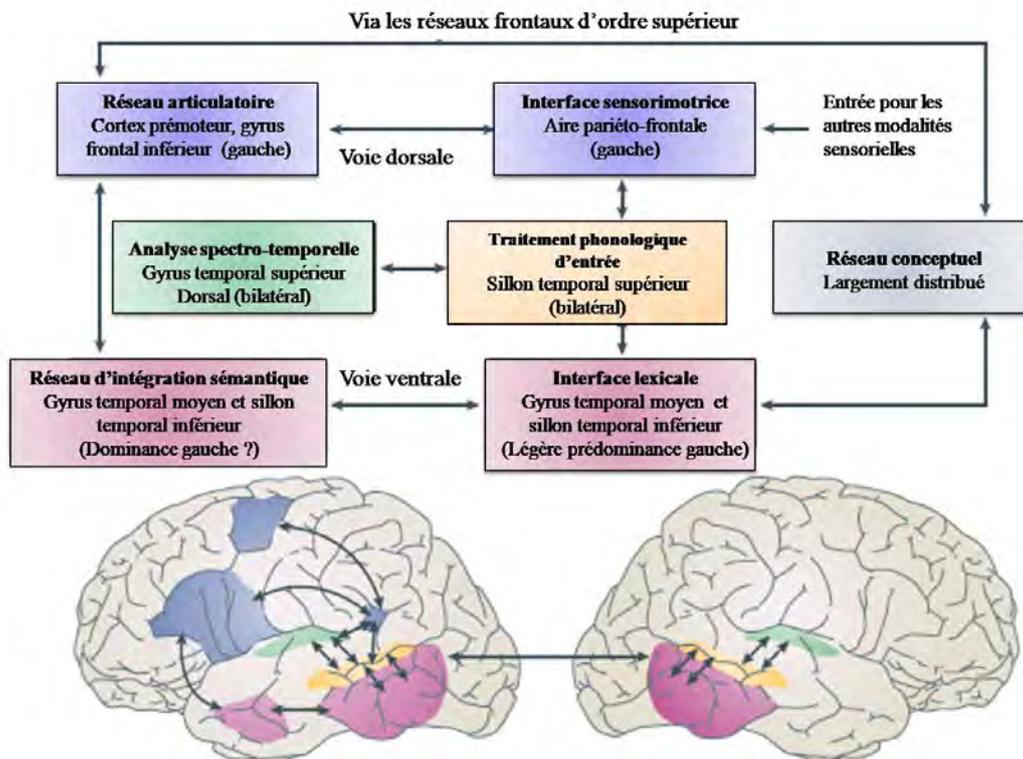


Figure 2 : Le modèle à deux voies de l'anatomie fonctionnelle du langage (Schéma adapté de Hickok et Poeppel, 2007, p. 395).

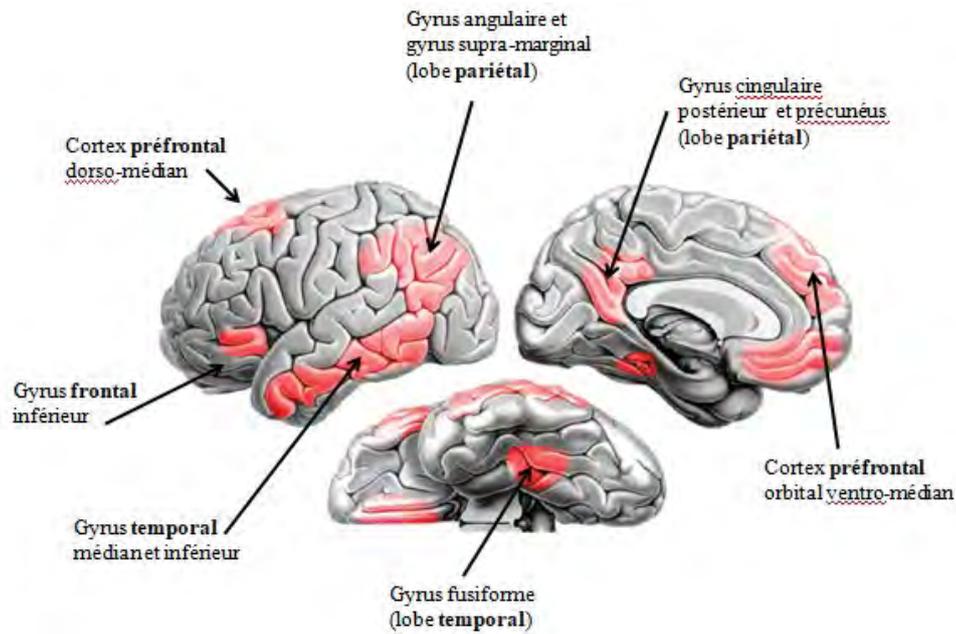


Figure 3 : Distribution fronto-temporo-pariétale à dominance gauche du réseau sémantique humain (Schéma adapté de Binder et al., 2009, p. 2779).

Quant à la production de la réponse, elle entraîne l'activation d'un réseau neuronal complexe et fortement connecté (Fig. 4), reliant les différentes aires impliquées dans le langage (Démonet et al., 2005). Une étude en IRMf souligne l'activation, au sein de ce réseau, du gyrus frontal moyen gauche et du gyrus frontal inférieur gauche, ce dernier correspondant en partie à l'aire de Broca. Ces deux gyri sont mobilisés pour la récupération des mots (Démonet and Planton, 2012). La récupération de la réponse met aussi en œuvre la mémoire sémantique en activant des processus de recherche lexicosémantiques (Bonin et al., 2013; Péran, 2004) à travers le réseau du concept sélectionné (Fig. 5).

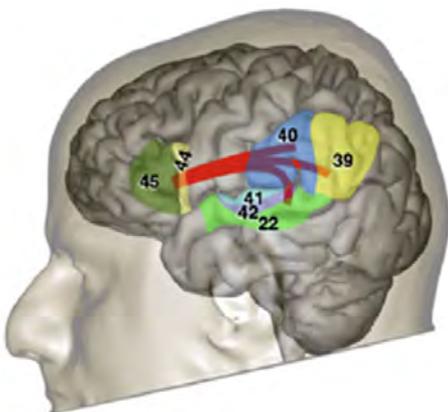


Figure 4 : Réseau du langage à prédominance gauche, avec pour épices l'aire de Broca (Aires de Brodmann 44 et 45) et l'aire de Wernicke (Aires de Brodmann 22, 41 et 42) (tiré de Catani et al., 2012, p. 1266).

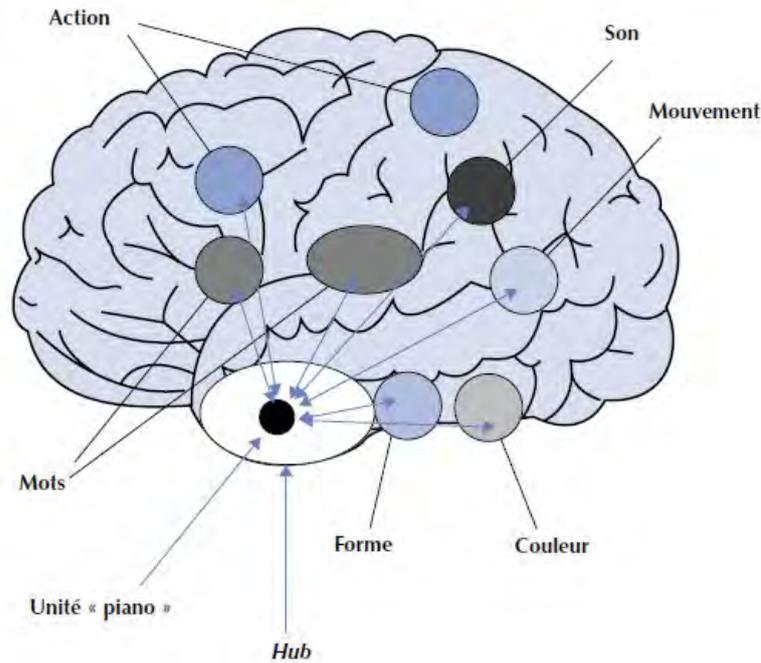


Figure 5 : Modélisation de l'activation du réseau sémantique : « *Représentation distribuée des concepts et « hub » sémantique* » (Schéma de Carbonnel et al., 2010, p. 26, inspiré de Patterson et al., 2007).

Concernant les spécificités de la génération, une étude utilisant la tomographie par émission de positons (TEP) a montré qu'établir un lien entre deux mots parlés entraîne des activations frontales et temporo-pariétales (Vandenberghe et al., 1996). Une autre recherche, basée sur des potentiels évoqués (ERP), a révélé des activations de l'hémisphère droit si la réponse est un mot peu fréquent (Abdullaev and Posner, 1997). La production spécifique de noms, demandée par la consigne, se manifeste par des « *activations plus importantes du gyrus fusiforme antérieur* » (Démonet and Planton, 2012, p. 14). D'autre part, les fonctions exécutives, situées dans le lobe frontal, permettent au sujet de s'adapter et donner une réponse adéquate (Bonin et al., 2013) ainsi que de respecter les contraintes temporelles et sémantiques (Soulier and Varlan, 2016). Ceci met également en jeu les capacités attentionnelles dont le rôle est souligné dans le modèle de l'engagement sélectif (Crosson, 2013; Nadeau and Crosson, 1997).

Nous voyons donc que la production du langage, notamment dans sa composante lexicale, est une activité très complexe, que ce soit au niveau des processus cognitifs qu'elle met en jeu, qu'au niveau des réseaux cérébraux qu'elle sollicite. Par les expériences et les apprentissages, l'organisation et l'accès au lexique se construisent petit à petit chez le jeune enfant. Cependant, en raison de la variabilité propre à chacun, le domaine lexical

évolue différemment d'un individu à l'autre (David, 2002, 2000). On peut alors se demander quels sont les facteurs capables de faire varier les performances d'accès au lexique et son organisation. Puisque les variables démographiques que sont l'âge, le sexe et le niveau de scolarisation sont réputées pour leur influence sur les réseaux neuro-fonctionnels du langage (Démonet and Planton, 2012), et sur l'accès lexical en ce qui concerne l'âge (Balota and Duchek, 1988), nous allons nous intéresser à leurs impacts spécifiques sur l'accès et l'organisation du lexique.

2 Facteurs de variation de l'accès lexical

L'une des méthodes d'évaluation de l'accès lexical est la chronométrie mentale qui « *consiste à enregistrer et à analyser les latences au cours de la production de mots* » (Ferrand, 2002, p. 29). Dans le cadre de la génération, la chronométrie mentale permet de mesurer le temps qui s'écoule entre le moment où le stimulus est envoyé et le moment où débute la réponse du sujet. Durant ce laps de temps, le sujet perçoit, traite et comprend le stimulus, puis cherche, prépare et initialise l'articulation de sa réponse. Pour l'examineur, ce temps de réaction est un indicateur de l'état de l'accès au lexique. Voyons maintenant les données pouvant avoir un effet sur ces temps de réaction et cet accès au lexique.

2.1 Effet de l'âge

De nombreuses recherches ont prouvé que la vitesse de traitement de l'information, i.e. la rapidité avec laquelle le cerveau humain analyse et manipule une information, décline tout au long de la vie (Gur and Gur, 2002; Hedden and Gabrieli, 2004; Ryan et al., 2000; Salthouse et al., 1995; Salthouse, 1996; Taconnat and Isingrini, 2008). Le début exact de ce déclin est moins net. Certains pensent qu'il s'amorce à 20 ans (Fozard et al., 1994) ou à 30 ans, après un pic de performances durant la vingtaine (Harada et al., 2013; Salthouse, 2012). D'autres notent une stabilité jusqu'à 50 ans puis l'amorce d'un ralentissement (Der and Deary, 2006). Ce déclin progressif, qui ne fait cependant pas l'unanimité, est contesté en raison de biais méthodologiques : les études transversales ne seraient pas appropriées pour évaluer cette dégradation et la surestimeraient (Harada et al.,

2013; Hedden and Gabrieli, 2004), tandis que les analyses longitudinales montrent un effet de l'âge sur la vitesse de traitement beaucoup plus faible (Sliwinski and Buschke, 1999).

A partir de tâches évaluant la vitesse de traitement au moyen des temps de réaction, les auteurs ont relevé, de façon cohérente, un allongement de ces temps de réaction avec l'âge (Burke and Peters, 1986; Burke et al., 2000; Deary and Der, 2005). Ce ralentissement est controversé par Fiori et al. (2000) puisque, à partir de tâches de discrimination d'intensité et de durée, ils estiment que « *les personnes âgées ne témoigneraient d'un ralentissement que lorsque la tâche à réaliser est complexe tandis que, pour les tâches simples, elles privilégieraient la vitesse au détriment de la précision.* » Le temps de réaction ne serait donc pas dépendant de l'âge mais du type de tâche (Fiori et al., 2000, p. 226). Etant donné que, dans l'étude considérée, le groupe des sujets âgés ne va que de 45 à 60 ans, ces résultats sont contestables. A l'inverse, des auteurs ont montré que le déclin dans les performances à des tests semblables à la génération est dépendant de la vitesse de traitement et non des connaissances verbales. Ils apportent comme preuve que le quotient intellectuel verbal des personnes âgées est estimé égal, voire meilleur que celui des jeunes (Ryan et al., 2000; Elgamal et al., 2011). Il semble donc que l'âge soit une variable susceptible d'influencer le temps de réaction.

2.2 Effet du sexe

Le National Institute on Aging¹ a lancé, en 1958, une étude sur le vieillissement humain, intitulée Baltimore Longitudinal Study of Aging (BLSA)². Cette étude longitudinale a pour but d'aider à distinguer les changements dus au vieillissement normal de ceux dus à la maladie. C'est dans ce cadre que s'inscrit l'étude de Fozard et al. (1994) sur les différences et les changements liés à l'âge dans les temps de réaction. Les auteurs s'intéressent également à l'impact du sexe sur cette même variable. Après avoir recrutés 1 265 sujets, âgés de 17 à 96 ans, ils ont d'abord effectué une analyse transversale. Celle-ci a révélé un ralentissement pour les temps de réaction simples chez les hommes et les femmes au fur et à mesure de l'avancée en âge. Huit ans plus tard, ils ont reconduit les

¹ Institut National du Vieillissement

² Pour plus d'informations sur cette étude, voir le site : <https://www.blsa.nih.gov/>

tests et ont procédé à des analyses longitudinales qui ont mis en valeur un ralentissement significatif des temps de réaction et une augmentation de leur variabilité avec l'âge. De plus, ces résultats ont montré qu'en comparant les groupes d'âge, les hommes sont plus rapides que les femmes, que celles-ci soient entraînées ou non. Il existerait donc un effet significatif de l'âge et du sexe sur les temps de réactions simples.

Nous trouvons également quelques données dans un article de Deary et Der (2005), déjà cité précédemment. Pour étudier les relations entre le temps de réaction, l'âge et les habiletés cognitives, les auteurs ont réparti 500 sujets en trois catégories d'âge (groupe 1 : moyenne = 16 ans ; groupe 2 : moyenne = 36 ans ; groupe 3 : moyenne = 56 ans) et les ont testés deux fois, à huit ans d'écart. Dans cette étude, portant en priorité sur le vieillissement, les auteurs se sont également intéressés aux effets du sexe, en soulignant que cela n'avait pas été bien étudié jusque-là. Leurs résultats montrent que les femmes ont des temps de réactions simples plus variables, mais pour le reste, les données montrent peu de différences entre les hommes et les femmes. Ces résultats ne s'accordent donc pas avec ceux de l'étude BLSA qui étaient en faveur d'un effet significatif du sexe, avec des temps de réaction plus courts chez les hommes. Cette discordance est due à un biais de l'échantillon BLSA composé de 833 hommes pour 432 femmes. Compte-tenu de cette disproportion, Deary et Der (2005) invitent à nuancer les résultats de leurs collègues.

Insatisfaits par ces données imprécises et contradictoires, ces chercheurs ont consacré une nouvelle étude (Der and Deary, 2006) aux différences d'âge et de sexe sur les temps de réaction. Ils soulignent en introduction qu'il n'est pas clairement établi qu'il y ait une différence consistante entre les sexes pour les temps de réaction. Ils expliquent ce flou par des échantillons non représentatifs de la population et des procédures trop différentes d'une étude à l'autre pour permettre de compiler les données. Eux-mêmes ont réuni un échantillon de qualité, représentatif de la population et couvrant toutes les tranches de l'âge adulte. Des mesures de temps de réaction ont été effectuées auprès des sujets, avec des mesures de temps de réaction simples (stimulus-réponse), ce qui s'apparente au temps de réaction que l'on a dans la tâche de génération, et de temps de réaction à choix multiples (stimulus-choix de la bonne réponse parmi plusieurs). Leurs analyses permettent de montrer qu'il existe bien des différences significatives entre les hommes et les femmes pour les deux types de temps de réaction. Ceux-ci sont en effet plus lents et plus variables

pour les femmes, avec un ralentissement plus rapide dans la vieillesse. Le sexe semble donc être une variable influençant significativement le temps de réaction.

2.3 Effet du niveau socio-culturel

L'influence du niveau socio-culturel sur les temps de réaction est moins documentée. Nous avons néanmoins pu trouver des données intéressantes dans une étude longitudinale consacrée aux relations entre l'âge, la cognition et la vitesse de traitement (Sliwinski and Buschke, 1999). Parmi les différentes tâches proposées aux 302 sujets, deux d'entre elles évaluent spécifiquement la vitesse de traitement. La première est le « Digit Symbol Substitution test », issu de l'Echelle d'intelligence de Wechsler pour adultes-révisée, la WAIS-R (Wechsler, 1981) qui consiste à mesurer le nombre d'associations faites entre des chiffres et des symboles durant 90 secondes. La seconde est une tâche informatisée de reproduction de nombres au moyen du clavier numérique. Le temps de réponse entre le stimulus et la première frappe sur le clavier est mesuré en millisecondes (Sliwinski et al., 1994). Les résultats ont montré que le niveau d'éducation a un effet significatif sur tous les scores et que les plus hauts niveaux d'éducation sont associés aux meilleures performances. Toutefois, la répartition des sujets selon la durée de leur scolarisation n'est pas équilibrée (<9 ans : n=10,8% ; 9-11 ans : n=15,7 % ; >12 ans : n= 73,4%). Cette disproportion, en faveur des sujets du niveau le plus élevé, biaise certainement les résultats.

Plus récemment, une étude a été menée dans le but d'évaluer l'association entre le niveau éducatif et les changements cognitifs qui arrivent au cours de la vie, en testant le lien entre le niveau éducatif et les scores en vitesse de traitement (Ritchie et al., 2013). Pour cela, les auteurs se sont basés sur le temps de réaction, connu pour être associé au quotient intellectuel (QI) et à l'âge. Deux cohortes ont été évaluées de façon longitudinale avec des temps de réaction simples et à choix. Les résultats ont montré une corrélation positive entre le niveau d'éducation et le score de QI jusqu'à tard dans la vie puisque celui-ci a été mesuré entre 70 et 79 ans. En revanche, les résultats ont montré que les associations entre l'éducation et la vitesse de traitement mesurées au moyen de temps de réaction chez des sujets âgés entre 70 et 83 ans, étaient soit faibles soit inexistantes. Cela signifie qu'un niveau éducatif élevé pourrait renforcer les capacités cognitives mais n'améliorerait pas les aspects fondamentaux du traitement cognitif. Contrairement à l'âge

et au sexe qui ont été retenus comme variables significatives, le niveau socio-culturel ne semble pas avoir d'influence sur les temps de réaction.

3 Facteurs de variation de l'organisation lexicale

3.1 Effet des facteurs démographiques sur la fréquence lexicale de la réponse

La fréquence lexicale d'un mot correspond à son occurrence dans une langue donnée. Celle-ci peut être déterminée de deux manières : avec la fréquence subjective qui est une estimation personnelle de la fréquence à laquelle un mot apparaît dans la langue, ou avec la fréquence objective qui est calculée statistiquement à partir de corpus de livres ou de sous-titres de films enregistrés dans des bases données (Bonin, 2003b; Bonin et al., 2013; New et al., 2007). De nombreuses études se sont intéressées à la fréquence lexicale comme variable indépendante (fréquence du stimulus), mais pas en tant que variable dépendante (fréquence de la réponse). Il est donc nécessaire d'élargir le champ des recherches pour mesurer l'effet des données démographiques sur la fréquence de la réponse.

3.1.1 Effet de l'âge

En s'appuyant sur la fréquence lexicale comme déterminant du temps de réaction, nous trouvons des éléments intéressants. Dans une étude sur l'association verbale et sur les relations entre les stimuli et différentes variables psycholinguistiques, dont les fréquences objective et subjective (Bonin et al., 2013), les auteurs ont trouvé que des temps de réaction rapides étaient associés à des réponses fréquentes. Une autre étude (Oldfield and Wingfield, 1965), portant sur la dénomination d'images, a montré une forte corrélation entre le temps de réaction et la fréquence avec laquelle le mot correspondant à l'image affichée arrive dans la langue. Ceci a permis aux auteurs de dire que l'on met plus de temps à évoquer des mots plus rares et que, plus la fréquence lexicale est haute, moins longue est la latence. Ils en ont conclu que le stock est arrangé de façon à ce que les mots les plus fréquents soient les plus rapides et les plus faciles à mobiliser. Comme nous venons de le voir, les sujets âgés ont des temps de réaction plus lents que les jeunes. On peut se demander si au-delà du ralentissement cognitif dû à la vieillesse, ces temps de réaction plus lents pourraient être aussi dus à des réponses moins courantes. Burke et

Peters (1986) ont émis le même type d'hypothèse en étudiant l'impact du vieillissement sur une tâche d'association de mots. Ils ont prédit un temps de latence plus long pour des réponses moins fréquentes parce que ce type de réponse implique probablement des processus de récupération conscients et plus lents. Des corrélations entre les temps de réaction et la fréquence lexicale ont été menées dans chacun des groupes (jeunes et âgés) et ont abouti à deux coefficients. La comparaison entre ces deux coefficients n'a pas montré de différence fiable entre les sujets jeunes et les sujets âgés. Il semble donc qu'il n'y ait pas d'impact de l'âge sur la fréquence lexicale de la réponse.

3.1.2 *Effet du niveau socio-culturel*

Différents facteurs sont à l'origine du développement du vocabulaire. Ce processus est dépendant du stock des parents et de l'utilisation qu'en font ceux-ci (Biemiller, 2006) ainsi que de la scolarisation qui permet de développer l'apprentissage de définitions de mots et de réduire ainsi l'occurrence de représentations sémantiques atypiques et incomplètes (Burke and Peters, 1986). Le niveau de vocabulaire est donc relié à l'éducation familiale et scolaire, mais aussi aux expériences de vie (Harada et al., 2013; Singh-Manoux et al., 2012). Chez un adulte instruit le stock lexical se situe aux environs de 60 000 mots (Ferrand, 2002) et peut s'étendre, selon les cas, de 50 000 à 100 000 mots (Bonin, 2008). Ces données nous permettent de penser que plus le vocabulaire est étendu, plus il est probable d'utiliser des mots rares. Une étude menée auprès de jeunes étrangers apprenant l'anglais vient confirmer cette idée (Laufer and Nation, 1999). Ceux-ci ont été répartis en quatre groupes, en fonction de leur niveau scolaire, correspondant aux classes de 2^{nde}, 1^e et terminale et au niveau universitaire. Les résultats ont montré que plus un sujet est scolarisé et apprend la langue depuis longtemps, plus grande est sa maîtrise des mots moins fréquents. Dans cette optique, il semblerait que le niveau socio-culturel puisse avoir un impact sur la fréquence lexicale de la réponse en génération.

3.1.3 *Effet du sexe*

L'effet du sexe sur la fréquence lexicale de la réponse n'est pas directement documenté. Dans la littérature, nous trouvons une supériorité des femmes pour les tâches

verbales (Ardila and Rosselli, 1996; Hyde and Linn, 1988; Parsons et al., 2005) et notamment pour le vocabulaire (Turner and Willerman, 1977; Wechsler, 1958). Au vu de ce qui a été présenté plus haut, si les femmes ont un meilleur niveau de vocabulaire, alors elles auraient plus de chance que les hommes de produire des mots rares. C'est pourquoi il serait logique de penser que le sexe puisse avoir un impact sur la fréquence lexicale de la réponse en génération.

3.2 Effet des facteurs démographiques sur les relations sémantiques

3.2.1 Définition et classification des relations sémantiques

Les relations majeures qu'entretiennent les mots entre eux ont été définies par Ferdinand de Saussure selon deux grands axes. L'axe syntagmatique correspond à l'enchaînement successif de la parole, induit par le caractère linéaire de la production des mots et de leur combinaison, tandis que l'axe associatif, ou paradigmatique, concerne le choix des mots, substituables les uns aux autres (De Saussure, 1974). A partir de ces axes, deux grands types de relations dans les associations de mots ont été déterminés : les relations syntagmatiques où la réponse appartient à une classe grammaticale différente de celle du stimulus et pourrait être placée de façon contiguë au stimulus dans une phrase, comme par exemple médecin => soigner ; les relations paradigmatiques où la réponse appartient à la même classe grammaticale que le stimulus avec, en général, des termes conceptuellement similaires et partageant plusieurs traits de sens, comme par exemple médecin => vétérinaire (Burke and Peters, 1986; Clark, 1970; Ferrand and Alario, 1998). Le processus associatif selon les deux axes définis par Saussure se résume ainsi : « *On peut concevoir que, hormis les cas de détermination par ressemblance phonétique, l'association d'un mot-réponse à un mot-stimulus s'explique par l'un ou l'autre de deux processus : le parleur « choisirait » ou « extrairait » le mot-réponse, soit de la classe formelle de mots (ou « paradigme ») à laquelle appartient le mot-stimulus, soit dans un ensemble fonctionnel de mots constituant avec le mot-stimulus un énoncé implicite (ou « syntagme ») du discours courant.* » (Jodelet, 1961, p. 341).

Malgré la disproportion existant entre la quantité de tâches sémantiques utilisant l'association de mots et le peu d'études ayant investigué la composition sémantique des mots associés (De Deyne and Storms, 2008b), nous trouvons cependant quelques données

sur les habitudes associatives. Différentes études font état d'une prévalence des réponses paradigmatiques sur les réponses syntagmatiques (Clark, 1970), surtout si la classe grammaticale est prise en compte : cette prévalence est d'autant plus vraie que le stimulus est un nom (Hirsh and Tree, 2001; Sharp and Cole, 1972). Ces observations s'appliquent aux tâches d'association simples ou discrètes où le sujet ne donne qu'une seule réponse mais aussi aux premières réponses dans les tâches continues où le sujet en donne plusieurs. Dans ce cas, les premières réponses sont en majorité des réponses paradigmatiques, suivies d'un passage vers des réponses de type syntagmatique, amorcé dès la deuxième ou troisième réponse (De Deyne and Storms, 2008b).

Même s'il existe quelques divergences entre les auteurs (Clark, 1970; De Deyne and Storms, 2008b; Istifçi, 2010; Sinopalnikova, 2003), causées par des biais méthodologiques, les sous-catégories des relations sémantiques les plus fréquentes en association de mots sont les antonymes, i.e. des « *mot[s] de sens contraire* » (Brin et al., 2011, p. 19), les synonymes, i.e. des « *mot[s] de sens pratiquement identique* » (Brin et al., 2011, p. 273), les hyponymes, i.e. des « *mot[s] dont le sens est inclus dans le sens d'un autre plus général* » (Brin et al., 2011, p. 129), les hyperonymes, i.e. des « *terme[s] générique[s] qui englobe[nt] le sens d'autres termes* » (Brin et al., 2011, p. 128), les méronymes qui se définissent « *par être une partie / faire partie de* » (Tamba, 1991, p. 46) et les holonymes qui représentent « *le tout relatif d'une partie* » (Tamba, 1991, p. 46).

Nous allons maintenant nous intéresser aux variations des relations sémantiques en génération, expliquées par les variables démographiques. Ceci ne concerne que les deux axes majeurs, syntagmatiques et paradigmatiques, puisque les sous-catégories que nous venons de présenter n'ont pas encore été étudiées en tant que variables dépendantes des données démographiques.

3.2.2 *Effet de l'âge sur la nature des relations sémantiques*

Nous trouvons deux types de données dans la littérature concernant l'influence de l'âge sur la nature de la relation qui unit un stimulus à sa réponse. Le premier type de données est issu des comparaisons réalisées entre enfants et jeunes adultes. Ces études s'accordent sur une augmentation des réponses paradigmatiques avec l'âge. Elles vont ainsi dans le sens des théories qui opposent un langage syntagmatique au moment de

l'apprentissage à un langage paradigmatique dans le développement tardif, lié aux apprentissages et aux expériences des enfants (Ervin, 1961; Rosenzweig and Menahem, 1962; Wertheim and Geiwitz, 1966; Woodrow and Lowell, 1916). Ces analyses ont permis de montrer que, par rapport aux enfants, les adultes utilisent davantage de contrastes, de super-ordinations, de coordinations, de relations partie-tout, de noms attributs abstraits, de participes, de relations de cause à effet (Woodrow and Lowell, 1916). De plus, tandis que les jeunes enfants utilisent davantage de réponses primitives, i.e. des réponses à caractère personnel ou des réponses phonologiques basées sur la rime, les réponses des adultes, sont « logiques » i.e. qu'elles peuvent être prédites par les règles du langage formel (Wertheim and Geiwitz, 1966). La nature des réponses données par les enfants évolue avec l'âge et la scolarisation pour se rapprocher petit à petit de celle des réponses données par les adultes (De La Haye, 2003). Au vu de cette progression, nous pouvons nous interroger sur la poursuite de cette augmentation des réponses paradigmatiques avec l'instruction et jusque dans la vieillesse. Cependant, Rosenzweig et Menahem (1962) mettent en garde contre un éventuel effet plafond, empêchant d'étendre ces observations chez les adultes.

Pour connaître la suite de l'évolution des relations sémantiques chez les adultes, il est nécessaire d'aller voir les recherches menées directement auprès de la population adulte. Une étude ancienne (Riegel and Riegel, 1964), citée par Burke et Peters (1986), a montré un déclin des réponses paradigmatiques avec l'âge, surtout pour les verbes et les noms concrets. En se basant sur ces travaux, Burke et Peters (1986) ont émis l'hypothèse d'une augmentation des réponses syntagmatiques avec l'âge. En comparant 80 jeunes adultes et 80 personnes âgées, ils ont finalement trouvé qu'il y avait peu de changement dans la nature des associations sémantiques durant l'âge adulte. Leurs analyses ont en effet montré qu'il y a une majorité de réponses paradigmatiques et que celles-ci ne sont pas affectées par l'âge mais par la classe grammaticale à laquelle appartient le stimulus. Il n'y a donc pas de preuve d'un déclin des réponses paradigmatiques lié à l'âge. Cette stabilité dans le temps est révélatrice d'un maintien des processus sémantiques, à savoir l'organisation, la diffusion et la récupération de l'information, qui sont épargnés par l'âge (Balota and Duchek, 1988; Burke and Peters, 1986; Burke and Shafto, 2004).

3.2.3 *Effet du sexe sur la nature des relations sémantiques*

Les données sur les liens existant entre le sexe et la nature des relations sémantiques sont peu nombreuses. Nous avons cependant trouvé quelques pistes dans une étude portant sur les facteurs déterminants dans les associations de mots (Rosenzweig and Menahem, 1962). Les auteurs s'intéressent notamment à l'influence de l'âge, du sexe et du niveau d'instruction sur les types de réponse. Reprenant la terminologie d'Ervin (1961), ils distinguent les réponses symétriques, apparentées aux réponses paradigmatiques, et les réponses asymétriques, apparentées aux réponses syntagmatiques. Leur expérience a été menée auprès d'enfants scolarisés en CP, CE1 et CE2 (filles : n=33 ; garçons : n=34), avec une liste de 36 stimuli. Les analyses de variance entre les types de réponses et le sexe ont montré une légère différence dans la proportion de réponses symétriques donnée par les garçons et les filles, mais trop faible pour être significative.

Dans un second temps, les auteurs se sont servis de données collectées auparavant (Rosenzweig, 1957) auprès d'étudiants de la Sorbonne, donc tous d'un niveau culturel élevé (hommes : n=30 ; femmes : n=30). A partir d'une liste de 50 stimuli, les analyses n'ont pas montré de différence significative au niveau de la moyenne des réponses symétriques utilisées par les hommes et par les femmes. Ces résultats amènent les auteurs à conclure qu'« *il semble donc qu'au moins en France, il n'existe ni chez les enfants ni chez les étudiants de différence significative entre les sexes en ce qui concerne la tendance à donner des réponses symétriques* » (Rosenzweig and Menahem, 1962, p.57).

3.2.4 *Effet du niveau socio-culturel sur la nature des relations sémantiques*

L'influence du niveau socio-culturel sur la nature des relations sémantiques a été, lui aussi, peu investigué. Une étude a été menée auprès d'adolescents libériens parmi lesquels 8 étaient scolarisés et 8 analphabètes (Sharp and Cole, 1972). Les analyses de leurs réponses à une liste de 15 stimuli ont montré qu'il y a un plus grand nombre de réponses paradigmatiques données par les sujets scolarisés que par les analphabètes. La fréquentation de l'école augmente donc de façon consistante la proportion d'associations paradigmatiques.

Ces résultats sont corroborés par ceux de Burke et Peters (1986). Leurs analyses ne leur ont pas permis de mettre en évidence un effet significatif de l'âge sur les relations de type paradigmatiques. En revanche, elles leur ont permis de conclure que le niveau de vocabulaire et le nombre d'années de scolarisation sont des prédicteurs significatifs de réponses paradigmatiques. Les réponses paradigmatiques augmentent en effet avec le niveau de vocabulaire et l'éducation, tandis que les sujets de niveau inférieur donnent moins de réponses paradigmatiques. Les auteurs en concluent que le niveau éducatif et culturel influence positivement les relations sémantiques entre le stimulus et la réponse.

Nous venons de voir que l'accès lexical et l'organisation du lexique sont sous l'influence de l'âge, du sexe et du niveau socio-culturel à divers degrés. Nous nous demandons donc comment ces facteurs démographiques font varier les données recueillies à une tâche lexicale comme la génération de noms, à savoir le temps de réaction, la fréquence lexicale de la réponse et la nature des relations sémantiques entre le stimulus et la réponse.

- Pour les temps de réaction, nous faisons l'hypothèse qu'ils seront plus longs chez les sujets âgés (Burke and Peters, 1986; Harada et al., 2013; Ryan et al., 2000) et chez les femmes (Der and Deary, 2006; Fozard et al., 1994) mais qu'ils ne varieront pas entre les niveaux socio-culturels (Ritchie et al., 2013).
- Concernant la fréquence lexicale, nous faisons l'hypothèse qu'elle ne sera pas impactée par l'âge (Burke and Peters, 1986). En nous basant sur le niveau de vocabulaire, nous faisons l'hypothèse qu'elle sera influencée par le niveau socio-culturel (Bonin, 2008; Ferrand, 2002) et par le sexe (Turner and Willerman, 1977; Wechsler, 1958).
- Enfin, pour la nature des relations sémantiques, nous faisons l'hypothèse d'une même proportion de réponses syntagmatiques et paradigmatiques chez les sujets jeunes et âgés, (Burke and Peters, 1986) ainsi que chez les hommes et les femmes (Rosenzweig, 1957) mais d'une augmentation des réponses paradigmatiques chez des sujets d'un niveau socio-culturel élevé (Sharp and Cole, 1972; Burke and Peters, 1986).

MÉTHODOLOGIE

1 Population

1.1 Critères d'inclusion des sujets sains

Pour participer à cette étude, les sujets devaient être âgés de 18 ans minimum, avoir été scolarisés au moins 5 ans et répondre aux critères suivants : être de langue maternelle française, ne pas avoir de troubles neurologiques, ne pas avoir de suivi orthophonique en cours pour un trouble du langage, ne pas prendre de médicaments entraînant des troubles de l'attention ou de la somnolence, ne pas avoir de trouble d'ordre psychiatrique sévère, ne pas présenter d'éthylisme ou de toxicomanie chroniques, ne pas avoir de troubles visuels et/ou auditifs sévères non corrigés. Les données concernant ces différents critères ont été recueillies auprès de chaque sujet au moyen d'un questionnaire d'anamnèse soumis au début de la passation du protocole. D'autre part, quatre tests contrôles ont été administrés en vue de compléter ces investigations afin d'évaluer plus précisément l'état des fonctions cognitives de chaque sujet.

1.2 Population recrutée

Notre population a été réunie en plusieurs temps :

- 69 sujets ont été recrutés en 2016-2017. Nous avons fait partie des huit étudiants toulousains qui ont recherché ces sujets pour leur faire passer le protocole Evolex puis traiter les données recueillies. Ces différentes tâches ont été réalisées dans le cadre de notre stage de recherche, constituant l'un des modules de notre formation pour le Master 1 d'Orthophonie (Annexe I).
- 19 sujets ont été recrutés durant l'été 2017 par trois étudiantes de Toulouse en Master 1 Bio Santé, travaillant sur Evolex dans le cadre d'un stage universitaire.
- 37 sujets ont été recrutés en 2017-2018 par quatre étudiants en Master 1 de l'école d'Orthophonie de Toulouse, travaillant sur Evolex dans le cadre de leur stage de recherche. Ces 125 sujets ont été contactés via des petites annonces et par bouche à oreille, dans toute la France, en milieux citadins et ruraux. Leur participation était libre et non rémunérée.

Pour que notre population soit la plus représentative possible, nous avons décidé de répartir les sujets en sept catégories d'âge (18-29 ans, 30-39 ans, 40-49 ans, 50-59 ans, 60-69 ans, 70-79 ans, 80 ans et plus) et selon trois niveaux socio-culturels :

-NSC1 : du CM2 à la 3^e incluse, soit de 5 à 9 ans de scolarisation, diplôme du brevet ou du certificat d'études ;

-NSC2 : niveau CAP / BEP / BAC, soit de 10 à 12 ans de scolarisation ;

-NSC3 : BAC +, soit 13 ans de scolarisation et plus.

Pour nos analyses, nous avons gardé ces trois niveaux socio-culturels mais nous avons modifié la répartition en fonction de l'âge. Dans la littérature, nous trouvons beaucoup de comparaisons entre sujets jeunes et sujets âgés mais nous avons choisi d'ajouter une catégorie intermédiaire comme dans l'étude de Burke et al. (1991), afin de mieux voir l'évolution des performances. Les groupes retenus vont de 18 à 39 ans pour les sujets jeunes, de 40 à 64 ans pour les sujets d'âge moyen et de 65 à 89 ans pour les sujets âgés. Une fois le recrutement et les passations terminés, nous avons exclu un sujet traumatisé crânien, 3 sujets qui n'ont pas achevé la tâche de génération et 28 sujets dont les données n'ont pas pu être exploitées en raison de problèmes techniques survenus au cours des différentes étapes du traitement des données. Au final, notre population compte 93 sujets (Fig. 6), avec une répartition équilibrée au niveau du sexe, avec 46 hommes et 47 femmes.

Caractéristiques démographiques				
Âges	Jeunes : 18-39 ans	Moyens : 40-64 ans	Agés : 65-89 ans	Total
Niveaux				
NSC1	1♀ 5♂	2♀ 0♂	5♀ 4♂	17
NSC2	3♀ 8♂	3♀ 6♂	2♀ 3♂	25
NSC3	14♀ 9♂	15♀ 10♂	2♀ 1♂	51
Total	40	36	17	93

Figure 6 : Caractéristiques démographiques de notre population de sujets sains (♀ = femmes ; ♂ = hommes ; NSC = niveau socio-culturel)

2 Design de l'étude

La passation du protocole dure entre 1h15 et 1h30 et se déroule ainsi (Fig. 7) :

- Présentation de l'étude Evolex :
 - lecture par le sujet de la notice explicative,
 - consentement de participation à l'étude lu et signé par le sujet (Annexe II).

- Questionnaire d'anamnèse rempli par le testeur, portant sur :
 - l'identité du sujet (nom, prénom, âge, langue maternelle, latéralité) ;
 - son parcours personnel (scolarisation, diplômes, profession) ;
 - son état de santé général (vue, audition, suivi orthophonique, antécédents médicaux, traitements).

- Lecture par le sujet du texte *La bise et le soleil*. Cette lecture est enregistrée dans le but de faciliter la reconnaissance vocale, nécessaire pour les trois tâches expérimentales présentées ci-dessous (Fugier-Fresne and Segui-De Lapasse, 2016).

- Quatre tâches cognitives contrôles, administrées par le testeur :
 - la version 7.1 du Montréal Cognitive Assessment (MoCA) pour évaluer la cognition globale et détecter une éventuelle déficience cognitive (Rossetti et al., 2011). Notre étude s'intéressant au vieillissement cognitif, nous n'avons pas appliqué l'exclusion des sujets ayant un score inférieur à 26/30, contrairement à ce qui est recommandé dans les normes de ce test de dépistage.
 - le Trailing Making Test (TMT) A & B pour évaluer, « avec une contrainte temporelle la vitesse psychomotrice, l'attention sélective, la flexibilité mentale, mais aussi la reconnaissance de symboles et enfin le tracking visuel. » (Godefroy and Le GREFEX, 2008, p. 166)
 - des empans de chiffres auditivo-verbaux endroit et envers pour évaluer la mémoire à court terme et la mémoire de travail (Wechsler, 2001). Cette tâche est enregistrée sur le logiciel Evolex pour permettre de réécouter la passation en cas de doute et faciliter ainsi la correction de l'épreuve.
 - le Stroop Colour Word Test pour évaluer l'inhibition d'une réponse automatique et les capacités d'adaptation (Godefroy and Le GREFEX, 2008). Cette tâche est

enregistrée sur le logiciel Evolex pour permettre de réécouter la passation en cas de doute et faciliter ainsi la correction de l'épreuve.

- Trois tâches expérimentales, enregistrées sur le logiciel Evolex :
 - quatre tâches d'évocation lexicale : deux fluences catégorielles (animaux et fruits) et deux fluences formelles (mots en V et mots en R) ;
 - une épreuve de dénomination d'images de 60 items ;
 - une épreuve de génération de noms avec contrainte sémantique de 60 items.

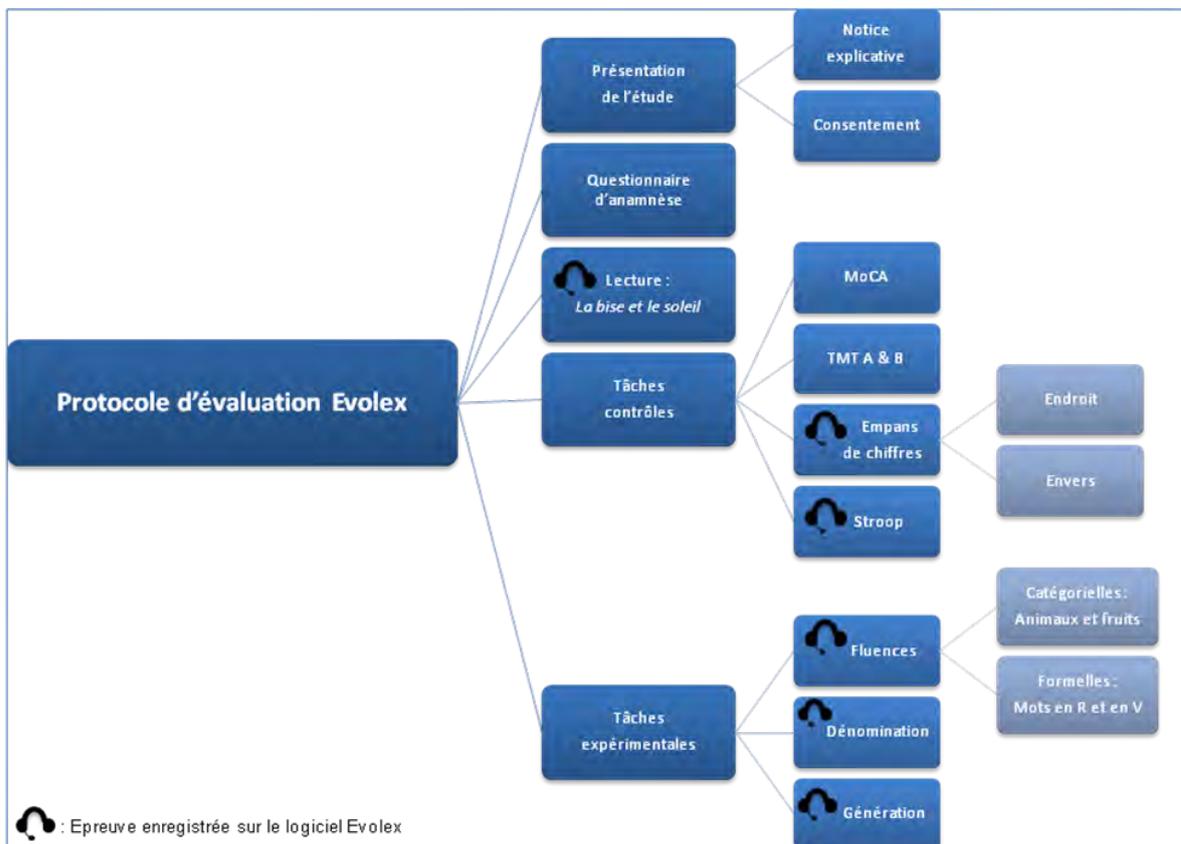


Figure 7 : Schéma récapitulatif du protocole d'évaluation Evolex

De manière générale, les épreuves se sont déroulées dans le même ordre que celui présenté ci-dessus, à l'exception de la dénomination et de la génération. En raison de la présence d'items communs entre ces deux épreuves, il nous a été demandé d'alterner leur ordre de présentation, en vue d'une étude ultérieure sur l'influence de l'ordre de la tâche. Concrètement, un sujet sur deux devait commencer par la dénomination et enchaîner avec la génération, et inversement pour le deuxième sujet.

3 Matériel

Le logiciel Evolex est notre outil principal. Il a été créé en 2014. Il est le fruit d'un travail multidisciplinaire, mené par des chercheurs en psycholinguistique, en neuropsychologie, en informatique, en traitement naturel de la parole et en linguistique (Gaume et al., Soumis). Cet outil a pour but d'évaluer l'accès lexical via les trois tâches proposées : les fluences verbales, la dénomination et la génération de mots (Courtade Jouanicq and Balland, 2015; Fugier-Fresne and Segui-De Lapasse, 2016; Viot, 2016). Ces tâches ont été ajoutées successivement au logiciel dont nous avons utilisé la version 7 pour les passations de 2016-2017 et la version 8 pour celles de 2017-2018. Evolex doit être installé sur l'ordinateur portable personnel de chaque testeur et fonctionne grâce au logiciel Java. Il est entièrement manipulé par le testeur. Le sujet est seulement équipé d'un micro-casque relié à l'ordinateur afin d'enregistrer ses réponses. L'informatisation de ces tâches permet la transcription automatique des réponses grâce à un système de reconnaissance vocale, le recueil précis des temps de réaction grâce à leur enregistrement et des analyses qualitatives générées automatiquement à l'issue des épreuves. Ces analyses sont encore en cours de développement.

Sur le logiciel, nous trouvons trois types de tâches expérimentales. La première est la tâche d'évocation lexicale qui consiste à dire le plus grand nombre de mots possible dans un temps donné et en fonction d'un critère défini préalablement. Elle se subdivise en deux fluences formelles (mots en R et mots en V) et en deux fluences catégorielles (animaux et fruits). En second lieu, le logiciel comporte une dénomination d'images de 60 items, précédée de 6 items d'entraînement. Il est demandé au sujet de dénommer le plus vite possible l'objet représenté sur la photo apparaissant à l'écran. Enfin, nous trouvons la génération de noms avec contrainte sémantique. Le sujet, équipé du micro-casque, entend un nom commun délivré par une voix de synthèse. Il doit y répondre le plus vite possible par le premier nom commun qui lui vient à l'esprit (Fig.8). Cette tâche comporte 60 items (Annexe III) et elle est précédée de 2 items d'entraînement. Trois items ont été modifiés entre la version 7 et la version 8 du logiciel. Cependant, la plupart des sujets ayant passé la version 8 n'ont pas eu les nouveaux items à cause d'un problème informatique. Les deux versions sont donc comparables. Dans cette étude, nous nous focalisons sur la tâche de génération de noms.

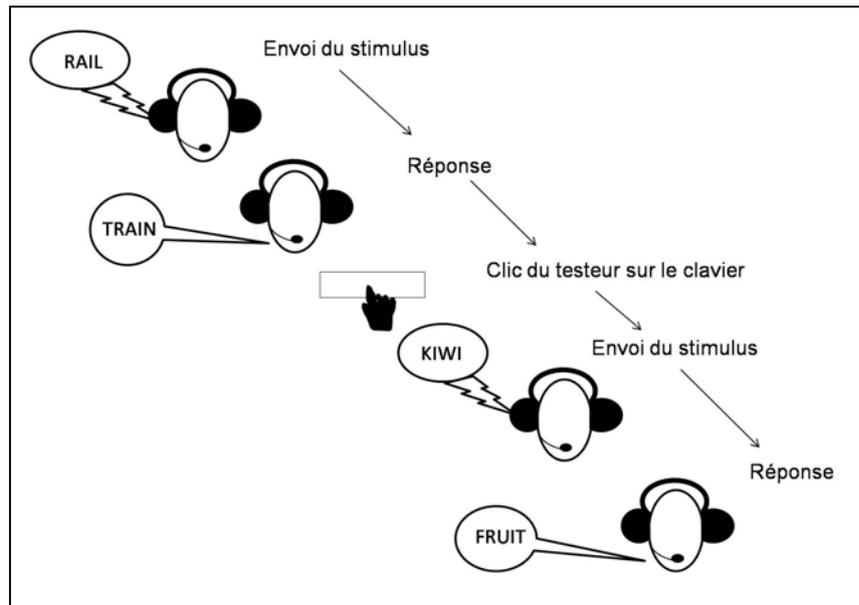


Figure 8 : Fonctionnement de la tâche de génération de noms

Pour chacune de ces épreuves, le testeur choisit dans le menu déroulant d'Evolex celle qu'il souhaite faire passer et clique sur « démarrer » pour la lancer et sur « enregistrer » lorsqu'elle se termine. Grâce au micro-casque dont est équipé le sujet, toutes ses réponses sont enregistrées sur le logiciel. A l'issue de l'épreuve, les données collectées sont transférées sur [Samoplay](http://samoplay.irit.fr)³, le serveur sécurisé de l'Institut de Recherche en Informatique de Toulouse (IRIT). Si l'ordinateur n'est pas connecté au moment des passations, il faut envoyer les enregistrements en différé ultérieurement. Suite au transfert, les données sont transcrites automatiquement au moyen de la reconnaissance vocale. En se connectant sur Samoplay, le testeur peut retrouver tous les enregistrements et effectuer des corrections si nécessaire. Des analyses automatiques et des graphiques sont proposés à la suite de chaque épreuve pour faciliter l'évaluation clinique (voir Annexe IV pour plus de détails sur les tâches expérimentales d'Evolex).

Chaque testeur est également en possession du « Cahier de recueil des données ». Ce cahier de 25 pages est imprimé pour chaque sujet et rempli par le testeur au fur et à mesure des épreuves.

³ Les données sont stockées sur Samoplay à l'adresse : <http://samoplay.irit.fr/ortho/>

4 Procédures

Pour l'ensemble du protocole d'évaluation, chaque épreuve est précédée d'une consigne donnée oralement par le testeur et pouvant être répétée si nécessaire (Annexe IV). Pour les tâches contrôles, ces consignes sont indiquées sur le « Cahier de recueil des données ». Pour s'assurer que le sujet a bien compris l'épreuve et éviter des résultats biaisés par une incompréhension, certaines épreuves sont précédées d'un entraînement. C'est le cas du TMT A & B et du Stroop, ainsi que de la dénomination et de la génération. Au niveau des conditions, la passation doit se dérouler dans un endroit calme pour ne pas parasiter les réponses enregistrées par des bruits extérieurs. Compte-tenu du secret professionnel qui entoure à la fois les données personnelles du sujet et ses réponses, les passations se font seulement en présence du sujet et du testeur. Dans la mesure du possible, les passations sont réalisées en une seule fois.

5 Analyses des données

Les analyses statistiques, que nous avons menées pour vérifier nos hypothèses, sont fondées sur des données qui ont nécessité des traitements et des analyses préliminaires. Cette phase préparatoire et ses issues sont exposées dans cette partie puisqu'elles aboutissent naturellement à la présentation de nos analyses statistiques. Par la suite, la partie « Résultats » est entièrement consacrée aux résultats des analyses qui ont constitué le cœur de notre recherche et qui nous permettent de répondre à nos hypothèses.

5.1 Traitements préalables des données

Les données dont nous nous sommes servis pour effectuer nos analyses ont été enregistrées sur Evolex au cours des passations puis elles ont été transférées, transcrites et stockées sur Samoplay. Sur cette plateforme, nous avons procédé à un premier traitement des données. Nous avons écouté l'enregistrement audio de chaque passation pour vérifier la bonne transcription des réponses ainsi que le bon emplacement du segment matérialisant la séquence temporelle de la réponse sur la bande-son. En cas de besoin, nous avons effectué les corrections nécessaires. Pour la génération (Fig. 9), ces corrections ont consisté principalement à corriger la transcription, à repositionner le segment de la réponse ou à le

créer quand le son n'avait pas été détecté, et à créer, quasi systématiquement, le segment du stimulus. Celui-ci aurait dû s'afficher automatiquement mais cela n'a pas été le cas en raison d'erreurs informatiques. Une seconde correction a été effectuée par un autre testeur dans la plupart des cas, pour éliminer les erreurs résiduelles. Ce premier nettoyage a duré plusieurs mois à cause de l'importante quantité de données à traiter.

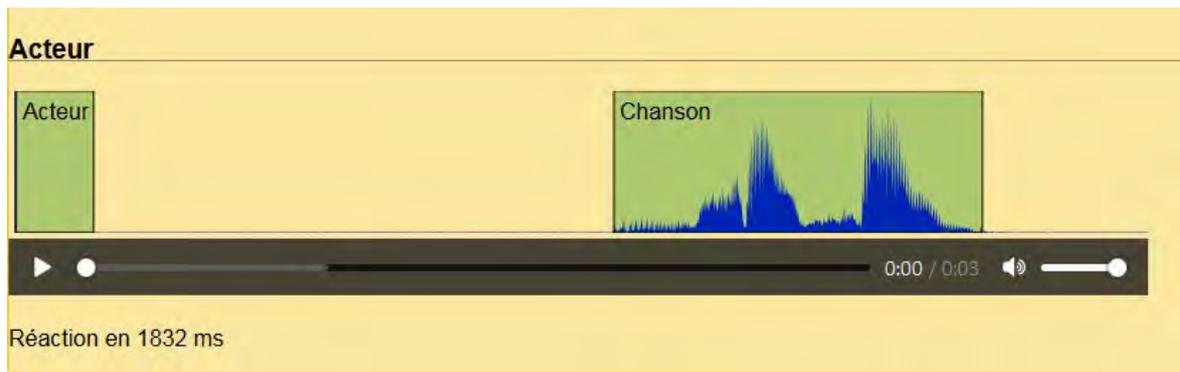


Figure 9 : Vue d'un item de génération sur Samoplay, avec le stimulus à gauche et la réponse à droite

Lorsqu'il a été terminé, les informaticiens de l'IRIT ont procédé à l'extraction de toutes les données stockées sur le serveur, sans distinction. Ces données ont été compilées dans des fichiers Excel, en fonction du type d'épreuves : un pour les quatre fluences, un pour les dénominations, un pour les générations. Comme nos analyses ne s'intéressent qu'à la tâche de génération, nous ne détaillerons que ce qui concerne cette tâche. Pour chaque passation, le fichier Excel des données de génération contenait principalement les identifiants de l'épreuve et du sujet, les dates de passation et de corrections, les identifiants du testeur et des correcteurs, les temps de réaction, les stimuli et les réponses. Pour chaque item de chaque passation, toutes les étapes depuis la transcription jusqu'à la correction finale ont été extraites. Ce deuxième traitement a donc consisté à ne garder que l'étape finale de correction pour chaque item de chaque passation et à supprimer toutes les données non utilisées. De plus de 58 000 lignes dans le tableau des générations à la suite de l'extraction, nous sommes passés à 6 234 lignes.

Dans un troisième temps, ces données exploitables ont été reportées dans des tableaux Excel indépendants en vue de nos analyses statistiques. A ce stade, nous avons exclu les sujets pour lesquels la tâche était inachevée et ceux dont les données ne pouvaient

pas être exploitées en raison de divers problèmes techniques. Avec les 93 sujets restants et les 60 items de la génération, nous attendions un tableau croisé contenant 5 580 cellules pleines. Toutefois, seulement 5 408 cellules ont été remplies. Les données manquantes correspondent à des problèmes d'enregistrement lors de la passation, à un dysfonctionnement informatique pour l'envoi du stimulus « brochette » durant les passations de 2016-2017, à des problèmes lors de l'extraction des données. Nous menons donc nos analyses sur ces 5 408 données. Au niveau des variables indépendantes, nous retenons l'âge, ou la tranche d'âge selon les analyses, le sexe et le niveau socio-culturel, ou le nombre d'années de scolarisation selon les analyses. Au niveau des résultats, nous retenons trois variables dépendantes, à savoir le temps de réaction, la fréquence lexicale de la réponse et la nature des relations sémantiques entre le stimulus et la réponse.

5.2 Analyse de l'effet des données démographiques sur les temps de réaction

Pour étudier l'effet des données démographiques sur les temps de réaction, nous n'avons conservé que ceux des réponses valides, soit 4 431 temps de réaction. Nous avons ensuite calculé la moyenne et l'écart-type des temps de réaction de chaque sujet pour supprimer les temps aberrants supérieurs à +2,5 ET et inférieurs à -2,5 ET (Balota and Duchek, 1988). Il nous est alors resté 4 291 temps de réaction valides. Nous avons calculé la médiane pour chaque sujet et nous avons effectué nos analyses statistiques à partir de ces médianes (Fig. 10 et 11).

Dans un premier temps, nous avons vérifié la normalité de nos données et il nous est apparu que leur distribution n'était pas normale. D'autre part, nous avons vérifié la variance. Celle-ci était homogène pour les groupes d'âge et le sexe, mais pas pour le niveau socio-culturel. Compte-tenu de ces deux éléments, nous avons opté pour des tests non paramétriques. Pour analyser l'effet du groupe d'âge (trois classes d'âge) sur le temps de réaction, nous avons procédé à un test de Kruskal-Wallis, sur le logiciel Statistica (© StatSoft, Inc, 2016) ; pour l'effet du sexe (hommes vs femmes), nous avons procédé à un test de Mann-Whitney, sur le logiciel JASP (JASP Team, 2018), et pour l'effet du niveau socio-culturel (trois groupes), nous avons effectué une ANOVA sur JASP.

Statistiques descriptives : médianes des TR								
	Tranches d'âge			Sexe		Niveaux socio-culturels		
	18-39 ans	40-64 ans	65-89 ans	Femmes	Hommes	NSC1	NSC2	NSC3
Valeurs	40	36	17	47	46	17	25	51
Valeurs manquantes	0	0	0	0	0	0	0	0
Moyenne	2165.84	2103.69	2132.20	2215.77	2053.76	2278.03	2146.48	2082.85
Déviati on Standard	1004.87	879.77	968.69	836.41	1041.01	1039.21	1300.99	680.69
Minimum	863.00	563.00	960.50	563.00	586.000	1105.50	563.00	863.00
Maximum	5592.00	5212.00	4224.50	4224.50	5592.00	4989.00	5592.00	4192.00

Figure 10 : Statistiques descriptives des médianes des temps de réaction en fonction de chaque variable

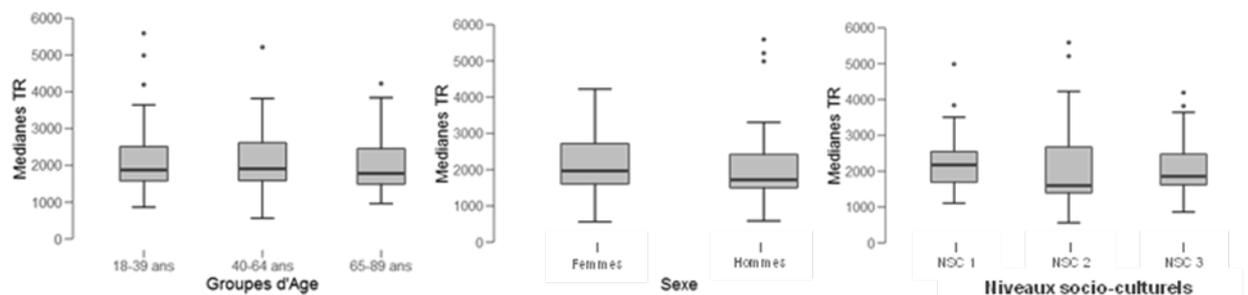


Figure 11 : Médianes des temps de réaction en fonction de chaque variable

5.3 Analyse de l'effet des données démographiques sur la fréquence lexicale

Pour étudier l'effet des données démographiques sur la fréquence lexicale des réponses, nous avons utilisé les fréquences obtenues grâce à la base de données [Lexique 3.80](#) (New et al., 2001)⁴. Pour la plupart des mots, la réponse orale ne nous permettait pas de distinguer la flexion du nombre (exemple : fleur / fleurs). Nous avons donc retenu les indices qui prennent en compte le singulier et le pluriel, soit la fréquence calculée à partir des sous-titres de films *freqlemfilms2* et à partir des livres *freqlemlivres*. Puis nous avons calculé la moyenne de ces deux indices. Pour les mots dont il nous était possible de connaître la flexion du nombre (exemple : animal / animaux), nous avons calculé la moyenne à partir de *freqfilms2* et de *freqlivres*.

⁴ Lexique 3.80 est hébergé à l'adresse : <http://www.lexique.org/moteur/RechListesMots.php>

Compte-tenu des doublons entre les réponses, nous avons gardé 787 réponses uniques sur les 4 431 réponses valides. Sur ces 787 réponses, nous n'avons pu calculer la moyenne de la fréquence lexicale que de 749 mots (soit de 4 381 mots en comptant les doublons). La différence de 38 mots uniques (soit 50 mots en comptant les doublons) est due à des mots dont la fréquence n'est pas fournie dans Lexique 3.80 (mots rares, entités formées de plusieurs mots...). Nous avons ensuite calculé la médiane de la fréquence lexicale par sujet et nous avons effectué nos analyses à partir de ces médianes. Là encore, compte-tenu de la distribution non gaussienne de nos données et de l'absence d'homogénéité des variances, nous avons opté pour des tests non paramétriques. Après avoir effectué des statistiques descriptives (Fig. 12 et 13), nous avons étudié l'effet du groupe d'âge (trois classes d'âge) et du niveau socio-culturel (trois classes) sur la fréquence lexicale de la réponse avec des tests de Kruskal-Wallis (Statistica ©). Nous avons analysé l'effet du sexe (deux classes : hommes vs femmes) avec un test de Mann-Whitney (JASP).

Statistiques descriptives : médianes de la fréquence lexicale								
	Tranches d'âge			Sexe		Niveaux socio-culturels		
	18-39 ans	40-64 ans	65-89 ans	Femmes	Hommes	NSC1	NSC2	NSC3
Valeurs	40	36	17	47	46	17	25	51
Valeurs manquantes	0	0	0	0	0	0	0	0
Moyenne	47.64	43.89	43.79	45.70	45.21	48.82	45.66	44.23
Déviati on Standard	14.79	11.37	16.79	10.64	16.79	19.88	14.92	10.92
Minimum	15.86	19.24	18.41	21.83	15.86	18.41	21.39	15.86
Maximum	88.25	71.50	77.73	77.73	88.25	88.25	77.70	65.04

Figure 12 : Statistiques descriptives des médianes de la fréquence lexicale en fonction de chaque variable

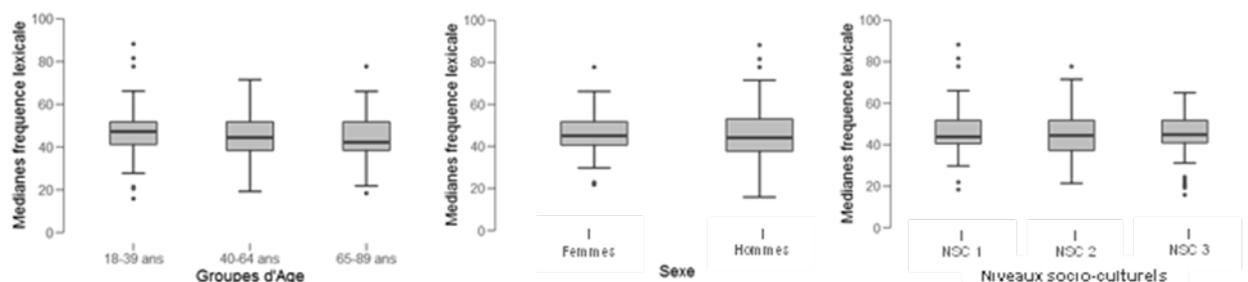


Figure 13 : Médianes de la fréquence lexicale en fonction de chaque variable

5.4 Analyse de l'effet des données démographiques sur les relations sémantiques

Avant de commencer à analyser l'effet des données démographiques sur les types de relations sémantiques unissant un mot inducteur à sa réponse, nous avons d'abord distingué les réponses valides et invalides. Pour être valide, une réponse doit être un mot isolé qui soit un nom commun, comme demandé dans la consigne. Parmi les 5 408 réponses collectées, nous avons donc éliminé toutes celles qui n'étaient pas un nom commun : verbes, adjectifs, pronoms, adverbes, noms propres, onomatopées et néologismes. Nous avons aussi écarté toutes les réponses ne contenant pas un mot isolé, à savoir les expressions, les réponses contenant la répétition du stimulus ou un déterminant, ainsi que les réponses multiples. A la fin de ce tri, il nous est resté 4 431 réponses valides exploitables (Fig. 14).

Distribution des réponses en génération

Total réponses attendu	5580
Total réponses collecté	5408
Réponses valides	4431
Réponses non valides	977

Figure 14 : Distribution des réponses à la tâche de génération, à partir des 60 items passés par les 93 sujets

Suite à cette classification, nous avons procédé à des analyses pour étudier l'effet des données démographiques sur les réponses valides. Compte-tenu de la distribution non gaussienne de nos données et de l'absence d'homogénéité des variances, nous avons opté pour des tests non paramétriques. Après avoir effectué des statistiques descriptives (Fig. 15 et 16), nous avons étudié l'effet du d'âge (trois classes d'âge) et du niveau socio-culturel (trois classes) sur la validité des réponses avec des tests de Kruskal-Wallis (Statistica ©) et nous avons analysé l'effet du sexe (deux classes : hommes vs femmes) avec un test de Mann-Whitney (JASP).

Statistiques descriptives : taux de validité des réponses								
	Tranches d'âge			Sexe		Niveaux socio-culturels		
	18-39 ans	40-64 ans	65-89 ans	Femmes	Hommes	NSC1	NSC2	NSC3
Valeurs	40	36	17	47	46	17	25	51
Valeurs manquantes	0	0	0	0	0	0	0	0
Moyenne	0.840	0.809	0.792	0.843	0.795	0.749	0.817	0.843
Déviatiion Standard	0.105	0.114	0.129	0.103	0.119	0.127	0.117	0.098
Minimum	0.470	0.470	0.390	0.390	0.470	0.390	0.470	0.470
Maximum	0.960	0.980	0.950	0.980	0.950	0.950	0.950	0.980

Figure 15 : Statistiques descriptives du taux de validité des réponses en fonction de chaque variable

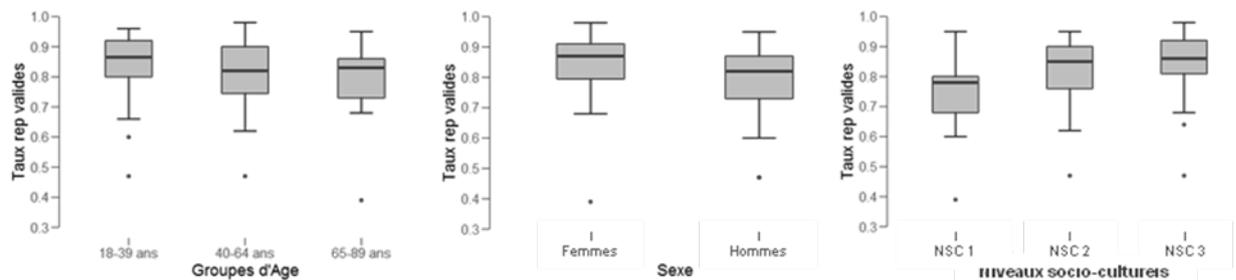


Figure 16 : Taux de validité des réponses en fonction de chaque variable

Dans un troisième temps, nous avons analysé l'effet des données démographiques sur la nature des relations sémantiques. Pour cela, nous avons commencé par établir la classification des différents types de relations sémantiques en nous appuyant sur des taxinomies déjà existantes (Burke and Peters, 1986; Gaume et al., Soumis).

Pour les relations valides (Annexe V), nous sommes partis de la grande dichotomie de Burke et Peters (1986) entre relations syntagmatiques (parmi lesquelles se rangent les réponses de type collocations ou celles entrant dans des expressions automatiques) et relations paradigmiques. Toutefois, ces deux catégories ne permettant pas de décrire l'intégralité des comportements associatifs (Jodelet, 1961), nous avons complété cette classification au moyen de celle établie récemment par une équipe de linguistes (Gaume et al., Soumis). Leur typologie propose douze relations parmi lesquelles nous avons conservé

les relations génériques (ou super-ordonnées) et les relations spécifiques (ou coordonnées et subordonnées), constituant deux sous-catégories parmi les relations paradigmatiques. Nous avons également retenu les relations phonologiques, basées sur la rime, bien qu'assez rares chez les adultes (Ervin, 1961; Istifçi, 2010). Nous y avons ajouté les relations morphologiques basées sur les éléments de flexion grammaticale et nous avons constitué les relations formelles à partir de ces deux derniers types. Pour finir, nous avons aussi retenu une catégorie « autres » pour les relations inclassables. Une fois cette classification établie, deux juges ont qualifié une par une les 4 431 paires valides. Au vu de la répartition des réponses valides, nous avons effectué des regroupements et nous avons gardé quatre types de relations valides : les syntagmatiques, les génériques, les spécifiques et les formelles. Suite à cela, nous avons effectué des tests du Khi-deux sur Excel pour analyser l'effet de chaque variable démographique sur la nature des relations sémantiques valides.

Nous avons procédé de la même manière pour les réponses invalides. Nous avons établi la classification à partir des productions des sujets (Annexe V) : non-respect de la contrainte grammaticale (adjectifs, verbes, adverbes, pronoms, noms propres, onomatopées), non-respect de la production d'un mot isolé (déterminant + réponse, expressions, stimulus + réponse), erreurs diverses (stimulus seul, réponse tronquée, ne sait pas, stimulus non compris, néologismes, abréviations). Une fois la classification établie, deux juges ont qualifié les 977 paires invalides. Au vu de la répartition des erreurs, nous avons effectué des regroupements et nous avons gardé six types de relations invalides : les adjectifs, les verbes, les noms propres, les expressions, les cas de stimuli non compris et les autres erreurs regroupant tout le reste. Suite à cela, nous avons effectué des tests du Khi-deux sur Excel pour analyser l'effet de chaque variable démographique sur la nature des relations sémantiques invalides.

Pour finir, nous avons souhaité analyser plus finement les relations spécifiques au vu du nombre de réponses classées dans cette catégorie. Nous avons établi cinq sous-catégories, tirées de la classification de Gaume et al. (Soumis) : les relations partie-tout, comprenant les holonymes qui représentent « *le tout relatif d'une partie* » (Tamba, 1991, p. 46) et les méronymes qui se définissent « *par être une partie / faire partie de* » (Tamba,

1991, p. 46) ; les co-hyponymes i.e. des mots sous la dépendance d'un même terme superordonné (Gaume et al., Soumis) ; les hyponymes i.e. des « *mot[s] dont le sens est inclus dans le sens d'un autre plus général* » (Brin et al., 2011, p. 129) ; les synonymes i.e. des « *mot[s] de sens pratiquement identique* » (Brin et al., 2011, p. 273) ; et les associés i.e. des mots qui apparaissent dans le même contexte parce qu'ils sont connectés dans la même classe d'objets ou d'événements mais dont les liens sémantiques sont plus larges (Gaume et al., Soumis). Deux juges ont ensuite qualifié les 3 250 paires spécifiques. Suite à cela, nous avons effectué des tests du Khi-deux sur Excel pour analyser l'effet de chaque variable démographique sur les relations spécifiques.

5.5 Analyses complémentaires

Dans le but de rechercher des interactions entre nos différentes variables, nous avons effectué des analyses de régression linéaire (sur JASP) pour étudier l'effet de l'âge de chaque sujet pris individuellement (et non plus en groupe d'âge) et du nombre d'années de scolarisation sur les temps de réaction, la validité des réponses et la fréquence lexicale. Nous avons également effectué des corrélations de Spearman (sur JASP) pour étudier l'effet de l'âge de chaque sujet pris individuellement (et non plus en groupe d'âge) et du nombre d'années de scolarisation sur les temps de réaction et la fréquence lexicale.

RÉSULTATS

Cette partie est consacrée à la présentation de l'ensemble des résultats qui permettent de répondre à nos hypothèses. Ils ont été obtenus en analysant successivement l'effet de chaque donnée démographique (âge, sexe, niveau socio-culturel) sur les différentes variables dépendantes (Fig. 17) que sont le temps de réaction, la fréquence lexicale de la réponse et la nature des relations sémantiques entre le stimulus et la réponse.

Variables dépendantes	Variables indépendantes		
	Age	Sexe	NSC
Temps de réaction	NS	NS	NS
Fréquence lexicale	NS	NS	NS
Validité des réponses	$p < 0.1$	$p < 0.05$	NS
Relations sémantiques valides	$p = 0.09$	NS	$p < 0.005$
Relations sémantiques invalides	$p < 0.001$	$p < 0.001$	$p < 0.001$
Relations spécifiques	$p = 0.03$	NS	NS

Figure 17 : Présentation des résultats ($p \leq 0.001$ = différence très significative ; $0.01 < p \leq 0.05$ = différence significative ; $0.05 < p \leq 0.1$ = tendance ; NS = différence non significative)

1 Effet des données démographiques sur les temps de réaction

L'analyse de l'effet du groupe d'âge sur les temps de réaction au moyen du test de Kruskal-Wallis n'a pas mis en évidence de différence significative entre les différents groupes ($p > 0.1$). Nous obtenons le même résultat pour le niveau socio-culturel analysé avec un test ANOVA ($F = 0.272$; $p = 0.763$). L'analyse de l'effet du sexe avec le test de Mann-Whitney aboutit elle aussi au même résultat ($U = 1279.0$; $p = 0.129$). Les données démographiques ne semblent donc pas avoir d'effet sur les temps de réaction. L'analyse de régression étudiant l'effet de l'âge de chaque individu et du nombre d'années de scolarisation sur les temps de réaction ne montre pas d'effet significatif ($p > 0.1$).

2 Effet des données démographiques sur la fréquence lexicale

L'analyse de l'effet du groupe d'âge sur la fréquence lexicale au moyen du test de Kruskal-Wallis n'a pas mis en évidence de différence significative entre les différents

groupes ($p > 0.1$). Nous obtenons le même résultat pour le niveau socio-culturel ($p > 0.1$). L'analyse de l'effet du sexe avec le test de Mann-Whitney aboutit elle aussi au même résultat ($U = 1141.50$; $p = 0.644$). Les données démographiques ne semblent donc pas avoir d'effet sur la fréquence lexicale des réponses. L'analyse de régression linéaire (Fig. 18) étudiant l'effet de l'âge de chaque sujet et le nombre d'années de scolarisation sur la fréquence lexicale de la réponse montre un effet de la scolarisation sur la fréquence lexicale de la réponse ($t = -2.098$; $p = 0.039$). Cela signifie que le nombre d'années de scolarisation explique une partie de la variance dans la fréquence de la réponse. La corrélation de Spearman (Fig. 19) étudiant le lien entre le nombre d'années de scolarisation et l'âge d'une part, et le temps de réaction et la fréquence lexicale de l'autre ne montre aucun lien significatif. Cependant, on note une corrélation négative entre le temps de réaction et la fréquence lexicale de la réponse ($Rho = -0.251$; $p = 0.015$), signifiant que, plus la réponse est un mot fréquent, plus le temps de réaction est rapide. Autrement dit, les mots plus fréquents sont dits plus rapidement.

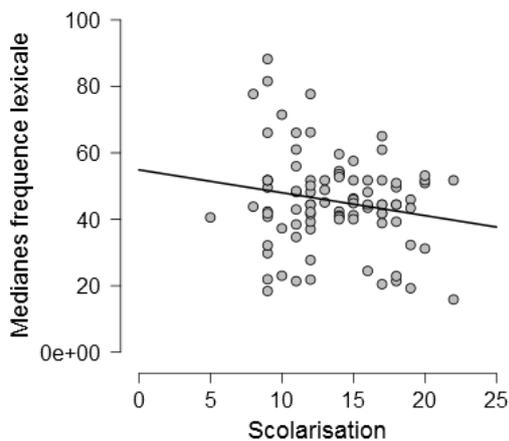


Figure 18 : Régression linéaire entre les médianes de la fréquence lexicale et le nombre d'années de scolarisation ($t = -2.098$; $p = 0.039$)

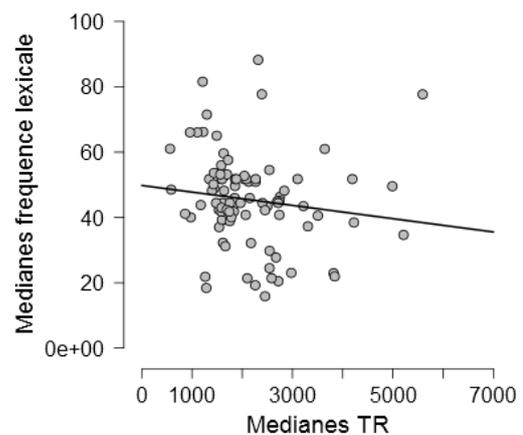


Figure 19 : Corrélation de Spearman entre les médianes des temps de réactions et les médianes de la fréquence lexicale ($Rho = -0.251$; $p = 0.015$)

3 Effet des données démographiques sur les relations sémantiques

3.1 Analyse du taux de validité

L'analyse de l'effet du groupe d'âge sur le taux de validité des réponses au moyen du test de Kruskal-Wallis n'a pas mis en évidence de différence significative entre les

différents groupes ($p > 0.1$). Nous obtenons le même résultat pour le niveau socio-culturel ($p > 0.1$). En revanche, l'analyse de l'effet du sexe avec le test de Mann-Whitney montre une différence significative, avec un plus grand nombre de réponses valides chez les femmes ($U = 1354.50$; $p = 0.036$). Parmi les données démographiques, seul le sexe semble avoir un effet significatif sur le taux de validité des réponses. L'analyse de régression linéaire étudiant l'effet de l'âge et le nombre d'années de scolarisation sur la fréquence lexicale de la réponse montre un effet significatif de la scolarisation sur la validité des réponses ($t = 2.447$; $p = 0.016$). Cela signifie que l'on trouve plus de réponses valides chez les sujets qui ont été scolarisés plus longtemps.

3.2 Analyse des relations sémantiques valides

L'analyse de l'effet des variables démographiques sur les relations sémantiques valides concerne les relations génériques et spécifiques, les relations syntagmatiques et les relations formelles. Elle a été effectuée au moyen du test du Khi-deux. Pour l'effet du groupe d'âge (Fig. 20), nous trouvons une tendance ($\chi^2 (6, N= 4383) = 10,95$; $p < 0,1$).

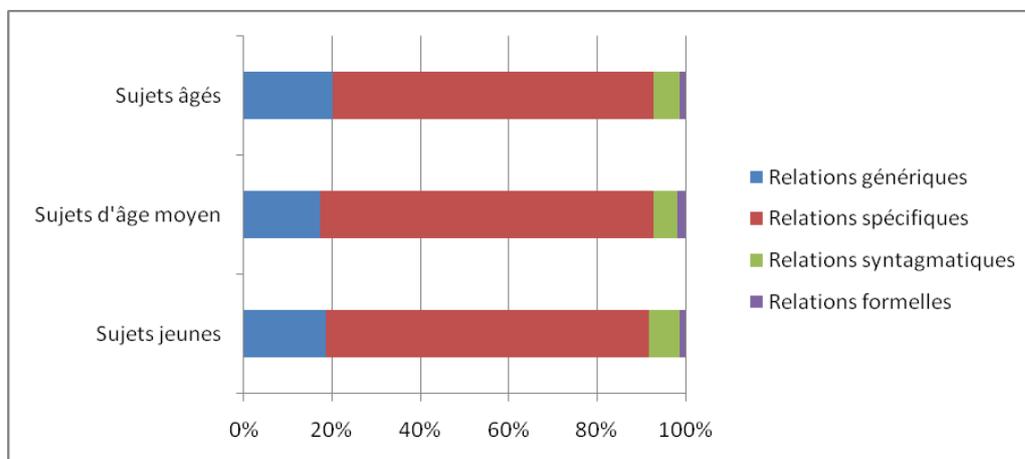


Figure 20 : Répartition des réponses valides en fonction du groupe d'âge : sujets jeunes de 18 à 39 ans ; sujets d'âge moyen de 40 à 64 ans ; sujets âgés de 65 à 89 ans ($p < 0.1$).

La répartition des relations valides montre une majorité de réponses spécifiques pour les trois groupes, avec une légère supériorité pour les sujets d'âge moyen (40-64 ans). Ceux-ci se distinguent aussi des autres groupes par davantage de relations formelles et moins de relations syntagmatiques. Les sujets âgés (65-89 ans) utilisent plus de relations

génériques que les deux autres groupes. La proportion de chaque type de réponses est assez similaire entre les sujets jeunes et les sujets âgés. Les changements dans les habitudes associatives au fil des âges sont donc assez faibles.

Concernant l'effet du sexe sur la nature des relations sémantiques valides, aucune différence significative entre les sexes n'apparaît ($\chi^2 (3, N= 4383) = 0,271 ; p > 0,1$). A taux de validité équivalente, la répartition des réponses entre les hommes et les femmes est identique (Fig. 21). L'utilisation des relations syntagmatiques et paradigmatiques (génériques + spécifiques) est équivalente entre les deux groupes. La très faible supériorité des femmes dans l'utilisation des relations formelles n'est pas significative.

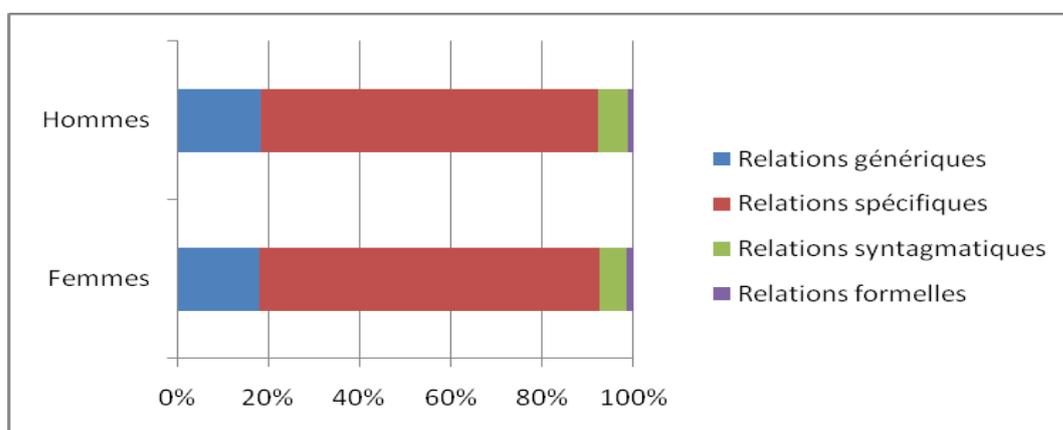


Figure 21 : Répartition des réponses valides en fonction du sexe : hommes n= 46 ; femmes n= 47 ($p > 0.1$).

Pour l'effet du niveau socio-culturel sur les relations sémantiques valides, nous trouvons une différence significative entre les groupes ($\chi^2 (6, N= 4383) = 20,42 ; p < 0.005$). La distribution des réponses n'est pas identique d'un niveau à l'autre (Fig. 22). Parmi les relations paradigmatiques, nous trouvons le plus de génériques chez les sujets de niveau 1 et le moins chez les sujets de niveau 2. En revanche, les sujets de niveau 2 utilisent plus de relations spécifiques que les deux autres groupes. Il en va de même pour les relations syntagmatiques. Les relations formelles sont davantage employées par les sujets de niveau 1. Le niveau socio-culturel est donc une variable qui influence la nature des relations sémantiques puisque la finesse des liens augmente avec le nombre d'années de scolarisation (moins de génériques et plus de spécifiques chez les sujets de niveau 3).

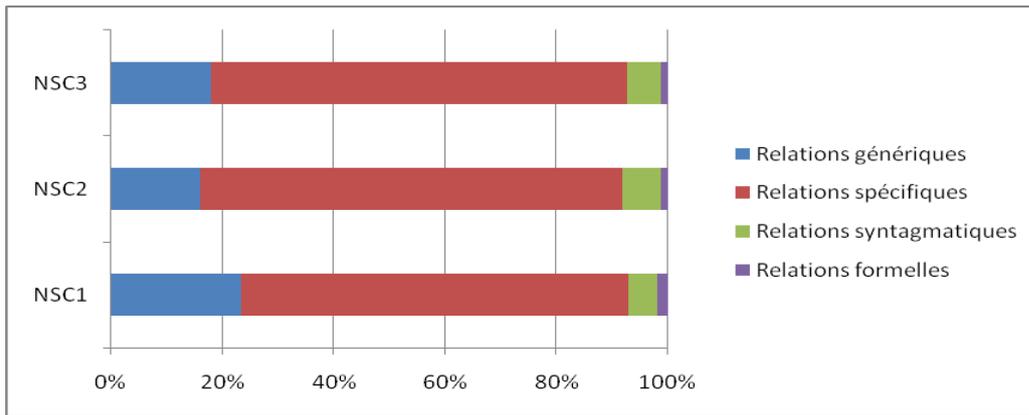


Figure 22 : Répartition des réponses valides en fonction du niveau socio-culturel ($p < 0.005$).

A l'issue de ces analyses qualitatives, nous voyons donc que la nature des relations sémantique est surtout influencée par le niveau socio-culturel, légèrement par le groupe d'âge mais pas par le sexe. Nous nous intéressons maintenant aux relations invalides pour voir la manière dont les données démographiques les font varier.

3.3 Analyse des relations sémantiques invalides

Ces nouvelles analyses portent sur six types de relations invalides : les adjectifs, les verbes, les noms propres, les expressions, les cas de stimuli non compris. Une catégorie « autres erreurs » regroupe tous les autres types de réponses invalides puisque les données de ces catégories sont trop peu nombreuses ($< 5\%$) pour constituer des groupes distincts (adverbes, pronoms, déterminants, néologismes, onomatopées). Parmi les « autres erreurs » figurent aussi les données qui ne peuvent pas être exploitées en raison de disparités méthodologiques situées au niveau des corrections (ne sait pas, stimulus seul, stimulus + réponse, réponse tronquée, réponses multiples, abréviations). Pour éviter de biaiser les résultats à cause de ce manque d'harmonie, nous avons préféré regrouper ces erreurs plutôt que de les analyser indépendamment. L'analyse de l'effet de chaque variable a été effectuée au moyen du test du Khi-deux sur Excel.

Pour l'effet du groupe d'âge sur les types d'erreurs, nous trouvons une différence très significative entre les groupes ($\chi^2 (10, N= 1020) = 0 ; p < 0,001$). La répartition des erreurs (Fig. 23) montre que, pour chaque groupe, la majorité concerne le non-respect de la contrainte grammaticale (adjectifs, verbes et noms propres), spécialement chez les sujets

d'âge moyen (40-64 ans). Les sujets âgés (65-89 ans) se distinguent par une proportion d'expressions beaucoup plus importante que les autres groupes, soulignant leur difficulté à ne répondre que par un mot isolé. Les stimuli non compris sont plus nombreux chez les sujets jeunes et moins nombreux chez les sujets âgés. Les « autres erreurs » sont beaucoup plus nombreuses chez les jeunes que dans les deux autres groupes.

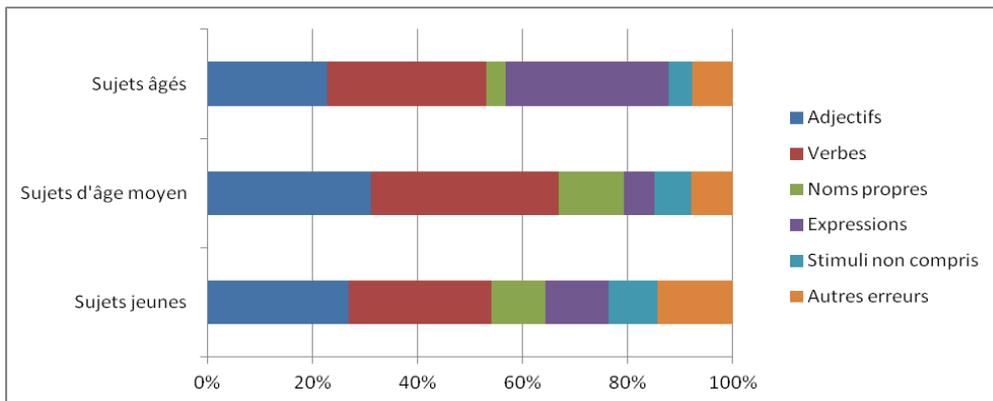


Figure 23 : Répartition des réponses invalides en fonction du groupe d'âge : sujets jeunes de 18 à 39 ans ; sujets d'âge moyen de 40 à 64 ans ; sujets âgés de 65 à 89 ans ($p < 0.001$).

Concernant l'effet du sexe, nous trouvons une différence très significative entre les sexes (χ^2 (5, N= 1020) = 0 ; $p < 0,001$). Même si les hommes et les femmes ont la même difficulté à se conformer à la contrainte grammaticale (Fig. 24), les proportions varient dans les groupes : les femmes répondent avec plus de verbes et d'adjectifs que les hommes, mais utilisent beaucoup moins de noms propres. Les hommes respectent davantage la contrainte du mot isolé mais ont beaucoup plus de stimuli non compris. Les « autres erreurs » sont équivalentes entre les deux groupes.

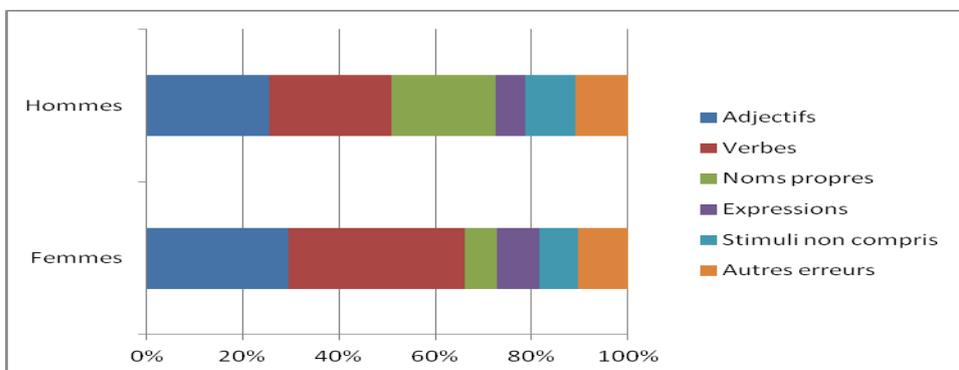


Figure 24 : Répartition des réponses invalides en fonction du sexe : hommes n = 46 ; femmes n = 47 ($p < 0.001$).

Pour l'effet du niveau socio-culturel, nous trouvons une différence très significative entre les groupes ($\chi^2 (10, N= 1020) = 0 ; p < 0,001$). Pour les niveaux 2 et 3 (Fig. 25), nous voyons une majorité de réponses ne respectant pas la contrainte grammaticale (adjectifs, verbes, noms propres), avec plus de verbes chez les sujets de niveau 3 et plus d'adjectifs chez les sujets du niveau 2. Les sujets de niveau 1 ont également du mal à se conformer à cette consigne. Ils se distinguent des deux autres groupes par une utilisation beaucoup plus importante d'expressions, par un faible nombre de stimuli non compris et par une plus grande quantité d'« autres erreurs ». Pour ces deux derniers domaines, les niveaux 2 et 3 sont assez proches.

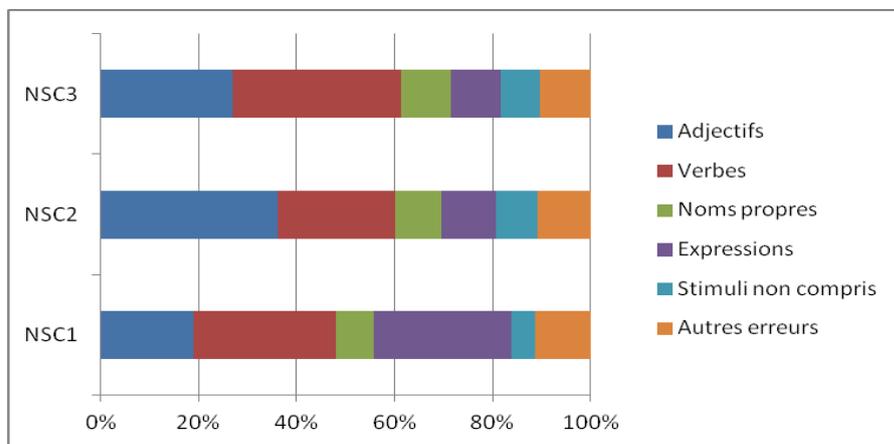


Figure 25 : Répartition des réponses invalides en fonction du niveau socio-culturel ($p < 0.001$).

Chaque variable démographique influence donc fortement les types d'erreurs que l'on trouve parmi les relations invalides. Au vu de ces résultats intéressants et de la forte proportion de relations spécifiques parmi les réponses valides, nous allons maintenant analyser plus finement cette catégorie pour voir si les sous-ensembles qui la composent seraient sensibles eux aussi aux variables démographiques.

3.4 Analyse des relations sémantiques valides spécifiques

Comme annoncé précédemment, les sous-catégories retenues au sein des relations spécifiques sont les co-hyponymes, les hyponymes, les synonymes, les relations partie-tout et les associés. Les analyses ont été effectuées au moyen du test du Khi-deux sur Excel.

Pour l'effet du groupe d'âge sur les relations spécifiques, nous trouvons une différence significative ($\chi^2(8, N= 3274) = 17,33 ; p = 0.03$). Les sujets jeunes utilisent plus de co-hyponymes et de relations partie-tout que les deux autres groupes mais moins d'associés (Fig. 26). Cela signifie que leurs associations sont plus finement caractérisées. Les sujets âgés se distinguent par une plus grande quantité d'associés que les deux autres groupes, légèrement plus de synonymes et moins de co-hyponymes.

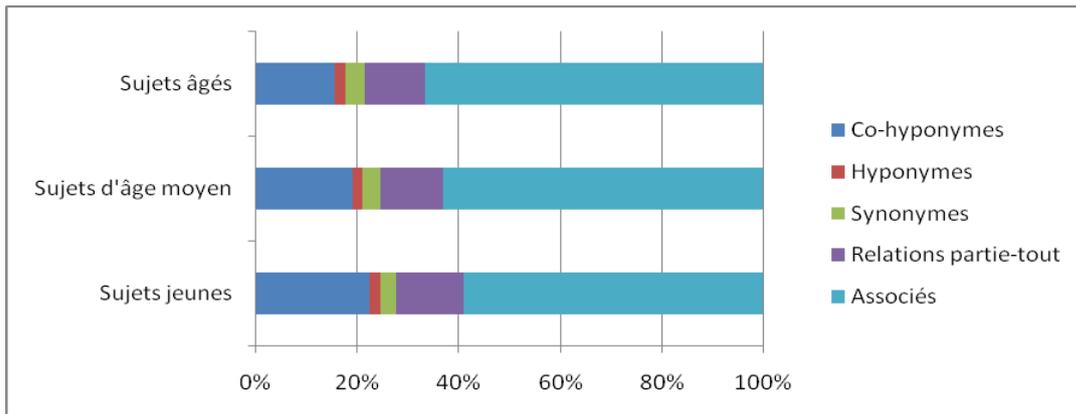


Figure 26 : Répartition des réponses spécifiques en fonction du groupe d'âge : sujets jeunes de 18 à 39 ans ; sujets d'âge moyen de 40 à 64 ans ; sujets âgés de 65 à 89 ans ($p = 0.03$).

Concernant l'effet du sexe sur les relations spécifiques, il n'y a pas de différence significative entre les hommes et les femmes ($\chi^2(4, N= 3274) = 7,46 ; p > 0.1$). Dans des proportions similaires (Fig. 27), les deux groupes utilisent une majorité d'associés, une quantité moyenne de co-hyponymes et de relations partie-tout et enfin une faible quantité d'hyponymes et de synonymes.

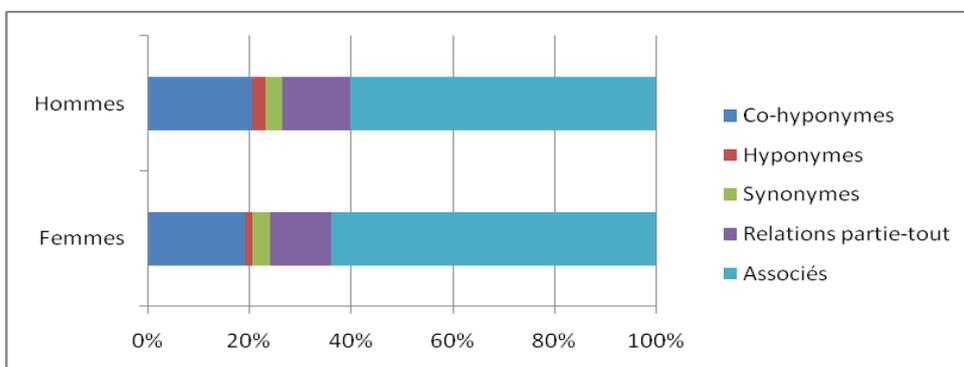


Figure 27 : Répartition des réponses spécifiques en fonction du sexe : hommes $n = 46$; femmes $n = 47$ ($p. > 0.1$).

Pour l'effet du niveau socio-culturel, nous ne retrouvons pas de différence significative entre les groupes ($\chi^2 (8, N= 3274) = 7,37 ; p > 0.1$). Dans des proportions assez similaires (Fig. 28), les trois groupes utilisent une majorité d'associés, une quantité moyenne de co-hyponymes et de relations partie-tout et enfin une faible quantité d'hyponymes et de synonymes.

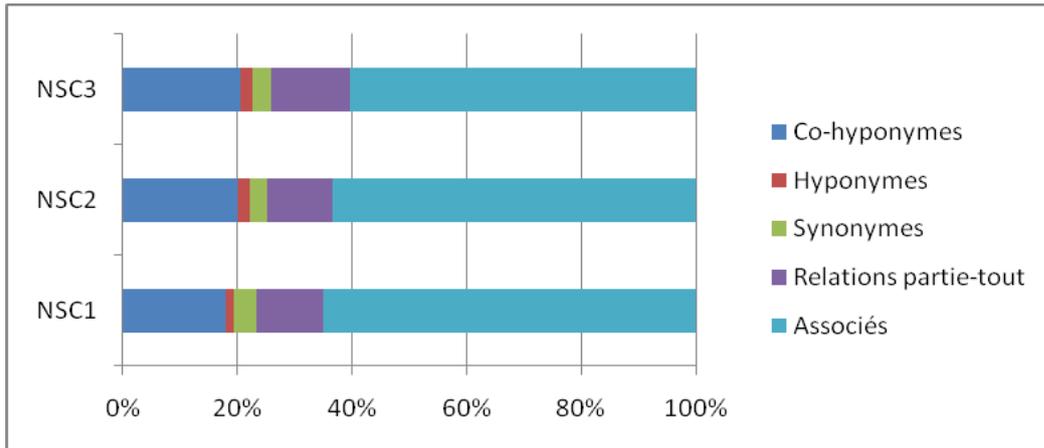


Figure 28 : Répartition des réponses spécifiques en fonction du niveau socio-culturel ($p. > 0.1$).

Grâce à ces nouvelles analyses, nous voyons que seul le groupe d'âge a une influence sur différents types de relations spécifiques. Le sexe et le niveau socio-culturel n'ont pas d'impact sur cette variable.

DISCUSSION

Les variables démographiques n'influencent donc pas l'accès et l'organisation du stock lexical de la même manière. Nos résultats ont montré que l'âge n'a pas d'effet sur les temps de réaction ni sur la fréquence lexicale. En revanche, cette variable a un effet significatif sur la nature des relations sémantiques, surtout pour les réponses invalides avec une difficulté plus importante des sujets âgés à respecter la classe grammaticale de la réponse et la contrainte du mot isolé. Le sexe, qui n'a pas d'effet sur les temps de réaction ni la fréquence lexicale, influence le taux de validité des réponses en faveur des femmes, ainsi que les relations sémantiques invalides. Comme l'âge, le niveau socio-culturel n'a pas d'effet sur les temps de réaction, ni sur la fréquence lexicale mais il a un effet significatif sur la nature des relations sémantiques, tant pour les réponses valides qu'invalides. Cela signifie donc que l'organisation du stock lexical serait plus sensible, dans ses aspects sémantiques, à l'effet des données démographiques que l'accès au lexique.

1 Absence d'effet des variables démographiques sur l'accès lexical

Nos résultats concernant l'influence des variables démographiques sur les temps de réaction vont tous dans le même sens, avec une absence totale d'effet de ces variables sur les temps de réaction. Nous avons fait l'hypothèse que ceux-ci seraient plus longs chez les sujets âgés (Burke and Peters, 1986; Burke et al., 2000; Deary and Der, 2005). Nos résultats sont en désaccord avec cette hypothèse puisque nous n'avons pas trouvé de différence significative entre les groupes d'âge. Cela est surprenant puisque le déclin en génération n'est pas dépendant des connaissances verbales mais bien de la vitesse de traitement (Elgamal et al., 2011). Nous attendions donc une différence entre les sujets jeunes et âgés, avec un allongement des temps de réaction chez ces derniers. Au vu de nos résultats, les mises en garde contre les risques de surestimations induites par les études transversales (Harada et al., 2013; Hedden and Gabrieli, 2004; Sliwinski and Buschke, 1999) s'avèrent inutiles.

Concernant le sexe, nous avons émis l'hypothèse que les femmes auraient des temps de réaction plus longs que ceux des hommes (Der and Deary, 2006; Fozard et al., 1994). Nos résultats ne nous permettent pas de valider cette hypothèse puisque nous n'avons pas trouvé de différence significative entre nos deux groupes. Nos hypothèses ont été basées

sur des études utilisant des temps de réaction simples (stimulus-réponse) par opposition aux temps de réaction à choix (stimulus-choix de la bonne réponse parmi plusieurs). Nous avons estimé que les temps de réaction simples s'apparentaient le mieux à ce qui se passe dans la tâche de génération puisqu'à l'apparition d'une cible, il faut répondre le plus vite possible. Cependant, la comparaison s'arrête là parce que les modalités d'entrée et de sortie ne sont pas les mêmes en génération et dans les procédures utilisées par Der et Deary (2006). Dans leur étude, il est demandé au sujet de réagir le plus vite possible à l'apparition d'un stimulus en appuyant sur une touche donnée du clavier. La réaction motrice répondant au stimulus visuel ne nécessite pas la mise en œuvre de la compréhension et s'apparente plutôt à un réflexe. Comme nous l'avons vu, les processus mis en jeu dans la génération sont différents et bien plus complexes puisque cette tâche demande de percevoir auditivement et de comprendre le stimulus puis d'élaborer et de produire la réponse (Clark, 1970). De ce fait, bien que les temps de réactions simples nous aient parus plus proches de ceux de la génération que les temps de réactions à choix, ils ne sont cependant pas vraiment comparables puisque les processus sous-jacents ne sont pas les mêmes. De ce fait, si les femmes se sont montrées moins rapides pour donner une réponse motrice, il n'en va pas de même pour une réponse verbale plus élaborée du fait des contraintes. Tout ceci peut donc expliquer que nos résultats aient été contraires à nos attentes.

Pour le niveau socio-culturel, nous avons émis l'hypothèse qu'il n'y aurait pas de différence entre les niveaux (Ritchie et al., 2013) et nos résultats s'avèrent en accord avec cette hypothèse. En résumé, quel que soit l'âge, le sexe ou le niveau d'étude d'un sujet, cela n'a pas d'influence sur les temps de réaction et donc sur l'accès lexical de ce sujet. L'ensemble de ces résultats est à nuancer compte-tenu des difficultés de recrutement de nos sujets sains et des problèmes techniques survenus lors de la passation et du traitement des données. L'ensemble de ces limites sera présenté ultérieurement.

2 Absence d'effet des variables démographiques sur la fréquence lexicale

Nos résultats se sont montrés de nouveau très homogènes, sans effet des variables démographiques sur la fréquence lexicale de la réponse. Pour l'effet de l'âge, nous n'attendions pas de différences entre les groupes (Burke and Peters, 1986) et nos résultats se montrent en accord avec cette hypothèse. En revanche, pour ce qui est sexe et du niveau

socio-culturel, nous pensions qu'un meilleur niveau de vocabulaire entraînerait la production de mots plus rares. Nos résultats montrent que ce n'est pas le cas. Ce n'est pas parce que les femmes ont un meilleur niveau de vocabulaire (Turner and Willerman, 1977; Wechsler, 1958) qu'elles répondent avec des mots plus rares que les hommes. Et ce n'est pas parce que des sujets ont bénéficié d'un environnement familial ou d'une longue scolarisation ayant favorisé le développement de leur stock lexical (Biemiller, 2006; Burke and Peters, 1986) qu'ils se distinguent des autres groupes par davantage de mots rares. Si l'appartenance à un groupe socio-culturel n'a pas mis en évidence d'effet significatif, nous voyons cependant un effet du nombre d'années de scolarisation sur la fréquence lexicale de la réponse grâce à la régression linéaire entre ces deux variables. Cela signifie que le nombre d'années de scolarisation explique tout de même une partie de la variance de la fréquence, avec davantage de mots moins fréquents chez les sujets ayant été scolarisés plus longtemps, ce qui se montre en accord avec notre hypothèse.

De manière générale, nous retenons de nos résultats qu'aucune variable démographique n'a d'effet sur la fréquence lexicale des réponses. Toutefois, nous relativisons ces conclusions en discutant le choix de notre outil. Nous nous sommes servis de la base de données [Lexique 3.80](#) (New et al., 2001) pour calculer les fréquences lexicales. Cette base, accessible gratuitement et facile à manipuler, estime la fréquence d'apparition des mots dans la langue à partir de corpus de livres et de sous-titres de films. Cette combinaison entre livres et sous-titres a montré des résultats concluants (New et al., 2007), si bien que nous avons arrêté notre choix sur cette base de données. Toutefois, sur les 787 réponses valides uniques pour lesquelles nous devons trouver la fréquence lexicale, 38 mots n'ont pu pas être calculés. Même si ces données manquantes représentent moins de 5% de nos réponses uniques, il est intéressant de noter qu'elles se divisent en deux catégories. D'un côté, nous avons les entités composées de plusieurs mots comme « foie gras » ou « chemin de fer » que le logiciel n'est pas capable de reconnaître en raison de la multiplicité des mots. D'un autre côté, nous avons des mots rares ou en tout cas pas assez courants pour apparaître dans des livres ou des sous-titres de films, tels que, « passette », « cargolade », « actinidia », « cyborg », « arthropode », ou encore « lucane ». La fréquence de ces mots n'ayant pas été fournie par Lexique 3.80, ils n'ont pas été pris en compte dans les analyses. Nous pouvons donc nous demander si leur présence aurait pu influencer nos résultats.

Ceci nous amène à remettre en question le choix de notre outil. Il convient de préciser que celui-ci a été effectué par défaut puisqu'il était prévu qu'une équipe de linguistes s'occupe de ces calculs avec la base FrWac (Baroni et al., 2009). Suite à un empêchement de leur part, nous avons opté pour Lexique 3.80, motivés par les raisons présentées ci-dessus. Il est toutefois intéressant de se pencher sur FrWac quelques instants. A la différence de Lexique 3.80, cette base de données est fondée sur le contenu de pages web. Cela signifie que les corpus de référence sont beaucoup plus vastes et que des mots trop rares pour apparaître dans des sous-titres de films ou dans des livres, ont beaucoup plus de chance d'être référencés sur Internet. C'est effectivement le cas puisque une recherche effectuée sur [FrWac](#)⁵ nous apprend que tous les mots évoqués ci-dessus sont bien référencés dans cette base de données, qu'ils soient rares ou composés d'un ensemble de mots. Le choix d'un outil n'étant pas anodin (Brysbaert et al., 2011), nous pensons que cela a pu influencer nos résultats, nous empêchant de trouver les effets attendus.

Par ailleurs, bien que nos résultats n'aient pas montré d'effet significatif des variables démographiques sur la fréquence lexicale des réponses, il est intéressant de souligner la corrélation négative trouvée entre le temps de réaction et la fréquence lexicale. Celle-ci signifie que, plus la réponse est un mot fréquent, plus le temps de réaction est rapide. Autrement dit, les mots les plus courants sont prononcés plus rapidement. Cette idée est en accord avec des travaux effectués sur la tâche de dénomination d'images (Oldfield and Wingfield, 1965) où l'on retrouve un lien entre le temps de réaction et la fréquence lexicale du mot à dénommer : l'évocation d'un objet et de son nom sont plus rapides si leur occurrence est fréquente.

Ce lien entre fréquence lexicale et temps de réaction rejoint la question des stratégies employées par les sujets. L'usage de mots fréquents peut relever de différents systèmes. Si le sujet est en difficulté pour retrouver un mot un peu spécifique, il donnera par défaut un mot plus fréquent. Si le sujet décide de privilégier le temps sur le choix de la réponse, il ira plus vite, donnera un mot plus évident, voire un mot qui rime sans tenir compte de la contrainte sémantique (Clark, 1970). A l'inverse, le fait de donner des mots rares peut relever d'une stratégie du sujet (Burke and Peters, 1986). Il y a donc un facteur de

⁵ Cette base de données est accessible à l'adresse : https://corpora.dipintra.it/public/run.cgi/first_form en sélectionnant FrWac dans le menu déroulant « Corpus ».

variabilité intra-subjectif très important. La tâche de génération impose la catégorie grammaticale de la réponse et le lien sémantique mais elle laisse le sujet totalement libre quant à la force de ce lien. Puisqu'aucune réponse précise n'est attendue, cela permet aux sujets en difficulté de contourner stratégiquement un manque du mot avec une réponse plus éloignée. De ce fait, le champ des réponses possibles pour un même stimulus est très vaste si bien que la tâche en elle-même induit une grande variabilité. De plus, bien qu'imposant un certain nombre de contraintes, la génération est sous l'influence des expériences de vie et des références personnelles de chaque sujet (De Deyne and Storms, 2008a; Ferrand and Alario, 1998). Elle ouvre donc une large porte à la créativité, voire à l'originalité, comme le montrent les 787 réponses valides uniques que nous avons collectées auprès de nos 93 sujets pour l'ensemble des items, soit une moyenne de 13 réponses différentes par item. Tout ceci peut expliquer qu'aucun effet n'émerge parmi nos résultats.

Enfin, toujours dans le domaine de la fréquence lexicale, nos résultats peuvent être expliqués par les difficultés de recrutement des sujets qui ont provoqué des déséquilibres entre nos groupes, ainsi que par les problèmes techniques survenus lors de la passation et du traitement des données. Ces éléments seront présentés de façon plus détaillée ci-dessous.

3 Résultats concluants pour l'analyse qualitative des relations sémantiques

3.1 Discussion du taux de validité des réponses

Avant de discuter des relations sémantiques à proprement parler, arrêtons-nous sur le taux de validité des réponses. Nos résultats montrent que le sexe est la seule variable ayant une influence significative sur ce taux de validité : les femmes donnent plus de réponses valides que les hommes. Ce résultat est en accord avec la littérature où nous trouvons que les femmes ont de meilleures performances que les hommes pour les tâches langagières (Ardila and Rosselli, 1996; Hyde and Linn, 1988; Parsons et al., 2005).

Pour l'effet de l'âge, nous ne trouvons pas de différence significative entre les groupes. Ceci est également en accord avec ce que nous pouvons lire dans la littérature. Nous trouvons en effet que le langage est une fonction peu sensible au vieillissement (Mathey and Postal, 2008), ce qui se manifeste par une stabilité des capacités verbales, en particulier le vocabulaire (Ryan et al., 2000; Gur and Gur, 2002; Harada et al., 2013), un

maintien des processus sémantiques (Burke and Shafto, 2004) et du quotient intellectuel verbal (QIV), estimé plus haut chez les personnes âgées que chez les jeunes (Elgamal et al., 2011) et un maintien, voire une amélioration, de la mémoire sémantique (Taconnat and Isingrini, 2008). Nos résultats sont concordants et il n'est donc pas étonnant de trouver que le groupe d'âge n'influence pas le taux de validité des réponses.

Enfin, pour ce qui est de l'effet du niveau socio-culturel, nos résultats ne montrent pas de différence entre les niveaux. Ce résultat ne nous semble pas en accord avec les quelques données trouvées dans la littérature. Une étude longitudinale a en effet montré une forte corrélation entre la durée de la scolarisation et le score de quotient intellectuel à 20 ans. Cette corrélation est expliquée par l'effet positif de l'éducation sur les habiletés cognitives (Falch and Massih, 2011). Il est cependant difficile d'évaluer efficacement l'impact du niveau socio-culturel puisque peu d'études sont vraiment représentatives de la population en général (Der and Deary, 2006) et que les choix méthodologiques pour le découpage des niveaux socio-culturels varient d'une étude à l'autre, rendant les résultats difficilement comparables.

3.2 Intérêt de l'analyse des relations sémantiques valides

Pour ce qui est de l'effet des données démographiques sur la nature des relations sémantiques valides, nos résultats sont plus hétérogènes. Pour l'effet de la tranche d'âge, nous n'attendions pas de différences entre les sujets jeunes et les sujets âgés, avec une même proportion d'associations syntagmatiques et paradigmatiques (Burke and Peters, 1986). Cependant, nos résultats ne s'accordent pas avec cette hypothèse puisqu'ils ont montré une tendance. Nous trouvons en effet que les sujets jeunes ont légèrement plus de réponses syntagmatiques que les sujets âgés et, à l'intérieur des réponses paradigmatiques, nous trouvons plus de relations spécifiques chez les sujets âgés que chez les jeunes. Malgré ces quelques différences, les profils des sujets jeunes et âgés sont assez similaires. Ce sont surtout les sujets d'âge moyen qui se différencient des deux autres groupes par une quantité plus faible de réponses génériques. L'analyse plus détaillée des réponses spécifiques montre aussi cette tendance. Nous trouvons plus de relations partie-tout et de co-hyponymes chez les jeunes que dans les autres groupes et plus d'associés chez les sujets âgés que dans les autres groupes.

Concernant l'effet du sexe, nous n'attendions pas de différence entre les hommes et les femmes dans la nature des associations (Rosenzweig and Menahem, 1962). Nos résultats sont en accord avec cette hypothèse puisque nous trouvons une proportion équivalente de relations syntagmatiques et paradigmatiques entre les deux sexes. Cette similitude de profils se retrouve au sein des différents types de réponses paradigmatiques où aucune distinction significative n'émerge entre les hommes et les femmes.

Pour l'effet du niveau socio-culturel, nous attendions une différence entre les groupes, avec plus de réponses paradigmatiques chez les sujets de niveau 3 (Sharp and Cole, 1972; Burke and Peters, 1986). Nos résultats montrent une différence mais elle ne s'exprime pas là où nous l'attendions. Les profils sont en effet à l'inverse de nos hypothèses, avec légèrement plus de relations paradigmatiques chez les sujets de niveau 3. Ceci peut être dû à la signification plus restreinte que nous avons accordée aux réponses syntagmatiques. Burke et Peters (1986) classent dans cette catégorie les réponses qui appartiennent à une classe grammaticale différente de celle du stimulus et celles qui pourraient être placées de façon contiguë au stimulus dans une phrase. Compte-tenu de notre contrainte sémantique, nous n'avons gardé que la notion de contiguïté et nous avons éliminé les réponses qui n'étaient pas des noms communs. Ce parti-pris peut expliquer la différence entre notre hypothèse de départ et nos résultats. Dans le même ordre d'idée, il est important de souligner qu'il est difficile de qualifier les relations sémantiques, celles-ci pouvant être parfois ambiguës ou partager les propriétés de plusieurs familles (Chaffin and Herrmann, 1984). Nos choix et nos regroupements peuvent donc avoir eux aussi influencé cette analyse qualitative.

D'autre part, la distinction entre les différents niveaux socio-culturels se manifeste aussi dans la proportion de réponses génériques et spécifiques, avec plus de génériques, i.e. d'hyperonymes chez les sujets de niveau 1. Cela signifie que les sujets qui ont été scolarisés moins longtemps ont tendance à utiliser des liens sémantiques moins fins. Les réponses correspondent à des caractéristiques très générales des stimuli et sont, de ce fait, assez vagues, comme « endroit », « objet », « personne », « contenant », « animal », « instrument », etc. En revanche, pour le détail des relations spécifiques, aucune différence significative ne ressort entre les différents niveaux socio-culturels.

Les résultats concernant l'effet des données démographiques sur les relations sémantiques valides, réparties selon une classification plus étendue que syntagmatique /

paradigmatique, sont novateurs puisque ceci n'a pas encore fait l'objet d'études approfondies. Toutefois, nous nuancerons ces résultats par les difficultés de recrutement et les difficultés techniques rencontrées au cours de notre travail. Nous les développerons ultérieurement.

3.3 Intérêt majeur de l'analyse des relations sémantiques invalides

Compte-tenu des résultats dans l'ensemble peu significatifs obtenus en analysant les relations sémantiques valides, nous avons décidé de nous intéresser aux réponses invalides. Nous avons trouvé là un effet très significatif de chacune des variables démographiques, ce qui signifie que les types d'erreurs faits par un sujet sont influencés par son âge, son sexe et son niveau socio-culturel.

Pour l'effet du groupe d'âge sur les types d'erreurs, nous retrouvons dans tous les groupes qu'au moins la moitié des erreurs sont dues au non-respect de la contrainte grammaticale qui imposait de donner un nom commun. Au lieu de cela, nous trouvons principalement des adjectifs, des verbes et des noms propres. Les sujets d'âge moyen atteignent le plus haut score de réponses non conformes à la contrainte grammaticale avec plus de 75% de leurs erreurs dans cette catégorie. Les sujets âgés quant à eux se définissent par une difficulté à respecter les consignes dans leur ensemble : plus de 50 % de leurs erreurs sont dues au non-respect de la contrainte grammaticale et environ 30 % sont des expressions composées de plusieurs mots alors qu'il était demandé un mot isolé. Les jeunes présentent un profil assez hétéroclite avec plus de 60% d'erreurs concernant la contrainte grammaticale. Le reste des erreurs est assez équilibré. Il est frappant que les sujets jeunes aient le plus haut taux de stimuli non compris alors que ceci serait plutôt attendu chez les sujets âgés. Cela peut s'expliquer par les limites techniques présentées ci-dessous.

Pour l'effet du sexe sur les relations invalides, nous remarquons que, si les hommes et les femmes ont autant de mal à respecter la contrainte grammaticale, cela ne se manifeste pas de la même manière. Les hommes ont une répartition équilibrée entre l'usage des adjectifs, des verbes et des noms propres tandis que les femmes utilisent en majorité des verbes, un nombre assez élevé d'adjectifs et très peu de noms propres. D'autre

part, les hommes emploient davantage d'expressions et les femmes ont plus de stimuli non compris.

Pour l'effet du niveau socio-culturel sur les types d'erreurs, nous voyons que les sujets de niveau 1 se distinguent par des difficultés à respecter les consignes de manière générale : plus de 50% des erreurs concernent la catégorie grammaticale et environ 25% concernent l'utilisation d'expressions au lieu du mot isolé. Les sujets des niveaux 2 et 3 ont des profils assez similaires avec environ 70% d'erreurs sur la catégorie grammaticale (avec plus de verbes chez les sujets de niveau 3 et plus d'adjectifs chez les sujets de niveau 2) et seulement 10% sur les expressions. Le taux de stimuli non compris chez les sujets de niveau 2 est plus élevé que celui des sujets de niveaux 3 et 1.

L'analyse des erreurs est donc fructueuse puisque celles-ci se sont montrées très sensibles aux données démographiques. Bien qu'un certain nombre de limites techniques nous amènent à nuancer ces résultats, ces analyses sont très enrichissantes pour la pratique orthophonique.

4 Apports de cette étude pour la pratique orthophonique

4.1 Apports pour l'évaluation orthophonique

Tandis que l'association verbale est une tâche très utilisée aux Etats-Unis, notamment dans des protocoles de recherche (Burke and Peters, 1986; Clark, 1970; Ervin, 1961; Hirsh and Tree, 2001; Wertheim and Geiwitz, 1966), elle l'est beaucoup moins en France, qui plus est sous le format de génération avec contraintes. C'est pourquoi, elle est décrite comme « *une épreuve « originale » de production lexicale, qui n'est pas à l'heure actuelle, une épreuve faisant classiquement partie des protocoles destinés à évaluer les troubles du langage* » (Péran, 2004, p.11; Soulier and Varlan, 2016). Jusqu'à présent, cette tâche a notamment permis de fournir des normes d'association verbale, établies à partir des réponses de sujets jeunes et âgés. Ces normes donnent un aperçu des changements des processus sémantiques dans la vieillesse (Burke and Peters, 1987; De La Haye, 2003; Tarrago et al., 2005) et procurent un état des lieux des habitudes associatives et de leur évolution. Elles permettent ainsi de prédire les réponses d'un sujet en fonction de son âge mais ne fournissent pas d'éléments cliniques sur les systèmes affectés par le vieillissement.

Notre étude vient justement combler ces lacunes en procurant de telles informations, grâce aux analyses qualitatives. La tâche de génération permet de se figurer l'organisation du stock lexical puisqu'elle reflète le réseau lexico-sémantique (Istifçi, 2010) via les productions langagières correctes (Burke et al., 1991) ou erronées (Bonin, 2003a; Burke et al., 1991; Ferrand, 2002). Comme nos travaux ont montré un effet de l'âge, en particulier sur les relations sémantiques invalides, l'analyse des réponses et de leurs liens sémantiques nous permet de nous représenter l'évolution du réseau lexico-sémantique avec l'âge ainsi que son état chez des sujets sains âgés. En outre, ces analyses nous permettent de définir des types d'atteintes, spécifiques à la population des sujets âgés non pathologiques.

En effet, en prenant appui sur la typologie des erreurs produites par des patients aphasiques souffrant de troubles lexicaux, nous pouvons nous faire une idée des troubles présents chez les sujets âgés. Si un sujet produit des périphrases vagues ou erronées, s'il n'arrive pas à produire de réponse, si les liens sémantiques entre les stimuli et les réponses sont absents ou particulièrement difficiles à établir, ces signes nous orientent vers un trouble lexico-sémantique touchant la récupération ou le traitement des représentations sémantiques (Tran, 2007). En revanche, si les liens sémantiques sont présents mais que le sujet est en difficulté pour produire la réponse comme peuvent le manifester des compensations gestuelles (le regard de l'orthophoniste en complément du logiciel est donc indispensable), des néologismes, des conduites d'approche phonémique, ces signes orientent plutôt vers un trouble situé en aval du traitement sémantique, au niveau lexico-phonologique (Tran, 2007). La présence concomitante de ces deux tableaux permet quant à elle d'évoquer des troubles lexicaux mixtes atteignant à la fois les domaines lexico-sémantiques et lexico-phonologiques (Tran, 2007). Tandis que les normes permettent de mettre en lumière un changement dans les habitudes associatives, l'analyse qualitative des relations sémantiques valides et invalides contribue à affiner l'évaluation des troubles en définissant plus précisément les atteintes engendrées par le vieillissement.

Ainsi notre étude donne l'occasion de faire connaître davantage la tâche de génération, encore méconnue pour un grand nombre d'orthophonistes. Comme cette épreuve ne permet pas seulement de récolter des scores (taux de réponses valides et invalides) ou de situer un sujet par rapport à une norme, mais aussi de caractériser les atteintes de son stock lexical, nos travaux font également connaître cette tâche en tant qu'outil d'évaluation, pertinent pour apprécier l'accès et l'organisation du stock lexical.

4.2 Apports pour la rééducation orthophonique

Les analyses qualitatives développées dans notre étude s'avèrent donc bénéfiques pour l'évaluation lexicale en permettant au thérapeute de cibler le type de trouble dont est atteint le patient. En outre, « *l'analyse des erreurs rencontrées permet au clinicien de faire des hypothèses sur les composants atteints et ceux préservés pour mieux orienter la future rééducation* » (Biteau and Jouanigot, 2012, p. 25). En plus des apports pour l'évaluation orthophonique, cette étude a donc aussi un retentissement sur la prise en charge. L'enjeu de celle-ci est de « *rendre la production lexicale plus efficace et/ou d'aider le patient à développer des stratégies de compensation autorisant un langage fonctionnel* » (Tran, 2007, p. 207). Cet objectif ne peut être atteint que si une évaluation précise des troubles a été faite en amont.

Selon le type d'atteinte en effet, l'approche thérapeutique définie par l'orthophoniste ne sera pas la même. En cas de déficit sémantique, le but de la prise en charge sera d'améliorer le traitement du sens des mots au moyen d'exercices comme les classements, les catégorisations, le jugement sémantique, la vérification des propriétés, des mises en correspondance, des jugements de proximité sémantique, des exclusions d'intrus, etc. (pour plus de détails sur ces tâches voir Tran, 2007). En revanche, il est fortement déconseillé de remédier à ce type de trouble avec des ébauches puisque celle-ci sont inefficaces dans ces atteintes (Mazaux et al., 2007; Tran, 2007). Toutefois, ce genre de facilitation lexicale est très utile pour les déficits du versant phonologique. D'autres techniques, comme la facilitation par la syntaxe, l'usage ou le contexte, sont également préconisées dans ce cas (Tran, 2007). Définir le type d'atteinte est donc primordial pour pouvoir apporter aux patients des solutions thérapeutiques adaptées à leur trouble. En cela, le gain apporté par notre étude pour l'évaluation orthophonique se manifeste également dans la rééducation.

Si l'on considère les sujets âgés de notre étude, nous pouvons définir des axes de travail généraux à partir de nos analyses. Le groupe des 65-89 ans se distingue des autres par une plus forte utilisation des relations génériques. Des réponses telles que « chose », « endroit » ou « personne » illustrent une incapacité à produire des termes caractéristiques, palliée par des liens sémantiques imprécis. Un emploi excessif de génériques est révélateur d'un appauvrissement du lexique causé par la perte du sens des mots (Lanteri, 1995). Les sujets âgés se distinguent également par l'usage d'un plus grand nombre d'associés. Ce type de relation qualifie des mots qui apparaissent dans le même contexte, parce qu'ils sont

connectés dans la même classe d'objets ou d'événements, mais qui ont des liens sémantiques plus larges (Gaume et al., Soumis). Là encore, il s'agit de relations sémantiques vagues. Globalement, leur approche du stimulus est distante et peu informative. Pour permettre à ces sujets d'être plus précis et d'utiliser un lexique plus nuancé, il serait nécessaire de travailler sur le sens des mots au moyen des exercices proposés par Tran (2007) pour rééduquer ce domaine. Au niveau des relations invalides, les sujets âgés se sont distingués par un plus grand nombre d'expressions. Cette catégorie d'erreurs regroupe toutes les périphrases, modalisations ou autres circonlocutions. Ces expressions montrent que le sujet a des difficultés pour aller au but, pour accéder ou choisir un mot dans son stock. Ces manifestations révèlent un manque du mot. Ce phénomène est notamment influencé par la familiarité du mot et sa fréquence dans le lexique (Mazaux et al., 2007). Ce type de relations met en lumière un déficit d'accès et des connexions trop affaiblies pour pouvoir sélectionner le mot adéquat même si la représentation mentale est conservée. Comme les connexions entre les informations linguistiques contenues dans le réseau lexical sont renforcées par l'usage et la récupération mais s'amenuisent en l'absence d'utilisation (Jescheniak and Levelt, 1994; MacKay and Burke, 1990), il serait nécessaire de solliciter ces sujets pour raffermir ces connexions distendues par le manque d'usage. Pour réactiver le vocabulaire, l'orthophoniste peut proposer « *des exercices portant sur les définitions, analogies, contraires, familles de mots et thèmes diversifiés. On augmente ainsi l'étendue et la qualité du vocabulaire* » (Lanteri, 1995, p. 29).

Ainsi, déterminer la nature des relations sémantiques et qualifier les erreurs de production permettent de cibler les atteintes et les déficits lexicaux et donc d'orienter la prise en charge avec des axes rééducatifs adaptés aux besoins de chaque patient.

5 Forces, limites et perspectives

5.1 Recrutement de la population

Le premier point fort concernant notre population est le nombre de sujets recrutés : 125 au démarrage, 93 après avoir appliqué les critères d'exclusion, ce qui reste un nombre conséquent pour donner de la puissance statistique à nos analyses. En second lieu, parmi ces 93 sujets, nous avons réussi à réunir des groupes relativement équilibrés et représentatifs au niveau de la répartition entre les sexes, avec 46 hommes et 47 femmes.

En revanche ce n'est pas le cas pour les groupes d'âge ni pour les niveaux socio-culturels. Pour l'âge, notre population compte beaucoup de sujets jeunes entre 18 et 30 ans, ainsi qu'un nombre important de sujets entre 50 et 65 ans mais relativement peu de sujets âgés. Si les groupes des sujets jeunes et d'âge moyen sont à peu près équivalents, ce n'est pas le cas de celui des sujets âgés, qui compte 23 personnes de moins que le groupe des jeunes. Cette disproportion peut avoir influencé nos résultats en empêchant l'émergence des effets délétères de l'âge entraînés par le vieillissement normal.

Il nous a également été difficile de recruter des sujets des différents niveaux socio-culturels de façon équilibrée. Chez les plus de 80 ans, il est plus facile de trouver des sujets de niveau 1 et 2 que de niveau 3, ceci correspondant aux coutumes de scolarisation des premières décennies du XX^e siècle. Il était en effet plus rare de faire des études supérieures, en particulier pour les femmes. A l'inverse, il est difficile de trouver des sujets jeunes et des sujets d'âge moyen de niveau 1. La scolarisation étant devenue obligatoire jusqu'à 16 ans en 1959 (Berthoin, 1959), rares sont maintenant les personnes de moins de 65 ans qui n'ont pas validé le brevet des collèges ou qui ont interrompu leur parcours scolaire avant la classe de 3^e, sans que ce soit pour des raisons pathologiques. Le déséquilibre de notre échantillon, dû à ces difficultés de recrutement, a pu lui aussi fausser nos résultats.

Ces difficultés de recrutement rejoignent les problèmes techniques du logiciel. Ceux-ci ont provoqué l'exclusion d'une vingtaine de sujets parmi lesquels figuraient notamment des personnes entrant dans les catégories d'âge et les niveaux socio-culturels les plus difficiles à pourvoir. L'élimination de ces sujets est due à un dysfonctionnement d'enregistrement de leur passation. Il n'est pas possible pour le testeur de savoir au fur et à mesure des épreuves si l'enregistrement se déroule normalement. Pour s'en rendre compte, il est nécessaire de se rendre sur le serveur Samoplay pour voir la transcription des épreuves. Ceci ne peut se faire qu'une fois la passation entièrement terminée. Il est donc trop tard pour réagir et il n'est de toute façon pas possible de refaire passer les épreuves à un sujet à cause de l'effet d'apprentissage. La connaissance des tests et des items peut en effet fausser les scores du fait de l'habitué. Ne pouvant donc pas exploiter les données issues de ces épreuves, nous avons dû exclure les sujets concernés.

5.2 Considérations techniques sur le logiciel

Pour commencer, il est important de souligner la force majeure de cette étude qui réside la très grande quantité de données collectées pour la génération via Evolex. Grâce aux passations réalisées avec cet outil informatisé, nous avons réuni des sets de données conséquents avec 4 291 temps de réaction valides, 4 381 fréquences lexicales et 4 431 relations sémantiques valides. Une telle quantité de données participe à donner de la puissance statistique à nos analyses.

En parallèle de cet atout d'Evolex, nous avons été confrontés à un certain nombre de problèmes techniques, en particulier au niveau de la génération. Tout d'abord, sur Samoplay, le segment représentant le stimulus aurait dû être placé de façon automatique et systématique. Or cela n'a pas été le cas pour la plupart des passations, peut-être en raison de problèmes de réglage du micro-casque ou d'un problème de transcription lors du passage du logiciel vers le serveur. Il a donc fallu que les correcteurs placent manuellement chacun des segments représentant les stimuli, à quelques exceptions près. Outre le temps que cela nous a demandé, cette opération a apporté des erreurs et de la variabilité. Comme sur beaucoup d'enregistrements le tracé de l'onde représentant le stimulus ne figure pas (Annexe VI.1), il n'y a pas moyen de vérifier que ce segment est placé correctement. Théoriquement, le début du segment représentant le stimulus se situe à 0 sur la bande-son. Cette recommandation nous a permis de pallier l'absence du tracé de l'onde. Cependant, nous remettons en cause son exactitude puisque dans quelques passations où le tracé du stimulus apparaît, il nous arrive de voir que ce tracé ne démarre pas toujours à 0. Ainsi, en plaçant systématiquement les segments des stimuli à 0, nous avons pu commettre des erreurs qui ont faussé le calcul des temps de latence.

Le bon emplacement des segments des stimuli, comme celui des réponses, est d'autant plus difficile à contrôler qu'il n'est pas possible de réécouter de façon indépendante le contenu d'un segment en double-cliquant dessus, alors que cette vérification est possible en fluence. Si cette amélioration est réalisable pour la génération, cela permettrait d'être plus précis pour placer correctement les segments dans la mesure où le tracé de l'onde est présent. Cela permettrait aussi d'être sûr que les temps de réaction sont justes. Pour placer les segments des réponses, nous nous sommes appuyés sur le tracé de l'onde plus que sur le son puisque la bande sonore n'est pas calée sur l'image. Un système de curseur devait nous permettre de remédier à cela mais il n'a pas fonctionné. En

nous appuyant sur le tracé de l'onde, nous avons rencontré d'autres difficultés dues à des bruits parasites, des commentaires du sujet, un tracé de l'onde trop faible (Annexe VI.2). Certains segments de réponses ont donc été placés approximativement, ce qui fausse le calcul du temps de réaction et nos résultats.

Face à ces nombreux problèmes techniques dus au rodage du logiciel et du serveur, nous avons essayé d'harmoniser les procédures de corrections en communiquant entre correcteurs, ainsi qu'avec les organisateurs et l'équipe informatique. Malgré cela et le passage d'au moins deux correcteurs pour chaque épreuve, l'extraction a révélé un grand nombre de disparités. Ceci est vrai pour l'emplacement des segments mais aussi pour la transcription de leur contenu (Annexe VI.3). Certains correcteurs ont décidé de ne transcrire que ce qui correspond à la réponse, tandis que d'autres ont noté tout ce qu'ils entendaient à partir du moment où le mot inducteur était prononcé (répétition du stimulus, stimulus non compris, hésitations, commentaires et réponses). Cette hétérogénéité dans les procédures a eu un retentissement sur la classification des réponses selon le critère de validité, entraînant la présence de réponses invalides parmi les valides. En aval, cela signifie que les résultats obtenus à partir de nos classifications des réponses valides et invalides ne représentent pas la réalité et qu'ils ont été faussés par ces problèmes techniques.

Par ailleurs, la modalité orale de l'épreuve a entraîné d'autres problèmes car la voix de synthèse délivrant les stimuli n'a pas toujours été bien comprise comme le prouvent les réponses. Compte-tenu du nombre de stimuli non compris chez les sujets jeunes et chez les sujets âgés (Fig. 23), nous pouvons en conclure qu'il ne s'agit pas là d'un défaut de prise des renseignements sur l'état auditif des sujets lors de l'entretien d'anamnèse. Les items qui ont prêté à confusion sont « nœud » compris « pneu », « osier » compris « rosier », « noce » compris « os », « varicelle » compris « vermicelle », « parc » compris « barque ». De façon plus anecdotique, « chaise » a été compris « seize ». Non seulement ces problèmes de compréhension ont perturbé le déroulement des passations, entraînant des répétitions de stimuli, mais ils ont aussi induit des erreurs sur des items qui auraient pu être valides s'ils avaient été compris correctement. Il s'avère donc important d'améliorer la vocalisation de la voix de synthèse ou de modifier ces items afin d'augmenter la fiabilité de l'épreuve.

5.3 Perspectives

Certains de nos résultats se sont montrés en désaccord avec les attentes que nous avons formulées en introduction. Ces écarts peuvent s'expliquer par le choix de nos outils et de nos méthodes de mesure, les dysfonctionnements techniques de notre matériel informatisé et la variabilité induite par la tâche elle-même. Ces différents facteurs ont entraîné de la variabilité et des biais pouvant expliquer l'absence d'effets significatifs là où nous en attendions. Pour confirmer ces résultats, il serait intéressant de reconduire cette étude en neutralisant les sources de variabilité et en procédant à des améliorations techniques sur le logiciel. Ceci permettrait aux effets de chacune des variables démographiques de s'exprimer de façon plus nette et plus fiable.

En attendant, Evolex mérite d'être développé dès à présent pour proposer à l'issue de la génération des analyses qualitatives et quantitatives, semblables à celles fournies pour les épreuves de fluence (Annexe IV). Dans une perspective de recherche sur le vieillissement, les analyses basées sur les relations sémantiques sont les plus intéressantes à développer puisque la nature de ces relations s'est montrée particulièrement sensible à l'effet de l'âge. Il s'agit donc d'éléments cliniques pertinents pour évaluer l'impact du vieillissement sur l'organisation lexicale. C'est pourquoi il serait très intéressant de développer des analyses automatisées qui permettraient aux utilisateurs du logiciel d'obtenir rapidement et facilement ces données utiles à leur démarche diagnostique et clinique. Evolex pourrait donc s'enrichir d'une classification automatique des réponses selon le critère de validité, ainsi que d'une classification fine des relations sémantiques valides et des erreurs en fonction de leur type. En fournissant les résultats de ces analyses sous forme de schémas et de graphiques, ces données seraient d'autant plus faciles à exploiter par les utilisateurs, en particulier les orthophonistes.

Compte-tenu de l'enjeu de santé publique que représente le vieillissement de la population en France (Hupet et al., 2000; Robert-Bobée, 2007, 2006) et puisque la tâche de génération contribue à distinguer le vieillissement normal du vieillissement pathologique, il serait intéressant de reconduire ces tests auprès de sujets âgés atteints de pathologies à retentissement cognitif. L'enjeu est d'anticiper l'apparition des démences, surtout la maladie d'Alzheimer, de les diagnostiquer à temps, d'apporter des solutions thérapeutiques adaptées (Amouyel, 2008) et de prendre en charge les patients au moment adéquat (Harada et al., 2013).

D'autres perspectives pour enrichir les analyses automatiques de la génération s'offrent encore à nous. Etudier l'effet des variables démographiques sur la proximité sémantique afin d'évaluer leur impact sur la force du lien unissant le stimulus et la réponse constitue un premier axe. Il pourrait aussi être intéressant de questionner l'effet d'autres variables indépendantes sur les temps de réaction, la fréquence lexicale et la nature des relations sémantiques, comme l'âge d'acquisition des mots, la fréquence lexicale, l'imageabilité ou encore la concrétude du stimulus (Bonin et al., 2013; De Deyne and Storms, 2008b; De Groot, 1989).

CONCLUSION

Participer à un projet tel qu'Evolex a été enrichissant à maints égards. Il a d'abord été très formateur d'être intégré au sein d'une équipe multidisciplinaire réunissant des chercheurs en linguistique et en psycholinguistique, en neuropsychologie ou encore en informatique. Ceci nous a permis de découvrir concrètement la façon dont interagissent les spécialistes, de manière à faire bénéficier les autres de leurs expériences et des connaissances propres à leur domaine, dans le but d'élaborer et de faire avancer le projet commun. Puisque la dimension pluri-professionnelle est inhérente au métier d'orthophoniste (Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche, 2013a, 2013b), cette collaboration a été instructive, permettant de mieux réaliser les enjeux mais aussi les exigences et les difficultés que suscite un travail coordonné.

D'autre part, les passations du protocole d'évaluation auprès des sujets sains ont été un travail très intéressant, au plus près de la réalité clinique de l'orthophonie. Cela nous a en effet amenés à établir une relation de confiance avec des personnes parfois inconnues, à créer des conditions de passation adéquates dans des univers tout à fait différents d'un cabinet ordinaire, à gérer l'outil informatique, la prise de notes ainsi que le déroulement du protocole, tout en s'adaptant aux imprévus et en restant à l'écoute des sujets pour répondre à leurs questions ou à leurs inquiétudes face aux épreuves. Toutes ces démarches constituent donc un socle d'expériences utiles pour la réalisation des bilans orthophoniques dans le cadre de l'exercice professionnel.

Cette étude a aussi eu le mérite de nous faire davantage prendre conscience de l'intérêt et des limites d'un outil informatisé. Si celui-ci a l'énorme avantage de faire gagner du temps, d'effectuer des calculs exacts et de fournir des scores ainsi que des analyses automatiques, il n'en demeure pas moins qu'il ne pourra jamais remplacer le clinicien. Son écoute et son regard attentifs sont en effet indispensables pour compléter les données recueillies au cours des tests et leur donner un sens à la lumière de l'observation du patient.

Depuis sa création en 2014, Evolex a connu différents stades d'évolution dans son élaboration en tant que logiciel d'évaluation de l'accès et de l'organisation du stock lexical. Après des recherches sur l'informatisation de la tâche de fluence (Courtade Jouanicq and Balland, 2015; Fugier-Fresne and Segui-De Lapasse, 2016), d'autres études se sont portées sur la génération. Elles en ont conclu qu'il était nécessaire de « *poursuivre un travail sur cette tâche comme épreuve d'évaluation du langage* » (Soulie and Varlan, 2016, p. 119) et de « *développer la tâche ainsi que le traitement des résultats qu'elle génère* » (Viot, 2016, p. 19). Notre mémoire s'est inscrit dans cette lignée et constitue donc une nouvelle étape dans la réalisation du logiciel. Suite à notre étude, de nouvelles perspectives de recherche s'ouvrent, comme la comparaison du vieillissement normal et du vieillissement pathologique au moyen de la tâche de génération, l'amélioration technique du logiciel ainsi que le développement d'analyses qualitatives complémentaires à celles que nous avons présentées ici. A terme, doté d'un fonctionnement de qualité et d'analyses pertinentes, Evolex sera un logiciel particulièrement utile et efficace pour la clinique orthophonique.

BIBLIOGRAPHIE

- Abdullaev, Y. G., & Posner, M. I. (1997). Time Course of Activating Brain Areas in Generating Verbal Associations. *Psychological Science*, 8(1), 56-59.
- Amouyel, P. (2008). Le vieillissement et ses pathologies en quelques chiffres. In K. Dujardin & P. Lemaire (Éd.), *Neuropsychologie du vieillissement normal et pathologique* (p. 3-10). Paris: Elsevier Masson.
- Ardila, A., & Rosselli, M. (1996). Spontaneous language production and aging: sex and educational effects. *The International Journal of Neuroscience*, 87(1-2), 71-78.
- Balota, D. A., & Duchek, J. M. (1988). Age-related differences in lexical access, spreading activation, and simple pronunciation. *Psychology and Aging*, 3(1), 84-93.
- Baroni, M., Bernardini, S., Ferraresi, A., & Zanchetta, E. (2009). The WaCky wide web: a collection of very large linguistically processed web-crawled corpora. *Language Resources and Evaluation*, 43(3), 209-226.
- Berthoin, J. (1959). Ordonnance n°59-45 du 6 janvier 1959 portant prolongation de la scolarité obligatoire. *Journal Officiel de la République française*, 376.
- Biemiller, A. (2006). Vocabulary development and instruction: A prerequisite for school learning. *Handbook of Early Literacy Research*, 2, 41-51.
- 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.
- Binder, J. R., Frost, J. A., Hammeke, T. A., Bellgowan, P. S., Springer, J. A., Kaufman, J. N., & Possing, E. T. (2000). Human temporal lobe activation by speech and nonspeech sounds. *Cerebral Cortex*, 10(5), 512-528.
- Biteau, S., & Jouanigot, Y. (2012). *Les troubles lexicaux dans l'aphasie vasculaire : comparaison de deux outils d'évaluation (LEXIS et BETL). Etude auprès de 28 patients* (Mémoire d'Orthophonie). Université Lille 2 Droit et Santé, Lille.
- Bonin, P. (2003a). Les déterminants de la vitesse de dénomination orale et écrite de mots. In *Production verbale de mots : approche cognitive* (p. 105-145). Bruxelles: De Boeck Université.
- Bonin, P. (2003b). Modèles de la production verbale de mots. In *Production verbale de mots : approche cognitive* (p. 173-197). Bruxelles: De Boeck Université.
- Bonin, P. (2008). Le choix des mots. *Cerveau et Psycho*, (30), 30-33.

- Bonin, P., Chalard, M., Méot, A., & Michel, F. (2001). Age-of-acquisition and word frequency in the lexical decision task: Further evidence from the French language. *Current Psychology of Cognition*, 20, 401-443.
- Bonin, P., Méot, A., Ferrand, L., & Bugańska, A. (2013). Normes d'associations verbales pour 520 mots concrets et étude de leurs relations avec d'autres variables psycholinguistiques. *L'Année psychologique*, 113(1), 63-92.
- Brin, F., Courrier, C., Lederlé, E., & Masy, V. (2011). *Dictionnaire d'Orthophonie* (3e éd.). Isbergues: Ortho Edition.
- Brysbaert, M., Buchmeier, M., Conrad, M., Jacobs, A. M., Bölte, J., & Böhl, A. (2011). The word frequency effect: a review of recent developments and implications for the choice of frequency estimates in German. *Experimental Psychology*, 58(5), 412-424.
- Burke, D. M., Mackay, D. G., & James, L. E. (2000). Theoretical approaches to language and aging. *Models of cognitive aging*, 204-237.
- Burke, D. M., MacKay, D. G., Worthley, J. S., & Wade, E. (1991). On the tip of the tongue: What causes word finding failures in young and older adults? *Journal of Memory and Language*, 30(5), 542-579.
- Burke, D. M., & Peters, L. (1986). Word associations in old age: evidence for consistency in semantic encoding during adulthood. *Psychology and Aging*, 1(4), 283-292.
- Burke, D. M., & Peters, L. (1987). Word association norms in young and older adults. *Social and Behavioral Science Documents*, 17(2).
- Burke, D. M., & Shafto, M. A. (2004). Aging and Language Production. *Current directions in psychological science*, 13(1), 21-24.
- Caramazza, A. (1997). How Many Levels of Processing Are There in Lexical Access? *Cognitive Neuropsychology*, 14(1), 177-208.
- Carbonnel, S., Charnallet, A., & Moreaud, O. (2010). Organisation des connaissances sémantiques : des modèles classiques aux modèles non abstraits. *Revue de neuropsychologie*, 2(1), 22-30.
- Chaffin, R., & Herrmann, D. J. (1984). The similarity and diversity of semantic relations. *Memory & Cognition*, 12(2), 134-141.
- Clark, H. H. (1970). Word associations and linguistic theory. In J. Lyons (Éd.), *New Horizons in Linguistics* (Penguin, p. 271-286). Baltimore.
- Cofer, C. N., & Shevitz, R. (1952). Word-association as a function of word-frequency. *The American Journal of Psychology*, 65(1), 75-79.

- Courtade Jouanicq, A., & Balland, O. (2015). *Etude de faisabilité d'un logiciel de reconnaissance vocale adapté à des tâches d'évocation lexicale* (Mémoire d'Orthophonie). Université Paul Sabatier, Toulouse.
- Crosson, B. (2013). Thalamic mechanisms in language: a reconsideration based on recent findings and concepts. *Brain and Language*, *126*(1), 73-88.
- David, J. (2000). Le lexique et son acquisition : aspects cognitifs et linguistiques. *Le Français aujourd'hui*, (131), 31-40.
- David, J. (2002). Construction du lexique et acquisition de la lecture. *Observatoire National de la Lecture (ONL) : Les manuels de lecture*, 1-9.
- De Deyne, S., & Storms, G. (2008a). Word associations: network and semantic properties. *Behavior Research Methods*, *40*(1), 213-231.
- De Deyne, S., & Storms, G. (2008b). Word associations: norms for 1,424 Dutch words in a continuous task. *Behavior Research Methods*, *40*(1), 198-205.
- De Groot, A. (1989). Representational Aspects of Word Imageability and Word Frequency as Assessed Through Word Association. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, *15*, 824-845.
- De La Haye, F. (2003). Normes d'associations verbales chez des enfants de 9, 10 et 11 ans et des adultes. *L'Année psychologique*, *103*(1), 109-130.
- De Saussure, F. (1974). *Cours de linguistique générale*. (C. Bally, A. Sechehaye, & T. De Mauro, Éd.). Paris: Payot.
- Deary, I. J., & Der, G. (2005). Reaction Time, Age, and Cognitive Ability: Longitudinal Findings from Age 16 to 63 Years in Representative Population Samples. *Aging, Neuropsychology, and Cognition*, *12*(2), 187-215.
- Dell, G. S., Schwartz, M. F., Martin, N., Saffran, E. M., & Gagnon, D. A. (1997). Lexical access in aphasic and nonaphasic speakers. *Psychological Review*, *104*(4), 801-838.
- Démonet, J. F., & Planton, S. (2012). Langage et cerveau : vingt ans d'imagerie fonctionnelle. *Revue française de linguistique appliquée*, *17*(2), 9-18.
- Démonet, J. F., Thierry, G., & Cardebat, D. (2005). Renewal of the neurophysiology of language: functional neuroimaging. *Physiological Reviews*, *85*(1), 49-95.
- Der, G., & Deary, I. J. (2006). Age and Sex Differences in Reaction Time in Adulthood: Results From the United Kingdom Health and Lifestyle Survey. *Psychology and Aging*, *21*(1), 62-73.
- Elgamal, S. A., Roy, E. A., & Sharratt, M. T. (2011). Age and Verbal Fluency: The Mediating Effect of Speed of Processing. *Canadian Geriatrics Journal*, *14*(3), 66-72.

- Ervin, S. M. (1961). Changes with age in the verbal determinants of word association. *The American Journal of Psychology*, 74, 361-372.
- Falch, T., & Massih, S. S. (2011). The effect of education on cognitive ability. *Economic Inquiry*, 49(3), 838-856.
- Ferrand, L. (2001a). La production du langage : Une vue d'ensemble. *Psychologie Française*, (46), 3-15.
- Ferrand, L. (2001b). Normes d'associations verbales pour 260 mots « abstraits ». *L'Année psychologique*, 101(4), 683-721.
- Ferrand, L. (2002). Les modèles de la production de la parole. In M. Fayol (Éd.), *Production du langage. Traité des Sciences Cognitives* (p. 27-44). Paris: Hermès.
- Ferrand, L., & Alario, F.-X. (1998). Normes d'associations verbales pour 366 noms d'objets concrets. *L'Année psychologique*, 98(4), 659-709.
- Fiori, N., Bouchet, F., Fernandez, A. M., & Pouthas, V. (2000). Le traitement de l'information temporelle est-il modifié dès l'âge de 50 ans ? In M. Hupet, D. Brouillet, & A. Syssau (Éd.), *Le vieillissement cognitif normal, vers un modèle explicatif du vieillissement* (p. 213-228). Louvain-La-Neuve: De Boeck Université.
- Fozard, J. L., Vercryssen, M., Reynolds, S. L., Hancock, P. A., & Quilter, R. E. (1994). Age differences and changes in reaction time: the Baltimore Longitudinal Study of Aging. *Journal of Gerontology*, 49(4), P179-189.
- Fugier-Fresne, F., & Segui-De Lapasse, M. (2016). *EvoLex, logiciel de tests de fluence verbale : de l'amélioration de la reconnaissance vocale au test en situation écologique auprès d'orthophonistes* (Mémoire d'Orthophonie). Université Paul Sabatier, Toulouse.
- Gaume, B., Tanguy, L., Fabre, C., Ho-Dac, L. M., Pierrejean, B., Hathout, N., & Jucla, M. (Soumis). Automatic analysis of word association data from the Evolex psycholinguistic tasks using computational lexical semantic similarity measures. *13th International Workshop on Natural Language Processing and Cognitive Science, Kraków, Poland ~ 11-12 September 2018*.
- Godefroy, O., & Le GREFEX. (2008). *Fonctions exécutives et pathologies neurologiques et psychiatriques : évaluation en pratique clinique*. Marseille: Solal.
- Gur, R. E., & Gur, R. C. (2002). Gender differences in aging: cognition, emotions, and neuroimaging studies. *Dialogues in Clinical Neuroscience*, 4(2), 197-210.
- Harada, C. N., Natelson Love, M. C., & Triebel, K. (2013). Normal Cognitive Aging. *Clinics in geriatric medicine*, 29(4), 737-752.

- Hedden, T., & Gabrieli, J. D. E. (2004). Insights into the ageing mind: a view from cognitive neuroscience. *Nature Reviews Neuroscience*, 5(2), 87-96.
- Hickok, G., & Poeppel, D. (2007). The cortical organization of speech processing. *Nature Reviews Neuroscience*, 8(5), 393-402.
- Hirsh, K. W., & Tree, J. J. (2001). Word association norms for two cohorts of British adults. *Journal of Neurolinguistics*, 14(1), 1-44.
- Humphreys, G. W., Riddoch, M. J., & Quinlan, P. T. (1988). Cascade processes in picture identification. *Cognitive Neuropsychology*, 5, 67-104.
- Hupet, M., Brouillet, D., & Syssau, A. (2000). *Le vieillissement cognitif normal : vers un modèle explicatif du vieillissement*. Louvain-La-Neuve: De Boeck Université.
- Hyde, J. S., & Linn, M. C. (1988). Gender Differences in Verbal Ability: A Meta-Analysis. *Psychological Bulletin*, 104, 53-69.
- Istifçi, I. (2010). Playing with words : a study on word association responses. *The Journal of International Social Research*, 3(10), 360-368.
- Jescheniak, J. D., & Levelt, W. J. (1994). Word Frequency Effects in Speech Production: Retrieval of Syntactic Information and of Phonological Form. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 20, 824-843.
- Jodelet, F. (1961). Influence associative catégorielle dans l'association verbale à un couple de mots. *L'Année psychologique*, 61(2), 341-359.
- Lanteri, A. (1995). *Restauration du langage chez l'aphasique*. Bruxelles: De Boeck Université.
- Laufer, B., & Nation, P. (1999). A vocabulary-size test of controlled productive ability. *Language Testing*, 16(1), 33-51.
- Lepron, E., Péran, P., Cardebat, D., & Démonet, J. F. (2009). A PET study of word generation in Huntington's disease: Effects of lexical competition and verb/noun category. *Brain and Language*, 110(2), 49-60.
- Levelt, W. J., Roelofs, A., & Meyer, A. S. (1999). A theory of lexical access in speech production. *The Behavioral and Brain Sciences*, 22(1), 1-38; discussion 38-75.
- MacKay, D. G., & Burke, D. M. (1990). Cognition and Aging: A Theory of New Learning and the Use of Old Connections. In T. M. Hess (Éd.), *Advances in psychology*, 71. *Aging and cognition: Knowledge organization and utilization* (p. 213-263). Oxford: North-Holland.

- Marslen-Wilson, W. D. (1984). Function and process in spoken word-recognition: A tutorial review. In H. Bouma & D. G. Bouwhuis (Éd.), *Attention and performance: Control of language processes* (p. 125-150). Hillsdale: Erlbaum.
- Mathey, S., & Postal, V. (2008). Le langage. In K. Dujardin & P. Lemaire (Éd.), *Neuropsychologie du vieillissement normal et pathologique* (p. 79-102). Paris: Elsevier Masson.
- Mazaux, J. M., Nespoulous, J. L., Pradat-Diehl, P., & Brun, V. (2007). Les troubles du langage oral : quelques rappels sémiologiques. In J. M. Mazaux, P. Pradat-Diehl, & V. Brun (Éd.), *Aphasies et aphasiques* (p. 54-65). Issy-Les-Moulineaux: Elsevier Masson.
- Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche. (2013a). Annexe 1 - Certificat de capacité d'orthophoniste - Référentiel d'activités. *B.O. Bulletin officiel n°32 du 5 septembre 2013*, 1-13.
- Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche. (2013b). Annexe 2 - Certificat de capacité d'orthophoniste - Référentiel de compétences. *B.O. Bulletin officiel n°32 du 5 septembre 2013*, 1-16.
- Nadeau, S. E., & Crosson, B. (1997). Subcortical aphasia. *Brain and Language*, 58(3), 355-402; discussion 418-423.
- Nelson, D. L., McEvoy, C. L., & Dennis, S. (2000). What is free association and what does it measure? *Memory & Cognition*, 28(6), 887-899.
- New, B., Brysbaert, M., Veronis, J., & Pallier, C. (2007). The use of film subtitles to estimate word frequencies. *Applied Psycholinguistics*, 28(4), 661-677.
- New, B., Pallier, C., Ferrand, L., & Matos, R. (2001). Une base de données lexicales du français contemporain sur internet : LEXIQUE™. *L'Année psychologique*, 101(3), 447-462.
- Oldfield, R. C., & Wingfield, A. (1965). Response latencies in naming objects. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 17(4), 273-281.
- Parsons, T. D., Rizzo, A. R., Van Der Zaag, C., McGee, J. S., & Buckwalter, J. G. (2005). Gender Differences and Cognition Among Older Adults. *Aging, Neuropsychology, and Cognition*, 12, 78-88.
- Patterson, K., Nestor, P. J., & Rogers, T. T. (2007). Where do you know what you know? The representation of semantic knowledge in the human brain. *Nature Reviews. Neuroscience*, 8(12), 976-987.
- Péran, P. (2004). *Traitement des verbes : Etude neuropsychologique dans les pathologies sous-corticales : étude de neuroimagerie fonctionnelle et pharmacologique chez des sujets sains* (Thèse de Neuropsychologie). Université Toulouse II, Toulouse.

- Péran, P., Démonet, J. F., Pernet, C., & Cardebat, D. (2004). Verb and noun generation tasks in Huntington's disease. *Movement Disorders: Official Journal of the Movement Disorder Society*, 19(5), 565-571.
- Péran, P., Rascol, O., Démonet, J. F., Celsis, P., Nespoulous, J. L., Dubois, B., & Cardebat, D. (2003). Deficit of Verb Generation in Nondemented Patients with Parkinson's Disease. *Movement Disorders: Official Journal of the Movement Disorder Society*, 18(2), 150-156.
- Riegel, K. F., & Riegel, R. M. (1964). Changes in Associative Behavior during Later Years of Life: a Cross-sectional Analysis. *Human Development*, 7(1), 1-32.
- Ritchie, S. J., Bates, T. C., Der, G., Starr, J. M., & Deary, I. J. (2013). Education is associated with higher later life IQ scores, but not with faster cognitive processing speed. *Psychology and Aging*, 28(2), 515-521.
- Robert-Bobée, I. (2006). Projections de population pour la France métropolitaine à l'horizon 2050 : La population continue de croître et le vieillissement se poursuit. *Insee Première*, (1089).
- Robert-Bobée, I. (2007). Projections de population 2005-2050 : vieillissement de la population en France métropolitaine. *Economie et Statistique*, 408(1), 95-112.
- Rosen, E., & Russell, W. A. (1957). Frequency-Characteristics of Successive Word-Association. *The American Journal of Psychology*, 70(1), 120-122.
- Rosenzweig, M. R. (1957). Etudes sur l'association des mots. *L'Année psychologique*, 57(1), 23-32.
- Rosenzweig, M. R., & Menahem, R. (1962). Age, sexe et niveau d'instruction comme facteurs déterminants dans les associations de mots. *L'Année psychologique*, 62(1), 45-61.
- Rossetti, H. C., Lacritz, L. H., Cullum, C. M., & Weiner, M. F. (2011). Normative data for the Montreal Cognitive Assessment (MoCA) in a population-based sample. *Neurology*, 77(13), 1272-1275.
- Roux, S., & Bonin, P. (2011). Comment l'information circule d'un niveau de traitement à l'autre lors de l'accès lexical en production verbale de mots ? Eléments de synthèse. *L'Année psychologique*, 111(01), 145-190.
- Ryan, J. J., Sattler, J. M., & Lopez, S. J. (2000). Age Effects on Wechsler Adult Intelligence Scale-III Subtests. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 15(4), 311-317.
- Salthouse, T. A. (1996). The processing-speed theory of adult age differences in cognition. *Psychological Review*, 103(3), 403-428.

- Salthouse, T. A. (2012). Consequences of age-related cognitive declines. *Annual Review of Psychology*, 63, 201-226.
- Salthouse, T. A., Fristoe, N. M., Lineweaver, T. T., & Coon, V. E. (1995). Aging of attention: does the ability to divide decline? *Memory & Cognition*, 23(1), 59-71.
- Sharp, D., & Cole, M. (1972). Patterns of Responding in the Word Associations of West African Children. *Child Development*, 43(1), 55-65.
- Singh-Manoux, A., Kivimaki, M., Glymour, M. M., Elbaz, A., Berr, C., Ebmeier, K., ... Dugravot, A. (2012). Timing of onset of cognitive decline: results from Whitehall II prospective cohort study. *BMJ*, 344, d7622.
- Sinopalnikova, A. (2003). Word association thesaurus as a resource for building WordNet. In P. Sojka, K. Pala, P. Smrž, C. Fellbaum, & P. Vossen (Éd.), *GWC 2004, Proceedings* (p. 199-205). Brno: Masaryk University.
- Sliwinski, M., & Buschke, H. (1999). Cross-sectional and longitudinal relationships among age, cognition, and processing speed. *Psychology and Aging*, 14(1), 18-33.
- Sliwinski, M., Buschke, H., Kuslansky, G., Senior, G., & Scarisbrick, D. (1994). Proportional slowing and addition speed in old and young adults. *Psychology and Aging*, 9(1), 72-80.
- Soulier, C., & Varlan, C. (2016). *Aphasie thalamique : un manque du mot spécifique ?* (Mémoire d'Orthophonie). Université Paul Sabatier, Toulouse.
- Taconnat, L., & Isingrini, M. (2008). La mémoire. In K. Dujardin & P. Lemaire (Éd.), *Neuropsychologie du vieillissement normal et pathologique* (p. 45-63). Paris: Elsevier Masson.
- Tamba, I. (1991). Organisation hiérarchique et relations de dépendance dans le lexique. *L'information grammaticale*, 50(1), 43-47.
- Tarrago, R., Martin, S., De La Haye, F., & Brouillet, D. (2005). Normes d'associations verbales chez des sujets âgés. *European Review of Applied Psychology*, 55(4), 245-253.
- Tran, J. M. (2007). Rééducation des troubles de la production lexicale. In J. M. Mazaux, P. Pradat-Diehl, & V. Brun (Éd.), *Aphasies et aphasiques* (p. 54-65). Issy-Les-Moulineaux: Elsevier Masson.
- Turner, R. G., & Willerman, L. (1977). Sex differences in WAIS item performance. *Journal of Clinical Psychology*, 33(3), 795-797.
- Vandenberghe, R., Price, C., Wise, R., Josephs, O., & Frackowiak, R. S. (1996). Functional anatomy of a common semantic system for words and pictures. *Nature*, 383, 254-256.

- Viot, N. (2016). *Informatisation d'une tâche de génération verbale : Validation d'un logiciel comme outil diagnostique* (Mémoire de stage en Sciences Biomédicales). Université de Rouen, Rouen.
- Wechsler, D. (1958). *The Measurement And Appraisal Of Adult Intelligence* (4e éd.). Baltimore: The Williams & Wilkins Company.
- Wechsler, D. (1981). *Wechsler Adult Intelligence Scale-Revised : Manual*. New-York: Psychological Corporation.
- Wechsler, D. (2001). *MEM-III, Échelle clinique de mémoire de Wechsler: manuel*. Paris: les Éd. du Centre de psychologie appliquée.
- Wertheim, J., & Geiwitz, P. J. (1966). Free word associations of children and adults. *Psychonomic Science*, 4(1), 57-58.
- Woodrow, H., & Lowell, F. (1916). *Children's association frequency tables*. Princeton, N.J.; Lancaster, Pa. : Psychological Review Company.

Logiciels de statistiques

- JASP Team. (2018). *JASP (Version 0.8.6) [Computer software]*.
- © StatSoft, Inc. (2016). *Statistica (version 13.2)*.

TABLE DES ILLUSTRATIONS

Figure 1 : Modèles de l'accès au lexique au cours de la production de la parole	11
Figure 2 : Le modèle à deux voies de l'anatomie fonctionnelle du langage	13
Figure 3 : Distribution fronto-temporo-pariétale du réseau sémantique humain	14
Figure 4 : Réseau du langage	14
Figure 5 : Modélisation de l'activation du réseau sémantique	15
Figure 6 : Caractéristiques démographiques de notre population de sujets sains	28
Figure 7 : Schéma récapitulatif du protocole d'évaluation Evolex	30
Figure 8 : Fonctionnement de la tâche de génération de noms	32
Figure 9 : Vue d'un item de génération sur Samoplay	34
Figure 10 : Statistiques descriptives des temps de réaction selon chaque variable.....	36
Figure 11 : Médianes des temps de réaction en fonction de chaque variable	36
Figure 12 : Statistiques descriptives de la fréquence lexicale selon chaque variable.....	37
Figure 13 : Médianes de la fréquence lexicale en fonction de chaque variable	37
Figure 14 : Distribution des réponses à la tâche de génération	38
Figure 15 : Statistiques descriptives de la validité des réponses selon chaque variable	39
Figure 16 : Taux de validité des réponses en fonction de chaque variable	39
Figure 17 : Présentation des résultats.....	42
Figure 18 : Régression linéaire entre la fréquence lexicale et la durée de scolarisation	43
Figure 19 : Corrélations de Spearman entre les temps de réactions et la fréquence lexicale	43
Figure 20 : Répartition des réponses valides en fonction du groupe d'âge.....	44
Figure 21 : Répartition des réponses valides en fonction du sexe.....	45
Figure 22 : Répartition des réponses valides en fonction du niveau socio-culturel	46
Figure 23 : Répartition des réponses invalides en fonction du groupe d'âge.....	47
Figure 24 : Répartition des réponses invalides en fonction du sexe.....	47
Figure 25 : Répartition des réponses invalides en fonction du niveau socio-culturel	48
Figure 26 : Répartition des réponses spécifiques en fonction du groupe d'âge	49
Figure 27 : Répartition des réponses spécifiques en fonction du sexe	49
Figure 28 : Répartition des réponses spécifiques en fonction du niveau socio-culturel.....	50
Figure 29 : Analyse quantitative proposée à l'issue de chaque épreuve de fluence.....	87
Figure 30 : Analyse qualitative proposée à l'issue de chaque épreuve de fluence.....	87
Figure 31 : Analyse qualitative proposée à l'issue de chaque épreuve de fluence.....	88
Figure 32 : Cible permettant de visualiser le profil récapitulatif du sujet à l'issue des fluences	88
Figure 33 : Graphique dynamique des temps de réaction pour la dénomination	89
Figure 34 : Graphique dynamique des temps de réaction pour la génération	91
Figure 35 : Aléas techniques sur Samoplay : difficultés d'emplacement du stimulus.....	94
Figure 36 : Aléas techniques sur Samoplay : difficultés d'emplacement du stimulus.....	94
Figure 37 : Aléas techniques sur Samoplay : difficultés d'emplacement de la réponse	94
Figure 38 : Aléas techniques sur Samoplay : difficultés d'emplacement de la réponse	95
Figure 39 : Aléas techniques sur Samoplay : disparités entre correcteurs	95
Figure 40 : Aléas techniques sur Samoplay : disparités entre correcteurs	95

TABLE DES MATIÈRES

REMERCIEMENTS	1
SOMMAIRE	2
SYNTHÈSE	3
INTRODUCTION	7
1 La génération de noms avec contrainte sémantique.....	8
1.1 Déroulement de la tâche.....	8
1.2 Objectifs cliniques.....	9
1.3 Fonctionnement cognitif sous-jacent.....	10
1.4 Implications neuro-anatomiques	13
2 Facteurs de variation de l'accès lexical.....	16
2.1 Effet de l'âge	16
2.2 Effet du sexe.....	17
2.3 Effet du niveau socio-culturel	19
3 Facteurs de variation de l'organisation lexicale.....	20
3.1 Effet des facteurs démographiques sur la fréquence lexicale de la réponse	20
3.1.1 Effet de l'âge	20
3.1.2 Effet du niveau socio-culturel.....	21
3.1.3 Effet du sexe	21
3.2 Effet des facteurs démographiques sur les relations sémantiques.....	22
3.2.1 Définition et classification des relations sémantiques.....	22
3.2.2 Effet de l'âge sur la nature des relations sémantiques.....	23
3.2.3 Effet du sexe sur la nature des relations sémantiques	25
3.2.4 Effet du niveau socio-culturel sur la nature des relations sémantiques.....	25
MÉTHODOLOGIE	27
1 Population.....	27
1.1 Critères d'inclusion des sujets sains.....	27
1.2 Population recrutée.....	27
2 Design de l'étude.....	29

3	Matériel	31
4	Procédures	33
5	Analyses des données	33
5.1	Traitements préalables des données	33
5.2	Analyse de l'effet des données démographiques sur les temps de réaction.....	35
5.3	Analyse de l'effet des données démographiques sur la fréquence lexicale	36
5.4	Analyse de l'effet des données démographiques sur les relations sémantiques....	38
5.5	Analyses complémentaires	41
RÉSULTATS		42
1	Effet des données démographiques sur les temps de réaction.....	42
2	Effet des données démographiques sur la fréquence lexicale	42
3	Effet des données démographiques sur les relations sémantiques	43
3.1	Analyse du taux de validité	43
3.2	Analyse des relations sémantiques valides.....	44
3.3	Analyse des relations sémantiques invalides.....	46
3.4	Analyse des relations sémantiques valides spécifiques.....	48
DISCUSSION.....		51
1	Absence d'effet des variables démographiques sur l'accès lexical.....	51
2	Absence d'effet des variables démographiques sur la fréquence lexicale	52
3	Résultats concluants pour l'analyse qualitative des relations sémantiques.....	55
3.1	Discussion du taux de validité des réponses	55
3.2	Intérêt de l'analyse des relations sémantiques valides	56
3.3	Intérêt majeur de l'analyse des relations sémantiques invalides.....	58
4	Apports de cette étude pour la pratique orthophonique.....	59
4.1	Apports pour l'évaluation orthophonique	59
4.2	Apports pour la rééducation orthophonique.....	61
5	Forces, limites et perspectives.....	62
5.1	Recrutement de la population.....	62
5.2	Considérations techniques sur le logiciel	64
5.3	Perspectives.....	66
CONCLUSION.....		68

BIBLIOGRAPHIE	70
TABLE DES ILLUSTRATIONS	79
TABLE DES MATIÈRES	80
ANNEXES	83
Annexe I : Poster réalisé pour la validation du stage de recherche sur Evolex	83
Annexe II : Consentement de participation lu et signé par le sujet.....	84
Annexe III : Listes des 60 items de la génération	85
Annexe IV : Présentation des tâches expérimentales d’Evolex	86
Annexe V : Classifications des relations sémantiques en fonction de leur nature.....	92
Annexe VI : Illustrations des aléas techniques rencontrés sur Samoplay	94

ANNEXES

Annexe I : Poster réalisé pour la validation du stage de recherche sur Evolex

EVOLEX

Validation d'une tâche de génération de mots avec contrainte de lien sémantique et d'une tâche de fluence verbale informatisées

Binôme : Anne BARTHELEMY BELIGNE - Marie PARANT UE 6.9 – 2016/2017

I- Introduction

- Stage réalisé sous la direction de : Lola Danet, (orthophoniste), Xavier de Boissezon (médecin de médecine physique et réadaptation), Mélanie Jucla (MCF sciences du langage).
- Supervisé pour la prise en main du logiciel par des chercheurs de l'IRIT (Institut de Recherche en Informatique de Toulouse) : Julien Pinquier, Jérôme Farinas, Maxime Le Coz.
- Evolex est un logiciel en cours de création, à destination des orthophonistes, pour l'évaluation de l'accès au lexique. Ce projet s'est déroulé en plusieurs étapes, avec l'apport de deux mémoires, le premier étudiant la « faisabilité d'un logiciel de reconnaissance vocale adapté à des tâches d'évocation lexicale », et le deuxième permettant de tester la faisabilité du logiciel de test en terme écologique, d'améliorer la reconnaissance vocale et de débiter la normalisation.
- L'objectif de ce stage est donc de poursuivre la validation des tâches du logiciel en particulier la génération de mots.

II. Méthode

1. PROCEDURE

- Questionnaire d'anamnèse et signature de consentement de participation.
- Tests neuropsychologiques contrôlés de screening : Moca (cognition globale), TMT A & B (flexibilité mentale), Stroop (inhibition), empan de chiffres auditivo-verbal endroit et envers (mémoire à court terme et mémoire de travail).
- Lecture de texte pour affiner la reconnaissance vocale.
- Tâches expérimentales sur le logiciel mesurant l'accès au lexique : fluences (animaux, fruits, mots en R, mots en V), dénomination (6 items de démonstration + 60 items), génération (2 items de démonstration + 60 items).

2. POPULATION VISEE

Sujets de niveaux socio-culturels 1 (5 à 9 ans de scolarisation), 2 (9 à 11 ans de scolarisation, diplôme équivalent CAP/BEP), et 3 (12 ans de scolarisation ou plus).

3. DEROULEMENT

- 1. Déconverte du stage**
 - réunions d'information
 - rencontre avec l'équipe
 - lectures
- 2. Prise en main des outils**
 - installation du logiciel, casque
 - calibrage de passation
- 3. Recrutement des sujets**
 - annonce sur les réseaux sociaux et un site de petites annonces
 - annonce parcellaire
 - annonce dans nos réseaux personnels
- 4. Rodage et entraînements**
 - passations à blanc
 - repérage de dysfonctionnements techniques du logiciel et internes aux épreuves
- 5. Passations**
 - sur un mois et demi
 - durée : de une à deux heures suivant les sujets
 - une vingtaine de sujets, tous âges et niveaux socio-culturels confondus
 - analyse critique et recueil des anomalies ou incohérences; propositions d'améliorations
- 6. Corrections**
 - cotation Moca, Stroop, TMT A & B et empan au fur et à mesure des passations
 - report des résultats et des données anamnestiques dans un tableau Excel
 - corrections des transcriptions sur la plateforme internet pour la dénomination, la génération et les 4 fluences
 - double correction par l'autre membre du binôme
- 7. Résultats, partage d'expérience**
 - transmission des résultats
 - remarques et suggestions sur Evolex partagées en réunion avec l'équipe.

III. Résultats

1. POPULATION RECRUTEE

	18-30 ans	30-40 ans	40-50 ans	50-60 ans	60-70 ans	70-80 ans	> 80 ans
NCS1						PIMI	BIJE MAMA
NCS2			DUFL	DOAR	PEPI	BEJE	TOEL
NCS3	PAAL	BADE	GUMA	DEAG PAAN	DEBE CHMA	CHCH	PAFR

2. DONNEES COLLECTEES

- Recueil des scores aux tests neuropsychologiques.
- Recueil des productions dans les tâches expérimentales de langage.
- Analyse qualitative (type de mots produits, types d'erreurs) et quantitatif (nombre d'erreurs, quantité de mots produits, temps de réaction, fréquence lexicale).
- Analyse qualitative des mots produits dans la tâche de génération : fichier Excel à compléter avec 33 entrées par item (sémantiques, grammaticales, temps de latence, acceptabilité...).

IV. Discussion

Apport en tant que futures orthophonistes :

- gestion des parasitages humains (application des consignes, grand âge) et techniques (dysfonctionnements du logiciel)
- passation d'un test
- gestion du stress et de l'échec du sujet
- position clinique de "sachant"

Difficultés rencontrées :

- rapport avec la famille ou les proches
- respecter les exigences de la recherche
- recrutement des sujets : le bouche à oreille a été le plus efficace
- trouver des sujets de NSC1 et NSC2
- reconnaissance vocale peu efficace

Reférences bibliographiques :

- Courtade Jouanicq, A. & Balland, O. (2015). *Etude de faisabilité d'un logiciel de reconnaissance vocale adapté à des tâches d'évocation lexicale* (Mémoire Orthophonie). Toulouse
- Fugier Fresne, F. & Segui De Lapasse, M. (2016). *EvoLex, logiciel de test de fluence verbale : de l'amélioration de la reconnaissance vocale au test en situation écologique auprès d'orthophonistes* (Mémoire Orthophonie). Toulouse.
- Soulier C. & Varlan. (2016) *Aphasie thalamique : un manque du mot spécifique ?* (Mémoire Orthophonie). Toulouse.

Nos apports pour les créateurs d'Evolex :

- Signalement de problèmes techniques sur le logiciel : images inadéquates et temps de latence inter items en dénomination, absence d'un item en génération, blocage du compteur pour le Stroop
- Propositions d'améliorations : finir la dénomination sur un item plus facile que "fusée", ajouter un chronomètre sur la plateforme, possibilité d'accès continu à la fiche du patient sur le logiciel
- Propositions d'amélioration pour la correction : possibilité de fractionnement, élargissement de l'espace de correction à l'écran

Annexe II : Consentement de participation lu et signé par le sujet

initiales binôme	Date	initiales sujet

Consentement de participation à l'étude EVOLEX

Date : |_|_| |_|_| |_|_| |_|_|

Je soussigné(e) :
déclare accepter de participer à l'étude EVOLEX dans le cadre d'un stage recherche s'inscrivant dans le cursus universitaire d'orthophonie à l'université Paul Sabatier, Toulouse. Ce stage se déroule au laboratoire ToNIC Inserm U1214 et est coordonné par le Pr de Boissezon, médecin rééducateur à l'hôpital Rangueil, Mme Jucla, linguiste au laboratoire Octogone Lordat et Mme Danet, orthophoniste à l'hôpital Purpan, par ailleurs enseignants du cursus.

Il m'a été précisé que :

- Ma participation consistera en la réalisation d'une série de tests rapides évaluant la cognition globale ainsi que trois tâches évaluant le langage.
- Ma participation consiste à accepter que les données issues de ce bilan soient analysées de manière anonyme. Ces données resteront strictement confidentielles. Je n'autorise leur consultation que par des personnes qui font équipe avec le Pr de Boissezon, médecin rééducateur à l'hôpital Rangueil, Mme Jucla, linguiste au laboratoire Octogone Lordat et Mme Danet, orthophoniste à l'hôpital Purpan (responsables de l'étude).
- La publication des résultats ne comportera aucun résultat individuel identifiable.
- Je suis libre d'accepter ou de refuser ainsi que d'arrêter à tout moment ma participation.
- Ma participation ne fera l'objet d'aucune rétribution.
- Mon consentement ne décharge pas les organisateurs de la recherche de leurs responsabilités. Je conserve tous mes droits garantis par la loi.

Fait à.....

Le.....

Signature de l'investigateur

Signature du participant

Annexe III : Listes des 60 items de la génération

	Version 7	Version 8		Version 7	Version 8
1	Entrecôte	Entrecôte	31	Brochette	Brochette
2	Escargot	Escargot	32	Trou	Trou
3	Puzzle	Puzzle	33	Chapiteau	Chapiteau
4	Ecureuil	Ecureuil	34	Spaghettis	Spaghettis
5	Entonnoir	Entonnoir	35	Chaise	Chaise
6	Biberon	Biberon	36	Varicelle	Varicelle
7	Sœur	Sœur	37	Chauve-souris	Chauve-souris
8	Clef	Clef	38	Thermomètre	Thermomètre
9	Couvercle	Couvercle	39	Ballon	Ballon
10	Maladie	Maladie	40	Sucre	Sucre
11	Cactus	Cactus	41	Couverture	Couverture
12	Osier	Osier	42	Noce	Noce
13	Arrosoir	Arrosoir	43	Echelle	Echelle
14	Acteur	Acteur	44	Démon	Démon
15	Parc	Parc	45	Marmite	Marmite
16	Etoile	Etoile	46	Cigarette	Cigarette
17	Siège	Vitre	47	Crabe	Crabe
18	Scarabée	Scarabée	48	Canard	Canard
19	Nœud	Nœud	49	Caillou	Caillou
20	Tournevis	Tournevis	50	Ortie	Ortie
21	Hirondelle	Hirondelle	51	Stéthoscope	Stéthoscope
22	Tomate	Tomate	52	Dame	Jambe
23	Sac	Sac	53	Poire	Poire
24	Lézard	Lézard	54	Marionnette	Marionnette
25	Pied	Pied	55	Palmier	Palmier
26	Concombre	Concombre	56	Squelette	Squelette
27	Rail	Rail	57	Ampoule	Robot
28	Plume	Plume	58	Volcan	Volcan
29	Kiwi	Kiwi	59	Fusée	Fusée
30	Terrier	Terrier	60	Escalier	Escalier

En gras : les trois items qui ont été modifiés entre la version 7 (2016-2017) et la version 8 (2017-2018) d'Evolex.

Annexe IV : Présentation des tâches expérimentales d'Evolex

Les fluences verbales

Les fluences sont des tâches d'évocation lexicale qui consistent à donner le plus grand nombre de mots possible dans un laps de temps donné et en fonction d'un critère préalablement défini. Dans le cadre d'un bilan orthophonique, cette épreuve « *permet de tester (...) l'accès au stock lexical et sa constitution* » (Brin et al., 2011, p. 108).

Quatre tâches de fluence sont proposées sur Evolex. Deux d'entre elles répondent à un critère formel, i.e. les mots produits doivent commencer par une lettre déterminée, R et V dans le cas présent. Ces lettres ont été retenues en fonction de leur occurrence dans notre langue et de leur fréquence phonémique en position initiale. Cette fréquence est moyenne pour les mots en R et peu élevée pour les mots en V (Courtade Jouanicq and Balland, 2015). Les deux autres fluences répondent à un critère sémantique : les productions du sujet doivent toutes appartenir à une même catégorie, à savoir les animaux et les fruits. Ces deux catégories ont été choisies en fonction du nombre d'items pouvant être produits : une quantité importante pour les animaux avec 1489 mots recensés, et une quantité moyenne pour les fruits avec 542 mots recensés (Courtade Jouanicq and Balland, 2015; Fugier-Fresne and Segui-De Lapasse, 2016).

Pour le déroulement de l'épreuve, le sujet reçoit d'abord les instructions. Pour les fluences formelles, ou phonologiques, la consigne est la suivante : « Pendant deux minutes, vous allez me donner à voix haute autant de mots commençant par [r] / [v] que vous connaissez, sauf des noms propres ». Pour les fluences sémantiques, ou catégorielles, la consigne est un peu différente : « Pendant 2 minutes, vous allez me donner à voix haute autant de noms de fruits / d'animaux que vous connaissez ». Puis le testeur ouvre le logiciel Evolex, choisit le nom du sujet concerné et enfin sélectionne dans le menu déroulant des fluences celle qu'il souhaite tester. Une fois la consigne donnée, il clique sur « démarrer » pour lancer l'épreuve. Le sujet donne alors ses réponses, enregistrées au fur à mesure de leur énonciation par le logiciel. Pour chaque fluence, le temps imparti est de deux minutes au bout desquelles l'enregistrement s'arrête automatiquement. Le testeur n'a plus qu'à cliquer sur « enregistrer ».

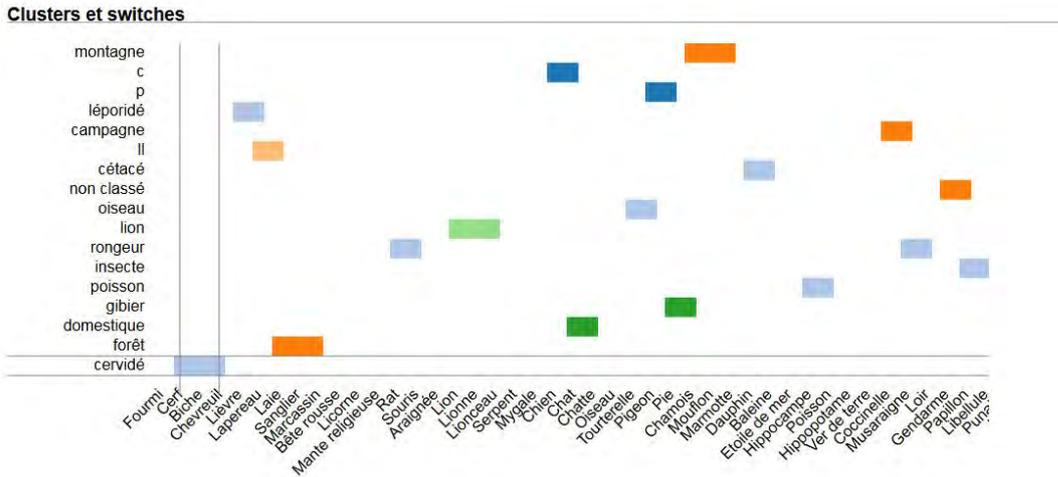


Figure 31 : Analyse qualitative proposée à l'issue de chaque épreuve de fluence

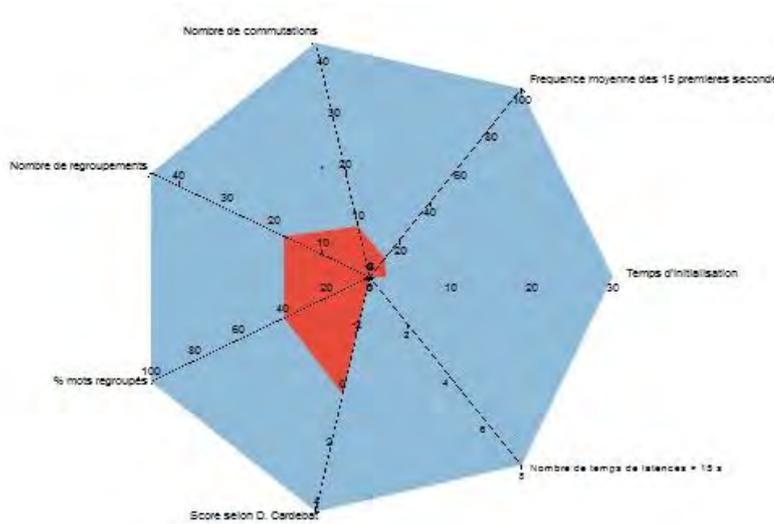


Figure 32 : Cible permettant de visualiser le profil récapitulatif du sujet à l'issue de chaque fluence

La dénomination d'images

La dénomination est une tâche « consistant à demander à la personne de donner oralement ou par écrit le nom d'un objet, d'un dessin, d'une photographie ou d'une image qui lui est présenté » (Brin et al., 2011, p. 75). Dans le cadre d'un bilan orthophonique, cette épreuve permet de révéler des troubles d'évocation lexicale ainsi qu'un manque du mot.

La dénomination proposée sur Evolex est composée de 60 items et elle est précédée de 6 items d'entraînement permettant de vérifier que la consigne a bien été comprise par le sujet. Ces items sont des photos. Pour le déroulement de l'épreuve, le sujet reçoit la consigne suivante : « Vous allez voir des images apparaître à l'écran les unes après les autres. Quand une image apparaît, dites ce que vous voyez et ainsi de suite ». Puis le testeur ouvre le logiciel Evolex, choisit le nom du sujet concerné et enfin sélectionne la dénomination, puis l'entraînement dans le menu déroulant. Il lance ce test en cliquant sur « démarrer » : une image apparaît, le sujet la dénomme et le testeur clique sur « A » pour passer à la suivante. L'épreuve de 60 items se déroule de la même manière que l'entraînement. Après la dernière image une fenêtre apparaît automatiquement, signalant la fin de l'épreuve. Le testeur n'a plus qu'à cliquer sur « enregistrer ».

A l'issue de l'épreuve, les données collectées sont transférées sur le serveur de l'IRIT (si l'ordinateur est connecté à Internet, sinon il faut envoyer les enregistrements en différé) et transcrites automatiquement au moyen de la reconnaissance vocale. En se connectant sur Samoplay, le testeur peut retrouver les enregistrements réalisés avec le sujet et procéder à des corrections pour compléter la transcription automatique si nécessaire. Chaque item apparaît sur une ligne individuelle et permet de visualiser le temps total de la réponse ainsi que le temps de latence entre le stimulus et la réponse. Au bas de la page, un graphique intitulé « Dynamique » (Fig. 33) regroupe les temps de réaction de chaque item, ce qui donne un point de vue global sur l'ensemble de l'épreuve. Vient ensuite un tableau récapitulant le temps de réaction pour chaque item.

Dynamique

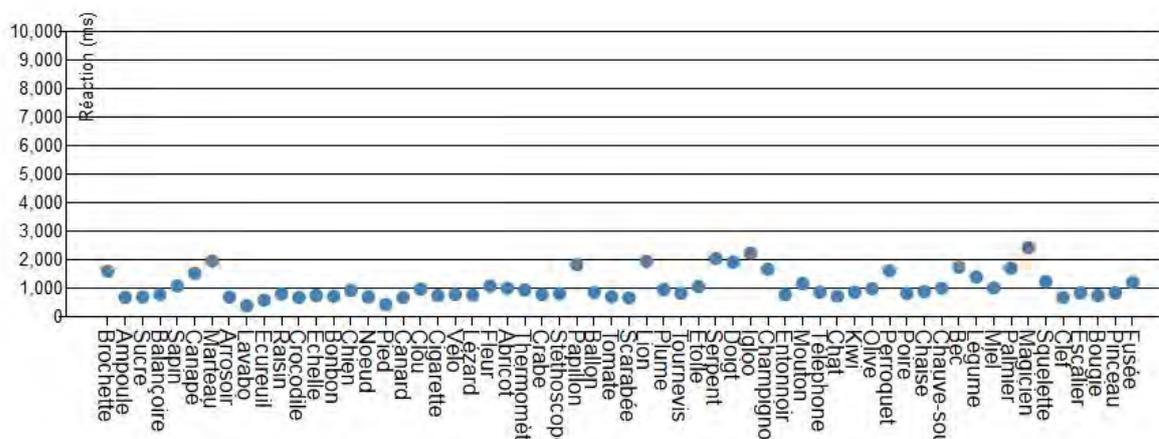


Figure 33 : Graphique représentant l'ensemble des temps de réaction d'un sujet à la fin de la dénomination

La génération de noms avec contrainte sémantique

La génération de noms avec contrainte sémantique est une épreuve basée sur le principe de l'association d'idées : le sujet entend un mot et doit répondre par un autre mot qui lui vient alors à l'esprit (Burke and Peters, 1986; Clark, 1970; Gaume et al., Soumis). Dans notre étude, cette association est contrainte au niveau temporel puisque le sujet doit répondre le plus vite possible, au niveau grammatical puisque la réponse doit appartenir à la même catégorie grammaticale que le stimulus, i.e. être un nom commun, et au niveau sémantique puisque le stimulus et la réponse doivent être reliés par le sens. Dans le cadre d'un bilan orthophonique, cette épreuve permet d'évaluer l'accès et l'organisation du stock lexical (Burke and Peters, 1986; Istifçi, 2010) ainsi que les fonctions exécutives (Soulier and Varlan, 2016).

La génération de mots proposée sur Evolex est composée de 60 items et elle est précédée de 2 items d'entraînement pour vérifier que la consigne a bien été comprise par le sujet. Il s'agit d'items verbaux, délivrés oralement via le micro-casque. Les items ont été choisis selon les critères suivants : la fréquence lexicale, le nombre de phonèmes, le nombre de syllabes, le point d'unicité phonologique, le nombre de voisins phonologiques, le nombre d'homophones et l'imageabilité. La liste des items de la génération a été appariée avec celle de la dénomination. Au sein des tâches, un appariement a été réalisé entre les items communs et les items spécifiques.

Pour le déroulement de l'épreuve, le sujet reçoit d'abord la consigne suivante : « Vous allez entendre un mot. Vous donnerez à voix haute le premier mot auquel ce terme vous fait penser, le plus vite possible. Ne donnez que des noms communs, pas de noms propres comme les noms de villes, les prénoms ou les noms de pays ». Puis le testeur ouvre le logiciel Evolex, choisit le nom du sujet concerné et enfin sélectionne la génération, puis l'entraînement dans le menu déroulant. Il lance ce test en cliquant sur « démarrer » : un stimulus est délivré via le micro-casque, le sujet donne sa réponse et le testeur clique sur « A » pour passer au suivant. L'épreuve de 60 items se déroule de la même manière que l'entraînement. Après le dernier stimulus une fenêtre apparaît automatiquement, signalant la fin de l'épreuve. Le testeur n'a plus qu'à cliquer sur « enregistrer ».

A l'issue de l'épreuve, les données collectées sont transférées sur le serveur de l'IRIT (si l'ordinateur est connecté à Internet, sinon il faut envoyer les enregistrements en

différé) et transcrites automatiquement au moyen de la reconnaissance vocale. En se connectant sur Samoplay, le testeur peut retrouver les enregistrements réalisés avec le sujet et procéder à des corrections pour compléter la transcription automatique si nécessaire. Chaque item de génération apparaît sur une ligne individuelle et permet de visualiser le temps total de la réponse ainsi que le temps de latence entre le stimulus et la réponse. Au bas de la page, un graphique intitulé « Dynamique » (Fig. 34) regroupe les temps de réaction de chaque item, ce qui donne un point de vue global sur l'ensemble de l'épreuve. Vient ensuite un tableau récapitulant le temps de réaction pour chaque item.

Dynamique

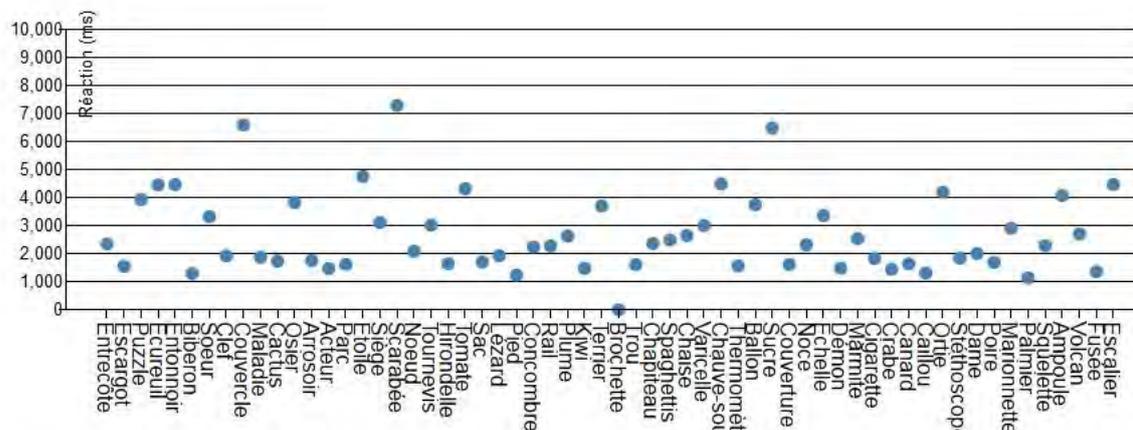


Figure 34 : Graphique représentant l'ensemble des temps de réaction d'un sujet à la fin de la génération

Annexe V : Classifications des relations sémantiques en fonction de leur nature

Classification des relations sémantiques valides

réalisée à partir des travaux de Burke et Peters (1986) et de Gaume et al. (Soumis)

- Relations syntagmatiques
- Relations paradigmaticques
 - Relations génériques
 - Relations spécifiques
 - Relations partie-tout (holonymes et méronymes)
 - Co-hyponymes (incluant les antonymes)
 - Hyponymes
 - Synonymes
 - Associés
- Relations formelles
 - Relations morphologiques
 - Relations phonologiques
- Relations autres

Classification simplifiée utilisée pour les analyses statistiques des relations valides :

- Relations syntagmatiques
- Relations génériques
- Relations spécifiques
- Relations formelles

Classification utilisée pour les analyses statistiques des relations spécifiques :

- Relations partie-tout
- Co-hyponymes
- Hyponymes
- Synonymes
- Associés

Classification des relations sémantiques invalides

réalisée à partir des erreurs recueillies lors des passations

- Adjectifs
- Verbes
- Noms propres
- Expressions
- Stimuli non compris
- Autres :
 - Adverbes
 - Pronoms
 - Déterminant + réponse
 - Onomatopées
 - Abréviations
 - Néologismes
 - Réponses tronquées
 - Ne sait pas
 - Stimulus seul
 - Stimulus + réponse
 - Réponses multiples

Classification simplifiée utilisée pour les analyses statistiques des relations invalides :

- Adjectifs
- Verbes
- Noms propres
- Expressions
- Stimuli non compris
- Autres

Annexe VI : Illustrations des aléas techniques rencontrés sur Samoplay

1. Variabilité induite par les difficultés à placer le stimulus

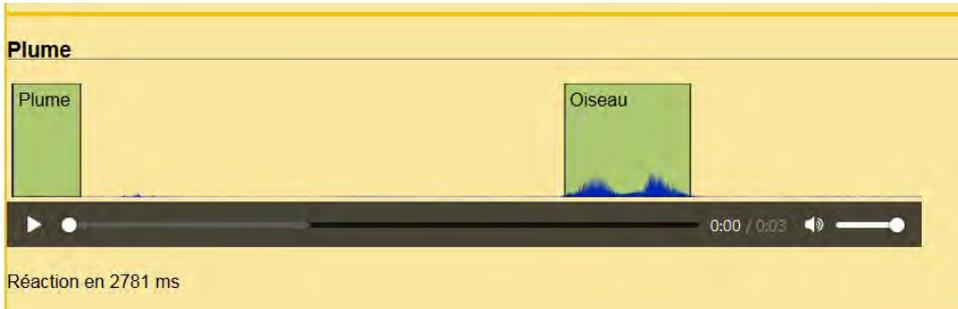


Figure 35 : Cas d'un enregistrement où l'on n'entend pas le stimulus et où le tracé de l'onde correspondante n'est pas visible. Le stimulus est donc placé par défaut à 0.

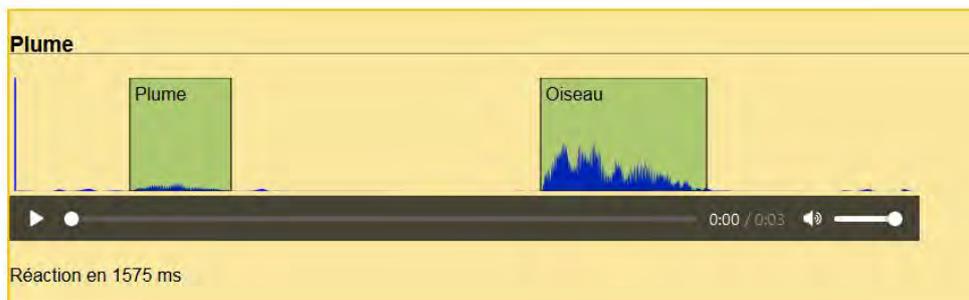


Figure 36 : Pour le même item, cas d'un enregistrement où l'on entend le stimulus et où le tracé de l'onde correspondante est visible. Ceci illustre le fait que le stimulus n'est pas systématiquement lancé à 0.

2. Variabilité induite par les difficultés à placer la réponse

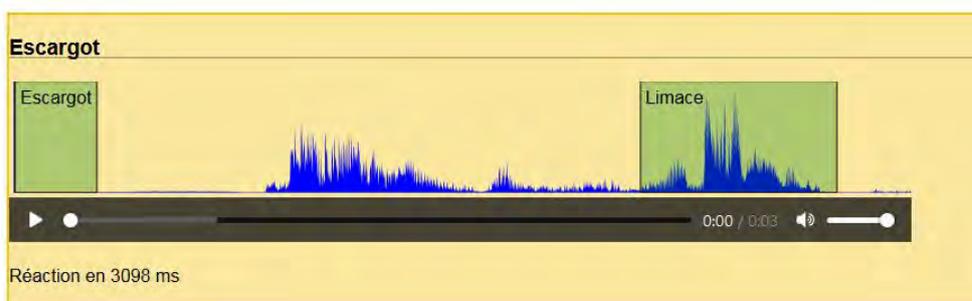


Figure 37 : Bruits parasites empêchant de situer correctement le début exact de la réponse.



Figure 38 : Tracé de l'onde trop faible pour situer correctement le début de la réponse

3. Variabilité induite par les disparités de méthodes entre les correcteurs



Figure 39 : Prise en compte de la totalité de la réponse

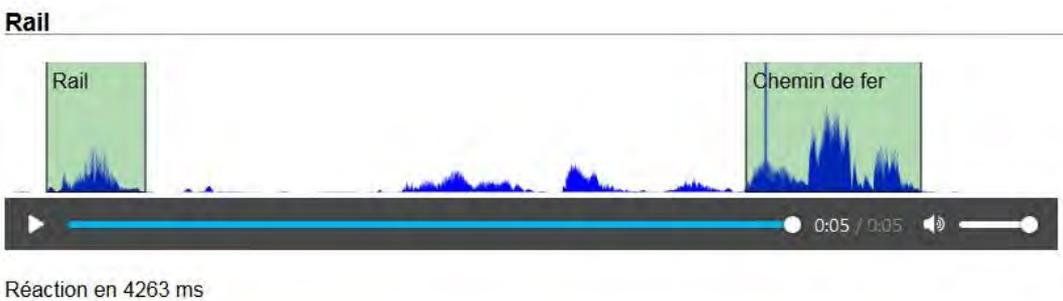


Figure 40 : Prise en compte de la réponse uniquement, alors que le sujet dit : « Rail ? ah... chemin de fer ! » : la réponse est donc comptée comme valide alors qu'en fait, elle est ne l'est pas compte-tenu de la répétition du stimulus.

RÉSUMÉ

Le logiciel Evolex a pour but d'évaluer l'accès et l'organisation du stock lexical. Cette étude est focalisée sur la génération de noms avec contrainte sémantique où il est demandé au sujet de répondre au stimulus par le premier mot qui lui vient à l'esprit et le plus vite possible. 93 sujets ont été répartis en groupes, selon leur âge, leur sexe et leur niveau socio-culturel afin d'évaluer l'effet de ces variables démographiques sur les données recueillies durant la tâche de génération, à savoir le temps de réaction entre le stimulus et la réponse, la fréquence lexicale de la réponse et la nature de la relation sémantique unissant un stimulus à sa réponse. D'après nos résultats, les temps de réaction et la fréquence lexicale ne sont pas influencés par les variables démographiques. Concernant la nature des relations sémantiques, le taux de réponses valides est seulement influencé par le sexe. Il y a une tendance du groupe d'âge et un effet significatif du niveau socio-culturel sur les types de réponses valides. Les types de réponses invalides sont influencés de façon très significative par toutes les variables démographiques. Il semble donc primordial de développer une analyse qualitative automatique pour la génération puisque c'est à ce niveau que les sujets se distinguent. Pour confirmer ces résultats, il serait intéressant de reconduire ces travaux avec des échantillons plus équilibrés, des procédures uniformisées et des améliorations sur le logiciel.

Mots-clés : Génération de mots – Accès lexical – Organisation lexicale – Variables démographiques – Temps de réaction – Fréquence lexicale – Relations sémantiques – Vieillesse

SUMMARY

The Evolex software aims to assess the access and the organization of lexical storage. This study focuses on the word association task with semantic constraint. Subjects must say the first name that comes to mind when the stimulus is presented, as quickly as possible. 93 subjects were divided in groups by age, sex and education, to assess the effect of these demographic variables on the data collected during the association tasks, as reaction times between stimulus and response, lexical frequency of responses, and the nature of the semantic relationships connecting stimuli and responses. Results show no influence of demographic variables on reaction times and lexical frequency. About the nature of the semantic relationships, the valid responses rate is only influenced by sex. There is a tendency of the age group and a significant effect of education on the types of valid responses. Demographic variables have a very significant effect on the types of invalid responses. So it seems essential to develop an automatic qualitative analysis for the association task because differences between subjects appear thanks to their responses. To confirm these results, it would be interesting to replicate this study with better samples, uniform processes and an improved software.

Key-words : Word association task – Lexical access – Lexical organization – Demographic variables – Reaction times – Lexical frequency – Semantic relationships – Aging