

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

**Etude de faisabilité d'un logiciel  
de reconnaissance vocale adapté à des tâches  
d'évocation lexicale**

Aurélie COURTADE JOUANICQ

&

Ophélie BALLAND

Sous la direction de :

Xavier DE BOISSEZON

&

Yann TANNOU

Juin 2015

# REMERCIEMENTS

---

*« Un seul mot, usé, mais qui brille comme une vieille pièce de monnaie : MERCI » !*

Pablo Neruda

Merci à nos maîtres de mémoire Yann Tannou et Xavier De Boissezon, sans qui le projet n'aurait pas vu le jour. Merci pour la participation, l'encadrement, le soutien, les remarques éclairées et les précieux conseils délivrés.

Merci à Patrice Péran pour sa patience et sa disponibilité quand nous nous sommes lancées dans cette aventure.

Merci également à Julien Pinquier, Jérôme Farinas, Mathieu Raynal, chercheurs en informatique de l'IRIT pour leur participation et leurs compétences mises à profit dans le projet.

Merci tout particulièrement à Maxime sans qui la conception, l'élaboration et la création de l'outil n'auraient pas été possibles.

Merci également aux orthophonistes qui ont participé de près comme de loin à notre étude et ont enrichi nos réflexions.

Merci à toutes les personnes qui ont accepté de participer à notre étude en nous accordant de leur temps et de leur confiance.

Merci à tous ceux qui nous ont soutenues, et tout particulièrement à nos proches et nos familles qui ont été patients tout au long de cette année.

Enfin, merci à ma binôme d'être ce qu'elle est, et réciproquement !

# TABLE DES MATIERES

---

INTRODUCTION .....	1
PARTIE THEORIQUE .....	2
I. ETAT DES LIEUX : INFORMATIQUE ET ORTHOPHONIE.....	2
1. Informatique et orthophonie .....	2
1.1. Une véritable rencontre :.....	2
1.2. Intérêt de l'informatique en orthophonie : .....	3
2. Ordinateur et tablette : outil et support adaptés à l'orthophonie ? .....	3
2.1. Présentation : .....	3
2.2. Intérêts des ordinateurs et tablettes en orthophonie : .....	5
3. La reconnaissance vocale : une technique informatique mise à profit en orthophonie.....	5
II. ETAT DES LIEUX : FLUENCE ET ORTHOPHONIE.....	7
1. Présentation.....	7
1.1. Dans la pratique orthophonique :.....	7
1.2. En évaluation : fluence sémantique et formelle : .....	8
2. Inventaire des différents tests .....	9
2.1. Test d'évocation dans une épreuve unique : .....	9
2.2. Epreuves de fluences incluses dans des batteries :.....	11
2.3. Epreuves informatisées :.....	12
3. Cotations : aspect quantitatif.....	12
3.1. Etat des lieux : .....	12
3.2. En d'autres termes :.....	14
3.2.1. Résultats quantitatifs étalonnés : .....	14
3.2.2. Résultats qualitatifs non étalonnés : .....	14
3.2.3. Apports de la littérature : .....	14
III. FLUENCE ET INFLUENCE .....	19
1. Structures neuro anatomiques impliquées .....	19
1.1. Structures impliquées chez des sujets sains : .....	19
1.2. Structures lésées :.....	19
2. Pathologies.....	21

2.1. Effet du vieillissement normal :	21
2.2. Effet du vieillissement pathologique :	23
2.2.1. Pathologies neurodégénératives :	23
2.2.2. Pathologies neurologiques non dégénératives :	25
3. Facteurs connus	27
3.1. Influence du niveau socioculturel :	27
3.2. Influence du sexe :	28
3.3. Influence de l'âge :	29
4. Nouveaux « indices »	30
IV. FONCTIONS COGNITIVES MISES EN JEU	33
1. Les mémoires	33
1.1. La mémoire sémantique :	34
1.2. La mémoire de travail :	34
2. Les fonctions exécutives	35
3. Le langage	37
V. PROCESSUS COGNITIFS MIS EN JEU	40
1. Présentation	40
1.1. La notion de « clustering » :	40
1.2. La notion de « switching » :	42
2. Approches face aux regroupements et commutations	42
3. Corrélations avérées	44
3.1. Corrélation avec les processus cognitifs :	44
3.2. Corrélation avec les régions cérébrales :	44
3.3. Corrélation avec les pathologies :	45
3.3.1. Maladies neurodégénératives :	45
3.3.2. Autres pathologies :	46
3.4. Corrélation avec les différents facteurs : sexe, âge et niveau socioculturel :	47
3.4.1. Corrélation avec l'âge :	48
3.4.2. Corrélation avec le sexe :	48
3.4.3. Corrélation avec le niveau socioculturel :	48
PROBLEMATIQUE	49
HYPOTHESES	50
I. HYPOTHÈSES TECHNOLOGIQUES	50
II. HYPOTHÈSES CLINIQUES	50

PARTIE EXPERIMENTALE .....	51
I. METHODOLOGIE.....	51
1. Fondements du logiciel .....	51
1.1 Objectifs de recherche : .....	51
1.2. Cadre pour définir le contenu : .....	52
1.3. Définition du contenu : .....	52
1.4. Choix du support : .....	53
1.5. Méthode de travail : .....	54
2. Elaboration du logiciel .....	54
2.1. Calcul pour l'étalonnage du test de D. Cardebat : .....	54
2.2. Reconnaissance vocale et création d'une base de données : .....	55
2.3. Exploitation de données sur la fréquence des mots : .....	57
2.4. Exploitation de données sur les temps de latence : .....	58
2.5. Création et exploitation des regroupements et commutations : .....	59
2.5.1. Prise en compte et création des regroupements : .....	60
2.5.2. Prise en compte des commutations : .....	64
2.6. Création d'une grille d'observation qualitative : .....	65
3. Création de la maquette du logiciel .....	65
3.1. Arborescence du logiciel : .....	67
3.2. Page d'accueil : .....	67
3.3. Partie passation : .....	68
3.3.1. Pré-enregistrement : .....	68
3.3.2. Enregistrement : .....	69
3.4. Partie reconnaissance vocale : .....	70
3.5. Partie validation des résultats : .....	71
3.6. Partie analyses quantitatives : .....	72
3.7. Partie analyses qualitatives : .....	73
3.7.1. Prise en compte de la fréquence et du temps de latence : .....	73
3.7.2. Prise en compte des regroupements et commutations : .....	74
3.8. Partie profil récapitulatif : .....	79
3.9. Démarche de perfectionnement du logiciel : .....	80
4. Création de protocoles.....	81
4.1. Protocole de passation : .....	81
4.2. Protocole d'accès aux résultats : .....	81

II. EXPÉRIMENTATION .....	82
1. Page d'accueil .....	82
2. Partie passation.....	82
2.1. Etude du pré-enregistrement :.....	82
2.2. Etude de l'enregistrement : .....	82
3. Partie reconnaissance vocale et validation .....	85
3.1. Etude de la reconnaissance vocale : .....	85
3.2. Etude de la page de validation : .....	86
4. Partie analyses .....	86
4.1. Etude des analyses quantitatives : .....	87
4.2. Etude des analyses qualitatives : .....	87
4.3. Etude du profil récapitulatif : .....	88
PRESENTATION ET ANALYSE DES RESULTATS.....	89
I. PRÉSENTATION DES RESULTATS .....	89
1. Page d'accueil .....	89
2. Partie passation.....	89
3. Partie reconnaissance vocale et validation .....	91
3.1. Reconnaissance vocale : .....	92
3.2. Page de validation : .....	94
4. Partie analyses .....	98
4.1. Analyses quantitatives : .....	98
4.2. Analyses qualitatives : .....	99
4.3. Profil récapitulatif : .....	105
II. ANALYSE DES RÉSULTATS .....	106
1. Page d'accueil .....	106
2. Partie passation.....	106
3. Partie reconnaissance vocale et validation .....	107
3.1. Reconnaissance vocale : .....	107
3.2. Page de validation : .....	110
4. Partie analyses .....	112
4.1. Page des résultats quantitatifs : .....	112
4.2. Page des résultats qualitatifs : .....	113
4.3. Page du profil récapitulatif : .....	116
DISCUSSION DES RESULTATS .....	118

I. VALIDATION DES HYPOTHÈSES .....	118
1. Hypothèses technologiques.....	118
2. Hypothèses cliniques .....	119
II. DISCUSSION GÉNÉRALE .....	120
1. Discussion sur le logiciel.....	120
1.1. Limites du logiciel : .....	120
1.2. Pistes d'amélioration : .....	121
1.3. Évolutions possibles de l'outil : .....	122
2. Discussion sur l'étude .....	124
2.1. Difficultés rencontrées : .....	124
2.2. Limites de l'étude : .....	125
3. Discussion personnelle .....	125
CONCLUSION .....	127
BIBLIOGRAPHIE .....	128
GLOSSAIRE .....	136
TABLE DES ANNEXES .....	137

# **Etude de faisabilité d'un logiciel de reconnaissance vocale adapté à des tâches d'évocation lexicale**

Mémoire présenté par : Ophélie BALLAND et Aurélie COURTADE JOUANICQ

Encadré par : Xavier DE BOISSEZON et Yann TANNOU

Faculté de Médecine Toulouse-Rangueil, le 22 juin 2015

## **Introduction de la problématique**

---

Les tests consacrés à l'évocation lexicale sont couramment utilisés dans l'évaluation des pathologies neurologiques. Les analyses quantitatives proposées ne permettent pas à elles seules de rendre compte de la richesse d'informations que recouvrent ces tests, et notamment les fonctions cognitives (langage, mémoire...), les fonctions exécutives et les processus mis en jeu. Or la revue de la littérature témoigne de données qualitatives pertinentes à ce sujet. Par ailleurs les analyses dépendent actuellement de la transcription précise de l'orthophoniste lors de la passation des épreuves. Or, bien qu'il existe à l'heure actuelle de nombreux logiciels de reconnaissance vocale transcrivant les mots isolés, aucun n'est à notre connaissance spécialisé dans ce type de tâches d'évocation de liste de mots.

Dans ce contexte, nous nous sommes intéressées à la faisabilité d'un logiciel de reconnaissance vocale adapté à quatre tâches d'évocation lexicale. Ce travail s'inscrit dans un projet commun avec une équipe de chercheurs en informatique de l'IRIT.

## **Méthodologie**

---

Nous étudions dans un premier temps l'efficacité de la reconnaissance vocale adaptée à des épreuves d'évocations lexicales sémantiques et formelles. Pour cela, nous créons une base de données propre à chaque épreuve afin de fournir un lexique restreint au logiciel de reconnaissance vocale.

Nous faisons les hypothèses suivantes :

- Hypothèse 1 : la reconnaissance vocale est efficace à partir d'un dictionnaire restreint adapté à chaque épreuve et du codage temporel fait par l'orthophoniste qui juge chaque production en cliquant sur une touche;

- Hypothèse 2 : l'efficacité de la reconnaissance vocale permet un gain de temps et d'énergie pour l'orthophoniste.

Pour cette étude, nous incluons 45 sujets sains à qui nous faisons passer deux épreuves d'évocations lexicales sémantiques et deux d'évocations lexicales formelles. Nous expliquons la consigne pour chaque tâche et les enregistrons. Ensuite nous créons un fichier de codage temporel contenant l'appréciation des réponses (bonnes ou mauvaises) et les temps correspondants. Enfin, nous comparons nos analyses manuelles aux résultats du logiciel de reconnaissance vocale fourni par l'IRIT et basé sur le lexique que nous avons créé. Les critères de jugement sont le nombre de mots détectés, le nombre de mots identifiés et le taux d'erreurs d'identification par rapport au nombre de mots isolés réellement produits par le patient. Pour étudier le gain de temps et d'énergie, nous avons comparé le temps de passation classique au temps nécessaire aux modifications des transcriptions des mots mal reconnus.

Dans un second temps, nous étudions les analyses fournies par le logiciel. Pour cela, nous élaborons le contenu du logiciel, créons une maquette et participons à la conception de l'outil avec l'équipe de l'IRIT. Le logiciel comprend plusieurs parties à savoir une partie passation, puis une partie analyses.

Nous faisons les hypothèses suivantes :

- Hypothèses 3 : les analyses qualitatives supplémentaires fournies par le logiciel constituent une réelle plus-value pour l'orthophoniste;
- Hypothèse 4 : les analyses quantitatives proposées automatiquement par l'outil concordent avec la réalité;
- Hypothèse 5 : les analyses qualitatives fournies par le logiciel correspondent aux analyses manuelles.

Nous sélectionnons un enregistrement d'un sujet sain puis transcrivons chaque production. Nous comparons ensuite les résultats fournis par le logiciel à nos analyses manuelles selon deux critères de jugement : la présence effective des analyses et leur concordance avec la réalité.

## **Résultats**

---

Résultats relatifs à la faisabilité technologique :

En moyenne, 123 % des mots isolés sont détectés par la reconnaissance vocale et elle identifie 30 % de mots de manière efficace. Le taux d'erreurs est de 70%.

Le temps de modification calculé est en moyenne de 5.85 minutes. Il n'y a ni gain de temps ni d'énergie pour le futur utilisateur.

Résultats relatifs aux analyses du logiciel :

Toutes les analyses souhaitées sont intégrées dans le logiciel (temps de latence en fonction de la fréquence lexicale, regroupements, commutations et processus cognitifs). La totalité des analyses quantitatives et qualitatives proposées automatiquement par le logiciel concordent avec nos analyses manuelles.

Ainsi, la corrélation des analyses du logiciel avec les analyses manuelles dépend en grande partie de l'efficacité de la reconnaissance vocale. En l'état actuel, la vérification et la modification des transcriptions proposées par la reconnaissance vocale sont chronophages. Ce serait donc à l'utilisateur de prendre ce temps nécessaire pour obtenir des analyses opérationnelles.

## **Discussion et conclusion**

---

La première hypothèse n'a pas pu être validée car nous n'avons pas pu la vérifier: la reconnaissance vocale ne s'est basée que sur le lexique restreint et non sur le codage temporel. L'hypothèse n°2 est invalidée puisqu'il n'y a pas de gain de temps.

Les hypothèses n° 3, 4 et 5 relatives aux analyses du logiciel sont validées : toutes les données sont présentes et opérationnelles.

En analysant les résultats de notre étude, nous avons pu constater les limites que présente le logiciel en l'état actuel: elles concernent essentiellement la reconnaissance vocale qui n'est pas efficace, avec seulement 30% de bonnes identifications. Les limites concernent également l'absence de serveur web opérationnel permettant de faire le lien entre la partie « passation » et la partie « analyses » du logiciel.

Toutefois, concernant la reconnaissance vocale, des pistes d'améliorations majeures sont envisageables: l'utilisation du codage temporel, l'adaptation plus spécifique des modèles acoustique et de langage à la tâche étudiée ainsi que la normalisation des conditions d'enregistrement rendraient la reconnaissance vocale bien plus efficace. En termes de serveur, il est nécessaire que les données puissent être centralisées sur un serveur unique, recevant les fichiers générés suite à l'enregistrement et renvoyant automatiquement les transcriptions

faites par la reconnaissance vocale. Ces améliorations pourraient permettre un gain de temps, d'énergie ainsi qu'une réelle plus-value pour les orthophonistes qui apprécieraient l'automatisation de nouvelles données quantitatives et qualitatives.

Par ailleurs, nous discutons l'étude de la faisabilité écologique du logiciel (en cabinet d'orthophonie) et également la normalisation des analyses supplémentaires.

En conclusion, nous présentons aujourd'hui les résultats d'une recherche « Preuve De Concept » témoignant de la faisabilité d'un logiciel de mesure de l'évocation lexicale formelle et sémantique. Cet outil doit encore être perfectionné mais il permet, en l'état actuel, d'envisager la poursuite de la recherche. Ce projet a par ailleurs récemment été présenté au club « langage » de la Société de Neuropsychologie de Langue Française qui souhaite participer à sa normalisation et validation.

## **Bibliographie**

---

Cardebat D, Doyon B, Puel M, Goulet P, Joannette Y. *Evocation lexicale formelle et sémantique chez des sujets normaux : performances et dynamiques de productions en fonction du sexe, de l'âge et du niveau d'étude*. Acta Neurologica Belgica. 1990; 90 (4), 207–217.

Delpy-Delbreil C, Dupleix E. *Fluences verbales : analyses quantitative et qualitative : comparaison entre une population de référence et une population aphasique*. Mémoire de fin d'études pour l'obtention du Certificat de Capacité d'Orthophonie, Université Paul Sabatier Toulouse III, 1991.

Gierski F, Ergis A-M. *Les fluences verbales : aspects théoriques et nouvelles approches*. L'année psychologique, 2004 ; vol 104, n°2 : 331-359.

Godefroy O et le GREFEX. *Fonctions exécutives et pathologies neurologiques et psychiatriques: Evaluation en pratique clinique*. Marseille : Solal, 2008; 168-310.

Jaytner A et Lion M. *Participation à la normalisation et à la validation du GREMOTS. Etude des fluences verbales dans la population normale et les aphasies primaires progressives*. Mémoire de fin d'études pour l'obtention du Certificat de Capacité d'Orthophoniste, Université de Picardie Jules Verne, Amiens, 2013.

Troyer A, Moscovitch M, Winocur G, Leach L et Freedman M. Clustering and switching on verbal fluency tests in Alzheimer's and Parkinson's disease. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 1998, vol 4, 137–143.

# INTRODUCTION

---

La tâche de fluence verbale est couramment utilisée dans la pratique orthophonique: elle est présente au sein de nombreuses batteries, sous diverses formes (catégorielle, formelle, alternée...). Son utilisation la plus fréquente est liée aux pathologies d'origine neurologique, cadre dans lequel nous situerons notre étude.

Cette épreuve constitue à elle seule un indicateur sensible des capacités cognitives du sujet, notamment du langage et des fonctions exécutives. Toutefois, nous avons constaté, au fil de nos lectures et de nos observations, que le cotateur n'a pas en sa possession toutes les clés permettant d'exploiter au mieux les résultats obtenus.

Par ailleurs, la passation de l'épreuve est marquée par une transcription simultanée des réponses du sujet, ceci ne laissant que peu de place à toute autre observation durant l'épreuve.

Ainsi, le logiciel de reconnaissance vocale sur lequel nous avons travaillé permettrait à l'utilisateur non seulement de ne plus avoir à transcrire les productions du patient mais également d'accéder à de nouvelles analyses automatisées des résultats, à la fois quantitative et qualitative.

Nous développerons dans un premier temps les données théoriques nous ayant permis de sélectionner les éléments pertinents à intégrer dans le logiciel. Puis, nous décrirons notre démarche d'élaboration et de création de l'outil, avant de conclure quant aux résultats de l'étude.

# PARTIE THEORIQUE

---

## I. ETAT DES LIEUX : INFORMATIQUE ET ORTHOPHONIE

### 1. Informatique et orthophonie

#### 1.1. Une véritable rencontre :

Selon le Journal Officiel, l'informatique est la « science du traitement rationnel, notamment par machines automatiques, de l'information considérée comme le support des connaissances humaines et des communications dans le domaine technique, économique et social ». Il s'agit donc d'une science qui a pour objet le traitement automatique de l'information. Ce dernier consiste à passer d'informations (données) à d'autres informations (résultats) via l'ordinateur. Le traitement, grâce à des programmes enregistrés en mémoire, peut effectuer des opérations complexes de manière très rapide et automatique. Les principaux champs d'application de l'informatique sont l'informatique de gestion, de loisirs, éducative, industrielle, scientifique, appliquée à la recherche. Cependant, les domaines d'application de l'informatique sont ouverts à d'autres sciences et quasiment illimités.

L'orthophonie, quant à elle, est au carrefour de plusieurs sciences : les Sciences de la vie et de la terre et les Sciences humaines et sociales. Selon Françoise Estienne « pratiquer l'orthophonie relève d'un art et d'une science. En tant que science, l'orthophonie est aux confins de plusieurs disciplines telles que la médecine, la psychologie, la pédagogie, les sciences du langage, l'ethnographie, les sciences de la communication, l'informatique ». (Estienne, 2004, p 276)

Nous pouvons alors envisager que l'orthophonie puisse être, au même titre que les sciences précitées, un domaine d'application de l'informatique. Cela nous amène à une réflexion sur l'utilisation du support informatique dans la pratique orthophonique.

Dans la revue de la littérature, peu d'ouvrages sont consacrés à l'état des lieux des interactions entre orthophonie et informatique. Or l'informatique est un outil quotidien dans la pratique orthophonique.

En effet, l'orthophoniste utilise le support informatique à des fins bureautiques dans un premier temps (gestion, comptabilité du cabinet, rédaction de comptes-rendus de bilans, de courriers

administratifs, télétransmission des feuilles de soin) mais aussi pour l'évaluation et la rééducation des patients.

Concernant l'utilisation en bureautique, il existe des logiciels spécifiques d'aide à la gestion du cabinet. Quant à l'utilisation en pratique clinique, il existe diverses applications adaptées aux exigences.

### 1.2. Intérêt de l'informatique en orthophonie :

Les intérêts de l'informatique sont multiples dans la pratique orthophonique. De manière générale, l'informatique permet de bénéficier d'un caractère rigoureux, précis, stable, fiable. Le support informatique permet également une standardisation et une portabilité.

Les principaux intérêts de l'informatique (tant en évaluation qu'en rééducation) sont les suivants :

- l'informatique offre la possibilité de stocker, de récupérer, sélectionner, classer, analyser des bases de données (à caractère verbal ou non) de manière très rapide. Le gain de temps pour l'orthophoniste est non négligeable.
- le multimédia offre une grande diversité de données. Les données auditives, écrites et visuelles (image ou vidéo) peuvent être traitées de manière concomitante ou sélective.
- le paramétrage permet à l'orthophoniste de gérer et modifier les éléments, leur nombre, leur disposition spatiale et temporelle, etc.

## **2. Ordinateur et tablette : outil et support adaptés à l'orthophonie ?**

De nouveaux outils et supports sont accessibles pour les orthophonistes.

### 2.1. Présentation :

	<b>Ordinateur</b>	<b>Tablette (électronique/numérique) : Ardoise électronique</b>
Définitions	Une machine automatique de traitement de l'information, obéissant à des programmes formés par des suites d'opérations arithmétiques, logiques et algorithmiques.	Un ordinateur portable ultraplat qui se présente sous la forme d'un écran tactile sans clavier offrant les mêmes fonctionnalités qu'un ordinateur personnel.  Intermédiaire entre l'ordinateur portable et le Smartphone. La première tablette tactile grand public, l'i Pad 1, est apparue récemment sur le marché en 2010. Elle était alors présentée comme une version plus grande de l'i Phone.

Différences	<p>- différence logicielle : les logiciels utilisés sur l'ordinateur ne sont pas compatibles avec le système d'exploitation d'une tablette</p> <p>- différence matérielle : pas de possibilité d'augmenter la capacité de stockage d'une tablette, alors qu'il suffit d'un disque dur pour l'ordinateur.</p>	
Utilisation	<p>Utilisations en évaluation et en rééducation au quotidien :</p> <p>-Télétransmission : de nombreux logiciels sont mis en place pour la télétransmission.</p> <p>-Evaluation : des logiciels spécifiquement orthophoniques sont mis à disposition tels qu'Exalang, ECVO, BIA, BIMM.</p> <p>- Rééducation :  → logiciels ludo-éducatifs vendus dans le commerce sont figés, peu adaptés mais attractifs.  → logiciels spécifiquement orthophoniques conçus par des orthophonistes, répondent à des besoins plus spécifiques :  - matériel libre : support photos, images, sons, vidéos exploitables directement ou pour créer du matériel orthophonique. Nous pouvons aussi citer des logiciels comme Open office vox, un traitement de texte avec une synthèse vocale ;  - matériel plus ciblé mais adaptable selon l'âge et la pathologie. Le logiciel Gerip par exemple est une base de travail variée, évolutive. Le logiciel Aphasia permet de travailler l'évocation, l'expression et la compréhension orale et écrite</p>	<p>Possibilités d'utilisations plus restreintes :</p> <p>-Télétransmission : il n'existe pas à ce jour d'application sur tablette permettant de gérer la télétransmission des feuilles de soins. Néanmoins, certains éditeurs comme Epsilog et Logicmax possèdent des applications i Phone/i Pad mais celles-ci ne sont pas autonomes et ont besoin d'être synchronisées avec le logiciel du même éditeur installé sur un ordinateur.</p> <p>- Evaluation : un nombre infime de logiciels disponibles sur ordinateur le sont également sur tablette. Cette dernière est un support encore peu exploité en tant qu'outil d'évaluation.</p> <p>- Rééducation : certains logiciels de rééducation ne peuvent pas être transférés sur tablette. Cependant certains éditeurs proposent de plus en plus d'accès en ligne à leurs logiciels (comme la plateforme Gerip ou encore LangageOral.com), ce qui permet de les manipuler via un navigateur internet (et donc soit à partir d'un ordinateur, soit à partir d'une tablette).</p>

## 2.2. Intérêts des ordinateurs et tablettes en orthophonie :

Si l'utilisation des logiciels est communément admise en orthophonie aujourd'hui, l'usage des tablettes se démocratise peu à peu et celles-ci font leur apparition dans les cabinets d'orthophonie. Voici les intérêts et limites des logiciels sur ordinateur et des tablettes (nous avons symbolisé par un « + » les avantages et par un « - » les limites de chacun):

	<b>Logiciels sur ordinateur</b>	<b>Tablettes</b>
+	<ul style="list-style-type: none"> <li>- pour l'évaluation : état des lieux objectif des capacités des patients, une standardisation des conditions de présentation, une fiabilité des réponses, un comptage des réponses, et des temps de latence. Possibilité d'enregistrement des réponses et d'impression des résultats, et donc de comparaison des évaluations au fil du temps les évaluations au fil du temps</li> <li>- pour la rééducation : possibilité d'ajouter, de modifier des données adaptées au patient</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- légères, peu encombrantes ;</li> <li>- simples d'utilisation ;</li> <li>- panel d'applications téléchargeables et de fonctions utilitaires (caméra, dictaphone, calculatrice, chronomètre)</li> <li>- rapidité de lancement des applications et du démarrage de l'appareil ;</li> <li>- support attractif pour les patients ;</li> <li>- nouvel outil qui « simplifie, dynamise et précise l'évaluation » selon une orthophoniste présentant un logiciel sur tablette.</li> </ul>
-	<ul style="list-style-type: none"> <li>- non substituable à la manipulation concrète d'objets</li> <li>-coût malgré des premiers prix de plus en plus abordables</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- fragilité de l'écran</li> <li>- sensibilité de l'écran tactile (faux clics possibles)</li> <li>- coût malgré des premiers prix de plus en plus abordables</li> <li>-non substituable à la manipulation concrète d'objets</li> </ul>

En conclusion, quel que soit l'outil, il s'agit avant tout d'une aide, et non d'un objectif en soi. Leur utilisation doit toujours se faire en complément des autres outils présents dans la palette de l'orthophoniste.

## **3. La reconnaissance vocale : une technique informatique mise à profit en orthophonie**

L'informatique a rendu possible la mise au point d'outils et de systèmes informatiques performants comme la visualisation de phénomènes physiologiques et des mesures aérodynamiques telles que le flux d'air buccal et nasal dans l'examen de la fonction vélo-pharyngée, la pression sous glottique et la pression intra buccale.

La reconnaissance vocale est un exemple de ces outils informatiques. Il s'agit de traitement automatique de la parole. Il existe deux types de reconnaissance vocale :

- La **commande vocale** permet de contrôler des dispositifs mécaniques et électroniques de l'environnement par la voix. Par exemple, la télévision, le téléphone, la voiture. Cette aide est notamment adaptée aux personnes non voyantes et aux handicapés moteurs. Des applications informatiques se sont basées sur cette technologie pour transformer la souris (outil scripteur) en souris « vocale ».

- Les outils **d'analyse de la voix et de la parole** qui permettent l'exploitation de l'évaluation et de la rééducation. La reconnaissance vocale offre l'analyse des différents paramètres de la production de parole tels que la hauteur, le fondamental usuel, l'étendue vocale, l'intensité, l'étendue de l'intensité, le timbre, le temps maximum phonatoire, l'amplitude, la pression, l'efficacité, la fuite et la résistance glottique. Ces analyses permettent de fournir un ensemble de mesures objectives. Il s'agit donc d'une visualisation spectrale des paramètres de la voix chantée, parlée. Ce feed-back visuel permet d'objectiver les progrès du patient, et donne à voir de manière précise certains éléments que le thérapeute aurait du mal à entendre comme le fondamental usuel. Parmi les logiciels dédiés à cette analyse, nous pouvons citer EVA, VOCALAB, Speech viewer.

Par ailleurs, la reconnaissance vocale est à l'ordre du jour dans bien des domaines, en particulier dans celui de la recherche. La « Parolothèque », à Toulouse, s'intéresse tout particulièrement à la parole des patients en cancérologie. En effet, grâce à des entretiens réalisés avec des patients et les évolutions technologiques, il est aujourd'hui possible de stocker et traiter automatiquement la parole. Ces évolutions pourraient alimenter à la fois la recherche dans le domaine du traitement automatique de la parole mais aussi dans le domaine des Sciences humaines et sociales. En effet, les entretiens représenteraient une ressource linguistique dont pourraient être extraites d'autres informations notamment psychologique, épidémiologiques, sociologiques, etc. A terme, l'impact des troubles de la communication sur les relations du patient et sur sa qualité de vie pourraient être des domaines d'application plus précis (amélioration de l'intelligibilité de la parole, des troubles de la communication sur la qualité de vie...).

Ainsi des projets impliquant différentes disciplines voient le jour à partir des avancées en termes de traitement automatique de la parole. Dans ce contexte, nous nous sommes intéressées aux tests d'évocation lexicale et à la reconnaissance vocale.

## II. ETAT DES LIEUX : FLUENCE ET ORTHOPHONIE

### 1. Présentation

L'épreuve de fluence verbale (ou évocation lexicale, ou disponibilité lexicale) est un des outils incontournables de la pratique orthophonique. La consigne générale est la production du plus grand nombre de mots possible obéissant à un critère en un temps limité.

Il s'agit de tâches simples qui évaluent l'intégrité du réseau sémantique, son organisation lexico-sémantique, les stratégies mobilisées, certaines fonctions exécutives. Plus particulièrement, il s'agit plus particulièrement d'évaluer la disponibilité lexicale, c'est-à-dire la capacité d'un individu à évoquer et donner oralement, en un temps limité, le plus de mots possible à partir d'un critère.

Les épreuves d'évocation sont des épreuves « semi-libres ». En effet, le sujet est libre de répondre ce qu'il veut (réponses personnelles, pas de réponses strictement « attendues »), si et seulement si les réponses respectent la consigne.

Le test de fluence verbale se distingue d'autres épreuves telles que celles de :

- dénomination : à la différence de cette épreuve, la fluence ne propose pas d'entrée perceptive visuelle. Les réponses au test de dénomination sont alors déterminées par des stimuli externes (photos ou images). L'épreuve de dénomination dépend donc moins des ressources exécutives.
- génération : dans la tâche d'évocation, il n'y a pas de couples lexicaux. La génération permet de voir quel axe est privilégié (syntagmatique ou paradigmatic) et permet de dissocier les performances entre substantifs et verbes.

La fluence verbale se distingue également de la notion de fluidité verbale, régulièrement confondue avec la fluence verbale, qui correspond quant à elle au débit de l'expression orale d'un sujet. Elle est évaluée au cours du langage spontané ou de la description de scènes imagées et dépend du nombre de mots émis par minute, du nombre de pauses ou de leur allongement.

#### 1.1. Dans la pratique orthophonique :

La fluence verbale peut recouvrir plusieurs modalités :

- fluence phonémique : évocation du plus de mots possible qui commencent par un même son ;
- fluence orthographique/ alphabétique/ littérale : évocation du plus de mots possibles qui commencent par une même lettre ;

- fluence sémantique/ catégorielle/ paradigmaticque : évocation du plus de mots possible qui appartiennent à une même catégorie, à un même réseau sémantique. Les catégories peuvent être les suivantes : fruits, vêtements, animaux ;
- fluence syntagmatique, dirigée vers un but : évocation du plus de mots possible qui font référence à une situation concrète. Un exemple de situation concrète décrite par Delpy-Delbreil C. et Dupleichs E., dans leur mémoire d'orthophonie est le camping (Delpy-Delbreil et Dupleichs, 1991). Les mots évoqués n'ont pas forcément la même classe grammaticale (« camper, tente, dehors, pittoresque, dormir »), ils entretiennent des rapports sur l'axe syntagmatique ;
- fluence écologique : même consigne que la fluence précédente mais plus adaptée au vécu de la personne. Par exemple, la consigne peut-être : « dites-moi tout ce qu'il y a dans votre chambre » ou encore « dites-moi tout ce qui vous fait penser au camping ». Ce dernier exemple illustre le fait que cette fluence est dépendante du vécu de la personne. De fait, la situation de camping évoquera peu de choses à un individu n'ayant jamais campé;
- fluence verbale alternée : épreuve au cours de laquelle il faut alterner deux critères au moins. Elle peut être de type littéral (alterner des critères formels), catégoriel (alterner des catégories) ou mixte (alterner un critère formel puis un critère catégoriel) ;
- fluence libre : évocation lexicale sans critère ;
- fluence induite : évocation lexicale en réponse à une définition ;
- fluence d'actions : évocation de verbes non conjugués et non inclus dans une phrase.

## 1.2. En évaluation : fluence sémantique et formelle :

Dans notre mémoire, nous nous concentrerons sur les fluences les plus pratiquées en évaluation en orthophonie, à savoir les fluences sémantique et formelle. Pour faciliter la lecture, nous utiliserons ici les termes « ELS » et « ELF » pour désigner l'Évocation Lexicale Sémantique et l'Évocation Lexicale Formelle. Il s'agit de produire le plus grand nombre possible de mots obéissant à un critère sémantique (ELS) ou phonologique ou orthographique (ELF) en un temps limité (D.Cardebat et al., 1990).

- ELS : Les épreuves d'ELS consistent à énoncer en un temps limité un maximum de mots appartenant à une catégorie (critère sémantique) demandée par l'examineur. D'après Tombaugh et al., cités par Gierski et Ergis, la catégorie la plus utilisée dans la littérature est celle des animaux. Crowe, cité par Gierski et Ergis, a également montré que le niveau de performance est

proportionnel au nombre d'items disponibles dans la langue, pour chaque catégorie (Gierski et Ergis, 2004).

- ELF : Les épreuves d'ELF consistent à énoncer un maximum de mots commençant par une lettre ou un son donné(e). La lettre choisie est le plus souvent déterminée en fonction de sa fréquence d'occurrence dans la langue. En effet, une étude de Borkowski et al. (1967), a montré que la disponibilité lexicale est corrélée avec la fréquence d'apparition de la lettre demandée. La performance obtenue dépendrait de la fréquence d'occurrence des mots commençant par telle lettre dans la langue donnée (Ruff et al. Cités dans Gierski et Ergis, 2004). A titre d'exemple, dans la langue française, les lettres les plus couramment utilisées sont P, F, R, S, T alors que dans les études anglophones, ce sont les lettres F, A, S qui sont couramment utilisées.

## **2. Inventaire des différents tests**

### **2.1. Test d'évocation dans une épreuve unique :**

- **Test de Dominique Cardebat et al. (1990)**, à l'origine du test d'évocation lexicale :

Les auteurs sont à l'origine des deux épreuves de fluence sémantique et formelle. Les épreuves consistent donc en la production en deux minutes d'un maximum de mots répondant à un critère sémantique ou formel (Cardebat et al. 1990).

Selon D. Cardebat et al. (1990), il s'agit d'une évaluation de « plusieurs fonctions cognitives : le langage, la fluence verbale et la mémoire de travail et la mémoire sémantique » à travers un test simple de production de langage.

La fluence verbale évalue également nombre de fonctions exécutives que nous détaillerons plus loin.

- Matériel : chronomètre, papier, crayon.

- Temps de passation : 2 minutes. L'ordre de passation des épreuves est aléatoire.

- Critère sémantique : pour l'ELS, il s'agit de dire le plus de noms d'animaux, de fruits ou de meubles. Et ceci en deux minutes. Trois critères sémantiques ont été retenus: « animaux », considéré comme riche en items, « meubles » considéré comme pauvre en items et « fruits » considéré comme intermédiaire. Les tâches sémantiques sont considérés plus simples que les tâches formelles. Par ailleurs, comme expliqué précédemment, le niveau de performance pour un critère

donné dépend du nombre d'items disponibles dans la langue. Ainsi, le critère sémantique des « animaux » a été retenu du fait du sur-apprentissage de ce champ sémantique particulier dès l'enfance allié au grand nombre d'items et de sous champs sémantiques le composant (Cardebat et al., 1990).

La consigne est la suivante : «Vous allez devoir me dire le plus de noms que vous connaissez, dans la catégorie que je vais vous donner et ceci en deux minutes ; sans noms de la même famille, et sans répétition.... Par exemple pour la catégorie des fleurs, vous pouvez me dire rose, dahlia, violette. Avez-vous bien compris ? ».

- Critère formel : l'ELF consiste quant à elle, à évoquer un maximum de mots commençant par la lettre P, R, ou V. Et ceci en deux minutes. Les lettres ont été choisies selon l'occurrence dans la langue. Les lettres choisies ici ont été retenues en fonction de leur fréquence phonémique en position initiale dans la langue française (très élevée pour P, moyennement élevée pour P, peu élevée pour V). Dans la langue française, les lettres les plus couramment utilisées sont P, F, R, S, T (Cardebat et al., 1990). La fréquence a été déterminée grâce à la banque de données informatisées du laboratoire CERFIA, (1988).

La consigne est la suivante : «Vous allez devoir me dire le plus de mots français possibles, soit des noms, soit des verbes, soit des adjectifs, etc. commençant par la lettre que je vais vous donner et ceci en deux minutes. Ne dites pas des mots de la même famille, de noms propres et ne vous répétez pas. Par exemple avec la lettre L, vous pouvez dire lune, laver, laborieuse.

Avez-vous bien compris ? »

Depuis, l'épreuve de fluence a joué un rôle essentiel et est devenue une des épreuves couramment pratiquée dans les évaluations orthophoniques, épreuve ne nécessitant que peu de temps et de matériel. Pour preuve, des tâches de fluence sont proposées dans de nombreuses batteries d'évaluation, informatisées ou non, quel que soit le domaine.

- Autre test communément utilisé : le **Set Test d'Isaacs** (Isaacs et Kennie, 1972)

Il s'agit d'un test de fluence sémantique conçu par Isaacs et al. en 1972 et ré-étalonné en français par Thomas-Antérion et al. (Thomas-Antérion et al., 2008). Le patient doit produire successivement le plus de noms de couleurs, d'animaux, de fruits et de villes.

Ce dernier est notamment intéressant pour le dépistage précoce de la maladie d'Alzheimer, rapide à utiliser et constituant «un bon outil de repérage d'une difficulté sémantique ou exécutive (accès au stock)» (Thomas-Antérion, 2008).

- Matériel: chronomètre, papier, crayon.
- Temps de passation: 1 minute, à savoir 15 secondes par catégorie sémantique (pour éviter l'effet plafond). L'épreuve est terminée lorsque le sujet a nommé dix mots dans chaque catégorie ou pense ne plus pouvoir en nommer.
- La consigne est la suivante: « Vous devez produire le plus de mots possible pour les catégories que je vais vous proposer sans faire de répétition ni donner de noms de la même famille. Il s'agit d'aller très vite car le temps est limité à 15 secondes ».

## 2.2. Epreuves de fluences incluses dans des batteries :

Les batteries proposent divers termes pour désigner les fluences mais pour faciliter la lecture, nous utiliserons toujours ici les termes « ELS » et « ELF », comme précisé précédemment, pour désigner l'Evocation Lexicale Sémantique et l'Evocation Lexicale Formelle.

Les conditions de passation sont les suivantes :

- Matériel : chronomètre, feuille de cotation des mots évoqués.
- Temps de passation : notion de « temps limité ». Le temps de l'épreuve varie de 1 à 2 minutes 30 secondes.
- Les consignes diffèrent quelque peu selon les batteries et tests mais la consigne commune est la suivante : il s'agit de produire le plus de mots isolés possible en accord avec les consignes et dans un temps limité.

Voici une liste non exhaustive de batteries incluant des épreuves de fluence verbale appliquées à différents domaines. Les épreuves choisies ne sont pas identiques : elles sont sélectionnées et adaptées à la symptomatologie des pathologies.

Langage oral	Langage écrit	Neurologie
<ul style="list-style-type: none"> <li>- L2MA (ELF lettre P et lettre F, ELS sport, métier, vacances)</li> <li>- ELOLA (ELS objets, animaux)</li> <li>- EDA (ELS animaux)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- L2MA (ELF lettre P et lettre F, ELS sport, métier, vacances)</li> <li>- BALE (ELF lettre P)</li> <li>- DENO 48 (ELS animaux et lettre M)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- BEC 96 (fluence animaux)</li> <li>- GREFEX (ELF P, ELS animaux)</li> <li>- GREMOTS (fluence des verbes, ELS fruits, ELF lettre V)</li> <li>- MT 86 (LES animaux)</li> <li>- MEC (ELF lettre P, ELS vêtements et une épreuve d'évocation libre)</li> <li>- la BREF (ELF lettre S)</li> <li>- le TLE: test de langage élaboré pour Adultes (fluence induite)</li> </ul>

### 2.3. Epreuves informatisées :

<b>Langage oral</b>	<b>Langage écrit</b>	<b>Neurologie</b>
- BILO 2 -BILO 3c (fluence noms et verbes)	- ALOE (fluence phonémique)	- i-MEC (ELF lettre P, ELS vêtements et une épreuve d'évocation libre) Possibilité de fermer les yeux pendant l'épreuve.

### 3. Cotations : aspect quantitatif

#### 3.1. Etat des lieux :

Actuellement, les deux étalonnages de D. Cardebat et de la batterie du GREFEX sont les plus utilisés. Ils présentent en effet l'avantage de proposer un étalonnage tant en fluence sémantique que formelle ainsi qu'une fourchette d'âges relativement large. Voici une présentation de ces deux approches de l'épreuve de fluence.

	<b>Cardebat (1990)</b>	<b>GREFEX : nouvelles données normatives</b>
Durée	2 minutes	2 minutes
Fluences	Formelle (P, R, V) et sémantique (fruits, meubles, animaux)	Formelle (lettre P) puis sémantique (animaux)
Matériel	Feuille de notation, chronomètre	Feuille de notation, chronomètre
Transcriptions	Tableau de 4 colonnes : 1 colonne par tranche de 30 secondes Tiret tracé toutes les 15 secondes	Tableau de 2 colonnes Tiret tracé toutes les 15 secondes

Résultats quantitatifs	<ul style="list-style-type: none"> <li>- nombre total de mots produits</li> <li>- nombre de répétitions</li> <li>- nombre d'erreurs (non respect de la consigne : mots étranger, noms propres, mots commençant par une autre lettre/appartenant à une autre catégorie)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- nombre d'items corrects</li> <li>- nombre de répétitions</li> <li>- nombre de non respect de la consigne</li> <li>- nombre appartenant à une autre catégorie</li> <li>- nombre de retours à la tâche de fluence formelle</li> </ul>
Résultats qualitatifs	<p>En ELS animaux : « canard, cane, caneton » seront comptabilisés pour 3 mots produits et 2 erreurs. En revanche, « cheval, jument, poulain » comptent simplement pour trois mots produits.</p> <p>Si un hyperonyme est décliné (nom de la catégorie sémantique), seules les déclinaisons comptent : « animaux, pie, corbeau, perroquet » comptent pour quatre mots produits et une erreur (« oiseau » doit être considéré comme une erreur, dès lors que le patient a été prévenu).</p>	<p>Pour la fluence sémantique, trois types de ruptures de règles sont alors possibles et doivent être comptabilisées indépendamment : les mots dérivés, les mots appartenant à une autre catégorie, les retours à la tâche de fluence formelle.</p>
Etalonnage	<p>168 sujets francophones : langue française maternelle, droitier (Edinburgh), Critère d'exclusion: trouble neurologique, psychiatrique, un score inférieur à 28/30 au MMS.</p> <p>Tableau (cf annexe 1)</p> <p>Calcul du score par rapport à la moyenne et à la déviation standard</p>	<p>718 sujets : sujet francophone, Critère d'exclusion : acquisition insuffisante de l'alphabet, lecture, écriture, comptage de calcul, déficit perceptif, traumatisme crânien, déficit neurologique, antécédent psychiatrique nécessitant un séjour en milieu spécialisé, trouble de la sphère psychiatrique nécessitant des traitements pharmacologique, éthylisme actuel, antécédent de sevrage, anesthésie générale de moins de 2 mois, intervention cardiaque, déficit au MMSE.</p> <p>Distribution non gaussienne : analyse en percentile et utilisation d'un score seuil pour l'analyse des résultats. Score déficitaire si inférieur ou égal au score seuil.</p> <p>Possibilité de calculer le score à partir de la moyenne et de la déviation standard</p> <p><u>Sexe</u> : homme/femme  <u>NSC</u> : 3 niveaux : niveau 1 (moins de 9 ans d'études à partir du CP); niveau 2 (entre 9</p>

	<u>Sexe</u> : homme/femme <u>NSC</u> : 2 niveaux : supérieur à 9 ans de scolarisation; inférieur à 9 ans de scolarisation <u>Age</u> : 3 tranches d'âge : de 30 à 45 ans, de 50 à 65 ans, et de 70 à 85 ans.	et 11 ans d'études, sans le baccalauréat); niveau 3 (plus de 11 ans, obtention du baccalauréat et plus) <u>Age</u> : 3 tranches d'âge : de 20 à 40 ans, 40 à 59 ans, 60 ans et plus.
--	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

### 3.2. En d'autres termes :

#### 3.2.1. Résultats quantitatifs étalonnés :

Plusieurs analyses sont faites à partir du test de fluence. Sont pris en compte les nombres de mots corrects prononcés, nombre d'erreurs (violation des consignes et mots mal prononcés), nombre de répétitions. Ces données brutes permettent de situer la performance des sujets selon leur âge, sexe, et niveau socioculturel grâce à l'étalonnage effectué. Mais les seules données quantitatives ne rendent pas compte des processus cognitifs complexes de ce type de tâche. D'autres analyses sont effectuées.

#### 3.2.2. Résultats qualitatifs non étalonnés :

L'analyse qualitative est nécessaire. Une analyse des erreurs est à effectuer pour affiner les résultats quantitatifs. Certaines batteries proposent des pistes d'interprétations en listant des aspects à observer, comme le nombre de mots sémantiques explorés, le nombre de mots dits par champ sémantique, la stratégie d'exploration du savoir sémantique (catégorielle, alphabétique, grammaticale), la distribution des mots selon le temps, la vitesse d'évocation.

Par ailleurs et comme toute évaluation, l'observation des troubles non spécifiques à l'épreuve est également nécessaire. En effet, les troubles sensoriels, psychoaffectifs, gnosiques, praxiques, les hémiplésies ou hémiparésies, les déficits attentionnels, mnésiques, la fatigabilité, l'émotivité, le degré de vigilance, ainsi que les traitements médicamenteux sont à observer. Prendre en compte le sujet dans sa globalité est indispensable.

#### 3.2.3. Apports de la littérature :

De nombreuses études proposent de nouvelles analyses.

- Les **observations qualitatives** des productions :

Par exemple, sont proposées :

- des analyses sur la fréquence des mots (très, moyennement, peu fréquents),
- la longueur des mots (mono, bi, trisyllabique, plus de trois syllabes),
- la présence de répétitions inconscientes/conscientes/avec doute, d'intrusions (nom propre, légumes pour les fluences catégorielles des fruits), de persévérations (répétitions d'un même mot qui apparaît de façon inappropriée), de modalisations (commentaires sur le mot donné ou sur la tâche),
- la prise en compte des types d'erreurs commises (digressions, paraphasies, néologismes, par exemple les « animaux imaginaires », du nombre d'animaux commençant par la lettre P, l'influence de la tâche de fluence sémantique sur la tâche de fluence formelle)
- et la répartition des mots évoqués dans les différentes classes grammaticales (substantifs, verbes, adjectifs, adverbes).

- La notion de **temps** :

Crowe (1998), cité par Gierski et Ergis, s'était déjà intéressé à l'analyse quantitative et qualitative des mots produits en fonction du temps chez de jeunes adultes de 18 à 35 ans, auxquels il a proposé des tâches de fluence sémantique et formelle. Il propose de noter les productions par paliers de 15 secondes (Gierski et Ergis, 2004). Sur le plan quantitatif, il a observé une production importante pour les deux types de fluence dans les quinze premières secondes et une diminution du nombre de mots en fonction du temps.

Jaytner A. et Lion M., dans leur mémoire d'orthophonie, prennent en compte le défaut d'initiation à partir du moment où le sujet ne produit rien pendant les quinze premières secondes (Jaytner et Lion, 2013). Tisser A-C. et Travers C., dans leur mémoire d'orthophonie, proposent de compter le nombre correspondant aux temps de latences (c'est-à-dire le nombre de fois où le sujet ne donne pas de réponses, correctes ou incorrectes, pendant un temps supérieur ou égal à 15 secondes) (Tissier et Travers, 2013).

- La notion de « **prototypicalité** » :

Dans la tâche de fluence sémantique des animaux, les mots « chien » et « chat » apparaissent presque exclusivement au début, comme le soulignent Delpy-Delbreil C. et Dupleichs E. dans leur mémoire d'orthophonie (Delpy-Delbreil et Dupleichs, 1991).

Crowe, cité par Gierski et Ergis, s'est intéressé à ces notions et a observé une production plus importante dans les 15 premières secondes avec une distribution de mots fréquents et typiques et

une diminution de la typicalité, de la fréquence moyenne d'occurrence dans la langue des mots produits en fonction du temps. Crowe explique ce phénomène en termes de modèle d'organisation lexicale. Il y aurait **deux types de stocks** : un stock à long terme (« topicon ») facilement accessible et contenant des mots fréquents, et un stock plus vaste dans lequel on puise lorsque le « topicon » est épuisé. En partant de ce modèle, on peut faire l'hypothèse que durant les premières secondes, pour chaque type de fluence, un stock de mots fréquents est disponible et automatiquement activé. À mesure que le temps passe, cette réserve s'épuise et la production devient plus coûteuse, moins productive et plus dépendante des fonctions exécutives. Les mots dits « prototypiques » apparaissent au début puis progressivement les sujets font des liens moins familiers. (Gierski et Ergis, 2004)

Rosen, cité par Goulet et al., suggère quant à lui **deux processus différents** selon le temps : un premier (30 secondes) durant lequel les items produits ont un lien fort avec l'hyperonyme proposé comme critère de production (et l'activation dite automatique se fait par propagation d'items sémantiquement liés), puis un second temps durant lequel les processus d'exploration systématique du lexique sont davantage contrôlés (Goulet, 1989).

En somme, la réussite aux tâches de fluence verbale dépendrait donc de l'efficacité de processus automatiques mais également contrôlés.

- La notion de « **regroupements** » ou encore de « segments », d' « enchaînements », de « clusters » de plusieurs mots se succédant (à partir de 2 mots consécutivement prononcés) : Des études sur des tâches de fluences de longues durées (de 15 à 30 minutes) indiquent que la production de mots ne se distribue pas de manière uniforme sur la période de temps allouée, mais est marquée par la survenue rapide de groupes de mots (Gierski et Ergis, 2004).

Ces groupes de mots ont un ou plusieurs liens entre eux. Différentes études ont classifié et comptabilisé ces liens selon une ou plusieurs catégories (sémantique, formelle, morphologique) :

En 1980, Gruenewald et Lockhead, cités par Gierski et Ergis, affirment que les mots d'un même regroupement seraient liés de manière sémantique (Gierski et Ergis, 2004).

En 1991, Delpy-Delbreil C. et Dupleix E., dans leur mémoire d'orthophonie, différencient les « enchaînements formels » aux « enchaînements sémantiques », selon la nature du lien qui regroupe les mots (Delpy-Delbreil Christine et Dupleix Elisabeth, 1991). Par exemple :

- **un enchaînement formel** (par pseudo homophones, par rime, par syllabe initiale commune),

- **un enchaînement sémantique** :

- Pour les fluences formelles: lien sur le plan syntagmatique (comme « valise, voyage, vacances ») ou paradigmatique (comme « pull, pantalon »)

- Pour les fluences sémantiques:
  - animaux : selon le lieu de vie (sauvage de pays chauds, sauvages de pays froids, de la ferme, domestique, aquatique, dans les airs), ou la zoologie (comme les vertébrés et les invertébrés).
  - fruits : selon la morphologie des fruits (à noyau ou à pépin par exemple) ou selon le lieu de récolte et les habitudes de classement dans la vie quotidienne, (comme les fruits exotiques, les fruits secs, les agrumes). S'il n'y a pas de stratégie, il s'agit d'une association libre.

De plus, lorsqu'il y a plusieurs enchaînements de même nature, cette étude propose de parler de « stratégie », de « fonctionnement » formel et/ou sémantique.

Jaytner A. et Lion M., dans leur mémoire d'orthophonie, différencient également les clusters (ou regroupements) formels et sémantiques mais rajoute les clusters morphologiques (mot reliés par un morphème commun). La taille des regroupements (c'est-à-dire le nombre de mots regroupés) est ensuite comptabilisée mais le passage d'un regroupement à un autre n'a pas été pris en compte car l'analyse a été considérée comme peu objectivable. (Jaytner et Lion, 2013)

Enfin, Bonjean A. et Scouarnec A., dans leur mémoire d'orthophonie, prennent en compte ces nouvelles données en comptabilisant le nombre de « segments », c'est-à-dire de regroupements de mots appartenant à une même sous-catégorie sémantique ou phonémique, la taille moyenne des segments, la taille du plus grand, et du plus petit sont pris en compte. Sont également analysés le nombre de mots sous-catégorie hors segment (mot qui appartient à la catégorie mais qui sont prononcés en dehors du segment) et le nombre de mots isolés (Bonjean et Scouarnec, 2013).

Pour conclure quant aux analyses en termes de cluster, selon Troyer et al, cités par Gierski et Ergis, les analyses de regroupements de mots présentent un réel intérêt dans l'interprétation des tâches de fluence et dans le diagnostic : les analyses quantitatives ne suffisent pas. Par exemple, sur des tâches de fluence, des analyses quantitatives et qualitatives ont été proposées chez des patients atteints de démence de type Alzheimer, de démence de la maladie de Parkinson, de patients non déments atteints de la maladie de Parkinson, et les sujets contrôles appariés sur le plan démographique. L'analyse quantitative n'a pas apporté de résultat satisfaisant mis à part les performances déficitaires en fluences formelles et sémantiques chez les sujets déments. L'exploitation des résultats quantitatifs ne permet pas de comparer les sujets déments des sujets témoins appariés (Gierski et Ergis, 2004).

Ainsi, l'analyse qualitative proposée par Troyer et al. notamment sur les regroupements de mots, semble davantage discriminer les patients déments des patients contrôles appariés, elle permet de différencier des groupes de pathologies, et présente un intérêt également pour l'analyse des stratégies de récupération de mots et des réseaux lexico-sémantiques. L'intérêt d'une analyse qualitative n'est désormais plus à démontrer.

### **III. FLUENCE ET INFLUENCE**

#### **1. Structures neuro anatomiques impliquées**

##### 1.1. Structures impliquées chez des sujets sains :

Selon Koren et al. (2005), l'implication du lobe frontal est plus importante que le lobe temporal dans ce type de tâches. En effet, Henry et al. (2004) ont montré que les deux types de fluences impliquent le lobe frontal et sollicitent des processus exécutifs de même nature avec une intensité identique. Cependant chaque épreuve de fluence (formelle/sémantique) implique des zones cérébrales différentes.

Grâce à l'IRM fonctionnelle, Paulesu et al. (1997) ont localisé à la fois l'activation des bases cérébrales et les modifications éventuelles de celle-ci. Des foyers d'activation communs ont été identifiés dans les aires 44 et 45 de l'aire de Broca au niveau de la portion antérieure du gyrus frontal inférieur gauche, associés à l'activation de régions différentes au sein de ce même gyrus selon le type de tâche de fluence :

- le débit sanguin cérébral augmente au niveau de la partie postérieure du gyrus frontal inférieur gauche et de l'insula gauche pour la tâche de fluence littérale; Piskunowicz et al. (2013) ont également mis en évidence une activation du cortex préfrontal de l'hémisphère gauche et du lobe temporal médian gauche sur cette même fluence. Ce qui pourrait s'expliquer par la mise en œuvre de l'activation du stock sémantique.
- une activité spécifique est observée dans la région rétrospléniale gauche pour la tâche de fluence sémantique. Cardebat et al. (1990) et Audenaert et al. (2000) ont observé l'activation des régions frontales droites dans la tâche de fluence sémantique. D'après ces auteurs, cela pourrait suggérer la mise en œuvre de stratégies de catégorisation nécessaires à la réalisation de cette épreuve. Par ailleurs, la fluence sémantique impliquant les connaissances sémantiques est davantage dépendante du lobe temporal.

##### 1.2. Structures lésées :

Grâce à la méthode anatomo-clinique, différents profils de performances ont été décrits selon la pathologie.

- Lésion frontale :

La localisation frontale entraîne un déficit de l'organisation et la mise en œuvre de stratégie de recherche de mots en mémoire (Baldo et Shimamura, 1998, cités par Gierski et Ergis, 2004) ainsi qu'une perte de l'initiative à l'action, ce qui restreint le nombre d'items évoqués (Ramier et Hécaen, 1970, cités par Goulet et Joannette, 1989).

Les sujets atteints de lésion frontale obtiennent des résultats différents entre la tâche de dénomination et celle de fluence. Si la première est réussie ou peu échouée, la seconde (qui ne propose pas de stimuli sensoriels) est altérée. Lorsque l'atteinte est bilatérale ou unilatérale gauche, une réduction de la performance dans les tâches de fluence est souvent associée (Janowsky et al., 1998, cités par Gierski et al., 2004). Cette réduction est présente dans les deux types de fluence mais plus importante dans les tâches de fluences littérales selon Coslett et al., 1991, Baldo et al., 2001 (cités par Gierski et Ergis, 2004). Quant aux lésions frontales unilatérales droites, il est observé soit une préservation (Tucha et al., 1999, cités par Gierski et Ergis, 2004), soit une diminution de la performance dans la tâche de fluence littérale (Miceli, et al., 1981, cités par Gierski et Ergis, 2004) .

- Lésion temporale :

Les patients avec lésions temporales présenteraient une détérioration du stock sémantique (Tröster et al., 1999). Ainsi, les performances sont davantage déficitaires en fluence sémantique. En fluence littérale, leurs performances sont globalement meilleures que ceux qui ont des lésions du lobe frontal. La latéralisation des lésions semble jouer un rôle sur le profil de performances des patients. En effet, des déficits en fluence sémantique ont été observés chez des patients présentant une lésion temporale droite et chez des patients présentant une lésion temporale gauche, mais de manière plus marquée chez les sujets ayant une lésion à gauche (Martin et al, 1990, Troster, Alexander et Baar, 1995, cités par Gierski et Ergis, 2004). Martin et al. (1990) concluent les mêmes résultats pour la fluence littérale : les sujets présentant une lésion temporale gauche obtiennent des performances plus déficitaires que ceux présentant une lésion temporale droite.

- Autres:

L'intégrité de l'hippocampe et la latéralisation semblent également jouer un rôle sur les performances. Chez les patients présentant une lésion ou un foyer épileptique temporal, lorsque l'hippocampe est impliqué, Gleissner et Elger 2001, cités par Gierski et Ergis, (2004), ont observé une réduction plus importante des performances dans les tâches de fluences verbales sémantiques (plus que littérales), comparés à des patients dont la lésion n'implique pas la structure de l'hippocampe. De plus, la latéralisation de la lésion temporale semble jouer un rôle sur le profil :

lors de lésion temporale gauche, les performances dans les fluences verbales étaient déficitaires indépendamment de la détérioration de l'hippocampe. A l'inverse, les performances des patients ayant une lésion droite étaient déficitaires uniquement lorsque l'hippocampe était lésé.

Ainsi, et selon Ergis et Gierski, 2004, les performances relevées dans les tâches de fluence littérale sont davantage dépendantes du lobe frontal, alors que celles retrouvées dans les tâches de fluence sémantique dépendent davantage du lobe temporal. Cette opposition, pourtant objectivée, ne rend compte ni des mécanismes cognitifs impliqués dans la réalisation de ces tâches, ni de la diversité des profils de performances observés selon les pathologies.

## **2. Pathologies**

La tâche de fluence verbale est impactée par le vieillissement cognitif, qu'il soit normal ou pathologique. De fait, nous traiterons ces deux possibilités d'évolution séparément.

### **2.1. Effet du vieillissement normal :**

Selon Blain et Jeandel, le vieillissement normal est « l'ensemble des processus moléculaires, histologiques, physiologiques et psychologiques qui modifient la structure et les fonctions de l'organisme lors de l'avancée en âge. ». Ce processus lent et progressif est à distinguer des troubles liés à la pathologie (Blain et Jeandel, 2003, p 97).

Depuis les années 1960, on considérait le seuil de la vieillesse à 65 ans. Les progrès récents de la médecine et l'amélioration de la qualité de vie ont favorisé l'allongement de la durée de vie. Ainsi, on assiste actuellement à un vieillissement global de la population. Il est ainsi responsable de l'accroissement du nombre d'affections dont la fréquence augmente avec l'âge.

En clinique, il est fréquent de rencontrer des sujets présentant une diminution des capacités cognitives. Toutefois, celle-ci ne retentit pas toujours sur l'activité des sujets atteints, et n'est donc pas caractéristique d'une démence (Derouesné, et Thibault, 1995). Les déficits cognitifs observés chez les sujets âgés ne sont donc pas toujours le signe d'une pathologie neurodégénérative, ils sont parfois le reflet d'un vieillissement physiologique normal.

Nous allons ici expliciter les effets du vieillissement normal sur la tâche de fluence. Son impact se situe à différents niveaux, à savoir :

- **le langage :**

Des études ont envisagé les modifications des différentes composantes fonctionnelles du langage au cours du vieillissement. Les tâches les plus souvent proposées sont la fluence verbale et la dénomination d'images. Les tests de fluence catégorielle en premier lieu mais aussi formelle montrent un effet de l'âge plus important que les tests de dénomination. Ce déclin des performances en fluence verbale peut être lié à des modifications cognitives diverses et non spécifiques (Obler et Albert, 1985; Huff, 1990, cités par Eustache F, 1993). Contrairement aux tests de dénomination, les tâches de fluence ne fournissent aux sujets qu'un minimum d'informations et d'indices permettant l'évocation lexico-sémantique. Les sujets âgés éprouveraient plus de difficultés à traiter l'information volontairement et au cours de recherches actives faisant appel à de grandes capacités attentionnelles. Le lexique devient moins précis, les structures syntaxiques des phrases plus simples, et plus courtes.

- **la mémoire sémantique :**

Son organisation apparaît relativement stable au cours du vieillissement. Il s'avèrerait même que les performances des sujets âgés soient équivalentes, voire supérieures, à celles des sujets jeunes dans les tâches évaluant les connaissances et le vocabulaire (Taconnat et Isingrini, 2008). Cependant, certains aspects de la mémoire sémantique semblent être affectés par l'avancée en âge notamment la récupération des mots en mémoire. Ces difficultés suggèrent que « le vieillissement s'accompagne d'un déficit spécifique à l'accès au code phonologique nécessaire à la récupération d'un mot ou d'un concept » (Taconnat, et Isingrini, 2008, p.48). Toutefois, il est important de noter que l'accès au stock lexical sémantique serait meilleur que l'accès au stock lexical formel lors du vieillissement normal.

- **la mémoire de travail :**

Aucun consensus n'a été trouvé à ce jour : si certaines études concluent à une diminution significative du fonctionnement de la mémoire de travail, d'autres en revanche notent des effets faibles du vieillissement sur cette mémoire.

- **les fonctions exécutives :**

De nombreuses études ont montré que ces dernières étaient particulièrement sensibles aux effets du vieillissement normal (Juhel et Salicé, 2000). Pour Taconnat et Isingrini (2008), les fonctions exécutives correspondraient même aux premières fonctions cognitives à décliner au cours du vieillissement normal. Cette diminution de l'efficacité du fonctionnement exécutif pourrait

s'expliquer par la baisse de la capacité d'inhibition chez les sujets âgés mais aussi par un ralentissement de la vitesse de traitement (Juhel et Salicé, 2000).

Il est toutefois difficile de délimiter ce qui relève du processus normal de ce qui renvoie au vieillissement pathologique. En effet, la frontière entre normalité et pathologie peut être précaire mais nécessite d'être connue. Pour pouvoir s'intéresser à la pathologie, il est donc impératif de connaître la normalité. De fait, l'utilisation de normes présente un grand intérêt pour distinguer vieillissement normal et vieillissement pathologique.

## 2.2. Effet du vieillissement pathologique :

### 2.2.1. Pathologies neurodégénératives :

Les performances en fluence verbale sont affectées en cas de vieillissement pathologique et en particulier au cours de plusieurs pathologies neurodégénératives.

La démence ou syndrome démentiel comprend, selon la référence internationale du DSM-IV, un trouble de la mémoire avec retentissement sur la vie quotidienne, un trouble de l'idéation (processus par lequel les idées se forment et s'enchaînent) avec également un retentissement sur la vie quotidienne, et un ou plusieurs autres troubles des fonctions cognitives parmi : un trouble du langage (aphasie), une incapacité à réaliser une activité motrice malgré une compréhension et des fonctions motrices intactes (apraxie) et une impossibilité d'identifier des objets malgré des fonctions sensorielles intactes (agnosie). Ces symptômes ou signes cliniques sont chroniques, c'est-à-dire durent depuis au moins six mois.

Les démences sont dues dans 80 à 90 % des cas à des maladies neurodégénératives et à des démences mixtes (neurodégénératives et vasculaires). Les maladies neurodégénératives donnant lieu à l'apparition d'un syndrome démentiel, présentent des caractéristiques communes:

- un processus neurodégénératif lent pouvant évoluer sur une vingtaine d'années avant la survenue des premières manifestations cliniques. Il n'est ainsi pas possible de dater avec précision le début de la maladie, ni même le début de l'apparition des premiers signes cliniques;
- des lésions cérébrales irréversibles qui font que les signes cliniques persistent dans la durée;
- une symptomatologie de la démence prenant une place importante dans l'ensemble des signes cliniques ;
- une évolution inexorable vers la perte d'autonomie ;
- un impact de la démence important sur la famille et sur les proches.

Parmi elles, les maladies neurodégénératives les plus fréquentes sont les suivantes: la **maladie d'Alzheimer**, la maladie d'Alzheimer dans le cadre d'une Trisomie 21 (ou syndrome de Down), la **démence parkinsonienne**, la **maladie de Huntington**, la **démence à corps de Lewy**, la **Dégénérescence Fronto-Temporale**, les **Aphasies Primaires Progressives**, la paralysie supranucléaire progressive (PSP ou maladie de Steele-Richardson-Olszewski) dont une variante, la dégénérescence cortico-basale, la **Sclérose Latérale Amyotrophique** ( ou maladie de Charcot, ou maladie de Lou Gehrig) mais encore les démences vasculaires, l'encéphalite limbique, la maladie de Creutzfeldt-Jakob (et maladies à prions) ou Hydrocéphalie à pression normale et les démences alcooliques. La **Sclérose en Plaque** (Sclérose en plaques) est un cas particulier de pathologie, souvent évoquée dans les étiologies des démences.

Les différentes pathologies neurodégénératives ayant des effets retrouvés dans la littérature sur la tâche de fluence verbale sont détaillées dans un tableau récapitulatif (cf annexe 2). Nous avons pris soin ici d'annoter en gras les pathologies que nous avons plus particulièrement étudiées en annexe et que nous abordons ci-après.

En clinique, avoir des performances inverses, soit un score meilleur en ELF qu'en ELS, signe précocement le début d'une pathologie neurodégénérative tels qu'une démence type Alzheimer ou encore une démence sémantique (Dartigues et al., cités par Gierski et Ergis, 2004). Néanmoins, la gravité de la démence ne serait pas significativement liée à l'importance relative des déficits sur la maîtrise phonologique et sémantique.

Selon Troyer et al. , cité par Gierski et Ergis (2004) les profils de performances des patients ayant des pathologies dégénératives évoqueraient :

- un déficit d'accès et/ou la détérioration du stock sémantique dans la maladie d'Alzheimer;
- un déficit dans la mise en œuvre de stratégies de recherche active de mots en mémoire dans la maladie de Huntington, et chez les patients parkinsoniens non déments;
- un déficit des processus d'initiation de recherche en mémoire et une dégradation du stock sémantique chez les patients présentant une démence fronto temporelle. Cependant, dans la démence fronto-temporelle, le déficit observé aurait une origine multifactorielle associant un déficit des processus d'initiation de recherche en mémoire et une dégradation du stock sémantique.

### 2.2.2. Pathologies neurologiques non dégénératives :

Les pathologies neurologiques constituent un vaste domaine au sein duquel les étiologies sont très variées. Parmi elles nous pouvons citer les Accidents Vasculaires Cérébraux, les infarctus, les anévrismes, les traumatismes crâniens ou encore les tumeurs cérébrales.

Certaines particularités ont été étudiées dans la littérature et nous les avons regroupées en annexe (cf annexe 2) selon deux axes: l'étiologie et la localisation de la lésion.

Les aphasies constituent une part importante de la pratique orthophonique et nous la traiterons donc ici préférentiellement, en prenant soin d'exclure les aphasies sous-corticales qui ont été traitées plus haut.

L'aphasie est une pathologie neurologique faisant suite à une lésion cérébrale. Celle-ci peut être locale ou diffuse. L'étiologie est, dans la plupart des cas, vasculaire, traumatique, inflammatoire, infectieuse ou encore tumorale. Selon Mazaux, « tout le monde admet que l'aphasie est la conséquence clinique d'une atteinte des systèmes de représentation psycholinguistique du langage, et/ou des processus cognitifs qui en assurent le traitement» (Mazaux, 2007, p 2).

Bien que nous ne puissions établir un profil « type » caractérisant les productions des patients aphasiques en fluence verbale, nous pouvons néanmoins décrire les différentes manifestations des troubles de la production lexicale observables au cours de cette épreuve.

L'anomie constitue le noyau symptomatologique de l'aphasie. Elle renvoie à la difficulté à trouver ses mots et est communément appelée « manque du mot ». Les manifestations cliniques peuvent être de plusieurs sortes et renseignent sur la nature du déficit:

- absence de réponse, pauses, interruptions dans le discours, phrases inachevées;
- déviations linguistiques (substitutions de mots);
- recours aux conduites palliatives permettant de « compenser » le défaut d'accès au lexique: périphrases, circonlocutions et recours aux gestes et aux mimiques; conduites d'approche
- réduction ou absence d'informativité.

Au cours de l'épreuve de fluence verbale, seules les déviations linguistiques orales et les conduites palliatives peuvent être objectivées. Les premières, également appelées paraphasies, correspondent à des réponses résultant de perturbations aphasiques touchant un mot de la langue que le patient ne parvient pas à énoncer correctement. Le patient peut soit dire un mot pour un autre, soit produire un mot transformé soit produire une nouvelle appellation. Selon les cas, le mot produit appartient ou non à la langue.

L'analyse des réponses proposées par Tran (2000) repose sur les différents niveaux possibles d'analyse linguistique qui s'appuie sur la forme, le sens, la structure et les propriétés combinatoires des mots. Celui-ci distingue dans les troubles de la production lexicale :

- les **troubles de la sélection lexicale** qui aboutissent à la production de mots apparentés au mot cible soit au niveau du sens, de la forme ou de la structure, correspondant aux paraphasies lexicales sémantiques, formelles ou morphologiques.
- les **troubles segmentaux** qui correspondent à des difficultés dans la sélection, l'agencement et/ou l'articulation des phonèmes constituant le mot (correspondant à la production de paraphasies phonémiques ou de transformations phonétiques selon le niveau d'atteinte). Quand les troubles segmentaux sont majeurs et que la cible n'est plus identifiable, on parle alors de néologismes. Par ailleurs, lorsque les productions sont tellement riches en déviation et/ou néologismes qu'on ne peut rétablir le sens général de l'énoncé, on parle de « jargon ».
- les **troubles constructionnels** qui correspondent à des erreurs de construction de mots aboutissant à des paraphasies constructionnelles.

Lorsque l'atteinte est isolée à un niveau (troubles de la sélection lexicale, troubles segmentaux ou constructionnels), Tran parle de paraphasies simples. Les paraphasies complexes correspondent à l'atteinte simultanée ou successive de plusieurs niveaux linguistiques.

Nous pouvons également constater des phénomènes parasites tels que les persévérations (répétition de mot(s) ou de groupe de mots déjà produits auparavant), qui résultent d'un effet de contamination par le contexte et d'une faible capacité d'inhibition ou encore les palilalies (répétitions involontaires et parfois itératives d'une même syllabe ou d'un mot).

Par ailleurs, en accord avec Valdois et Nespoulous (1994) et Le Dorze (1985), cités par Tran (2000), nous pouvons penser que les conduites palliatives résultent de stratégies adaptatives. Le locuteur manifeste sa volonté d'évoquer un mot comme il le peut, à l'aide des moyens à sa disposition. On peut parler de stratégie dès lors que la personne aphasique, en situation de manque du mot, essaye de fournir une réponse adaptée qui lui est accessible. La stratégie n'est pas forcément consciente, il s'agit là d'un processus de compensation. Parmi ces stratégies, nous pouvons citer les circonlocutions référentielles ou linguistiques. Dans le premier cas, il peut s'agir d'une définition universelle (« c'est pour entendre » pour « oreille »), d'une définition propre à chaque individu (« on y met des boucles ») ou bien d'une expérience (« les miennes sont décollées »). Les secondes contiennent des informations phonologiques ou morphologiques sur le mot (« ça commence par un « o » » en parlant du mot « oreille »).

L'utilisation des gestes peut également constituer une stratégie: le patient peut alors avoir recours à des gestes d'utilisation (dans la fluence formelle en V, le patient peut mimer le geste de boire pour évoquer le « verre ») ou de désignation (pour évoquer le mot « ventre », le patient montrera le sien). Enfin, les conduites d'approche désignent le comportement de certains patients aphasiques tentant de produire des mots en procédant par approximations successives. L'approche peut être de différents types: phonologique (plus ou moins proche de la cible; par exemple « vi...vo...voi » pour « voiture »), graphémique (épellation ou écriture du mot), combinatoire (« têtù comme un âne » pour « âne »), flexionnelle (« c'est un...un... » pour « âne »), sémantique (« c'est pas le cheval... le poney non plus... » pour « âne ») ou consister en une production d'onomatopées (« miaou » pour « chat »).

Les différentes manifestations pourront ainsi être objectivables durant l'épreuve d'évocation lexicale pour les patients aphasiques mais pourront également servir à caractériser les troubles inhérents à d'autres pathologies d'origine neurologique. Une bonne évaluation des troubles lexicaux doit prendre en compte l'ensemble de ces manifestations, afin d'apporter une prise en charge précoce et adaptée.

### **3. Facteurs connus**

Certains facteurs sont connus comme influençant les résultats de la tâche de fluence verbale. Ces derniers sont d'ailleurs pris en compte dans les divers étalonnages faits jusqu'alors. Nous les détaillerons dans cette partie tant sur l'aspect quantitatif que qualitatif.

#### **3.1. Influence du niveau socioculturel :**

De manière générale, le niveau d'éducation joue un rôle majeur dans les performances en évocation. Les fluences formelles et catégorielles sont significativement corrélées au niveau d'études (Cardebat et al. 1990, Ortega et Rémond-Bésuchet 2007). De plus, l'imprégnation culturelle, les centres d'intérêts et l'évolution dans un contexte professionnel singulier vont, pour chaque individu, également influencer les résultats (Capitani et al., 1999, cités par Gierski et Ergis, 2004).

Par ailleurs, sachant que les performances en fluence sémantique sont supérieures à celles de la fluence formelle, quel que soit le niveau d'études (Cardebat et al, 1990, Ortega et Rémond-Bésuchet, 2007), on observe une diminution du rapport fluence sémantique/formelle avec l'augmentation du niveau d'études (Ortega et Rémond-Bésuchet 2007).

- Sur la fluence sémantique :

Les connaissances sur un thème donné sont très variables d'un individu à un autre, elles dépendent de variables autobiographiques, de l'expérience individuelle, et de l'exposition à tel ou tel champ sémantique. En effet, chaque sujet n'a pas été confronté aux mêmes situations et stimulations, ainsi certaines catégories paraissent plus pertinentes pour certaines personnes (Capitani et al, 1999, cités par Gierski et Ergis, 2004) notamment selon leurs intérêts, leur profession, leur quotidien.

- Sur la fluence formelle :

Le niveau d'études influence les scores de fluence verbale, plus particulièrement sur la fluence verbale formelle (Ratcliff et al, 1998). Ceci pourrait s'expliquer par l'alphabétisation et l'apprentissage de la segmentation phonologique acquis grâce à l'enseignement.

Cependant, l'effet des connaissances verbales se retrouve également à un niveau intra-individuel dans le fait que la performance varie en fonction de la lettre dans les tâches littérales.

### 3.2. Influence du sexe :

Les caractéristiques liées au sexe des sujets font également partie des variables supposées jouer un rôle dans la performance aux épreuves de fluences verbales. En effet, des différences de performance sont attendues selon le sexe du sujet, notamment dans l'étalonnage de Cardebat et al. (1990). Les femmes semblent obtenir de meilleures performances dans les épreuves verbales alors que les hommes seraient plus performants dans les épreuves visuo-spatiales selon de nombreuses études. Cependant, dans les épreuves de fluences verbales, l'avantage pour les femmes n'est pas toujours observé (Tombaugh et al., 1999, cités par Gierski et Ergis, 2004). De plus, des différences dépendantes du critère ont été relevées.

En effet, Cardebat et al. (1990) ont ainsi observé un effet significatif du sexe au bénéfice des femmes pour les épreuves sémantiques correspondant aux critères « meubles » et « fruits ». Capitani et al. (1999), cités par Gierski et Ergis, concluent le même résultat pour ce dernier critère et retrouve un effet inverse pour la catégorie sémantique des outils, au bénéfice des hommes (Gierski et Ergis, 2004). Selon ces auteurs, l'hypothèse d'expériences autobiographiques différentes caractérisées par une plus grande exposition à une catégorie ou à une autre permettrait d'expliquer ces différences.

Cardebat et al. (1990) expliquent également cette différence par l'influence de l'expérience individuelle de chaque individu.

### 3.3. Influence de l'âge :

- Sur les résultats quantitatifs :

Dans son étude portant sur les effets de l'âge sur les différents systèmes mnésiques et menée auprès de 60 sujets sains âgés de 56 à 93 ans, Rioux et al. (1994) indiquent un déclin des performances avec l'âge pour les critères sémantiques et formels. Selon Ortega et Rémond-Bésuchet (2007), le temps de latence augmente avec l'âge.

- Sur la fluence catégorielle :

On observe une différence selon les catégories : les performances des sujets âgés sont meilleures dans la catégorie des animaux par rapport à celle des fruits (Cardebat et al., 1990). Ce résultat est expliqué par un sur-apprentissage de ce champ sémantique dès l'enfance et par le grand nombre d'items le composant.

Par ailleurs, et quel que soit l'âge, la fluence catégorielle est davantage réussie que la fluence formelle (Cardebat et al. 1990).

- Sur la fluence formelle :

Un déclin des performances est observé. Ce déclin peut être en lien avec le déclin de la mémoire sémantique, mais aussi avec différentes modifications cognitives spécifiques et non spécifiques.

Rosen, cité par Goulet et Joannette (1989) explique l'influence de l'âge sur la tâche de fluence par deux processus :

- la « cristallisation de l'intelligence » : accumulation de l'information dans la mémoire permanente acquise tout au long de la vie. Selon Rosen, elle augmente avec le temps. Il s'agit de maintien de la réserve lexicale.
- l'« intelligence fluide » : information emmagasinée en une période de temps limitée. Selon Rosen, elle diminue avec le temps. Il s'agit donc d'une diminution de l'accessibilité à la réserve lexicale (Rosen, cité par Goulet et Joannette, 1989).

- Sur les résultats qualitatifs :

Davantage de persévérations sont observées chez les sujets âgés (Henry et Philips, 2006). Ce résultat pourrait s'expliquer par la conséquence d'une réduction des capacités exécutives. Ces capacités sont en effet impliquées dans la réalisation de l'épreuve d'évocation lexicale.

#### 4. Nouveaux « indices »

De nouveaux indices sont décrits dans la littérature concernant la tâche de fluence verbale, à savoir :

- Effet de **longueur** des mots :

Zipf (cité par Bully P, 1969) décrit dans le comportement humain une tendance dans le langage à l'« unification » (communiquer en étant le plus économique possible) tout en étant le plus explicite possible (pour se faire comprendre par notre interlocuteur). Sur une tâche de fluence verbale selon Delpy-Delbreil C. et Dupleichs E., dans leur mémoire d'orthophonie, on observe une tendance au « raccourci syllabique » d'autant plus que la performance optimale est liée à une production maximale en un temps limité (Delpy-Delbreil et Dupleichs, 1991).

- Effet de la **fréquence** d'usage des mots et de la fréquence des mots relative à chaque sujet :

La fréquence des mots influence l'épreuve de fluence: plus le mot est fréquent et plus l'accès lexical sera rapide. Et inversement, « un mot rare, de basse fréquence lexicale, est moins rapidement récupéré qu'un mot fréquent » (Lambert, dir. Lechevalier et al., 2008, p. 491). La représentation phonologique d'un mot de basse fréquence requiert plus de temps d'activation qu'un mot de fréquence élevée. Pour preuve, selon Gierski et Ergis (2004), les mots fréquents sont les premiers produits. Ce niveau d'activation de base « peut être modifié par des stimulations répétées : un mot, même peu fréquent va être plus rapidement récupéré s'il a été produit quelques temps auparavant (principe d'amorçage général ou de répétition) » (Lambert, cité par Eustache et al., 2013, p. 150). Des tables de fréquences lexicales ont été élaborées pour quantifier l'effet de fréquence, par exemple, en langue française, le Brulex (Content et al., 1990) ou encore le Lexique (New et al., 2005). Ces bases fournissent une valeur statistique de l'effet en répertoriant le nombre d'occurrence de chaque mot dans un corpus de textes supposés être représentatif de l'ensemble des conditions d'usage du langage.

Par ailleurs, l'âge d'acquisition du mot influence l'accès lexical. Il s'agit de l'âge auquel les mots de la langue sont acquis au cours de notre vie (Bonin, 2013). Par exemple, le mot «princesse » a été acquis plus tôt dans notre existence que le mot « impôt ». Cet effet d'âge d'acquisition est reconnu en psycholinguistique et de nombreuses études démontrent que les mots appris à un jeune âge sont plus rapidement récupérés en mémoire que les mots appris à un âge plus avancé. Autrement dit, plus le mot a été appris précocement, plus il aura l'occasion d'être utilisé et donc plus il sera rapide d'y accéder.

La fréquence des mots dans la langue française et l'âge d'acquisition semblent être corrélés : la plupart des mots fréquents seraient appris plus tôt que les mots moins fréquents. Toutefois, l'évolution du vocabulaire au cours du développement et l'abandon et le remplacement de certains mots par d'autres ne permettent pas de complètement corréler la fréquence d'usage et l'âge d'acquisition.

Enfin, la familiarité conceptuelle pourrait également avoir un impact sur l'accès au mot. La familiarité conceptuelle renvoie au degré avec lequel les sujets estiment être en contact avec l'objet ou le concept dénoté par le mot. Par exemple le mot «violoncelle» est plus familier pour un musicien que pour un non-musicien (Bonin, 2013). D'après une étude, les patients aphasiques sont plus performants en dénomination lorsque les objets possèdent une familiarité conceptuelle plus élevée (Feyereisen, Van der Borgh et Seron, 1988, cités par Bonin, 2013).

- Effet de la **nature grammaticale** :

Sadek-Khalil (1997) a mis en évidence une hiérarchie des catégories grammaticales qui seraient plus ou moins difficiles à évoquer que d'autres. Ses mots les plus faciles à évoquer sont d'abord les noms, puis les verbes, les adjectifs, les adverbes, les mots indéfinis, les mots interrogatifs, les conjonctions, les pronoms, les articles et enfin les prépositions. L'auteur souligne également que le particulier est plus difficile à évoquer que le général.

- Effet de la **nature de la tâche** :

Les tâches de fluence n'ont pas la même étendue en termes de champ lexical. En effet la fluence sémantique recouvre un champ lexical plus restreint que la fluence formelle, qui est plus vaste. Par ailleurs, les composantes affectives (le fait d'apprécier tel fruit ou tel animal) et environnementales (le fait de connaître davantage tel ou tel fruit) influent également sur l'épreuve.

- Effet du **sens** :

L'amorçage sémantique est lui aussi facilitateur : l'accès au mot est plus rapide si celui-ci est précédé d'un mot sémantiquement lié (ex : « piano » puis « guitare »).

- Effet de la **personne** :

Selon Delpy-Delbreil C. et Dupleix E., dans leur mémoire d'orthophonie, la performance dans ce type de tâche dépendrait aussi de chaque sujet, notamment de ses intérêts personnels, de sa profession, de l'habitude à effectuer une gymnastique mentale au travers de divers jeux, de la

motivation de la personne (Delpy-Delbreil et Dupleichs, 1991). Par ailleurs, cette épreuve dépend également des capacités attentionnelles, de l'état de fatigue, et des différentes fonctions cognitives d'une personne.

#### IV. FONCTIONS COGNITIVES MISES EN JEU

Aucun modèle psycholinguistique n'a été élaboré, à notre connaissance, concernant les fonctions cognitives mises en jeu lors de l'épreuve de fluence verbale. Les processus mis en jeu ne sont pas les mêmes que ceux intervenant en langage spontané, bien que l'on puisse penser qu'il y ait une corrélation avec la recherche lexicale.

Nous proposons de présenter les différentes fonctions intervenant principalement au cours de la tâche d'évocation lexicale.

##### 1. Les mémoires

La mémoire est la faculté de se rappeler des événements passés ainsi que tout ce qui s'y trouve associé. La mémoire est multiple : il existe en effet un certain consensus dans la littérature pour parler davantage des mémoires que de la mémoire. Les différents intitulés font référence soit à la chronologie, soit au contenu, soit aux modes d'acquisition. Les durées et capacités de stockage permettent de distinguer quatre catégories de mémoire :

- les **registres de l'information sensorielle**: lieu où l'information est stockée après une présentation très courte;
- la **mémoire à court terme**: elle se caractérise par un oubli massif dans les secondes qui suivent la présentation du stimulus. Il s'agit d'un stockage provisoire de l'information (de l'ordre des minutes);
- la **mémoire de travail**: la mémoire de travail est active lors de la réalisation de différentes tâches et nécessite le maintien des informations en mémoire à court terme en vue de pouvoir les traiter. Nous la détaillerons plus loin.
- et la **mémoire à long terme**: elle correspond à un stockage allant de quelques heures à plusieurs années. Baddeley et al., cités par Rossi (2006), ont distingué la mémoire déclarative (ou explicite) de la mémoire non déclarative (non explicite). C'est au sein de la mémoire déclarative que l'on retrouve les mémoires sémantique et épisodique. Tulving (1972) a d'ailleurs été le premier à les distinguer, en référence à une dissociation observée en pathologie. C'est la première que nous détaillerons ici.

Dans le paragraphe qui suit, nous développerons uniquement la mémoire sémantique et la mémoire de travail. Il s'agit en effet des deux types de mémoires intervenant principalement dans la tâche de

fluence verbale, objet de notre étude. A noter que la mémoire à court terme est également impliquée puisqu'elle est nécessaire à la mémoire de travail.

### 1.1. La mémoire sémantique :

Pour comprendre une situation il faut posséder un dictionnaire mental dans lequel sont stockés les sens associés aux lexèmes, objets, et situations diverses. C'est ce dictionnaire mental que constitue la mémoire sémantique.

Selon Tulving (1972), cette dernière, encore appelée « mémoire conceptuelle » correspond à « la mémoire nécessaire pour l'utilisation du langage ». C'est un thesaurus mental, le savoir organisé qu'un individu possède pour les mots, les autres symboles verbaux, leurs significations et leurs référents, leurs relations et les règles, formules, algorithmes pour la manipulation de ces symboles, concepts et relations. La mémoire sémantique n'enregistre pas les signaux d'entrée des stimuli mais plutôt les référents cognitifs des signaux d'entrée. Elle concerne l'ensemble des connaissances générales, encyclopédiques, scolaires, culturelles, d'un sujet, sans référence spatio-temporelle ni contextuelle. L'évocation des informations détenues dans cette mémoire didactique est donc dépourvue de référence de l'histoire personnelle de l'individu. Le nom du président des Etats-Unis, les tables de multiplications, ou encore le fait que le canari est un oiseau jaune, sont utilisés à titre d'exemples par Coyette (2011). En effet, nous ne nous souvenons plus des circonstances, du contexte de ces apprentissages mais nous en avons retenu l'information principale.

Selon Sailor et al. (2004), la fluence catégorielle représente une mesure directe des processus mis en jeu par la mémoire sémantique: la performance est directement dépendante de l'accessibilité des mots en mémoire sémantique. Le vocabulaire, contenu en mémoire sémantique, joue un rôle important dans les performances de fluence verbale, et plus particulièrement dans ce type de fluence. Ainsi, Henry et Crawford (2004) ont indiqué qu'une diminution des performances en fluence sémantique traduirait plutôt une atteinte de la mémoire sémantique.

### 1.2. La mémoire de travail :

Lors de l'épreuve de fluence, le patient doit à la fois maintenir la consigne et inhiber les réponses non pertinentes ainsi que les productions précédentes. La mémoire de travail est ainsi sollicitée, plus particulièrement ses fonctions de mise à jour et d'inhibition. Ce type de mémoire à court terme est mis en œuvre pour le maintien actif et temporaire des informations pertinentes à la réalisation de

tâches cognitives. Cette capacité est primordiale dans les activités de vie quotidienne (retenir un numéro, lire le journal...). Elle est constituée d'un administrateur central, d'une boucle phonologique, d'un calepin visuo-spatial et d'une mémoire tampon (buffer).

Selon Baddeley (1976), le calepin visuo-spatial et la boucle audio-phonologique stockent et traitent respectivement l'information visuelle et spatiale d'une part et auditive et verbale d'autre part. La mémoire tampon stocke quant à elle temporairement les informations. L'administrateur central accomplirait quant à lui des actions : il décide lequel des trois autres systèmes doit intervenir et, si nécessaire, il coordonne leur actions réciproques: il gère ce que les chercheurs en informatique appellent des systèmes esclaves. L'administrateur central remplirait alors plusieurs fonctions, parmi lesquelles nous pouvons citer: la coordination des opérations liées à la réalisation de différentes activités, la rupture des automatismes, la sélection des informations devant être traitées, l'inhibition des autres, mais aussi l'activation, le maintien en activité et la manipulation des informations stockées dans la mémoire à long terme. En 1990, Morris et Jones, cités par Miyake et al. (2000), ont montré l'implication de l'administrateur central dans la mise à jour en mémoire de travail. Celle-ci consiste à réordonner les items présents en mémoire, à rejeter des informations anciennes et à intégrer des informations nouvelles. Selon Miyake et al (2000) cela constituerait l'essence même de la mémoire de travail, permettant la manipulation active d'une information pertinente plutôt qu'un stockage passif, composante essentielle également dans l'épreuve de fluence verbale.

## **2. Les fonctions exécutives**

Selon Godefroy et al. (2008), les fonctions exécutives correspondent aux fonctions de haut niveau opérant dans les situations non routinières, c'est-à-dire inhabituelles, conflictuelles ou complexes. Face à une tâche nouvelle, elles permettent la prise de décisions, la planification, la régulation des émotions ainsi que la détection et la correction des erreurs. Par ailleurs, Seron et Jeannerod (1999) les définissent comme « l'ensemble des processus dont la fonction principale est de faciliter l'adaptation du sujet à des situations nouvelles, notamment lorsque les routines d'actions, c'est-à-dire les habiletés cognitives sur-apprises, ne peuvent suffire ».

Ainsi, un nombre important de processus différents sont réunis sous le terme général de « fonctions exécutives »: l'inhibition, la planification, la gestion simultanée de plusieurs tâches, la recherche active d'informations en mémoire, la flexibilité cognitive, les comportements contrôlés, le maintien prolongé de l'attention, la génération d'hypothèses ou encore la surveillance d'un déroulement, la formulation d'un but et la prise de décision. Plus particulièrement, certains de ces mécanismes sont essentiels et communs à de nombreuses tâches, dont la fluence verbale. Nous détaillerons les

principaux mécanismes intervenant dans la tâche de fluence et qui nous intéressent dans cette étude, à savoir :

- la **flexibilité**, qui consiste à déplacer le focus attentionnel c'est-à-dire à alterner entre différents registres mentaux. Elle permet au sujet de pouvoir modifier le cours de sa pensée face à des changements environnementaux dans un but d'adaptation. Elle correspond à la capacité à changer de système de référence. La flexibilité mentale requiert, selon Miyake et al., la capacité à désengager son attention d'une tâche afin de l'orienter volontairement vers une autre. Ainsi, elle suppose la mise en œuvre préalable de l'inhibition. De plus, la flexibilité mentale se divise en flexibilité spontanée et réactive. La première consiste en la production d'un flux d'idées suite à une question simple, le sujet est alors flexible sur les propres informations qu'il génère, tandis que la seconde correspond à un déplacement du focus attentionnel d'une classe de stimuli à un autre. C'est le cas notamment lors de la passation du Trail Making Test (B), des séquences motrices et graphiques ou encore de fluences alternées.

- **l'inhibition** consiste à empêcher l'arrivée d'informations non pertinentes en mémoire de travail mais aussi à supprimer celles qui ne sont plus pertinentes. Celle-ci peut être dite motrice ou cognitive selon si elle renvoie à un contrôle moteur ou mental. Par exemple, être attentif à une conversation alors que l'environnement sonore est bruyant fait appel à notre capacité d'inhibition cognitive (Friedman et Myake, 2004). Cette dernière peut-être évaluée à l'aide du Stroop, du Go/no Go, ou encore du test de Hayling.

- la **planification**, enfin, renvoie à la capacité d'élaborer et de coordonner mentalement une séquence d'actions permettant l'atteinte d'un but. Elle est nécessaire dans la vie quotidienne pour suivre un itinéraire par exemple. La planification peut être évaluée au moyen du test de la tour de Londres.

Les tâches de fluence verbale impliquent des processus exécutifs tels que l'initiation, la création de stratégies pour répondre à une demande inhabituelle, l'organisation de la recherche et de la production verbale ou encore la mémorisation de consignes et des réponses antérieures ainsi que l'inhibition de ces dernières (Henry et Crawford, 2004).

Au cours du test, le sujet doit dans le même temps inhiber les mots qui ne correspondent pas au critère de recherche, alphabétique ou sémantique et rechercher des mots qui correspondent au critère demandé. Les mécanismes d'inhibition jouent alors un rôle très important « en empêchant la production d'erreurs, d'intrus ou de répétitions dans les réponses » (Ortega et Rémond-Bésuchet, 2007, p46). De plus, la vitesse de traitement est particulièrement mise en jeu en raison des contraintes de temps des épreuves de fluence verbale (Mayr, 2002).

Les structures cérébrales impliquées se trouvent au sein de la région frontale et plus particulièrement au sein du cortex préfrontal, les réseaux fronto-sous-corticaux participant de manière prépondérante au fonctionnement exécutif. La fluence catégorielle nécessite plus spécifiquement des processus sous-tendus par les lobes temporaux et frontaux (Raoux et al., 2008) tandis que la fluence littérale nécessite des processus typiquement sous-tendus par le lobe frontal. De fait, c'est au cours des fluences formelles que les fonctions exécutives sont le plus sollicitées. En effet, la génération de mots sur la base de critère orthographique par exemple est inhabituelle et demande donc la mise en place de stratégies adéquates. Selon Godefroy, 2008, ce qui intervient dans ce test c'est la « flexibilité spontanée ». Elle permet la production de réponses variées après recherche active en mémoire et la mise en place par un sujet de ses propres stratégies.

Si les épreuves de fluence verbale font intervenir les fonctions exécutives, elles nécessitent la représentation du mot en mémoire (stock sémantique verbal) ainsi que sa récupération (accès au stock sémantique verbal). Ainsi, le langage est également impliqué. En 2005, Joseph et son équipe ont montré que le niveau de langage était corrélé à celui des fonctions exécutives chez des enfants tout-venant. Il est donc primordial de prendre en compte l'influence des fonctions exécutives dans l'évaluation du langage mais aussi l'influence du langage sur les fonctions exécutives. En effet, dans l'épreuve de fluence verbale, les fonctions exécutives peuvent donner l'impression d'un trouble de l'évocation lexicale et à l'inverse, les troubles de l'évocation lexicale peuvent limiter l'expression des fonctions exécutives dans une telle épreuve.

### **3. Le langage**

Bien que le langage soit inhérent tant à la mémoire qu'aux fonctions exécutives, nous ne pouvons traiter de la fluence verbale sans l'aborder en tant que tel. Dans un souci de concision, nous n'aborderons donc ici que les notions nous paraissant essentielles.

En situation de communication ordinaire, un locuteur doit traiter en moyenne deux cents mots par minute, il dispose donc d'environ 300 millisecondes pour localiser chaque mot dans le lexique mental, qui en contient entre cinquante mille et cent mille (Rondal et Seron, 1999). L'accès au lexique dans le langage spontané est rapide (2,5 mots par secondes en moyenne) et échappe à la conscience du sujet.

Selon Rondal et Seron (1999), le lexique mental est un stock d'associations mémorisées entre les caractéristiques sémantiques des concepts et les spécifications de la forme des mots correspondants.

Chaque entrée lexicale est composée de différents types de représentations (au moins quatre selon Levelt, cité par Coulombe en 2004): la représentation sémantique (sens, concept du mot), la représentation syntaxique (informations sur la fonction, le genre, le nombre, l'ordre grammatical), la représentation phonologique (forme sonore) et la représentation morphologique (découpage des mots complexes en plusieurs morphèmes décomposés). Pour produire un mot, les représentations phonologiques sont utilisées comme des codes mentaux abstraits pour traduire l'information lexicale. Le lexique mental contient donc l'ensemble des formes apprises du langage, tant les unités élémentaires que les mots eux-mêmes. Il s'agit d'une sorte de dictionnaire organisé, présentant des entrées auxquelles sont reliés les significations diverses du concept, mais également les concepts, ou traits proches de celui-ci.

Ces représentations correspondent aux différentes facettes d'une même entrée lexicale et informent sur les différents aspects du mot : sur la forme (représentations phonologique et morphologique) mais aussi sur le sens (représentations sémantique et syntaxique qui, conjuguées, constituent le lemme). Au sein du stock, les entrées lexicales (lemmes) ne sont pas isolées mais reliées entre elles par deux types de relations: intrinsèques (basées sur des concepts partagés, par exemple « chat » et « lion » partagent le concept « félin ») et associatives (proviennent de la cooccurrence fréquente de deux mots dans la langue, par exemple « chien » et « chat ») (cité par Coulombe, 2004). Bien que le critère de classement des items dans le stock lexical ne soit pas encore connu de façon certaine, plusieurs « niveaux » de hiérarchisation expliquent actuellement l'organisation du lexique mental. Ainsi, les informations lexicales seraient hiérarchisées selon deux dimensions: verticale et horizontale (Mazeau, 2005).

La hiérarchisation verticale (paradigmatique) des items lexicaux correspond à leur niveau d'abstraction. Les catégories sont organisées de façon hiérarchique allant du plus général au plus spécifique. Le niveau d'inclusion définit le niveau d'abstraction (Rosch et Lloyd, 1978). On dénombre trois niveaux : le niveau super-ordonné (contenant les hyperonymes), le niveau de base et le niveau subordonné (contenant les hyponymes). Le niveau de base (ex: « pomme ») est psychologiquement le plus prégnant (vocabulaire des sciences cognitives, 1998). Il correspond à la catégorie qui contient les prototypes. Certains items seront plus représentatifs que d'autres (par exemple « moineau » est un meilleur représentant de la catégorie « oiseau » que « autruche »). Selon Eleanor Rosch, ce niveau servirait de base à l'extraction des traits sémantiques et donc à l'élaboration des concepts constitutifs de la catégorie. Enfin, le niveau super-ordonné (par exemple « fruit ») correspond à la classe, la catégorie la plus inclusive. Son niveau d'abstraction est le plus élevé et permet une différenciation avec d'autres classes, mais pas entre des exemplaires d'une même catégorie. Enfin, le niveau subordonné (ex : « Golden ») correspond au niveau le plus précis,

le moins abstrait, et donc aux exemplaires spécifiques. Tout ce qui caractérise le niveau de base s'applique également au niveau subordonné (notion d'inclusion) : par exemple, tout ce qui caractérise une pomme s'applique également à la Golden.

La dimension horizontale du lexique s'observe au sein d'une même catégorie lexicale. Elle tient compte de la notion de similarité ou d'éloignement avec le prototype de la catégorie, c'est-à-dire de la typicalité des items. On considère le caractère typique d'un objet en fonction de son degré de représentativité par rapport au prototype (plus il partage de traits avec le prototype, plus il est typique). Les éléments d'une même classe sont donc situés à des distances différentes du prototype, ils ne sont donc pas équivalents. Ceci peut en partie expliquer des différences d'accessibilité à certains items.

Quelles que soient les modalités d'entrées, les concepts sont emmagasinés et reliés dans le système sémantique : les mots partageant les mêmes concepts sont donc reliés entre eux. Ainsi, le stock sémantique verbal serait un répertoire d'unités lexicales inter-reliées (Cordier et Le Ny, 2005).

Pour que le bon item soit sélectionné, le réseau lexical doit être activé: cette activation se diffuse automatiquement entre les différents concepts du réseau, et ceci en passant par les arcs (liens entre les concepts). La diffusion dépend de la distance entre deux concepts: plus les concepts sont liés, plus la distance sera faible et donc plus l'activation sera grande. Il y a alors accumulation de l'activation au niveau d'un nœud, ce qui permet la récupération de l'item (et de ses traits sémantiques). C'est la sélection lexicale.

Malgré toutes les dissensions théoriques sur les modalités d'accès aux mots, les études s'accordent à dire que certains facteurs influencent la vitesse d'accès au mot. Ainsi, la fréquence des mots, leur âge d'acquisition, leur contexte (mots environnants et phrase) et la densité de leur voisinage lexical, joueraient un rôle sur l'efficacité de l'évocation lexicale (Rondal et Seron, 1999).

La réussite à l'épreuve de fluence verbale nécessiterait ainsi, en amont, l'intégrité du stock sémantique verbal (ou lexique mental).

En somme, les tâches de fluences verbales permettent d'évaluer l'intégrité des réseaux lexicaux et sémantiques, la capacité à rechercher et à récupérer les mots en mémoire, et la mobilisation des fonctions exécutives (Ortége et Rémond-Bésuchet, 2007).

L'interprétation des performances en évocation lexicale reste toutefois délicate car, comme nous venons de le voir, de nombreuses fonctions cognitives interviennent (mémoire, fonctions exécutives, langage...) et sont toutes intrinsèquement reliées : il reste donc difficile de les évaluer isolément à travers des tâches de fluence.

## V. PROCESSUS COGNITIFS MIS EN JEU

C'est en 1944 que Bousfield et Sedgewick se sont intéressés pour la première fois à la distribution des mots au cours du temps dans une tâche de fluence verbale. Les mots seraient ainsi produits en « jets » pendant une courte période, puis séparés par un intervalle plus long en attendant l'arrivée d'un autre « jet ». L'initiation d'une recherche de mots appartenant à une sous-catégorie serait ainsi suivie de la recherche d'une nouvelle sous-catégorie pendant chaque intervalle de temps (Gruenewald et Lockhead, 1980). A partir de ces constats, l'étude de Troyer et al., parue en 1998, a mis à jour une méthode d'analyse des fluences verbales basée sur des aspects qualitatifs. Selon eux, « un examen qualitatif des patients dans ce type de tâches permettrait de clarifier la nature précise du déficit ». L'accent est mis sur les mécanismes cognitifs et neurobiologiques sous-jacents. D'après cette étude, une performance optimale dans les tâches de fluence verbale implique la mise en œuvre de deux composants cognitifs essentiels à ce type de tâche : le clustering et le switching (ou processus de regroupement et de commutation).

### 1. Présentation

#### 1.1. La notion de « clustering » :

Le terme de « clustering » renvoie à la notion de regroupement, c'est-à-dire à une production de mots appartenant à des mêmes sous-catégories. Selon Gierski et Ergis (2004), ce terme correspond à l'habileté d'un sujet à générer des regroupements de mots. Ces regroupements impliqueraient des processus temporels tels que la mémoire verbale sémantique pour la fluence sémantique et le lexique phonologique pour la fluence formelle.

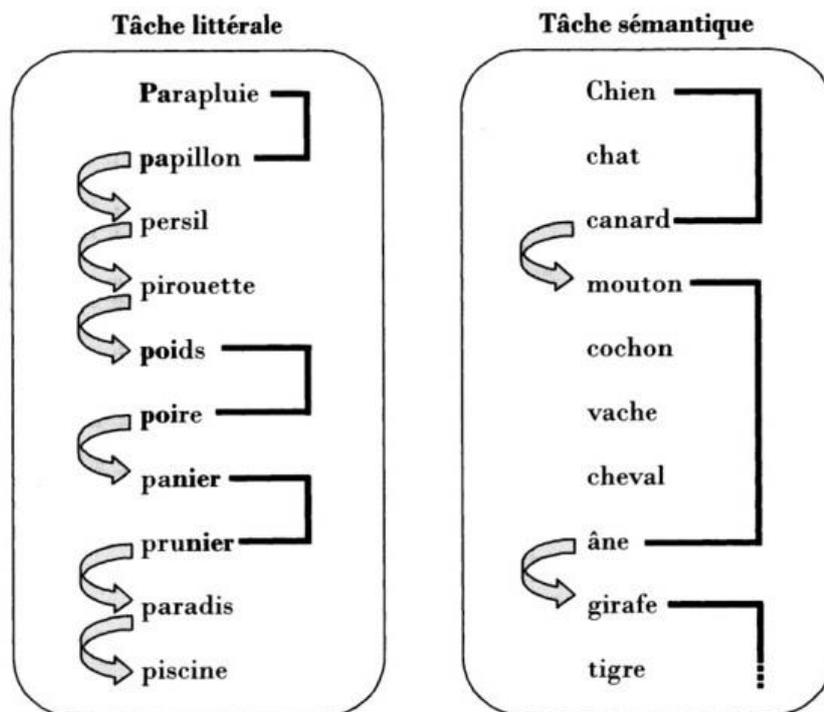


Figure 1: Exemple de clusters et de switches dans les tâches de fluences verbales littérale et sémantique (Troyer et al., cités dans Gerski et al. 2004, p346)

Ces clusters peuvent être de plusieurs sortes, nous en citerons ici deux. En premier lieu, les clusters sémantiques sont constitués d'items appartenant à une même sous-catégorie sémantique et produits consécutivement. Les mots énoncés sont donc liés par le sens. Par exemple, des animaux de la ferme « mouton, cochon, vache, cheval » dans la tâche de fluence sémantique « animaux ». Par ailleurs, les mots composant les clusters phonémiques sont des items phonologiquement proches et produits consécutivement. Par exemple, cela peut être des mots commençant par le même phonème mais aussi des mots qui riment comme « poids, poire » ou encore « panier, prunier ».

De plus, ces clusters sont tantôt en accord tantôt en désaccord avec la tâche. Selon Koren (2005), il existerait en effet des clusters dits « en accord avec la tâche » (donc un cluster sémantique en fluence sémantique ou un cluster phonémique en fluence formelle, phonémique) ou au contraire « en désaccord avec la tâche » (donc un cluster phonémique en fluence sémantique ou cluster sémantique en fluence phonémique). L'utilisation de ce dernier constituerait toutefois une stratégie de recherche plus active. En effet, il a été montré que le recours aux clusters sémantiques se ferait de façon plus automatique que le recours aux clusters phonémique.

Afin de prendre en compte les clusters, et de pouvoir analyser et comparer des résultats, la taille des clusters doit être connue et donc calculée. Elle reflète l'efficacité de l'accès aux connaissances sémantiques. Pour ce faire, un algorithme a été défini et se présente comme suit: le regroupement de 2 mots constitue un cluster de taille 1. De la même manière, un regroupement de 3 mots est défini comme un cluster de taille 2 tandis qu'un mot seul constitue un cluster de taille 0. La répétition est exclue du calcul de la taille des clusters.

## 1.2. La notion de « switching » :

Le switching (ou commutation) se définit par la capacité de passer d'un regroupement à un autre (Gierski et Ergis, 2004). La commutation serait dépendant du lobe frontal et donc du fonctionnement exécutif en mettant en jeu les habiletés de flexibilité mentale et des processus stratégiques de recherche. En effet, le processus de commutation nécessite une capacité de flexibilité cognitive afin de pouvoir passer d'une sous-catégorie à une autre.

Pour reprendre les deux notions abordées, voici un exemple de production de fluence sémantique pour la catégorie des animaux. « Chat, chien, cochon, poule, vache, faisan, cerf, biche, sanglier, girafe, tigre, lion ». Le sujet énonce d'abord les animaux domestiques; puis n'en trouvant pas d'autres, il commute afin de passer à la catégorie des animaux de la ferme; il commute alors de nouveau afin de s'intéresser au gibier avant une dernière commutation en direction des animaux de la savane.

Mitrushina et al., cités par Koren et al. (2005) précisent que le regroupement est un processus automatique alors que la commutation est un processus volontaire qui détermine l'efficacité des processus de recherche.

## **2. Approches face aux regroupements et commutations**

Finalement, selon Troyer et al. (1998), les deux processus seraient complémentaires lors de la réalisation de la tâche. En effet, une performance optimale dans les tâches de fluences verbales implique non seulement la génération de mots à l'intérieur d'une sous-catégorie (regroupement) mais aussi le passage à une autre sous-catégorie (commutation) quand la première est épuisée. Cette méthode d'analyse qualitative proposée par Troyer et al. (1998) serait plus informative que

l'analyse de la performance globale car elle permettrait de discriminer différents profils pathologiques et participerait à l'établissement d'un diagnostic différentiel.

Par la suite, de nombreuses études se sont intéressées à cette approche. Une étude hongroise menée par Resch C et al.(2014), qui étudie le nombre de mots corrects, de répétitions et d'erreurs sur des tâches de fluences sémantiques proposées à des enfants de 4 à 6 ans, propose également d'analyser le nombre et la taille des regroupements, ainsi que le nombre de commutations. Selon Ross (2003), cité par Gierski et Ergis. (2004) l'étude proposée par Troyer et al. possède une bonne fiabilité inter-cotateurs et suscite toujours un intérêt auprès des chercheurs qui tentent de l'améliorer (Ross, 2003).

Cependant, l'étude de Troyer et al. présente des limites. Les regroupements en désaccord avec la tâche (regroupement sémantique en fluence formelle et inversement) n'ont pas été pris en considération. Abwender et al., cités par Gierski et Ergis (2004), se sont intéressés à cette notion de désaccord. Ces derniers ont tenté d'identifier le rôle joué par le mécanisme du regroupement en fluence sémantique. Ils proposent d'étudier, à partir du score obtenu à la tâche, quatre variables reliées à la production de clusters:

- le nombre de regroupements sémantiques ;
- la moyenne du nombre de mots générés par regroupement ;
- le nombre total de mots reliés correspondant à l'ensemble des mots générés dans l'ensemble des regroupements ;
- le ratio d'efficience du regroupement calculé ainsi : le nombre total de mots reliés divisé par le nombre de mots produits, multiplié par 100.

Par ailleurs, des critiques méthodologiques, concernant ces deux études, ont été formulées. Pour Mayr, cité par Ergis et Giersky, 2004, le calcul de la taille et du nombre de regroupement ne suffit pas à interpréter la performance. Par exemple, lorsque la taille des regroupements est identique dans deux corpus de productions mais avec une différence de performance dans le nombre total de mots produits (25 mots versus 15 mots), le nombre de commutations diffère automatiquement. Le nombre de commutations est donc à prendre en compte. Tröster et al. (1999) ont proposé à cet effet un ratio « commutations/nombre de productions ». Troyer (1998) a préféré quant à lui conserver le calcul du score brut de commutations car seule cette donnée permet d'indiquer le nombre de fois où un sujet est capable de générer un nouveau regroupement de mots.

Abwender et al., cités par Gierksi et Ergis (2004), ont par ailleurs suggéré l'existence de différents types de commutations :

- ceux qui apparaissent entre les clusters composés de plusieurs mots (ils indiquent alors la flexibilité mentale mobilisée pour le passage entre des clusters établis) ;
- ceux qui ne concernent que les clusters formés d'un seul mot (ils désignent ainsi l'incapacité à générer des regroupements).

### **3. Corrélations avérées**

#### 3.1. Corrélation avec les processus cognitifs :

Sauzéron et al. (2004) ont observé les processus de regroupements et de commutations sur des tâches de fluence chez les enfants de 7 à 16 ans. Il en est ressorti trois principaux indicateurs: le nombre de regroupements, de commutations, et la taille moyenne des regroupements.

Le nombre de commutations et de regroupements, associé aux capacités frontales, reflète la nécessaire flexibilité mentale pour la recherche d'une nouvelle sous-catégorie et serait donc un indicateur de processus de récupération stratégiques et de flexibilité mentale.

La taille moyenne des regroupements, associée aux fonctions du lobe temporal, est censée mesurer l'étendue du réseau de connaissances à propos d'une sous-catégorie donnée et reflèterait ainsi l'étendue des connaissances lexico-sémantiques. En effet, ces regroupements impliqueraient des processus temporeux tels que la mémoire verbale sémantique et le lexique phonologique.

#### 3.2. Corrélation avec les régions cérébrales :

Différentes études ont observé l'aspect qualitatif de la performance dans des tâches de fluence verbale et ont conclu que les regroupements et commutations sont affectés différemment selon les régions cérébrales atteintes. Le nombre de commutations et de regroupements est associé aux capacités frontales, et la taille moyenne des regroupements est davantage associée aux fonctions du lobe temporal. En effet, le nombre de commutations entre les regroupements et le nombre de regroupements apparaissent déficitaires chez les patients présentant un dysfonctionnement frontal (Troyer et al., 1998). Ces sujets commutent peu sur les deux tâches de fluence. Quant à la taille des regroupements, ils semblent le plus souvent déficitaires chez les patients porteurs de lésions temporales. Ces sujets font des regroupements de petites tailles sur les deux tâches.

En somme, une lésion temporale est responsable d'un déficit du stock sémantique, et du regroupement des catégories, alors qu'une lésion frontale est responsable d'un déficit de l'organisation, de changement de catégorie, de la mise en œuvre de stratégie de recherche des mots

en mémoire. Les déficits de regroupements et commutations sont ainsi en lien avec les structures cérébrales. Néanmoins les sujets présentant des lésions temporales ou frontales ont des déficits relativement généraux sur les regroupements et les commutations en comparaison avec des sujets témoins.

Par ailleurs, Koren et al. (2005) ont observé une plus grande corrélation entre performances en fluence et nombre de regroupements qu'entre performances en fluence et taille de regroupements. Ce qui renvoie à l'implication plus importante du lobe temporal dans la tâche de fluence verbale.

### 3.3. Corrélation avec les pathologies :

#### 3.3.1. Maladies neurodégénératives :

- **Maladie de Parkinson :**

Le nombre de commutations et de regroupements est déficitaire chez ces patients car le fonctionnement de leur lobe frontal est altéré par la maladie. Ce déficit les amènerait donc à générer des regroupements plus larges, de plus grande taille que les participants sans déficit neurologique. Cependant, l'étude de l'équipe de recherche d'Auriacombe et al. tendrait à prouver le contraire (cité par Gierski et Ergis, 2004).

Les données de l'étude de Troyer et al. (1998) distinguent deux types de profils dégagés chez les patients atteints de la Maladie de Parkinson à partir des stratégies utilisées, et répondent ainsi à nos conclusions contradictoires précédemment citées.

- Un premier profil d'individus présente des déficits d'inhibition et de mémoire de travail, qui entraînent des difficultés à développer et à maintenir une stratégie. Ceux-ci ont tendance à changer de catégorie rapidement, produisant ainsi un moins grand nombre de mots dans chaque regroupement.

- Un deuxième profil d'individus présente des déficits de flexibilité cognitive. Ces derniers n'arrivent pas à se détacher de la stratégie avec laquelle ils ont entamé la tâche. On peut donc supposer qu'ils persèverent plus longtemps à l'intérieur d'une même catégorie, ce qui les empêche probablement de produire des mots plus fréquents, plus familiers et plus concrets dans d'autres catégories.

- **Maladie de *Huntington* :**

Selon Troyer et al. (1998), une réduction du nombre de commutations est observée dans les deux types de fluences, en lien avec une lésion du lobe frontal mais aussi avec les performances cognitives et motrices. Ce déficit s'accroît avec l'aggravation de la maladie de manière équivalente dans les tâches de fluence formelle et sémantique (Ho et al., cités par Gierski et Ergis, 2004).

- **Maladie d'*Alzheimer* :**

Le profil de cette maladie apparaît de manière assez nette : selon Troyer et al. (1998) les patients produisent des regroupements plus petits que les sujets contrôles, dans les deux tâches de fluence proposées. Troster et al.(1999) ajoutent le fait que la réduction de la taille des regroupements dépend de la sévérité de la démence, sur une tâche de fluence verbale catégorielle « supermarché ». Malek-Ahmadi M et al.(2011) ajoutent selon leur étude comparant 134 sujets contrôles à 68 sujets atteints de la maladie d'Alzheimer à un stade cognitif léger, que ces derniers présentent un déficit de regroupement sémantique. Ces résultats peuvent s'expliquer par la détérioration du stock lexico-phonémique, de la mémoire sémantique et un déficit d'accès au stock sémantique.

Par ailleurs, en comparant des sujets déments et non déments, Zhao et al.(2013) concluent que les sujets atteints de la maladie d'Alzheimer non déments commutent et regroupent davantage que les sujets déments. Les auteurs estiment ainsi que le test de fluence verbale est un outil de diagnostic différentiel des troubles cognitifs.

- **Sclérose Latérale Amyotrophique :**

Les sujets atteints de SLA produisent de petits regroupements.

### 3.3.2. Autres pathologies :

- **Cérébro-lésions :**

Chez les personnes atteintes de lésions cérébrales, sur les deux tâches de fluences verbales, le nombre de regroupements et de commutations est plus faible que chez des sujets contrôles, d'après une étude de Kave et al. (2011) comparant trente sujets ayant une lésion cérébrale traumatique et trente sujets contrôles appariés selon l'âge.

- Cérébro-lésions droites/gauches :

En évocation lexicale, Laine et Niemi, cités par Faure, relèvent que « de façon surprenante » les cérébro-lésés droits sont les plus pauvres utilisateurs de l'organisation sémantique (comparés à des lésés gauches et des normaux). Selon Villardite, cité également par Faure, les troubles spécifiques des processus de mémoire verbale sémantique pourraient être occasionnés par une lésion de l'hémisphère droit (Faure, 1993). L'utilisation du regroupement sémantique est ainsi perturbé quand il s'agit de tâches où celui-ci doit être mis en œuvre en tant que stratégies d'exploration du savoir lexico-sémantique, en évocation lexicale par exemple. Joanne et Goulet (1989) précisent que les cérébro-lésés droits sont moins efficaces pour mettre en œuvre des stratégies, notamment l'exploration successive de sous champs sémantique. De façon plus générale, les cérébro-lésés droits éprouvent plus de difficultés pour extraire et/ou utiliser un élément organisateur, ce qui suggère une atteinte qui n'est pas, de façon primaire, d'origine linguistique.

#### 3.4. Corrélation avec les différents facteurs : sexe, âge et niveau socioculturel :

De nombreuses études ont analysé l'influence de variables démographiques sur les processus de clustering et de switching.

- Etude de Troyer et al. (1998): normalisation, qui s'est déroulée sur une population de sujets adultes non pathologiques et de langue anglaise âgés de 18 à 91 ans. À partir de l'âge de 60 ans, les sujets ont été soumis à une évaluation rapide des fonctions cognitives afin de relever un déclin cognitif éventuel.
- Etude de Lanting et al. (2009) présente les résultats des études de Troyer et al. et d'Abwender et al. et souligne l'importance de les combiner afin d'étudier le lien avec les facteurs de l'âge et du sexe.
- Etude de Weiss et al. (2002): comparaison des performances entre sujets sains (quarante hommes comparés à quarante femmes) sur des tâches de fluences phonémique et sémantique.
- Etude de Resch et al. (2014) : analyse des tâches de fluences proposées à deux cent vingt-cinq enfants sains néerlandophones de 4 à 6 ans. Trois critères de résultats ont été inclus: le nombre de bonnes réponses, la moyenne des tailles des regroupements et le nombre de commutations.

Nous détaillons dans les sous-parties suivantes, les résultats de ces études.

#### 3.4.1. Corrélation avec l'âge :

Selon Troyer et al. (1997) et Abwender et al.(2001), cités par Gierski et Ergis, les performances sont meilleures chez les sujets plus jeunes, tant au niveau du nombre de mots que du nombre de commutations (Gierski, 2004).

Selon Resch et al. (2014), les enfants plus âgés ont de meilleures performances, font davantage de regroupements et de commutations.

#### 3.4.2. Corrélation avec le sexe :

D'après Lanting et al. (2009) et Weiss et al. (2002), les femmes commutent plus fréquemment que les hommes sur les épreuves sémantique et phonémique.

Cependant, dans l'étude de Troyer et al., rapportée par Gierski et Ergis, le sexe n'est pas corrélé aux scores de clustering et de switching dans l'échantillon de population (Gierski et Ergis, 2004).

#### 3.4.3. Corrélation avec le niveau socioculturel :

Selon l'étude de Resch C et al. (2014) les niveaux socioculturels sont corrélés aux performances en termes de nombre de bonnes réponses mais non corrélés aux notions de regroupements et de commutations.

# PROBLEMATIQUE

---

Selon les données de la littérature, le test de fluence verbale présente un intérêt majeur dans l'évaluation des pathologies d'origine neurologique. Cependant, cette épreuve fait intervenir de nombreuses fonctions cognitives (le langage, la mémoire, les fonctions exécutives...) dans une période de temps pourtant très courte, ce qui rend l'interprétation difficile car riche d'informations.

Nous avons pu constater un décalage entre l'analyse quantitative étalonnée utilisée en clinique orthophonique et les études faites à ce sujet (notamment celles de Troyer et al). En effet, les seules données quantitatives ne rendraient pas suffisamment compte de la complexité des processus cognitifs mis en jeu dans ce type de tâche. Ainsi, pour optimiser les deux minutes consacrées à l'épreuve, une amélioration de l'analyse quantitative nous paraît pertinente. De plus, une analyse qualitative plus fine semble nécessaire pour rendre compte de la nature précise du déficit ainsi que de la complexité des processus mis en jeu lors de cette tâche.

Par ailleurs, nous savons que la tâche de fluence verbale recouvre de nombreuses données intéressantes, toutefois, leur analyse dépend essentiellement, au préalable, de la transcription précise de l'orthophoniste. Dans un contexte où l'informatique et notamment les traitements de la parole font leur preuve en orthophonie, bien qu'il existe des logiciels de reconnaissance vocale de mots isolés, il n'y en a pas, à notre connaissance, qui soient spécialisés dans ce type de tâches d'évocation.

C'est dans cette perspective que nous nous sommes intéressées à un logiciel de reconnaissance vocale qui transcrirait les productions du patient, fournirait des analyses supplémentaires et permettrait à l'orthophoniste, dans un même temps, de préciser des données qualitatives.

Nous nous sommes donc questionnées sur la faisabilité et l'intérêt d'un logiciel de reconnaissance vocale adapté à des tâches de fluence verbale.

De là, plusieurs questions ont émergé. Un logiciel de reconnaissance vocale et d'analyse des résultats serait-il réalisable sur des tâches de fluences verbales ? Apporterait-il les analyses et données attendues ? Quelle serait la plus-value par rapport à un test de fluence classique ? Les nouvelles analyses permettraient-elles d'apporter des hypothèses de stratégie sur le fonctionnement du sujet ?

# HYPOTHESES

---

Au regard de ce que nous ont apporté les éléments théoriques et la revue de la littérature, nous formulons les hypothèses suivantes :

## I. HYPOTHÈSES TECHNOLOGIQUES

1. La reconnaissance vocale est capable de détecter, d'identifier et de transcrire efficacement les productions de chaque sujet.

**Sous hypothèse 1 :** La reconnaissance vocale est efficace grâce à :

- sa base de données;
- l'aide de l'orthophoniste qui comptabilise les productions en temps réel en appuyant sur une touche à chaque production (codage temporel).

**Sous hypothèse 2 :** l'efficacité de la reconnaissance vocale à partir d'une base de données et du codage temporel de l'orthophoniste est un gain de temps et d'énergie pour l'orthophoniste

2. Après la passation du test, le logiciel est capable de fournir les analyses qu'il est censé apporter. Il est capable de traiter automatiquement les données et de fournir des analyses qualitatives supplémentaires. Le logiciel apporterait donc une réelle plus-value au test de fluence verbale classique utilisé couramment en orthophonie.

## II. HYPOTHÈSES CLINIQUES

1. Les résultats de l'analyse du logiciel concordent avec les résultats manuels pour les analyses quantitatives à savoir le nombre de bonnes réponses, d'erreurs et le score global.

2. Les analyses qualitatives et récapitulatives du logiciel concordent avec les résultats manuels obtenus. Elles fournissent ainsi des précisions quant au fonctionnement du sujet.

# PARTIE EXPERIMENTALE

---

## I. METHODOLOGIE

Dans cette partie, nous présentons la méthodologie utilisée pour informatiser le test de fluence verbale.

### 1. Fondements du logiciel

#### 1.1 Objectifs de recherche :

Afin de créer un logiciel de reconnaissance vocale adapté à des tâches d'évocation lexicale, nous nous sommes fixés des objectifs de travail :

- En termes de passation :
  - créer un matériel à la fois innovant et simple d'utilisation ;
  - remplacer la transcription de chaque production par un traitement de reconnaissance vocale et rendre ainsi l'orthophoniste disponible pour effectuer d'autres analyses ;
  - uniformiser l'interprétation des bonnes/mauvaises réponses.
  
- En termes d'apports cliniques :
  - optimiser les analyses relatives à la tâche de fluence verbale.
  - profiter des avantages de l'informatisation : aboutir à une automatisation et une quasi instantanéité des résultats ;
  - enrichir nos connaissances sur le test de fluence verbale ;
  - enrichir nos connaissances sur la performance de la personne testée.

## 1.2. Cadre pour définir le contenu :

Dans l'optique d'intégrer de nouvelles analyses pertinentes à la tâche « classique » de fluence verbale, nous avons utilisé différentes techniques de recueil d'informations à travers :

- des entretiens approfondis avec des professionnels, à plusieurs reprises, nous ayant guidé(e)s tout au long de notre parcours ;
- des lectures d'ouvrages et études spécifiques afin de perfectionner nos connaissances sur le sujet ;
- enfin, des observations cliniques, nous ayant permis de garder un lien avec la réalité du terrain.

## 1.3. Définition du contenu :

Nous avons travaillé en étroite collaboration avec des chercheurs en informatique à l'IRIT tout au long de l'année pour élaborer, concevoir, programmer et créer le logiciel. Nous participions à des réunions régulières avec les différents intervenants : les chercheurs en informatique et nos maîtres de mémoire, à savoir un médecin de MPR ainsi qu'un orthophoniste.

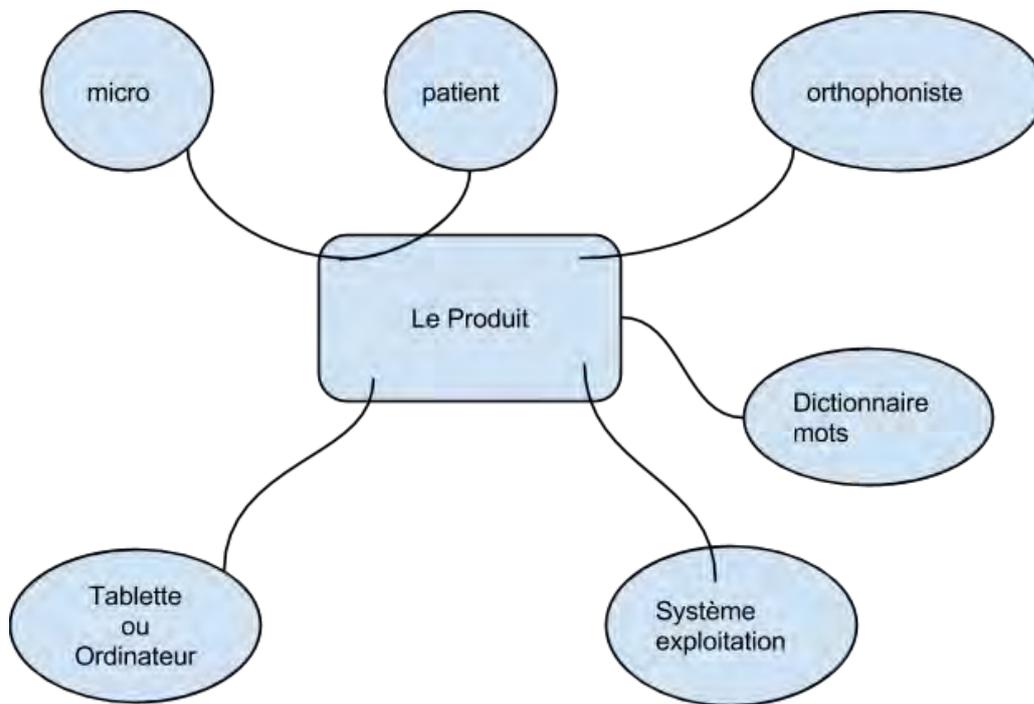
Lors de nos premiers entretiens, nous avons fourni un cahier des charges pour présenter notre projet et définir nos besoins. Ce dernier définissait ce que le logiciel devait être selon nous.

Nous souhaitons que le logiciel soit constitué d'un logiciel de reconnaissance vocale :

- **qui identifie et analyse les productions** verbales d'un sujet,
- **qui est adapté à des tests de fluences verbales.**

Ce logiciel se destine à des orthophonistes, professionnels qui connaissent et utilisent, pour la plupart, ces tests.

Voici un schéma récapitulatif de la définition du produit lors de la première réunion :



Les objectifs et intérêts du logiciel étaient les suivants :

- nous souhaitons que le logiciel reconnaisse les mots produits de façon à ce que l'orthophoniste n'ait plus à transcrire les productions du patient durant l'épreuve et qu'il puisse, dans ce même temps, être plus à l'écoute du patient ;
- nous souhaitons également que le logiciel fournisse des analyses fines des productions de chaque sujet, et ce, de façon automatique.

#### 1.4. Choix du support :

Deux options se sont offertes à nous : développer le logiciel sur ordinateur et/ou sur tablette.

Dans la mesure où les orthophonistes sont presque exclusivement équipés d'ordinateurs (fixes ou portables) nous avons dans un premier temps trouvé plus judicieux de privilégier cette option.

### 1.5. Méthode de travail :

Comme nous l'avons expliqué précédemment, nous avons travaillé en étroite collaboration avec des chercheurs en informatique de l'IRIT. Nous avons suivi une certaine chronologie pour la conception du logiciel.

Un travail de notre part, d'un point de vue orthophonique, en amont du travail informatique, a été nécessaire. Comme nous voulions rendre compte au mieux des productions et stratégies du sujet, nous devons envisager le plus de productions possibles mais aussi les analyses les plus pertinentes à proposer en fonction de l'épreuve. Il s'agissait donc de transcrire ces données, tout en tenant compte du caractère figé et ordonné de l'informatique. Pour ce faire, nous avons dû planifier un enchaînement d'actions précises selon nos objectifs, correspondant aux tâches futures qu'aurait à accomplir le logiciel.

Par ailleurs, le projet ayant été mené dans deux domaines distincts que sont l'orthophonie et l'informatique, le travail en équipe a essentiellement consisté à prendre en compte et confronter les exigences et contraintes de chacun, qu'elles soient technologiques ou cliniques.

## **2. Elaboration du logiciel**

Comme nous l'avons expliqué précédemment, nous avons travaillé en amont pour choisir et fournir des données à intégrer dans le logiciel. Cette partie est ainsi consacrée au travail qui a été fait avant la conception de l'outil.

### 2.1. Calcul pour l'étalonnage du test de D. Cardebat :

Pour élaborer les épreuves, nous nous sommes inspirées de l'étude de D. Cardebat et al. Nous avons choisi deux épreuves d'Evocations Lexicales Formelles (lettres R et V), ou ELF, et deux épreuves d'Evocations Lexicales Sémantiques (animaux et fruits), ou ELS.

Pour l'épreuve d'ELF nous avons sélectionné les lettres R et V et avons exclu la lettre P de notre étude. Dans la mesure où nous avons sélectionné des épreuves avec des mots très fréquents tel que les « animaux », nous avons souhaité avoir plusieurs niveaux de difficultés (en termes de fréquence de mots dans la langue française) au sein de notre étude et n'avons donc pas sélectionné la lettre P. Nous avons préféré les lettres R et V, moins fréquentes dans la langue française.

Pour l'épreuve d'ELS, les critères « animaux » et « fruits » ont été retenus pour notre étude car ces épreuves n'ont posé aucun problème en termes de réponses acceptables selon l'étude de D. Cardebat et al. Le critère « meubles » a été mis de côté car les réponses acceptées l'ont été par consensus, et non à l'unanimité, auprès de trois juges selon cette même étude.

Afin d'analyser les résultats obtenus en termes d'écart-type et de catégorisation des erreurs (mots de même famille, répétitions...), nous nous sommes référées à l'étalonnage de D. Cardebat et al (Cardebat, 1990). Nous avons alors établi un fichier Excel récapitulant l'étalonnage proposé par D. Cardebat (cf annexe 1) pour permettre un calcul automatisé par le logiciel. Par ailleurs, nous avons également fourni la formule utilisée pour calculer le score final, à savoir : 
$$\frac{\text{score} - \text{moyenne}}{\text{écart type}}$$
.

## 2.2. Reconnaissance vocale et création d'une base de données :

L'idée du projet est née autour de la reconnaissance vocale : c'était l'élément essentiel donnant une valeur ajoutée au logiciel. En effet, elle était la condition sine qua non pour que le logiciel réalise les analyses souhaitées. Nous voulions également que cet outil permette à l'orthophoniste de ne plus transcrire manuellement toutes les productions du patient.

Le principe de la reconnaissance vocale, dans le cadre de notre étude, repose sur une détection de mots isolés. L'objectif est alors de reconnaître des mots isolés répondant à une consigne et à un critère précis (mots commençant par une lettre initiale précise, mots faisant partie d'une catégorie sémantique en particulier). En ce sens, elle est différente des logiciels « classiques » de reconnaissance vocale qui sont, pour la plupart, basés sur des phrases (c'est le cas notamment des logiciels de dictées tel que « Dragon Naturally Speaking »). Ces derniers reposent sur le contexte de la phrase et donc sur la prédiction de mots. Dans notre étude, la prédiction repose uniquement sur les mots probables (répondant au critère imposé par la consigne). Pour aider à la détection et à la prédiction, nous avons proposé un dictionnaire de mots répondant au critère imposé pour chaque épreuve.

Nous avons donc créé une base de données contenant les réponses acceptables : nous avons établi une liste de bonnes réponses par épreuve. Chaque liste correspond à un dictionnaire auquel la reconnaissance vocale est censée se référer pour reconnaître et identifier les mots. Cette base de données comprend le mot écrit en français mais également sa (ses) transcription(s) phonétique(s) correspondante(s) en alphabet informatique (et non pas en alphabet phonétique français).

- Références utilisées pour les **réponses acceptables** :

Pour les épreuves d'ELF (lettre R et V) : les références utilisées sont le dictionnaire du Robert (édition 2014).

Pour les épreuves d'ELS (animaux et fruits) : il n'existe pas à ce jour d'ouvrage de référence concernant la fluence sémantique, comme l'est le dictionnaire pour la fluence formelle, qu'il s'agisse des animaux ou encore des fruits. De fait, nous avons croisé diverses sources dans l'idée d'être le plus exhaustives possible mais le lexique est à compléter. Ainsi l'utilisateur pourrait ajouter des items. Concernant l'ELS fruits, Nous avons par ailleurs pris le parti de fournir les variétés de prune (quetsche, mirabelle) car nous estimons que le sujet a plutôt tendance à dire « mirabelle » que « prune mirabelle ». A contrario, nous n'avons pas fourni les différentes variétés de pomme car pour la plupart des cas, elles sont précédées du nom du fruit.

- Référence utilisée pour transcrire l'alphabet phonétique français en **alphabet phonétique informatique** :

Pour transcrire les mots dans ce nouvel alphabet, nous avons utilisé un dérivé de l'alphabet SAMPA, fourni par les chercheurs en informatique, qui correspond à l'alphabet phonétique utilisé par le système de transcription automatique de la parole du LIUM (Laboratoire d'Informatique de l'Université du Maine). Nous avons donc transcrit les différentes productions possibles à partir de cet alphabet.

A titre d'exemple, nous présentons un extrait d'une base de données pour l'Evocation Lexicale Formelle (lettre R). Dans cet exemple, la première colonne correspond au mot produit, les quatre autres colonnes représentent les différentes transcriptions possibles (allant de une à quatre transcriptions différentes dans cet extrait). Ces différences de transcription phonétique cherchent à rendre compte de la diversité des prononciations possibles par les sujets à tester, celles-ci étant notamment dépendantes de l'accent.

rebâti	rr eu bb aa tt ii rr	rr bb aa tt ii rr		
rebattement	rr eu bb aa tt eu mm an	rr eu bb aa tt men		
rebattre	rr eu bb aa tt rr	rr eu bb aa tt rr ee	rr bb aa tt rr	rr bb aa tt rr ee
rebuté	rr eu bb aa tt uu			
rebec	rr eu bb ai kk			
rebelle	rr eu bb ai ll	rr eu bb ai ll ee		
rebeller	rr eu bb ei ll ei			
rébellion	rr ei bb ei ll yy on			
rebelote	rr eu bb eu ll o tt	rr bb eu ll o tt ee	rr eu bb eu ll o tt ee	rr bb eu ll o tt
rébété	rr ei bb ei tt ii kk oo			
rebibe	rr eu bb ii bb			
rebiffer	rr eu bb ii ff ei			
rebiquer	rr eu bb ii kk ei			
reblanchir	rr eu bb ll an ch ii rr			
reblochon	rr eu bb ll oo ch on			
reboire	rr eu bb ww aa rr	rr eu bb ww aa rr ee		
reboisement	rr eu bb ww aa zz eu mm an	rr eu bb ww aa zz mm an		
reboiser	rr eu bb ww aa zz ei			
rebond	rr eu bb on			

### 2.3. Exploitation de données sur la fréquence des mots :

Nous avons par ailleurs recueilli des données concernant la fréquence des mots dans la langue française.

- L'intérêt de l'analyse de la fréquence :

La fréquence d'un mot est la fréquence à laquelle ce mot apparaît dans une langue donnée. Elle peut être calculée à partir d'importants corpus, ou bien par estimation.

Nous avons souhaité intégrer la fréquence pour différencier, comme en témoigne la théorie, les performances des sujets à partir de la fréquence dans la langue française des mots produits pendant le test. Par exemple, chez les patients Alzheimer, les mots produits sont plus fréquents que ceux produits par les sujets sains (Frouin et al., 2014).

- L'intérêt de l'analyse de la fréquence dans les 15 premières secondes :

Pour une analyse encore plus fine, nous avons souhaité intégrer la notion de fréquence des 15 premières secondes afin de la comparer à la fréquence des autres mots produits.

Nous avons souhaité mettre en évidence l'hypothèse émise par Crowe. Il s'est intéressé, en 1998, à la notion de fréquence et de temps dans les tâches de fluence (sémantique et formelle) et a observé à la fois une diminution de la fréquence moyenne d'occurrence des mots dans la langue et une diminution du nombre de mots fournis. Il a ainsi émis l'hypothèse que durant les 15 premières

secondes, pour chaque type de fluences, un stock de « topicon » (stock à long terme constitué de mots fréquents) est disponible facilement et est automatiquement activé. Après ces 15 premières secondes et à mesure que le temps passe cette réserve de « topicon » s'épuise, le sujet recherche dans un stock plus vaste, la production devient plus coûteuse, moins productive et plus dépendante des fonctions exécutives.

Les mots produits dans les 15 premières secondes seraient donc produits de manière plus automatique et seraient donc plus fréquents que ceux produits en suivant, par un processus plus contrôlé. C'est ce que nous avons souhaité mettre en évidence ici.

Afin de définir les fréquences de chaque mot, nous avons utilisé la base de données *lexique.org* (annexe 3) fournissant pour cent trente-cinq mille mots du français les représentations orthographiques et phonémiques, la syllabation, la catégorie grammaticale, le genre et le nombre, les fréquences, les lemmes associés, etc. Dans notre étude, nous avons considéré la version la plus récente, *Lexique 3.80*, et en tenant uniquement compte du corpus de films. Plus précisément, nous avons tenu compte de la catégorie intitulée « *freqlenfilms2* » car plus complète. En effet, celle-ci correspond à la somme des fréquences des formes fléchies de chaque lemme. Par exemple, la fréquence du mot /aRbR/ correspond à la fréquence du mot « arbre » additionnée au mot « arbres ». En effet, nous avons trouvé cela plus judicieux étant donné que dans la tâche de fluence verbale, nous ne pouvons à priori pas savoir si le sujet utilise le mot singulier ou pluriel.

Nous avons ainsi cherché à déterminer à quelle fréquence correspondrait chaque mot produit.

Ainsi, selon cette base de données, un mot a été considéré comme « très rare lorsqu'il est inférieur à 5, rare s'il est inférieur à 10, fréquent lorsqu'il est supérieur à 20 et très fréquent lorsqu'il est supérieur à 50 ».

Pour plus de clarté dans notre étude, nous avons établi trois niveaux : un mot est alors de fréquence basse s'il se trouve entre 0 et 20 compris, de fréquence moyenne s'il est entre 20 et 50 compris, et de fréquence haute s'il est à plus de 50.

#### 2.4. Exploitation de données sur les temps de latence :

Nous avons également recueilli des données concernant le temps de latence. En effet, c'est un des éléments pris en compte dans les études faites sur le test de fluence, mais il n'est pas inclus, à l'heure actuelle, dans ces épreuves. C'est pourquoi, tout comme la fréquence des mots, nous souhaitons inclure cette donnée temporelle dans nos analyses.

- Intérêt de l'analyse du temps de latence :

Le plus souvent, il a été montré qu'au fil de l'épreuve, le rythme avec lequel le participant donne les mots s'amenuise : il produit des mots plus rapidement au début et entame ensuite des processus de recherche. Les mots ne lui venant pas spontanément à l'esprit, ceci prend plus de temps. Ainsi, la visualisation du temps que met un sujet pour accéder à son stock lexical nous a paru intéressante.

- Intérêt de l'analyse du temps de latence en parallèle des regroupements :

Comme nous l'avons vu dans la théorie, certains mots peuvent être regroupés (de différentes manières). Sachant que nous avons souhaité intégrer ces notions de regroupements, il nous a paru pertinent de prendre en compte le temps de latence entre les productions d'un même regroupement ainsi qu'entre productions isolées.

Par ailleurs, il nous a semblé pertinent d'intégrer la notion de temps pouvant séparer deux regroupements. En effet, selon Bousfield et Sedgewick (1944) les mots ont tendance à être produits en « jets » pendant une courte période, puis séparés par un intervalle plus long en attendant l'arrivée d'un autre « jet ». Ainsi nous avons voulu mettre en lumière le fait que le temps séparant deux productions serait plus faible entre des mots dits regroupés qu'entre des mots non regroupés.

Nous avons choisi de prendre en compte le temps d'initiation, c'est-à-dire le temps qui s'écoule entre le début du test et la première production du sujet. Ainsi, et en référence à des éléments théoriques, si la première production se fait après 15 secondes, on parle de « défaut d'initiation ».

De plus, nous avons souhaité intégrer les temps de latence effectifs entre les productions, durant le test. Si un temps supérieur à 15 secondes sépare deux productions, on parle de temps de latence important entre ces deux. Afin de comptabiliser ce ou ces temps de latence, nous avons choisi de prendre en compte le nombre total d'occurrences au cours du test, pouvant aller de 0 à 8 en l'espace de 2 minutes.

## 2.5. Création et exploitation des regroupements et commutations :

Au fil de nos lectures, nous nous sommes aperçues de l'ampleur des études effectuées à partir de ces notions de regroupements et de commutations. Nous avons alors pu constater l'importance de ces nouvelles données pour expliquer les mécanismes mis en place en vue de répondre à la tâche de fluence. En effet, l'identification de ces deux processus a permis à Troyer et al. (1998) de les considérer comme deux composants cognitifs essentiels aux performances en fluence verbale.

Ces deux processus permettraient, dans une certaine mesure, d'évaluer la capacité des patients à croiser, par des liens sémantiques et/ou phonémiques, les éléments de leur lexique. Ces processus permettraient également d'observer les stratégies d'accès au mot.

De plus, Troyer et al. (1998) considèrent qu'une performance optimale dans les tâches de fluence verbale implique la mise en œuvre de ces deux composants cognitifs.

A partir de ces appuis théoriques, nous avons souhaité inclure les deux données pour mieux comprendre le fonctionnement du sujet et apporter des éléments de réponse sur différents processus :

- le sujet a-t-il tendance à regrouper des mots ? Ou a-t-il tendance à passer d'un mot à l'autre sans lien particulier ?
- les regroupements, s'il y en a, sont-ils de différents types ? Ou un type de regroupement est-il privilégié ?

Pour ce faire, nous avons défini la notion de regroupements et de commutations. Nous avons également une base de données référençant les mots du lexique (préalablement transcrits) dans différents types de regroupements.

#### 2.5.1. Prise en compte et création des regroupements :

- Notre définition des regroupements :

La méthodologie proposée par Robert et al., cités par Berger et al., envisage le regroupement à partir de trois mots minimum consécutifs reliés par le sens (en ELS), ou de deux mots minimum consécutifs reliés par la forme (en ELF). Troyer et al., cités par Berger et al. également, parlent, quant à eux, en termes de « taille de regroupement ». Selon eux, un mot peut donc constituer à lui seul un regroupement qui serait de taille 0 (Berger, 2005).

Dans l'optique de rendre accessible ce concept de « clustering » nous avons choisi de ne pas considérer un mot seul comme étant un regroupement. De fait, nous avons choisi de parler de cluster dès qu'il y a un réel regroupement c'est-à-dire dès que, au minimum, deux mots consécutifs sont liés entre eux.

De là, nous avons défini plusieurs sortes de regroupements. En effet, pour un même mot, plusieurs regroupements peuvent être possibles. Par exemple : « fraise et framboise » ont un lien sémantique puisque ce sont des fruits rouges, et à la fois un lien formel car ils partagent les phonèmes initiaux /fR/ et les lettres initiales « f » et « r ». Pour ces raisons, nous n'avons pas exclu de regroupements

lorsque nous avons créé les listes. Au contraire, nous avons tenté d'être le plus exhaustives possibles.

- Les différents types de regroupements :

Les regroupements phonémiques, alphabétiques et sémantiques ont déjà été utilisés dans des articles et sont aujourd'hui bien connus. Nous avons souhaité fusionner les regroupements phonémiques et alphabétiques comme des regroupements « formels » puisqu'il s'agit selon nous de regroupements qui sont liés par la forme.

Nous avons par ailleurs ajouté les regroupements « morphologiques », utilisés par Jaytner A. et Lion M. dans leur mémoire d'orthophonie. Sont regroupés de manière morphologique les mots qui se ressemblent par le sens, la forme et ayant un morphème commun (Jaytner et Lion, 2013). Par exemple, les mots « canard, cane, caneton » peuvent être regroupés dans un regroupement morphologique.

Nous avons également ajouté les regroupements « grammaticaux » en parallèle. Damasio et Tranel, cités dans une étude de Patrice Péran, exposent une corrélation entre les localisations cérébrales et le traitement des verbes et des noms (Péran, 2004). Le lobe frontal serait lié au traitement des verbes alors que le lobe temporal davantage lié au traitement des noms. Comme les lobes temporaux et frontaux sont impliqués dans la tâche de fluence, il nous a paru intéressant d'aborder les connaissances et plus particulièrement l'exploration des connaissances grammaticales lors de la tâche de fluence.

En ELF, que ce soit pour les lettres R ou V, nous avons établi quatre types de regroupements :

- Regroupements relatifs au sens : cluster sémantique ;
- Regroupements relatifs à la forme : cluster phonémique/alphabétique ;
- Regroupements relatifs à la fois au sens et à la forme : cluster morphologique ;
- Regroupements relatifs à la classe grammaticale : cluster grammatical.

Nous précisons ici en quoi consiste chaque regroupement. Nous répertorions ici la terminologie utilisée dans le logiciel.

#### Cluster sémantique :

Il contient tous les mots partageant un trait sémantique. Un même mot peut se trouver dans plusieurs catégories sémantiques.

Par ailleurs, pour l'élaboration des regroupements, nous avons proposé différentes catégories possibles, en essayant, autant que faire se peut, d'uniformiser le nom des regroupements utilisés entre les lettres R et V. Par exemple, nous avons défini les catégories *alimentation*, *métier*, *nature*, ou encore *religion*. Nous avons pris le parti de ne pas être trop restrictives dans nos choix de catégories afin de rendre compte des stratégies utilisées. Par exemple, nous avons favorisé la catégorie *alimentation* plutôt que *boisson* ou *nourriture*. De même, nous n'avons pas choisi les catégories des « plantes », des « arbres » mais avons préféré la catégorie « nature ».

#### Clusters phonémique/alphabétique: (inclus dans les clusters formels) :

Il contient les mots qui ont une forme commune, en début, en milieu ou en fin de mots.

Nous avons considéré deux formes communes: le son ou la lettre. De fait, différents types de regroupements sont possibles :

- Le regroupement **selon les deux phonèmes initiaux**. Par exemple : « voler, votre » ou encore « rue, ruser » : les deux premiers phonèmes sont identiques.
- Le regroupement **selon les deux phonèmes finaux**. Comme « voyage, vernissage » ou encore « rire réduire » : les deux derniers phonèmes sont identiques.
- Le regroupement **selon les pseudo-homophones**. Par exemple : « voler, voter » ou encore « rire, rare » différent d'un phonème seulement, ce sont des pseudo-homophones.
- Le regroupement **selon les deux premières lettres**. Comme « valise, vaccin » ou encore « route, rongeur » qui commencent par les mêmes lettres.

#### Cluster morphologique :

Au sein de ce cluster, les mots ont un morphème commun (plus petite unité de sens) et ainsi un lien sémantique et formel. Par exemple, les mots « rachat, racheter », ou encore « visiter, visiteur » appartiennent à un même cluster morphologique.

#### Cluster grammatical :

Il s'agit d'un regroupement constitué de mots qui appartiennent à la même catégorie grammaticale (nom, adjectif, adverbe, verbe, interjection, préposition, onomatopées).

Nous avons pensé aux cas particuliers des homophones, comme : « ruer, ruée » ou encore « ver, verb ». Dans ces cas-là, il est impossible de savoir quel mot est employé par le sujet. En effet, il est toujours difficile de savoir à quelle catégorie grammaticale appartient le mot proposé. Pour cela, nous avons pris le parti de considérer les productions précédentes et suivantes pour choisir, de façon plus ou moins subjective, la catégorie grammaticale.

En ELS, que ce soit pour les animaux ou pour les fruits, nous avons établi trois types de clusters :

- Regroupements relatifs au sens : cluster Sémantique;
- Regroupements relatifs à la forme : cluster phonémique/alphabétique;
- Regroupements relatifs à la fois au sens et à la forme : cluster morphologique.

Ici, le cluster grammatical n'entre pas en compte. En effet, l'épreuve de fluence sémantique ne permet pas de produire d'autres mots que des noms.

Nous présentons ci-dessous chaque regroupement :

#### Cluster sémantique :

Pour les animaux, nous avons choisi de les regrouper, d'un point de vue sémantique, en trois grandes catégories, à savoir :

- **selon la famille**, par exemple : *oiseaux, félins, canidés, mollusques, reptiles, etc ;*
- **selon le lieu de vie**, par exemple : *ferme, mer, banquise, savane, etc ;*
- **selon les usages humains**, par exemple : *bêtes de somme, utilisation pour la fourrure, etc ;*
- **selon les associations dans la langue française**, par exemple : *corbeau/renard, chien/chat, loup/agneau, etc.*

Pour les fruits, nous avons sélectionné quatre catégories qui, selon nos lectures, sont les plus représentatives des catégorisations possibles des fruits, à savoir :

- **selon la saison** comme *printemps, été, automne, hiver ;*
- **selon le lieu de pousse** par exemple : *arbre, terre ;*
- **selon la famille (caractéristiques et morphologie du fruit)** par exemple : *les agrumes, les baies et fruits rouges, les fruits exotiques, les fruits à noyau, à pépins ;*
- **selon la couleur (extérieure et intérieure du fruit)** par exemple *orange, rouge, vert, etc.*

#### Cluster phonémique / alphabétique : (inclus dans les clusters formels) :

Il s'agit de mots qui ont une forme commune, en début, en milieu ou en fin de mots. Nous avons considéré deux formes communes : selon la lettre commune et selon le son commun. De fait, nous avons quatre sortes de regroupements :

- Le regroupement **selon la même lettre initiale**, comme « rat, renard », « pomme, poire » qui commencent par la même lettre.

- Le regroupement **selon le même phonème initial**, comme « chat » et « chien » ou « pêche » et « poire ».
- Le regroupement **selon les deux mêmes phonèmes finaux**. Dans « cheval, narval », « poivron, citron », les phonèmes finaux sont identiques.
- Le regroupement **selon les pseudo-homophones**, par exemple « merise, cerise » : sont des pseudo-homophones, un seul phonème varie.

#### Cluster morphologique :

Il contient des mots qui sont reliés par un morphème, c'est-à-dire par la plus petite unité de sens. Par exemple, les fruits « prune, pruneau », et les animaux « chat, chaton » appartiennent à un même cluster morphologique.

#### 2.5.2. Prise en compte des commutations :

Nous nous sommes inspirées des travaux de Troyer et al. (1998) mais avons également pris en compte les critiques et les suggestions d'Abwender et al. (2001), cités par Raoux et al (2008). Ainsi, il existerait différents types de commutations :

- ceux qui apparaissent entre les regroupements composés de plusieurs mots (ils indiquent alors la flexibilité mentale mobilisée pour le passage entre des regroupements établis) ;
- ceux qui ne concernent que les mots isolés (ils désignent ainsi l'incapacité à générer des regroupements).

Une fois les commutations différenciées, nous avons souhaité intégrer à notre étude seulement les commutations entre mots isolés et regroupements, ou entre mots isolés et mots isolés, car elles représentent, à notre sens, des commutations au sens « vrai » du terme, c'est-à-dire un réel changement de stratégie. Cette décision réside dans le fait que nous prenons déjà en compte le nombre de regroupements. Ainsi, l'information qu'apporterait le nombre de commutations inter-clusters (entre les regroupements) serait redondante (celle-ci étant égale au « **nombre de regroupements – 1** »).

Au total, en termes de données quantitatives, nous avons choisi de prendre en compte la taille des regroupements (nombre de mots regroupés), le nombre de regroupements et le nombre de commutations (entre mots isolés et entre mots isolés /regroupements).

## 2.6. Création d'une grille d'observation qualitative :

Une observation qualitative nous a paru nécessaire pour affiner l'analyse : elle permettrait de confirmer la nature des insuffisances définies par les résultats chiffrés, grâce à une démarche d'observation clinique qui prendrait en compte les attitudes, stratégies et commentaires des sujets testés au cours de la passation.

Nous proposons donc, pour guider le praticien dans une observation plus qualitative, en parallèle du logiciel, une grille (cf annexe 4) contenant des données non prises en compte par l'outil. Dans cette grille, nous avons recensé tant les troubles visibles que les stratégies et aides mises en place. En effet, à l'inverse de l'analyse traditionnelle qui porte davantage sur les productions déficitaires, nous avons cherché à mettre également en avant l'éventuelle utilisation de stratégies compensatoires. Nous avons sélectionné : les différents types d'erreurs, les paraphasies et déviations orales, les énoncés modalisateurs, les subvocalisations, et les stratégies palliatives. Ces derniers sont repris dans un document annexe (cf annexe 5) explicitant les spécificités de chaque item de la grille d'observation.

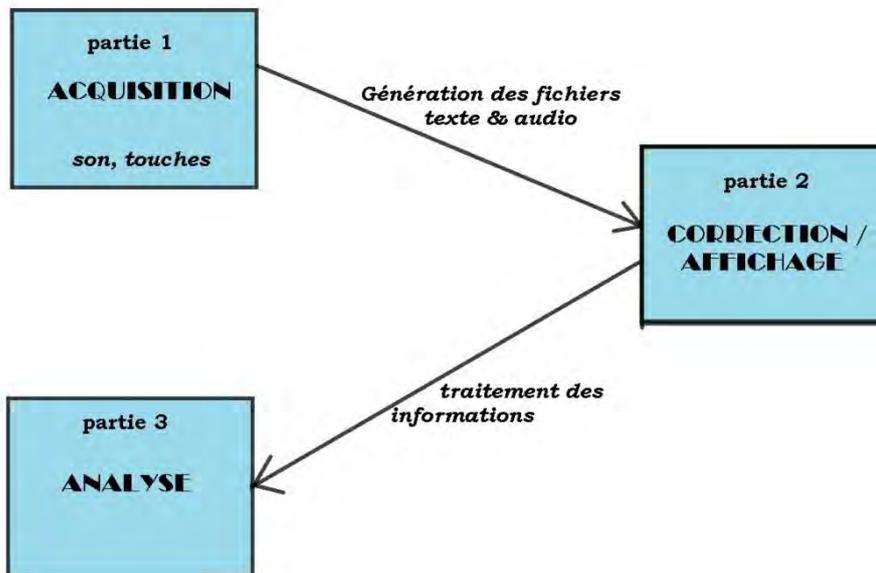
Concrètement, il s'agit pour l'orthophoniste de cocher des cases concernant la présence des items, et éventuellement leur nombre, et leur transcription.

## **3. Création de la maquette du logiciel**

L'étape suivante de notre travail a consisté en la création à proprement parler du logiciel.

Après quelques réunions avec les chercheurs en informatique, nous avons dissocié les différentes parties du logiciel.

Ils se sont basés sur les parties suivantes pour concevoir le logiciel :

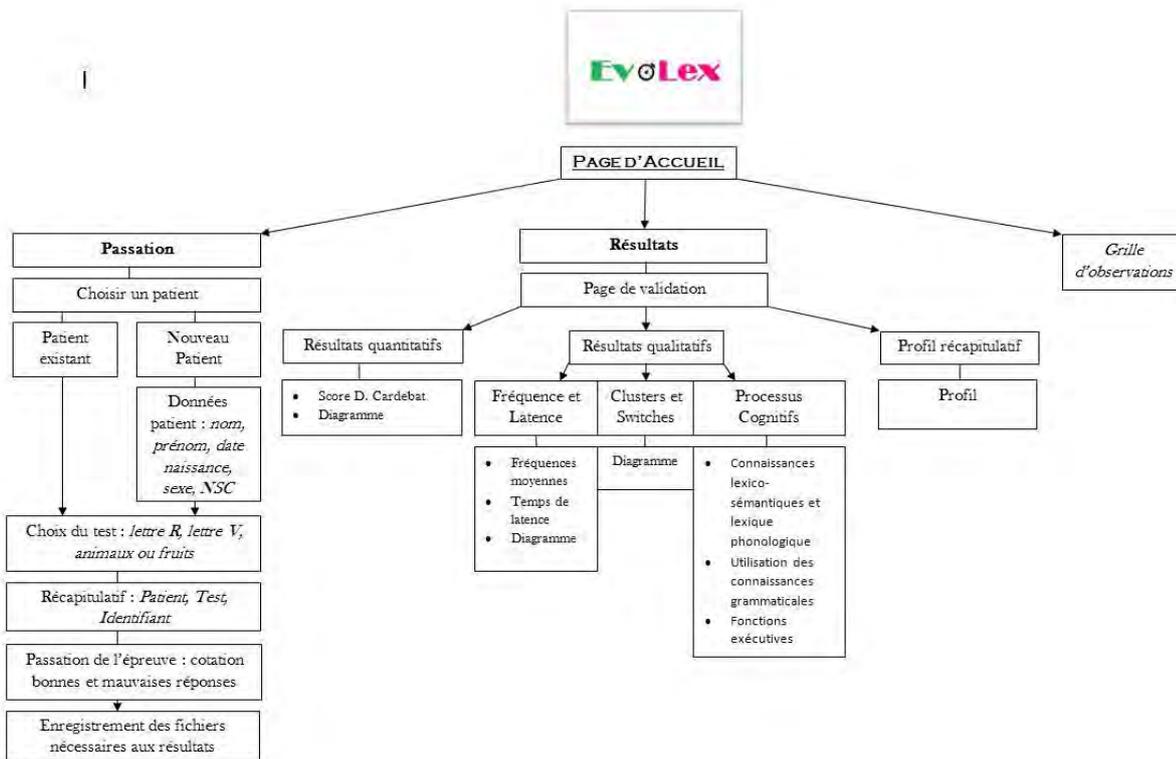


De notre point de vue ces différentes parties correspondent :

- à la partie passation, à savoir « pré-enregistrement » et « enregistrement », (partie « acquisition » du schéma ci-dessus);
- à la partie de validation des productions (partie « correction/affichage » du schéma ci-dessus);
- aux différentes analyses quantitatives et qualitatives apportées par le logiciel (partie « analyse » du schéma ci-dessus).

Nous présenterons chaque partie dans les parties suivantes.

### 3.1. Arborescence du logiciel :



Ainsi, dans la version que nous proposons, le logiciel est scindé en deux parties: la partie passation et la partie résultats/analyses. Un serveur ferait alors le lien, permettant d'analyser l'enregistrement et de renvoyer les analyses. Parallèlement, comme cela apparaît sur l'arborescence, une grille d'observations est disponible à partir de la page d'accueil.

Il est à noter que sur certaines pages nous avons souhaité une explication des fonctionnalités pour guider l'utilisateur. Nous avons donc fourni des textes aux chercheurs en informatique afin de les inclure dans le logiciel.

### 3.2. Page d'accueil :

Avant toute chose, nous avons demandé à ce que la page d'accueil offre trois possibilités, à savoir :

- la possibilité de débiter la passation, par un simple clic sur le bouton correspondant ;

- la possibilité d'accéder directement aux résultats, sans passer par la passation, au cas où celle-ci aurait été faite auparavant. Un simple clic serait nécessaire et permettrait un accès direct ;
- enfin, la possibilité de télécharger la grille d'observations qualitatives. Considérant que celle-ci est facultative, nous avons souhaité afficher la possibilité de télécharger cette grille sous forme de lien pour différencier des fonctions précédentes.

Notre préférence s'est portée sur deux boutons centrés en milieu de page correspondant pour l'un à la passation, pour l'autre à l'accès aux résultats.

Par ailleurs la configuration des touches pour permettre le codage temporel (appréciation des réponses de l'orthophoniste) au cours de l'épreuve serait disponible à partir de cette page. Elle le sera jusqu'à la page d'enregistrement.

### 3.3. Partie passation :

#### 3.3.1. Pré-enregistrement :

L'objectif de la partie « pré-enregistrement » est de permettre de remplir rapidement, et sans oublier de données, toutes les informations nécessaires à la passation du test et aux analyses des performances du sujet. Pour ce faire, nous avons envisagé différentes étapes que l'on souhaite faire apparaître sur différentes pages. A savoir :

- une première page devrait être consacrée à l'enregistrement d'un nouveau patient ou d'un patient déjà enregistré ;
- la seconde page permettrait de remplir des données concernant le nouveau patient, c'est-à-dire les données pertinentes que sont le prénom, le nom, l'âge, le sexe et le niveau socioculturel. A noter que pour le niveau socioculturel, nous n'avons pas conservé celui de D. Cardebat mais avons repris les 3 niveaux qui sont proposés dans le GREFEX (niveau 1 jusqu'à la troisième, moins de 9 ans d'études à partir du CP; niveau 2 jusqu'au baccalauréat, entre 9 et 11 ans d'études sans le baccalauréat; niveau 3 obtention et poursuite après le baccalauréat). Pour l'étalonnage, les niveaux 2 et 3 du GREFEX correspondent au niveau 2 du test de D.Cardebat (niveau 2 : plus de 9 ans de scolarisation) ;
- une troisième page permettrait de choisir le test à faire passer ;
- enfin, sur la dernière page avant l'enregistrement, apparaîtrait un identifiant. Celui-ci a été imaginé dans le but de préserver les données de chaque patient. Etant donné que le futur outil fonctionnerait sur serveur, nous avons souhaité mettre en place cette démarche de protection. De

fait, seul l'orthophoniste ayant fait passer le test connaîtrait la correspondance entre les données inhérentes au patient (âge, sexe, NSC) et son identifiant. L'utilisateur devrait alors noter cet identifiant car il lui servira pour l'accès aux résultats et apparaîtra seulement sur cette page.

### 3.3.2. Enregistrement :

L'un des objectifs initiaux du projet était de faciliter la passation du test : nous voulions notamment que l'orthophoniste n'ait plus à transcrire toutes les productions du patient.

Cependant, il nous a paru primordial que le futur utilisateur valide les productions en les jugeant (bonnes ou mauvaises réponses). Cela permettrait à l'orthophoniste de garder un certain contrôle sur la tâche en cours et également d'indiquer la reconnaissance vocale par le signalement d'une production à travers les clics de l'orthophoniste.

Il y aurait donc deux analyses. Une première analyse serait ainsi effectuée par l'orthophoniste. Un rappel sur la cotation serait disponible dans le logiciel et dans un protocole (la cotation étant la même que dans l'étalonnage de D. Cardebat).

- Les bonnes réponses correspondent aux mots respectant la consigne (mots au pluriel, mots précédé d'un déterminant). Même s'il est déformé, le mot est compté bon à partir du moment où l'orthophoniste le reconnaît. Dans ce cas, l'orthophoniste appuie sur la touche O du clavier (ou celle définie au préalable).
- Les erreurs sont les mots ne respectant pas la consigne, c'est-à-dire les répétitions inconscientes, les mots n'appartenant pas à la langue française, ou encore les mots de même famille ayant un morphème commun. Dans ce cas, l'orthophoniste appuie sur la touche N du clavier (ou celle définie au préalable).

Dans les cas où le sujet produit des mots qui ont un morphème commun et appartiennent à la même famille, l'orthophoniste doit compter la production comme une erreur (par exemple, les mots « rouge », « rougir », « rougeoyant » comptent pour une bonne réponse et deux erreurs). Pour les ELS, si le sujet produit des hyperonymes puis des hyponymes, seuls les hyponymes sont comptabilisés justes (par exemple, si le patient évoque « oiseau, mésange, rouge-gorge », « oiseau » est compté faux car ses hyponymes sont déclinés; on a donc une erreur et deux bonnes réponses).

Concernant les synonymes, nous avons jugé important d'en tenir compte. En effet, durant l'épreuve, le patient pourra produire deux appellations différentes pour un même mot. De fait, si plusieurs

noms désignant le même référent sont produits, alors un seul est compté bon. Par exemple, pour les fruits, la « canneberge » et l' « atoca » renvoient au même fruit, ainsi seul le premier sera comptabilisé juste.

- En cas de répétition consciente, d'activité vocale (modalisation), ou de doute de répétition, l'orthophoniste ne doit appuyer sur rien.

Il a été décidé que la reconnaissance vocale ferait ensuite une seconde analyse concernant l'identification de mots. Cette dernière permettrait de vérifier et de préciser la première analyse de l'orthophoniste.

Par ailleurs, nous avons souhaité qu'après le lancement de l'enregistrement :

- un chronomètre apparaisse afin de visualiser le temps de l'épreuve ;
- le temps s'arrête automatiquement après les 2 minutes imparties au test.

Enfin, trois fichiers devraient être générés à la fin de l'enregistrement, à savoir : le fichier audio, le fichier où figurent de codage temporel de l'orthophoniste, et le fichier contenant les données anonymisées du patient, tous trois nécessaires à la génération des résultats.

#### 3.4. Partie reconnaissance vocale :

La reconnaissance vocale s'appuie sur trois modèles, à savoir :

- un modèle acoustique: ce premier modèle fournit, à partir du signal acoustique, la probabilité que le signal corresponde à chacun des phonèmes existant dans une langue. Il existe notamment un modèle acoustique pour les voyelles, pour les occlusives, les fricatives et les sonantes ;
- un modèle de prononciation: celui-ci donne, pour chaque mot du vocabulaire, les prononciations possibles au niveau phonétique ;
- un modèle de langage : pour rendre compte des différentes règles qui gouvernent la combinaison des phonèmes dans une langue, le modèle de langage permet de détecter des motifs récurrents des suites d'observation. Ce modèle donne pour chaque mot sa probabilité dans le langage cible.

C'est ensuite la combinaison de ces trois modèles qui permet de calculer la probabilité que le signal sonore corresponde à chaque mot. Le principe de la reconnaissance vocale est alors de trouver le mot ayant la probabilité la plus élevée.

Les modèles utilisés dans notre étude sont les suivants :

- les modèles acoustiques utilisés étaient des modèles pré-existants de 100h de radio ;
- le modèle de prononciation utilisé s'est basé sur le dictionnaire phonétique proposé ;
- le modèle de langage utilisé était également celui de 100h de radio.

### 3.5. Partie validation des résultats :

En situation quotidienne, l'homme a souvent du mal à se faire comprendre de ses pairs. On est alors en droit de se demander comment une machine, dont le principe de reconnaissance est fondé sur celui de l'homme, serait capable de faire mieux.

C'est là que réside tout l'intérêt de la collaboration homme/machine que nous proposons.

Pour ce faire, à la suite de l'enregistrement, une page de validation devrait apparaître à partir de la reconnaissance vocale. Cette dernière devrait permettre d'afficher les données de la manière suivante :

- **Si l'orthophoniste a cliqué sur la touche correspondant à une bonne réponse ou à une erreur**, le logiciel de reconnaissance vocale recherche dans sa base de données et soit :
  - il trouve la production dans sa base de données et le mot est identifié. Dans ce cas, il doit chercher si le mot a déjà été dit.
    - Si le mot a déjà été dit, il affiche dans la « page de validation » un carré rouge signifiant une mauvaise réponse. De plus le mot est écrit en rouge pour symboliser le type d'erreurs : répétition.
    - Si le mot n'a pas été dit, il affichera un carré vert symbolisant une bonne réponse. Mais si le mot appartient à un mot de la même famille qu'un autre mot énoncé précédemment, il affichera un carré rouge signifiant une mauvaise réponse.
  - il ne trouve pas la production dans sa base de données, il affiche alors une bonne réponse (carré vert) ou une erreur (carré rouge) par défaut, selon l'appréciation de l'orthophoniste.
- **Si aucun clic n'a été enregistré** : le logiciel ne fait aucune recherche de reconnaissance vocale. Toutefois, dans le cas où ce dernier détecte un son non signalé par le clic de l'orthophoniste, il affiche un carré gris symbolisant une activité vocale (modalisations).  
Enfin, dans le cas où l'orthophoniste aurait cliqué sur une touche (bonne/mauvaise réponse) ne correspondant pas à l'analyse du logiciel, deux possibilités seraient proposées :

- Soit l'orthophoniste a cliqué sur **bonne réponse** et le logiciel a analysé une **erreur** (soit la production n'est pas dans la base de données, soit il s'agit d'une répétition, soit c'est un mot de la même famille qu'un précédent), sur la « page de validation » doit être affiché un logo **attention**  devant le mot identifié. Nous privilégions l'analyse de l'orthophoniste mais nous proposons un symbole pour visualiser le désaccord. A partir de ce logo, l'orthophoniste a la possibilité de cliquer et ainsi réécouter/modifier la production. Elle jugera d'une bonne ou d'une mauvaise réponse dans un second temps. A noter que ce changement doit, par la suite, être pris en compte dans l'analyse des clusters.
- Soit l'orthophoniste a cliqué sur **mauvaise réponse** et le logiciel a identifié une **bonne réponse**. Sur la « page de validation » est affiché un logo **attention**. L'orthophoniste est ensuite amené à procéder de la même façon que précédemment.

Au total, la « page de validation » devrait permettre à l'utilisateur de :

- **réécouter** un mot ;
- **ajouter** un mot manuellement ou selon les propositions ;
- **modifier** manuellement ou en fonction des propositions de mots les plus probables qui apparaissent sur le logiciel ;
- **supprimer** un mot, en cas d'erreur.

Ensuite, il pourra **valider la page**.

A partir de la validation » de l'orthophoniste, les analyses quantitatives et qualitatives seraient calculées et effectuées automatiquement. A noter que l'utilisateur ne pourrait pas valider la page sans régler les désaccords signalés.

### 3.6. Partie analyses quantitatives :

Concernant la méthode d'analyse des résultats, comme nous l'avons expliqué précédemment, nous avons utilisé l'étalonnage de D. Cardebat pour l'exploitation des résultats quantitatifs. (Cardebat, 1990). Nous avons donc souhaité un affichage du score du patient en écart-type.

De plus, en cas de score inférieur à -2 E.T., celui-ci s'afficherait en rouge.

Nous avons également envisagé l'ajout d'un diagramme. Notre choix s'est porté sur un diagramme circulaire car il apporte une information rapidement interprétable sur le plan visuel. Ainsi, il permettrait de visualiser le pourcentage de bonnes réponses et de mauvaises réponses. Serait également précisé en chiffre le détail du score. Le diagramme serait divisé en deux parties proportionnelles à leur pourcentage :

- la partie relative aux mauvaises réponses serait subdivisée en trois parties différenciées chacune par une couleur (dégradé de rouge) : répétitions, mots de même famille et autres types d'erreurs.
- la partie concernant les bonnes réponses serait affichée en vert.

Par ailleurs, les couleurs vertes et rouges rappellent les touches de la page d'enregistrement mais aussi les codes couleurs faisant partie de nos références culturelles.

### 3.7. Partie analyses qualitatives :

Les deux parties qui suivent détailleront la méthode d'analyse des résultats en termes de fréquence et de latence puis en termes de regroupements et de commutations.

#### 3.7.1. Prise en compte de la fréquence et du temps de latence :

Nous avons opté pour un graphe prenant en compte la fréquence des mots dans la langue française (selon trois crans) et le temps (un cran par seconde) au fil de l'épreuve.

- **Fréquence** des mots :

La base de données utilisée a été la suivante : Lexique 3, catégorie « freqlemfilm2 » (cf annexe 3). La présentation se ferait sur un graphe selon trois grades que nous avons définis : fréquence basse de 0 à 20 compris, fréquence moyenne entre 20 et 50 compris et fréquence haute au-dessus de 50. L'affichage serait mis en valeur pour les 15 premières secondes car les mots de fréquence élevée seraient au vu de la théorie disponible dans un premier temps puisque l'accès lexical de ces mots est plus rapide. Nous avons également souhaité afficher les mots produits au-delà des 15 premières secondes, afin de comparer les moyennes des fréquences. Enfin, nous avons proposé de faire apparaître un encart avec des phrases pour expliciter et mettre en valeur la moyenne des fréquences des 15 premières secondes et au-delà.

- **Temps de latence :**

Dans notre étude, nous avons ajouté le temps de latence entre toutes les productions.

Nous avons souhaité mettre en valeur sur un graphe les défauts d'initiation s'il y en a : à partir de 15 secondes un logo représentant un sablier tel que  s'afficherait.

Par ailleurs, le temps de latence très élevé, supérieur à 15 secondes, apparaîtrait visuellement sur le graphe : les deux points correspondant aux mots seraient alors très éloignés et le temps de latence très élevé. De plus, le nombre de ces temps de latence élevés apparaîtrait en légende dans l'encart explicitant ces données.

### 3.7.2. Prise en compte des regroupements et commutations :

Les objectifs fixés étaient la mise en évidence des regroupements et commutations que peut mettre en place un sujet. Après avoir défini ce qu'était un regroupement de manière générale, puis les regroupements propres à notre étude, nous nous sommes questionnés en équipe sur les différentes possibilités permettant aux chercheurs en informatique de faire un algorithme :

- Algorithme pour intégrer les regroupements et commutations :

#### **Fondements des regroupements pour notre étude :**

Nous avons établi des conditions d'analyse des regroupements, préalable nécessaire à la programmation du logiciel.

- Un regroupement se calcule à partir de deux mots regroupés (quand ces deux mots appartiennent à la même catégorie. Par exemple : même lieu de vie ou même rime.
- Les mots regroupés le sont selon un lien sémantique, morphologique, phonémique/alphabétique, ou grammatical.
- Tous les mots produits au cours de la tâche sont inclus dans le calcul des regroupements et des commutations. En effet, nous avons choisi de considérer que même s'il s'agit de mauvaises réponses (mots de même famille, répétitions...), toutes les productions faisant partie de la base de données et identifiées par la reconnaissance vocale sont comptabilisées et analysées comme toute autre production. Nous considérons, conformément à l'étude de Troyer et al. (1998), que ces productions reflètent le cheminement de la pensée du sujet et que le fait de ne pas les comptabiliser reviendrait à perdre d'importantes informations relatives aux processus cognitifs. Ces derniers incluent en effet les intrusions et les répétitions dans la comptabilisation des processus de regroupements et de commutations. Pour ces auteurs, deux raisons ont présidé à cette décision :

- les erreurs fournissent des informations quant aux stratégies mises en œuvre par les sujets ;
- les erreurs prises en compte permettent de ne pas sous-estimer les tentatives de regroupement(s) effectuées par les populations pathologiques qui produisent de nombreuses répétitions (un même mot est utilisé plusieurs fois au cours de la tâche et est inclus dans différents regroupements).

### Calcul des regroupements :

Pour élaborer les calculs des regroupements, nous avons envisagé en réunion les multiples possibilités et contraintes :

- Nous nous sommes rendu compte qu'un regroupement pouvait être inclus dans un autre. Après réflexion, nous avons préféré ne prendre en compte que le regroupement le plus grand.

Par exemple : ((chat, chien) cheval )

(chat, chien) = animaux domestiques (cluster sémantique)

(chat, chien, cheval) = animaux commençant par /ch/ (cluster phonémique)

Ici, Le regroupement phonémique est comptabilisé au détriment du regroupement sémantique car il est plus grand : trois mots sont regroupés car ils commencent par le son /ch/.

- Deux regroupements de même taille peuvent être en concurrence (un regroupement formel et un regroupement sémantique de même taille). Dans ce cas :

- Pour le calcul total du nombre de regroupements, nous souhaitons n'en comptabiliser qu'un. En effet, on ne peut pas savoir quel regroupement a été privilégié par le sujet.
- Pour le calcul du nombre de commutations : on ne double pas le nombre de commutations pour les mêmes raisons.
- En revanche, pour la comparaison (et uniquement la comparaison) du nombre de regroupements dans chaque type de regroupements, nous souhaitons comptabiliser un regroupement dans chaque type de regroupement.

Par exemple : (( léopard – guépard)) → cheval

→ = commutation

(Léopard, guépard) = félins (cluster sémantique)

(Léopard, guépard) = rime en [ar] (cluster phonémique)

Dans ce cas,

- pour le calcul total du nombre de regroupements, nous souhaitons comptabiliser un seul regroupement (il peut être soit phonémique ou sémantique) ;

- pour le calcul du nombre de commutations on n'en compte qu'une ;
- en revanche, pour la comparaison du nombre de regroupements, nous souhaitons prendre en compte un regroupement formel (phonémique) et un regroupement sémantique. Ne sachant pas lequel a été utilisé, nous préférons comptabiliser les deux.

- En cas de chevauchement de deux regroupements, nous souhaitons prendre en compte les deux dans le calcul du nombre de regroupements. Cependant, on ne compte qu'une commutation entre les regroupements (peu importe l'endroit, l'important est de savoir qu'il y a une commutation inter-clusters). On ne compte pas non plus deux fois le(s) même(s) mot(s) dans le total des mots regroupés s'ils sont dans plusieurs regroupements se chevauchant.

Par exemple : (hamster ( chien chat ) cheval )

(Hamster, chien, chat)= animaux domestiques (cluster sémantique)

(Chien, chat, cheval) = mots commençants par le son [ch] (cluster phonémique)

Ici, nous avons donc deux regroupements de trois mots, quatre mots regroupés et une commutation.

Le cluster grammatical est mis à part, en parallèle des autres regroupements, pour ne pas le mettre en concurrence : on propose ainsi de visualiser l'accès aux différentes catégories grammaticales au même titre que les regroupements sémantiques, formels et morphologiques.

Par ailleurs, dans le cas particulier des regroupements morphologiques qui ont tendance à se confondre avec les regroupements sémantiques et formels, nous proposons de ne pas exclure le regroupement morphologique mais de le prendre en compte au sein du regroupement majoritairement utilisé. Ce choix de non exclusion se base sur l'idée selon laquelle ce dernier est un regroupement à la fois formel (phonémique et alphabétique) et sémantique. Il est bien distinct des autres regroupements dans notre étude mais n'est pas en contradiction avec eux. Par exemple, si dix mots sont liés par le sens, il y a un regroupement de dix mots avec une stratégie sémantique. Mais si dans ces dix mots, quatre sont liés morphologiquement, nous proposons de ne pas exclure le regroupement morphologique (qui est certes plus petit que le regroupement sémantique) mais de le prendre en compte dans les regroupements sémantiques (dans cet exemple) ou phonémique/alphabétique. Dans cet exemple, la stratégie utilisée est sémantique avec 25% d'aide morphologique.

### **Calcul des commutations :**

Nous différencions deux types de commutations :

- les commutations « inter-clusters » (soit entre les regroupements) représentent les transitions entre deux regroupements. Ces types de commutations ne sont pas pris en compte dans notre étude, comme nous l'avons précisé plus haut ;

- les « hard switch », que nous nommerons par la suite « commutation », représentent les transitions entre :

- un mot isolé et un regroupement
- un regroupement et un mot isolé
- un mot isolé et un autre mot isolé

Pour rappel, en cas de regroupements de même taille ou de chevauchement de deux regroupements, on ne double pas le nombre de commutations.

- Mise en valeur et affichage des regroupements et du temps de latence :

Nous avons opté pour un affichage sous forme de blocs représentant les différents regroupements qu'a produit le sujet. Le début du bloc correspond au premier mot du regroupement, et la fin au dernier mot regroupé. Par ailleurs, les différents types de regroupements sont représentés dans des blocs en parallèle. Chaque colonne correspond à un type de regroupement (sémantique, formel et morphologique). Le regroupement grammatical n'est présent qu'en ELF et s'affiche à l'écart, en parallèle des autres regroupements.

Par ailleurs, nous avons proposé un affichage du temps de latence entre chaque mot par des flèches. Ainsi, la taille des flèches serait proportionnelle au temps de latence séparant chaque mot. Cela permettrait de mettre en avant le fait que la latence est plus importante entre deux regroupements qu'entre mots d'un même regroupement.

- Analyses à partir de ces données : les processus cognitifs mis en évidence :

#### **Connaissances lexicales et sémantiques et lexique phonologique :**

D'après nos lectures, la proportion de mots regroupés et le type de regroupement correspondent à la fois aux connaissances lexicales et sémantiques et au lexique phonologique du sujet. En effet, le regroupement implique le lobe temporal avec la mémoire verbale sémantique pour la fluence catégorielle et le lexique phonologique pour la fluence formelle. Nous avons donc choisi de mettre en évidence, s'il y a lieu, les regroupements et les types de regroupements.

Pour mettre en lumière les regroupements proposés, nous avons proposé de calculer le pourcentage de mots regroupés parmi les productions totales du sujet.

Le calcul est le suivant :  $\frac{\text{nombre total de mots regroupés}}{\text{nombre total de productions}}$  Ainsi, plus le pourcentage est élevé, plus le sujet a fait de regroupements.

Enfin, nous avons proposé de mettre en évidence les différents types de regroupements proposés par le sujet. Ainsi, une stratégie peut apparaître : la majorité des mots regroupés sont soit liés par le sens (cluster sémantique) soit par la forme (cluster phonémique/alphabétique) soit autant par la forme que par le sens (cluster morphologique). La stratégie privilégiée correspond au regroupement au sein duquel le nombre de mots est le plus grand.

Le calcul est le suivant :  $\frac{\text{nombre de mots regroupés dans un type de cluster}}{\text{nombre total de mots regroupés}}$

Nous proposons afin de visualiser au mieux cette analyse :

- un diagramme en barres: la plus haute barre correspond alors à la stratégie privilégiée ;
- une phrase récapitulant la stratégie privilégiée.

Ainsi, nous espérons que cette donnée parlera au plus grand nombre, soit au niveau verbal avec la phrase explicative, soit au niveau visuel avec le diagramme en barres.

### **Utilisation des connaissances grammaticales (uniquement pour les épreuves formelles, lettres R et V) :**

Souhaitant avoir visuellement des informations quant à l'exploitation des connaissances grammaticales du sujet, nous avons proposé de présenter le nombre de catégories grammaticales explorées et le pourcentage de chacune d'elles.

Pour le pourcentage, le calcul proposé est le suivant :  $\frac{\text{nombre de verbes, noms, adjectifs}}{\text{nombre total de productions}}$ .

### **Fonctions exécutives : processus stratégiques de recherche et flexibilité mentale spontanée :**

Pour mettre en évidence les processus exécutifs mis en jeu lors de la tâche de fluence, nous avons souhaité visualiser rapidement si le sujet a une tendance au regroupement ou à la commutation.

En effet, la commutation implique des processus dépendant du lobe frontal tels que la flexibilité mentale et les mécanismes de recherche. Pour observer cela, nous avons pris en compte le nombre de regroupements et le nombre de commutations par rapport à la production totale.

Nous souhaitons que ces deux données soient ensuite comparées sur un diagramme en barres.

Dans le cas où le sujet regroupe beaucoup de mots, nous pourrions émettre l'hypothèse qu'il implique davantage ses connaissances sémantiques ou phonologiques. A l'inverse, si le sujet commute plus qu'il ne regroupe, il impliquerait davantage des processus de recherche et de flexibilité mentale lors de la tâche de fluence.

### 3.8. Partie profil récapitulatif :

Nous avons répertorié ici les informations nous paraissant les plus significatives quant à l'analyse des productions du sujet.

L'affichage de ces informations se ferait sous forme de diagramme araignée (spider).

Nous avons défini des chiffres caractérisant les grades possibles pour chaque grandeur mais n'avons pas souhaité établir de cercle de couleur (comme sur une cible) afin de ne pas tendre à une interprétation abusive. En effet, aucun étalonnage n'existant pour les grandeurs choisies, nous ne pouvons dire où se situe le seuil pathologique. Cependant, nous avons regroupé vers le centre les scores les plus faibles pour chaque item, mais cela ne constitue en aucun cas une interprétation à prendre en compte de manière isolée. En ce sens, un pourcentage très faible de mots regroupés (par exemple) ne constitue pas à lui seul une donnée suffisante pour décider du caractère pathologique de la production.

Nous avons sélectionné huit items parmi les données quantitatives et qualitatives analysées en amont, que nous détaillons ci-dessous.

- Le **score total** constitue l'élément incontournable à afficher dans la mesure où c'est, à l'heure actuelle, le seul résultat étalonné et donc analysé de façon objective au cours de cette épreuve.
- Le **temps d'initiation** donne des informations sur les capacités du sujet à démarrer la tâche demandée, mais aussi à accéder à son stock de mots.
- La **fréquence moyenne des mots sur les 15 premières secondes** (élevée/moyenne/faible) donne une information qualitative sur les productions du sujet. Celle-ci devant théoriquement être élevée.
- Le **nombre de temps de latence**, comme nous l'avons expliqué précédemment, est compris entre 0 et 8 et indique le nombre de fois où le sujet a mis plus de 15 secondes avant de produire le mot suivant. Il n'est pas interprétable à lui seul mais permet d'avoir une idée plus précise du temps que met le sujet pour accéder à son stock lexical.

- Le **pourcentage de mots regroupés** indique la probable tendance du patient à regrouper les mots produits. Plus le pourcentage est élevé, plus le sujet implique ses connaissances sémantiques ou phonologiques lors de l'épreuve.
- Le **nombre de regroupements** apporte une donnée supplémentaire : le patient peut effectuer plusieurs regroupements de petite taille, ou au contraire peu de regroupements de grande taille. Ces informations sont visuellement perceptibles et informent quant à la capacité du sujet à passer d'un regroupement à un autre et donc à l'implication de la flexibilité mentale du sujet. Plus le nombre de regroupements est élevé, plus les fonctions exécutives sont impliquées.
- Le **nombre de commutations** renseigne le nombre de commutations entre mots isolés et entre mots isolés et clusters. Plus le nombre est élevé, plus le sujet engage ses processus exécutifs tels que la recherche active et la flexibilité mentale.
- Le **nombre de catégories grammaticales explorées** n'est présent qu'en fluence formelle, ce qui nous donne donc deux profils différents en ELF et ELS (un item de moins à renseigner pour ce profil). Un nombre élevé de catégories grammaticales permet de mettre en évidence une exploitation des connaissances grammaticales durant le test. Inversement, si le nombre est faible, il est intéressant de voir que certains sujets produisent des mots n'appartenant qu'à une catégorie grammaticale.

Enfin, nous avons souhaité que l'affichage se fasse de la façon suivante : le score selon l'étalonnage de D. Cardebat serait centré en haut du graphique, les données en termes de regroupements et de commutations se situeraient d'un côté, et, enfin, les données concernant les latences et les fréquences seraient de l'autre côté.

### 3.9. Démarche de perfectionnement du logiciel :

Lors de cette étude nous avons interagi avec les chercheurs en informatique pour concevoir l'outil, et notre travail s'est inscrit dans une démarche de perfectionnement du logiciel. Il s'agissait donc de modifier au fur et à mesure les propositions des différentes versions afin de s'approcher au mieux des fonctionnalités demandées.

#### **4. Création de protocoles**

Lorsque la maquette de l'outil a été créée, nous avons élaboré des protocoles afin de :

- s'assurer que les conditions de passation soient les mêmes d'un orthophoniste à un autre avec, entre autres, les mêmes consignes et les mêmes cotations.
- guider l'orthophoniste dans le déroulement de l'épreuve et dans l'obtention des résultats. En effet, cette épreuve, bien que très connue, peut s'avérer déroutante dans le contexte que nous proposons.

##### **4.1. Protocole de passation :**

Nous avons détaillé autant que possible dans un premier protocole (cf annexe 6) les différentes étapes de passations en rappelant à la fois les éléments propres à l'épreuve (consignes et cotations) mais aussi les caractéristiques du logiciel.

##### **4.2. Protocole d'accès aux résultats :**

Dans un second protocole, nous avons explicité l'accès aux différentes analyses (cf annexe 7).

## **II. EXPÉRIMENTATION**

Notre étude a consisté à étudier l'aptitude du produit à remplir exactement les fonctionnalités souhaitées.

Nous avons étudié le logiciel en plusieurs parties : tout d'abord nous avons exploré la faisabilité et les fonctionnalités des parties précédant l'enregistrement, ces parties dépendant entièrement du logiciel et non des productions et transcriptions. Ensuite, nous avons analysé la reconnaissance vocale et les possibilités de modifications de ses transcriptions à partir de plusieurs enregistrements. Enfin, nous avons étudié les résultats quantitatifs et qualitatifs fournis par le logiciel à partir d'une étude de cas.

### **1. Page d'accueil**

Nous avons analysé les fonctionnalités de la page d'accueil en comparaison à celles souhaitées.

### **2. Partie passation**

#### **2.1. Etude du pré-enregistrement :**

Cette partie comprend les quatre pages précédemment explicitées. Ainsi, nous avons analysé les fonctionnalités de chaque page tout en comparant avec le contenu que nous avons défini auparavant. L'objectif était de vérifier que tout ou partie des items demandés étaient présents et fonctionnels.

#### **2.2. Etude de l'enregistrement :**

Cette partie concerne la page d'enregistrement, page sur laquelle l'orthophoniste est amené à cliquer sur deux touches au lieu de transcrire les productions. Une touche correspondant aux bonnes réponses et une aux mauvaises réponses.

Cependant, souhaitant étudier la reconnaissance vocale, nous avons enregistré des sujets à partir de tâches d'évocations lexicales avant même que l'outil ne soit créé. Nous avons utilisé un prototype

de logiciel créé par les chercheurs en informatique. Cela nous a permis d'apprécier les productions des sujets enregistrés.

Nous détaillons ici la population incluse dans notre étude et le protocole de passation que nous avons utilisé.

- Population :

Nous avons enregistré les productions de cinquante sujets (quarante-cinq sujets sains et cinq patients) à partir des tâches de fluence verbale. Nous détaillons ci-dessous les critères d'inclusion et d'exclusion définis pour l'étude. Un tableau récapitulatif de la population incluse dans notre étude est disponible en annexe (cf annexe 8).

### **Sujets sains:**

- les critères d'inclusion sont :

- l'âge compris entre 30 et 85 ans, conformément à l'étalonnage de D. Cardebat ;
- la langue maternelle française.

- les critères d'exclusion sont :

- des antécédents de pathologie neurologique avec séquelles cognitives ou arthriques ;
- des antécédents de pathologie psychiatrique ;
- retard mental ;
- des antécédents de trouble des apprentissages.

### **Patients :**

- les critères d'inclusion sont :

- l'âge compris entre 30 et 85 ans, conformément à l'étalonnage de D. Cardebat ;
- la langue maternelle française ;
- un trouble du langage et/ou de la communication lié à une pathologie neuro-vasculaire, traumatique ou dégénérative.

- les critères d'exclusion sont :

- des antécédents de pathologie psychiatrique ;
- un retard mental ou des antécédents de trouble des apprentissages.
- trouble sévère de la compréhension.

- Protocole de passation

Lors des passations, nous avons enregistré les productions de chaque sujet à partir d'un logiciel d'enregistrement et d'édition audio puisque nous n'avions pas à cette date l'outil de reconnaissance vocale.

Les passations des sujets sains se sont déroulées à domicile et à l'hôpital (dans le CRF de Bagnères-de-Bigorre et dans le service de neuropsychologie de l'hôpital de Purpan) pour les patients. Les tests se sont déroulés dans un environnement calme où nous étions toutes deux présentes.

Les passations se sont faites de la manière suivante :

- **présentation** et exposition de notre projet ;
- **prise de renseignements** utiles pour l'étalonnage du test au cours d'un entretien semi-dirigé (à savoir l'âge, le sexe, le niveau socioculturel ainsi que la pathologie en ce qui concerne les patients) ;
- **explications** des conditions de passation. Nous expliquions à la personne concernée que nous ne pouvions intervenir durant le test et qu'elle allait être enregistrée à l'aide d'un micro-casque ;
- **passation du test** : avant de commencer nous prenions le temps d'expliquer la consigne à la personne testée. Une fois que celle-ci était comprise, nous lançons l'enregistrement, nous le stoppons en même que nous signalions la fin du test.

Dans un second temps, nous avons exploité les enregistrements à partir d'un prototype du logiciel fourni par les chercheurs en informatique. Nous avons été contraintes d'utiliser cet outil car la reconnaissance vocale n'était pas aboutie. Nous sommes donc mises dans la même situation que le serait le futur utilisateur du logiciel, à savoir en situation d'appréciation des réponses. Il s'agissait donc de cliquer sur la touche correspondant aux bonnes ou aux mauvaises réponses et ce, à chaque production enregistrée.

Ce prototype, nous permettant d'exploiter les enregistrements en parallèle de la création de l'outil, enregistrait les temps auxquels nous cliquons sur bonne ou mauvaise réponse dans un fichier annexe. Ce fichier de codage temporel prenait ainsi en compte le nombre de bonnes et de mauvaises réponses ainsi que les temps correspondant à chaque production signalée. Il contenait également, en parallèle, une annotation « OK » pour notifier les bonnes réponses, et « KO » pour les mauvaises. Par exemple, le codage « 21.02 OK » correspondait à une bonne réponse codée temporellement par un clic à 21 secondes 02. Le codage « 36.24 KO » correspondait à une mauvaise réponse enregistrée par le clic de l'orthophoniste à 36 secondes 24. L'un des fichiers de codage temporel de réponses est disponible en annexe (cf annexe 9).

Nous avons ensuite transmis ces fichiers à l'équipe de chercheurs en informatique pour permettre une première analyse du logiciel de reconnaissance vocale. L'idée était ici de permettre, grâce à ces fichiers, une détection plus facile des moments où les mots étaient produits.

### **3. Partie reconnaissance vocale et validation**

#### **3.1. Etude de la reconnaissance vocale :**

Nous avons fourni cinquante enregistrements dont cinq patients. Nous n'avons pu analyser la transcription de la reconnaissance vocale que sur quarante-cinq enregistrements de sujets sains et un enregistrement de patient. En effet, parmi les fichiers audio fournis aux chercheurs en informatique, seulement un enregistrement nous a été retourné après analyses de la reconnaissance vocale.

Pour analyser son efficacité, nous nous sommes basées sur les trois étapes du processus de reconnaissance vocale :

- la détection de la parole, et plus particulièrement dans notre étude la détection de mots isolés : il s'agit de distinguer les mots isolés du silence ou du bruit environnant ;
- la reconnaissance : c'est la comparaison du mot isolé détecté à un stock de mots de référence, en l'occurrence stockés dans un dictionnaire de référence ;
- l'identification : c'est l'association du stimulus à un mot appartenant à la base de données de référence.

Notre travail a consisté à mesurer à partir de données quantitatives la détection et l'identification. Cependant, nous n'avons pas pu mesurer la reconnaissance en tant que telle puisqu'il n'est pas possible de chiffrer cette donnée.

Ainsi, nous avons analysé les enregistrements des sujets testés et comparés nos analyses manuelles aux analyses du logiciel de reconnaissance vocale. Pour ce faire, nous avons établi des critères de jugement, à savoir :

- le nombre de mots détectés par la reconnaissance vocale ;
- le nombre de mots détectés par l'oreille humaine ;
- la comparaison entre ces deux nombres (en pourcentage) ;
- le nombre de mots correctement identifiés par la reconnaissance vocale. Il s'agit des mots qui sont reconnus et identifiés, qui ont été effectivement produits et qui sont inclus dans la base de données ;

- le nombre de mots identifiés par l'oreille humaine. Les mots comptabilisés sont les mots qui sont répertoriés dans la base de données mais ils peuvent correspondre à des mauvaises réponses (comme des répétitions, ou des mots de même famille). Tous les mots appartenant à la base de données sont à comptabiliser à partir du moment où ils sont reconnus par l'oreille humaine.
- la comparaison entre ces deux nombres (en pourcentage) ;
- le taux d'erreur (WER, pour Word Error Rate) afin de mesurer les performances de la reconnaissance vocale. Il indique le pourcentage de mots mal identifiés. Plus ce taux est faible, plus la reconnaissance vocale est performante.

A partir de ces résultats, nous avons observé et comparé les données selon le test et selon le sexe.

### 3.2. Etude de la page de validation :

Pour analyser la « page de validation » nous nous sommes référées à plusieurs critères de jugement :

- les fonctionnalités à partir de l'affichage (avant les modifications de l'utilisateur, en fonction des modifications de l'utilisateur, selon la mise en avant des désaccords entre l'utilisateur et le logiciel, et selon l'affichage des propositions de mots probables) pour permettre de modifier et de valider les transcriptions proposées sur des enregistrements de quarante-cinq sujets dont une étude de cas;
  - le temps de modification des transcriptions de mots mal identifiés et l'ajout de mots non détectés..
- Pour ce faire, nous nous sommes chronométrées sur quarante enregistrements pour estimer le temps moyen que mettrait un futur utilisateur à modifier les transcriptions proposées par la reconnaissance vocale sur la « page de validation ».

## 4. Partie analyses

Pour étudier la partie « analyses » du logiciel, nous n'avons pu exploiter que les résultats d'un enregistrement (qui est devenu une étude de cas) car la reconnaissance vocale n'était pas aboutie. Nous avons procédé à partir de transcriptions manuelles directement rentrées dans la page de validation pour observer les analyses effectuées par le logiciel. Pour cela, nous avons comparé ces dernières à nos analyses manuelles (transcription manuelle des productions, résultats des analyses quantitatives et qualitatives).

Les critères de jugement étaient les suivants : la présence des fonctionnalités souhaitées dans le logiciel et leur concordance avec la réalité.

Par ailleurs, le choix du sujet s'est porté sur un sujet dit sain. Nous estimons que les sujets sains se prêtent davantage à cette analyse puisqu'ils produisent, à priori, davantage de réponses que les patients (en quantité et de qualité). Il y a donc plus de possibilités et de matière pour analyser les fonctionnalités du logiciel à partir de ces enregistrements.

Nous avons donc choisi un sujet sain parmi les enregistrements effectués à partir du protocole expérimental précisé précédemment.

Le choix du sujet s'est fait selon plusieurs critères :

- le nombre de mots produits : le sujet a fourni un nombre important de réponses ;
- le fonctionnement du sujet : le sujet a été capable de commuter et de regrouper des mots ;
- les stratégies mises en place : le sujet a mis en place plusieurs stratégies de regroupements.

Au total, il nous a semblé intéressant d'analyser ses productions afin de pouvoir exploiter toutes les fonctionnalités du logiciel.

Nous avons respecté le même protocole de passation pour ce sujet que le protocole expliqué précédemment : le sujet a donc été enregistré sur les quatre épreuves d'évocations lexicales via un logiciel d'enregistrement audio. Dans un second temps, nous avons signalé par le codage temporel (clic à chaque production) l'ensemble des productions en termes de bonnes et mauvaises réponses avec un prototype de logiciel. Nous avons obtenu, comme pour l'ensemble des sujet enregistrés, deux fichiers : un fichier audio et fichier de codage temporel.

Pour tester le logiciel à partir de ce sujet, nous avons utilisé les critères de jugement présentés ci-après.

#### 4.1. Etude des analyses quantitatives :

Les critères de jugement que nous avons définis sont la présence et la concordance avec la réalité des données suivantes : le nombre de bonnes réponses, de mauvaises réponses, le score total généré et les différents types d'erreurs.

#### 4.2. Etude des analyses qualitatives :

Les critères de jugement propres à cette partie sont la présence de neuf données souhaitées et leur concordance avec la réalité.

Nous avons donc étudié une à une, chaque donnée concernant l'affichage :

- de la fréquence des 15 premières secondes ;
- de la fréquence au-delà des 15 premières secondes ;
- du temps de latence ;
- du temps d'initiation ;
- des clusters ;
- du pourcentage des mots regroupés ;
- du nombre de mots regroupés par type de regroupements et ainsi de la stratégie potentiellement utilisée ;
- du nombre de regroupements par rapport aux productions ;
- du nombre de commutations par rapport aux productions.

#### 4.3. Etude du profil récapitulatif :

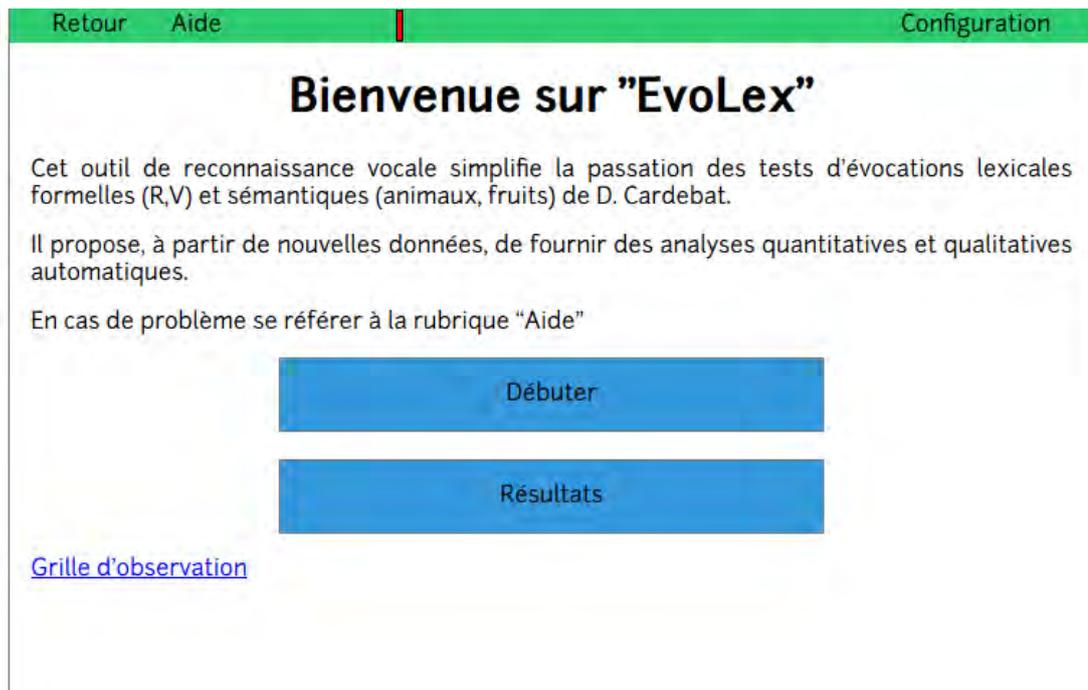
Nous avons ici étudié la présence et la concordance avec la réalité de sept données, à savoir : le score total, le temps d'initiation, la fréquence moyenne des mots sur les 15 premières secondes, le nombre de temps de latence, le pourcentage des mots regroupés, le nombre de regroupements, de commutations. A noter que l'utilisation des connaissances grammaticales n'entre pas ici en compte.

# PRESENTATION ET ANALYSE DES RESULTATS

---

## I. PRÉSENTATION DES RESULTATS

### 1. Page d'accueil



### 2. Partie passation

Voici les pages du logiciel concernant la partie pré-enregistrement et enregistrement.

- La page de choix du patient :



- La page des renseignements du patient :

Retour Aide | Configuration

## Fiche patient

Prénom :

Nom :

Date de Naissance :

Sexe :  
 Homme  Femme

NSC :  
 jusqu'à la 3ème  jusqu'au baccalauréat  baccalauréat et plus

- La page de choix du test :

Retour Aide | Configuration

## Choisissez un test

**Animaux**  
Énoncer un nombre maximum de noms d'animaux  
Durée : 2 minutes

**Fruits**  
Énoncer un nombre maximum de noms de fruits  
Durée : 2 minutes

**Lettre R**  
Énoncer un nombre maximum de mots commençant par 'R'  
Durée : 2 minutes

**Lettre V**  
Énoncer un nombre maximum de mots commençant par 'V'  
Durée : 2 minutes

- La page récapitulative : voici un exemple d'une page récapitulative à partir d'un sujet fictif :

The screenshot shows a web interface with a green header bar containing 'Retour', 'Aide', and 'Configuration'. The main content area is titled 'Récapitulatif' and features a blue 'Valider' button. Below the button is a table with three rows of patient information:

<b>Patient</b>	<i>Jean Dupont</i>
<b>Test</b>	<i>Animaux</i>
<b>Identifiant</b>	<i>P2T0</i>

- La page d'enregistrement :

The screenshot shows a web interface with a green header bar containing 'Retour', 'Aide', and 'Configuration'. The main content area features a large green rectangular box at the top, a 'Débuter' button in the center, and a large red rectangular box at the bottom.

### **3. Partie reconnaissance vocale et validation**

Nous présentons ici l'étude de la reconnaissance vocale à partir des quarante-cinq sujets enregistrés.

### 3.1. Reconnaissance vocale :

Sur l'ensemble des épreuves, pour quarante-cinq sujets :

- Concernant la détection de mots par la reconnaissance vocale par rapport à l'oreille humaine: en moyenne 123 % des mots sont détectés.
- Concernant le nombre de mots correctement identifiés par la reconnaissance vocale, il est en moyenne de 30 %. Ceci signifie que le logiciel a identifié seulement 30 % des mots effectivement produits.
- Le taux d'erreur calculé correspond effectivement à 70% en moyenne. Autrement dit, si le sujet produit dix mots, le logiciel n'en reconnaît efficacement que trois.

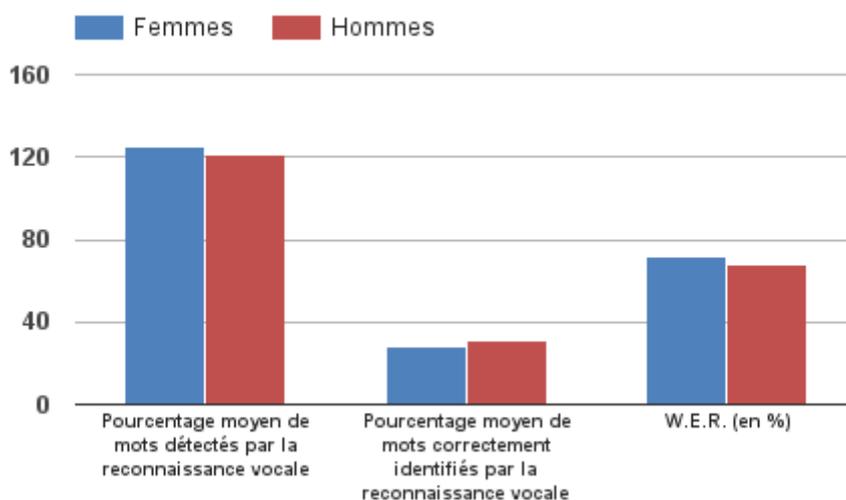
Sur l'ensemble des épreuves pour un patient :

Rappelons qu'il s'agit d'un patient âgé de 71 ans qui présente une APP non déterminée à ce jour.

- Concernant la détection des mots par la reconnaissance vocale par rapport à l'oreille humaine : en moyenne 156 % des mots sont détectés.
- Concernant le nombre de mots correctement identifiés par la reconnaissance vocale, il est en moyenne de 56 %.
- Le taux d'erreur calculé correspond effectivement à 44 % en moyenne.

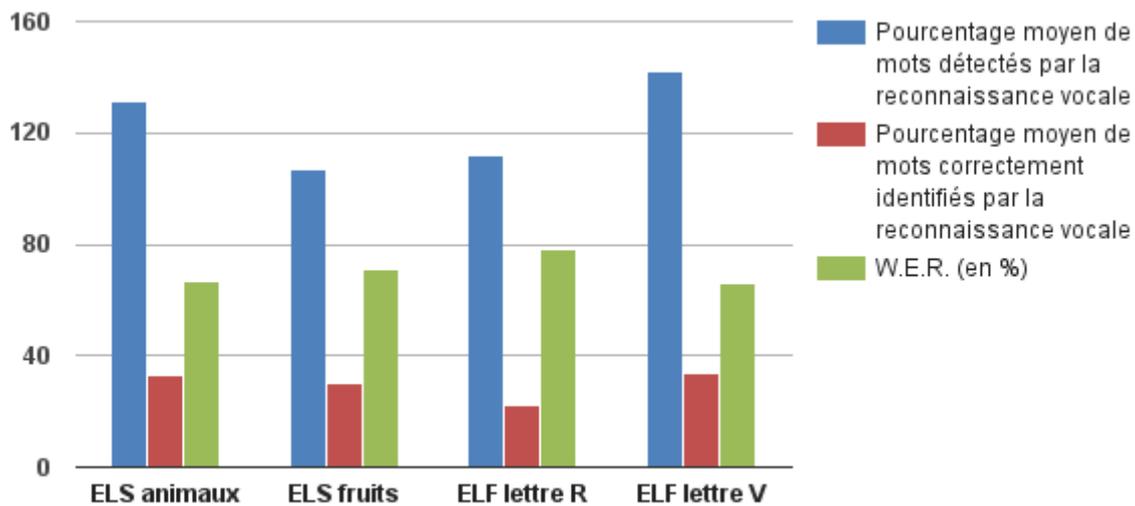
A partir des résultats des sujets sains, nous avons observé et comparé les données selon le test et selon le sexe pour répondre aux questions suivantes : y a-t-il des différences entre hommes et femmes, et entre les tests?

#### Étude sur les 4 épreuves, selon le sexe :



- En moyenne, chez les femmes 125 % des mots sont détectés par la reconnaissance vocale. Chez les hommes, 121 % des mots sont détectés.
- En moyenne, le logiciel de reconnaissance vocale identifie seulement 28% des mots effectivement produits par les femmes, et 31 % des mots produits par les hommes.
- En moyenne, le taux d'erreur est plus faible de 4 points pour les hommes que pour les femmes (72% pour les femmes contre 68% pour les hommes).

### Étude selon les tests :



- En moyenne, la reconnaissance vocale détecte :
  - 131% des productions en ELS animaux ;
  - 107% des productions en ELS fruits ;
  - 112% des productions en ELF lettre R ;
  - 142% des productions en ELF lettre V.

Pour les épreuves ELS fruits et ELF lettre R la reconnaissance vocale avoisine davantage l'objectif souhaité, à savoir : 100 % de mots détectés.

- En moyenne, la reconnaissance vocale identifie :
  - 33% des productions en ELS animaux ;
  - 30% des productions en ELS fruits ;
  - 22% des productions en ELF lettre R ;
  - 34% des productions en ELF lettre V.

Nous n'observons pas de différence notable entre les épreuves quant à l'identification des mots par la reconnaissance vocale, hormis en ELF lettre R où celle-ci est moins efficace comparé aux autres épreuves.

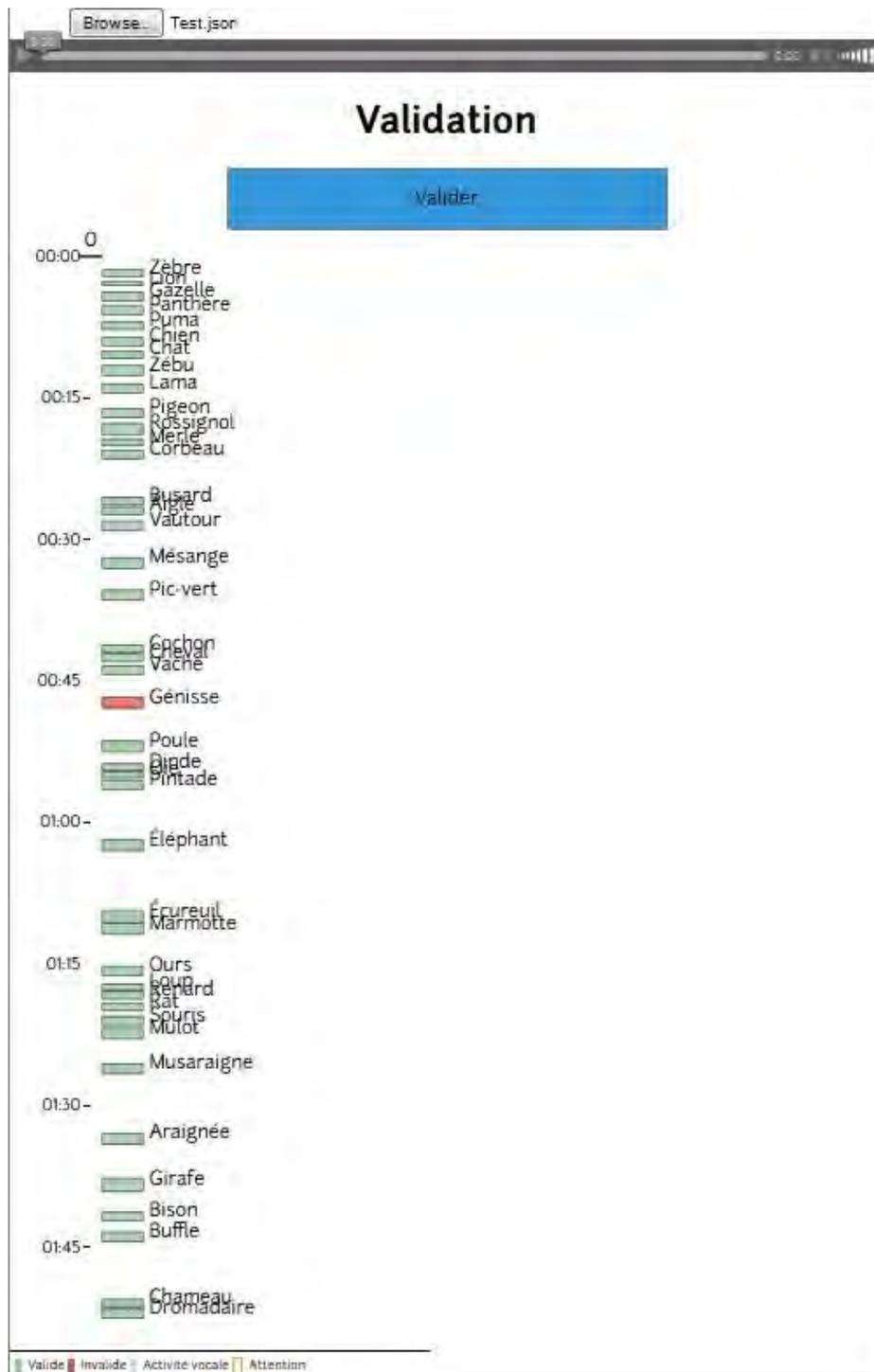
- En moyenne, la reconnaissance vocale effectuée :
  - 67 % d'erreurs d'identification en ELS animaux ;
  - 71 % en ELS fruits ;
  - 78 % en ELF lettre V ;
  - 66 % en ELF lettre R.

Il s'agit d'un taux inférieur ou égal à 70% d'erreurs, hormis en ELF lettre V, où il avoisine davantage les 80% d'erreurs.

### 3.2. Page de validation :

Nous avons ici étudié les différentes fonctionnalités ainsi que le temps de modification moyen que mettrait l'utilisateur pour obtenir des transcriptions fiables sur quarante-cinq enregistrements dont une étude de cas.

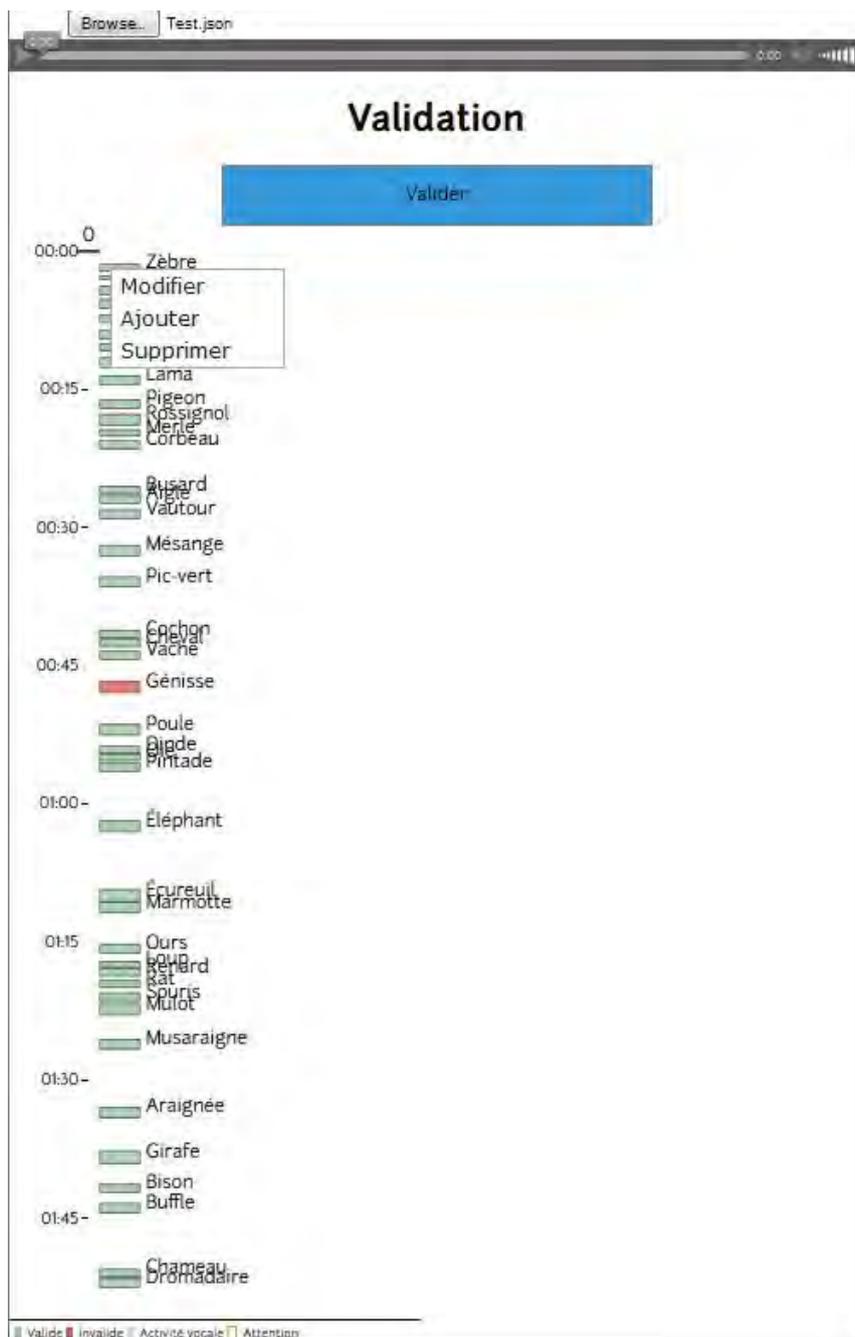
- Présentation des fonctionnalités :



Sur cette page, les différentes fonctions disponibles sont :

- un lecteur permettant de réécouter l'ensemble de l'enregistrement ;
- une transcription des mots identifiés ;
- le temps affiché par tranche de 15 secondes ;

- les bonnes et mauvaises réponses pouvant être visualisées à l'aide des carrés verts et rouges situés face aux mots transcrits ;
- un bouton permettant de valider les modifications faites par l'utilisateur afin d'accéder aux résultats.
- le désaccord machine/utilisateur affiché par un encadré orange du carré face au mot ;
- la légende des couleurs disponible et présente par la suite sur les différentes pages ;
- une fonction zoom disponible à l'aide de la roulette de la souris. Elle restera disponible sur les pages suivantes ;

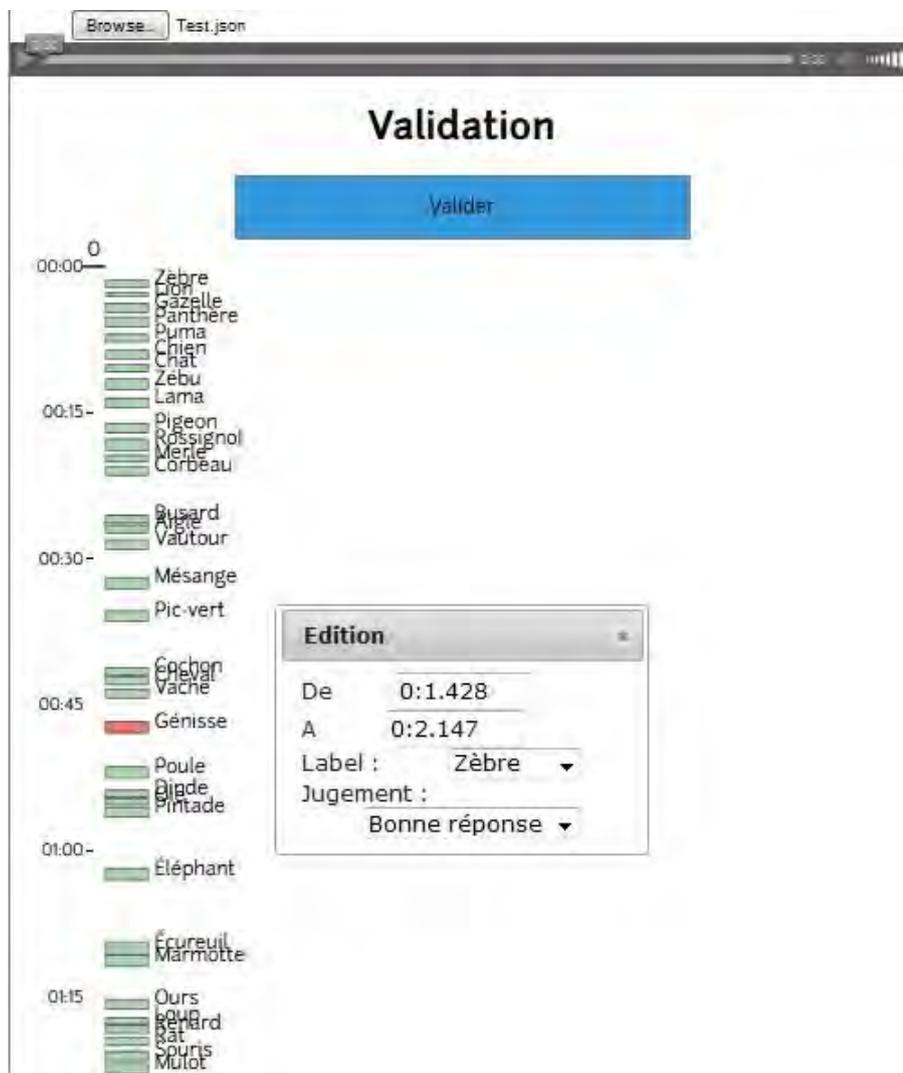


Ci-dessus, il est également possible de :

- faire un clic gauche sur un carré correspondant à un mot afin de réécouter ce dernier
- faire un clic droit afin de modifier, ajouter ou supprimer un mot. Pour ces trois options, un nouveau menu s'affiche :

Ce dernier permet de :

- modifier le temps de début et de fin du mot (notamment pour ajouter un nouveau mot);
- modifier le label (transcription) soit en choisissant un mot proposé dans le menu déroulant, soit en cliquant sur « autre » dans le menu déroulant : un encart s'ajoute dans le menu permettant d'entrer le mot voulu ;
- modifier le jugement et préciser ainsi s'il s'agit d'une bonne réponse, d'une répétition, d'un mot de même famille, d'un autre type d'erreur, ou d'une activité vocale ;



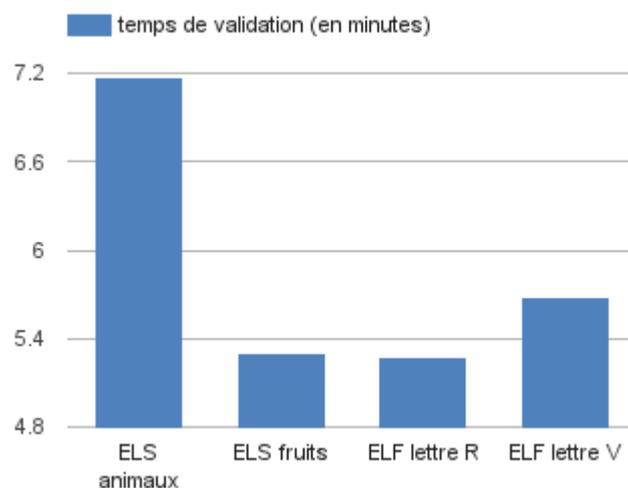
Il n'est plus possible de revenir sur cette page après avoir cliqué sur « validation » : les données sont définitivement enregistrées.

- Temps de validation :

Nous avons chronométré le temps moyen nécessaire à un utilisateur pour faire toutes les modifications sur la page de validation suite aux transcriptions de la reconnaissance vocale.

Le temps moyen obtenu sur quarante-cinq enregistrements est de 5 minutes et 51 secondes, soit 2,9 fois plus que la durée du test en lui-même.

Par ailleurs, nous avons comparé ce temps de validation en fonction des épreuves.

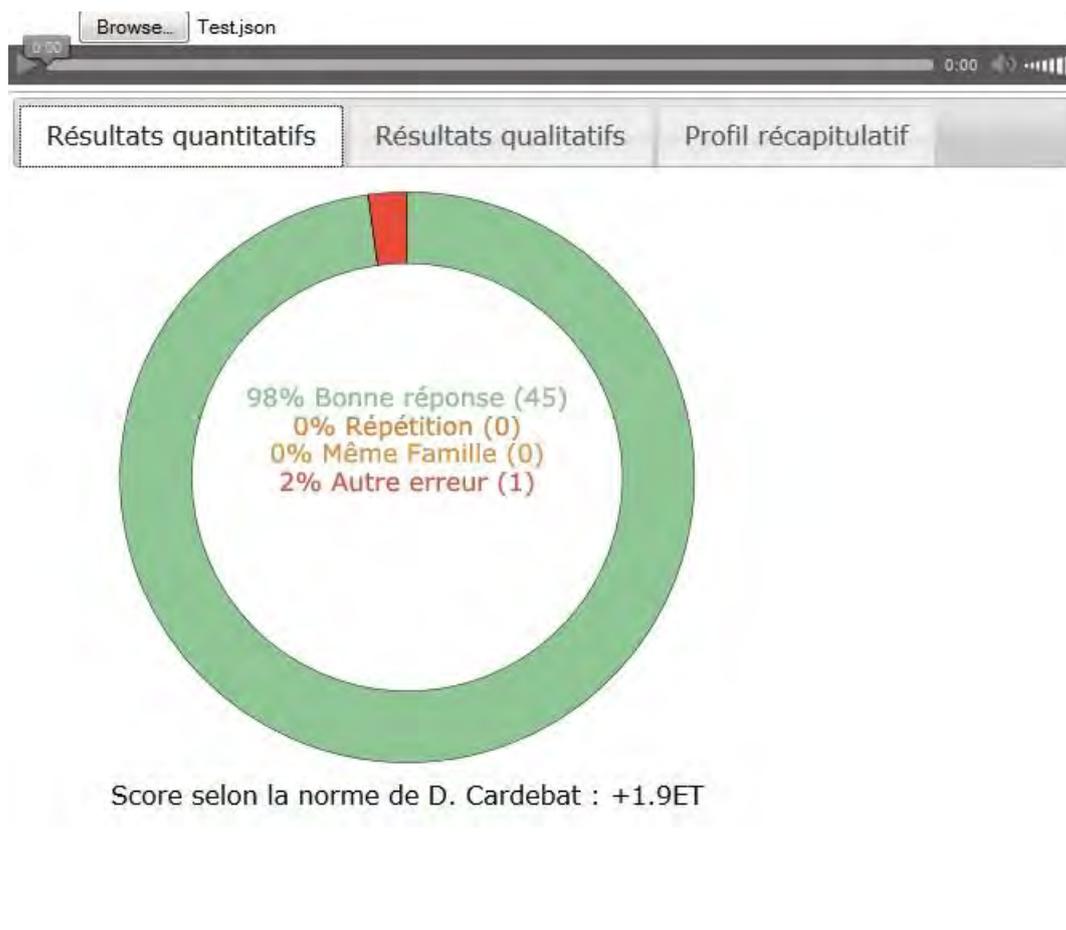


Nous notons une différence entre les épreuves : l'évocation lexicale sémantique des animaux nécessite plus de temps de modifications que les autres épreuves. Pour cette épreuve, nous avons mis en moyenne 7 minutes 10 secondes.

#### **4. Partie analyses**

Nous rappelons que nous avons procédé à partir de transcriptions manuelles et non à partir des résultats de la reconnaissance vocale.

##### **4.1. Analyses quantitatives :**



Sur cette page, apparaissent essentiellement trois informations :

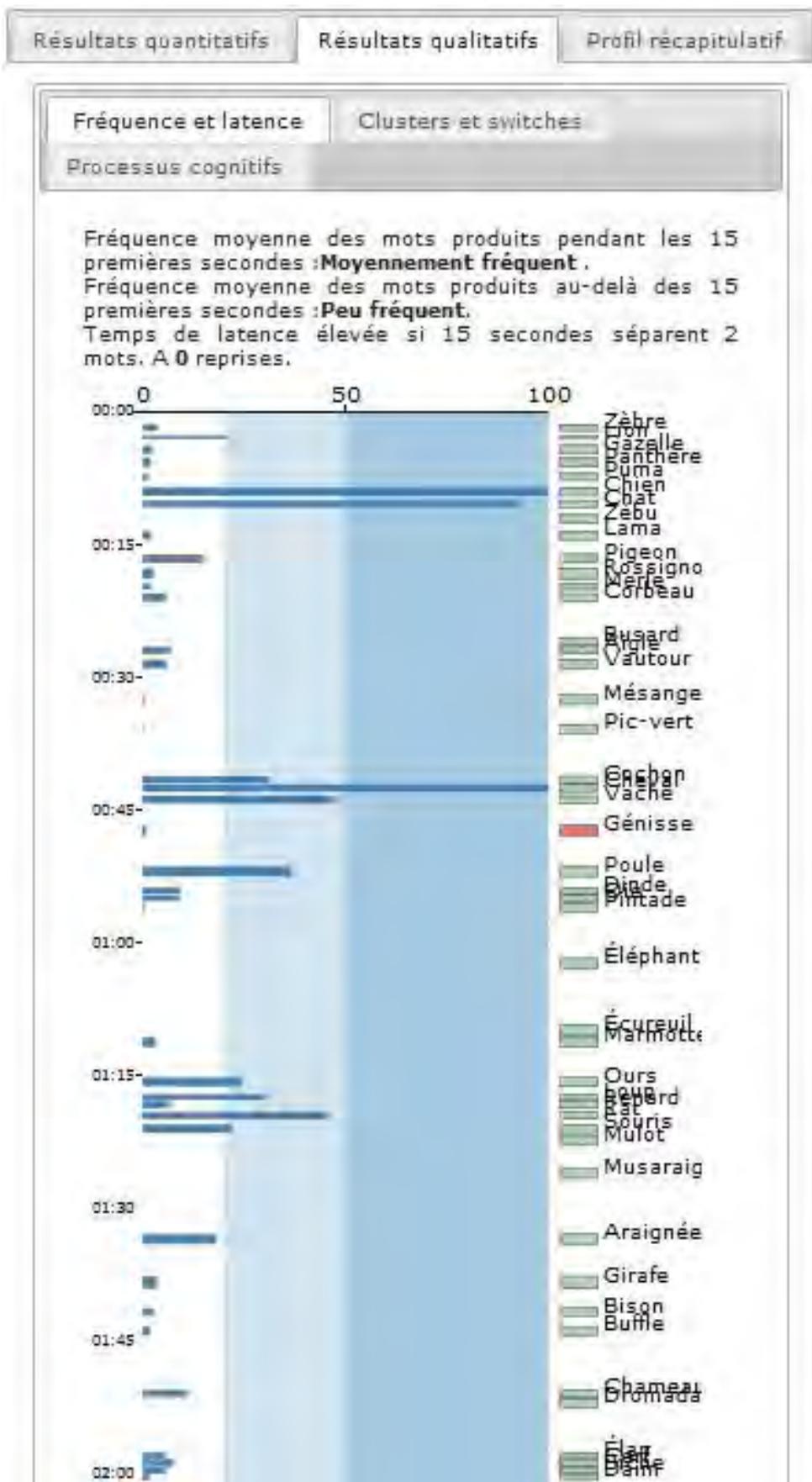
- le score étalonné selon la norme établie par D. Cardebat
- le nombre de bonnes et de mauvaises réponses (ainsi que leur représentation sous forme de diagramme).
- le détail des différents types d'erreurs est également disponible (répétition, même famille, autre erreur).

Les analyses manuelles concernant les résultats quantitatifs de cette étude de cas sont disponibles en annexe (cf annexe 12).

#### 4.2. Analyses qualitatives :

L'onglet relatif aux résultats qualitatifs est lui-même subdivisé en trois sous onglets.

- Fréquence et latence :



L'axe des abscisses correspondant aux fréquences est subdivisé en trois zones délimitées par trois bleus différents.

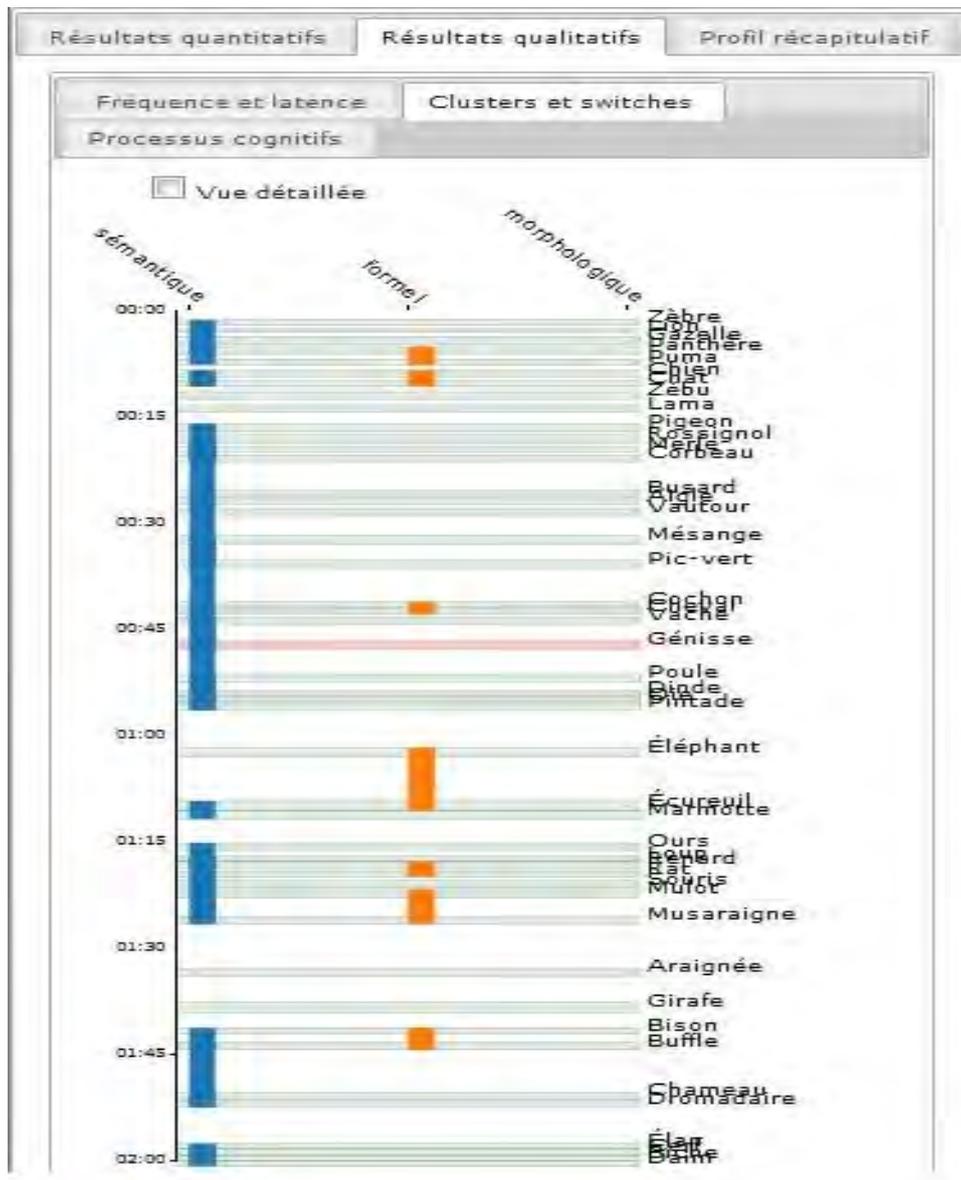
En ordonnées, le temps est représenté par tranches de 15 secondes.

Les fonctionnalités de cette page sont les suivantes :

- affichage des fréquences relatives à chaque mot;
- proposition de quatre phrases récapitulatives en haut de page. Elles concernent la fréquence des 15 premières secondes, la fréquence au-delà, le temps d'initiation et les temps de latence.

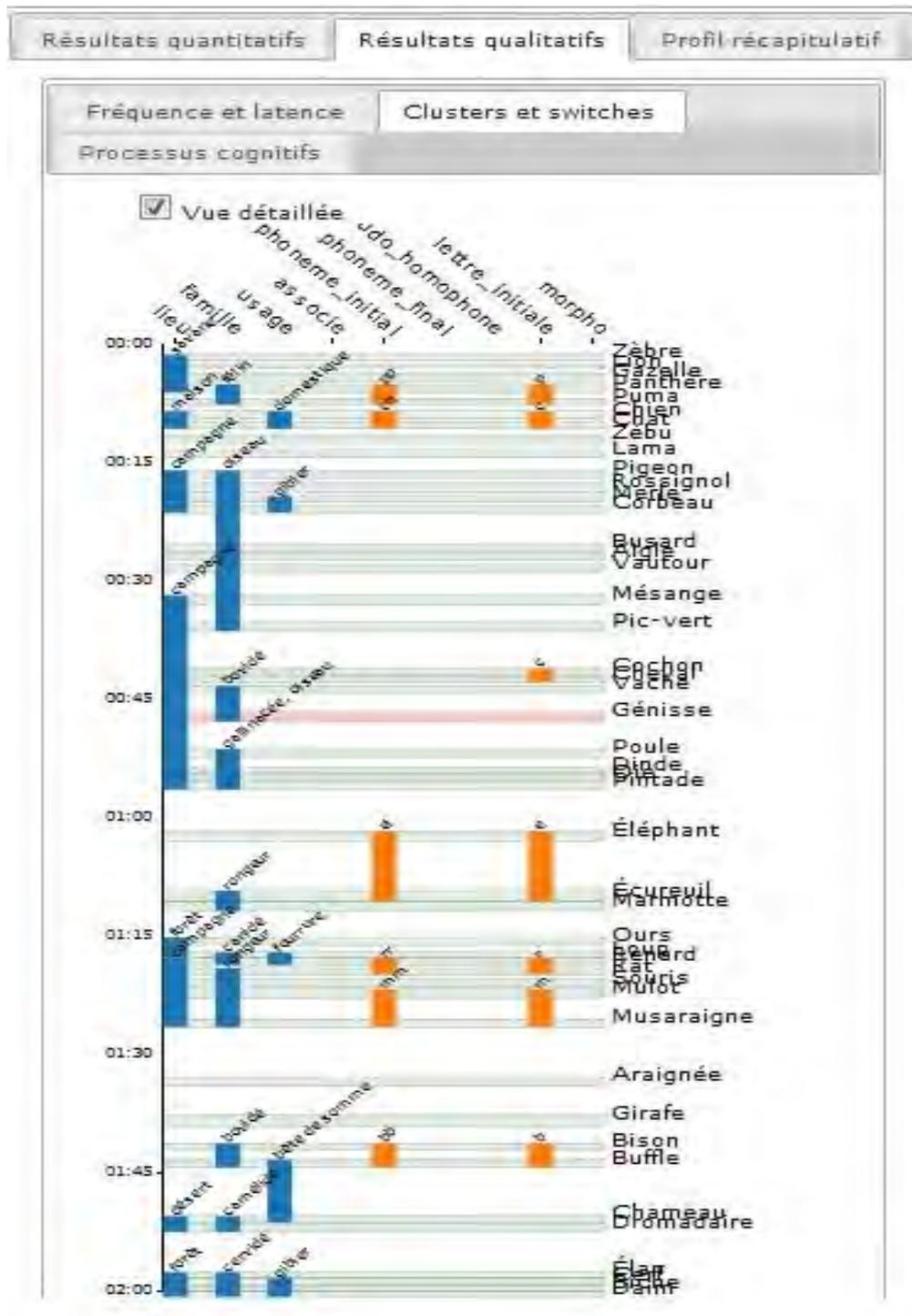
Les analyses manuelles concernant la fréquence et du temps de latence de cette même étude de cas sont détaillées dans un tableau chiffré sont disponibles en annexe (cf annexe 13).

- Clusters et switches :



Cette page permet de visualiser l'existence de différents regroupements (ici sémantique, formel et morphologique; le cluster grammatical n'étant pas représenté en ELS). Une colonne est attribuée à un type de regroupement et une couleur lui est associée. Par ailleurs, le temps reste visible en ordonnées.

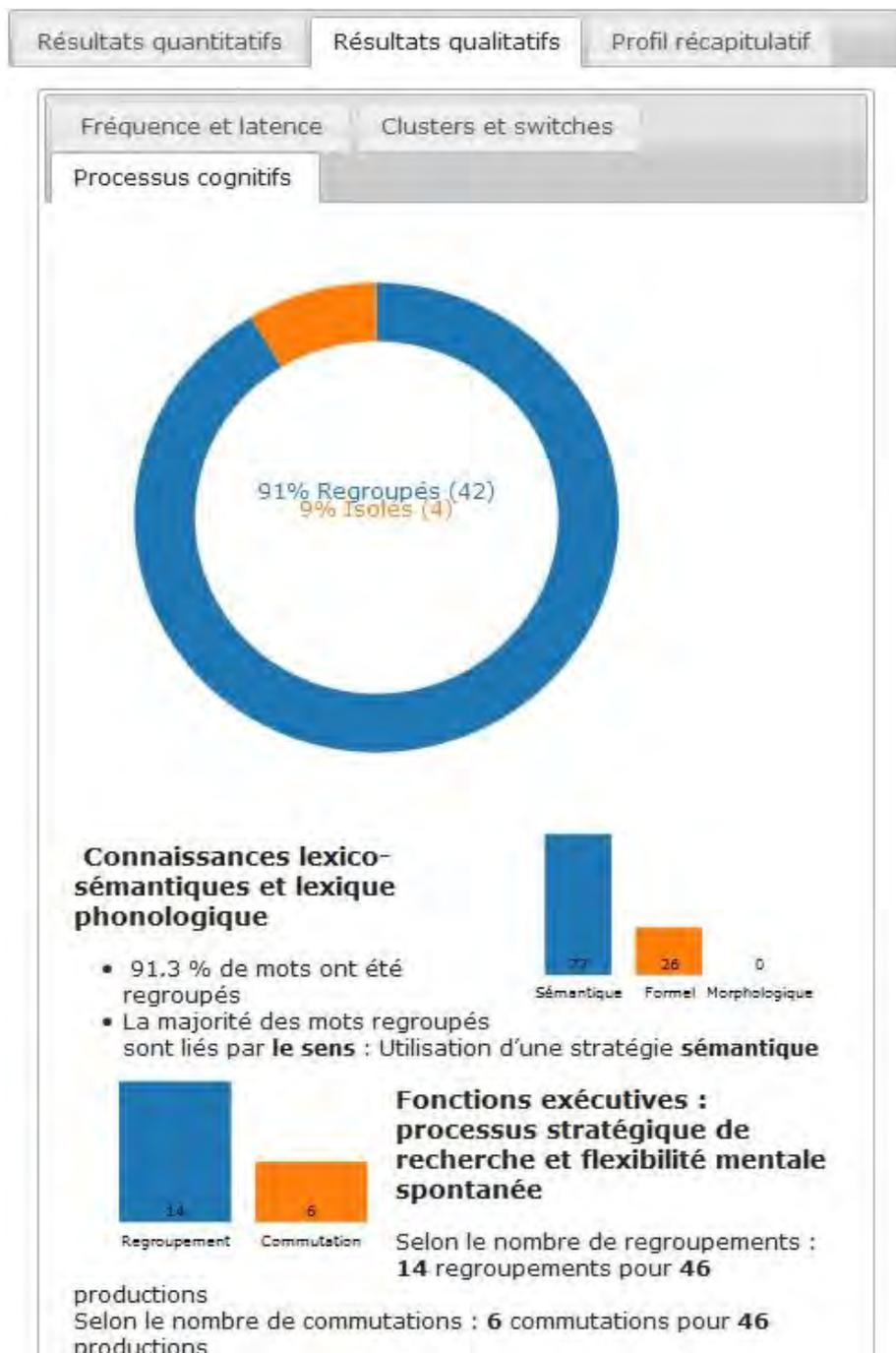
On note qu'il est possible de cocher une case offrant alors une vue détaillée.



Dans cette forme de visualisation, les couleurs restent les mêmes par type de regroupements. Cependant, une précision est apportée quant aux différentes façons de regrouper au sein d'un même regroupement.

Les analyses manuelles correspondant aux regroupements et commutations sur cette même étude cas sont disponibles en annexe (cf annexe 14).

- Processus cognitifs :

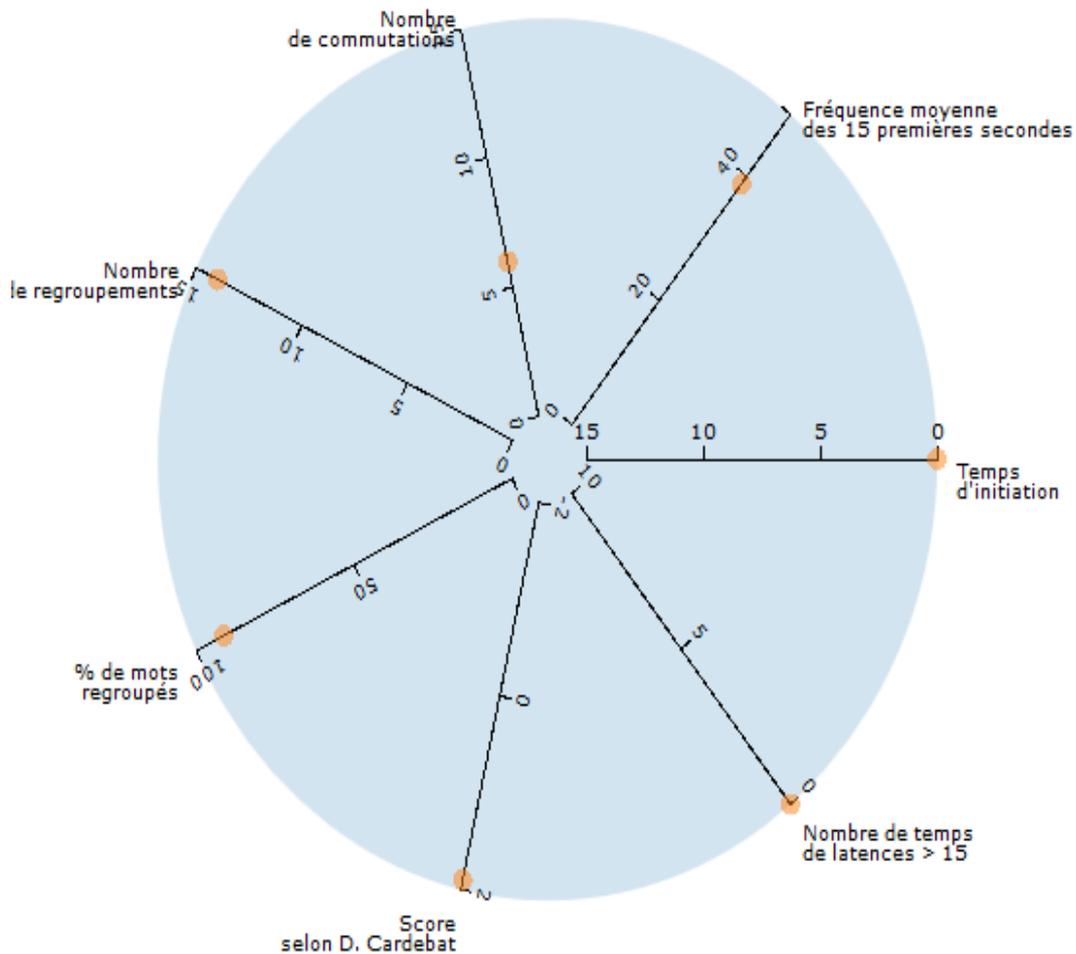


Sur cette page apparaissent :

- le nombre de mots regroupés, sous forme de diagramme circulaire, repris en pourcentage au centre;
- des données sur les connaissances lexico-sémantiques et sur le lexique phonologique sous forme de diagramme en barres. Deux phrases adjacentes reprennent les données concernant le pourcentage des mots regroupés et la stratégie potentiellement effectuée ;
- des données sur les fonctions exécutives sous forme de diagramme en barres, concernant le nombre de regroupements et de commutations. Celles-ci sont reprises en parallèle sous forme de phrases récapitulatives ;
- aucune donnée n'apparaît quant aux connaissances grammaticales.

Les résultats manuellement obtenus sur cette étude de cas sont disponibles en annexe (cf annexe 15).

### 4.3. Profil récapitulatif :



Sur cette page apparaissent :

- sept items, à savoir : le nombre de commutations, la fréquence moyenne des 15 premières secondes, le temps d'initiation, le nombre de latences supérieurs à 15 secondes, le score selon l'étalonnage de D. Cardebat, le pourcentage de mots regroupés et le nombre de regroupements. Le nombre de catégories grammaticales explorées n'apparaît pas ici ;
- différents axes, lesquels possèdent leur propre échelle ;
- les chiffres correspondant aux performances du sujet. Ils sont placés sur les axes correspondants.

## II. ANALYSE DES RÉSULTATS

Notre étude a consisté à étudier parallèlement la faisabilité de la reconnaissance vocale et l'aptitude du produit à remplir exactement ses fonctions, préalablement définies. Ainsi, nous analyserons ci-après les fonctionnalités de chaque page du logiciel en les comparant à celles souhaitées.

### 1. Page d'accueil

Les deux boutons souhaités (accès à la passation du test et accès aux résultats) sont effectivement présents sur la page. Par ailleurs, un lien permet comme convenu d'accéder à la grille d'observations qualitatives. Celle-ci s'ouvre alors dans un nouvel onglet.

Enfin, la « configuration » des touches est possible à partir de cette page, l'« aide » est présente et comporte effectivement le texte souhaité.

### 2. Partie passation

- La page de choix du patient :

Comme souhaité, sur cette page deux options sont possibles : choisir un nouveau patient ou sélectionner un patient déjà renseigné (ses nom et prénom sont alors proposés dans un menu déroulant).

De plus, le texte de l'« aide » que nous avons proposé est présent sur la page.

- La page des renseignements du patient :

Sur cette page, il est effectivement possible de remplir les différents renseignements concernant le patient (les items « prénom, nom, âge, sexe, NSC » sont présents). Les données sont modifiables.

- La page de choix du test :

Le test peut être choisi sous forme de choix multiples. Par ailleurs, le fait de choisir un test ôte toute autre sélection préalable. Cette page correspond effectivement aux fonctionnalités demandées.

- La page récapitulative :

Sur cette page, l'identifiant est bien précisé. Une « aide » est également disponible avec le texte proposé, justifiant l'intérêt de l'identifiant.

Par ailleurs deux fonctionnalités ont été ajoutées à savoir : le rappel des nom et prénom du patient et du test sélectionné. Cela permet une dernière vérification des données avant l'enregistrement du test. Ces dernières fonctionnalités ont été, à juste titre, proposées par le programmeur.

- La page d'enregistrement :

Il est possible de choisir le moment où l'utilisateur débute le test, en cliquant sur « débiter ». A partir de ce moment, le chronomètre se lance et s'arrête automatiquement après les 2 minutes réglementaires.

Visuellement, les touches correspondant aux bonnes et mauvaises réponses sont présentes. Dans cet exemple, les touches présentées sont celles configurées par défaut (O et N), cependant, lorsque la configuration est modifiée, elles le sont également.

Il est également possible d'avoir un retour sur les clics (à partir de la souris) qui apparaissent à l'écran, mais ce retour visuel n'est pas présent à partir des touches du clavier.

Le texte de l'« aide » souhaité apparaît au survol de la souris et ne perturbe pas l'enregistrement.

Enfin, à la fin de l'enregistrement, deux fichiers sont générés : le fichier audio ainsi que le fichier de codage temporel (temps et appréciation des productions).

Toutefois, le fichier anonymisé contenant les données du patient n'est pas généré automatiquement à la fin de l'enregistrement. Cependant, l'outil a été programmé en vue de pouvoir générer ce fichier dès que le logiciel sera sur serveur.

### **3. Partie reconnaissance vocale et validation**

#### **3.1. Reconnaissance vocale :**

Rappelons que nous avons analysé les enregistrements des sujets testés et comparé nos analyses manuelles à celles du logiciel de reconnaissance vocale. Ainsi, nous avons établi des critères de jugement, à savoir :

- le nombre de mots détectés par la reconnaissance vocale ;
- le nombre de mots détectés par l'oreille humaine ;
- la comparaison entre ces deux nombres (en pourcentage) ;
- le nombre de mots correctement identifiés par la reconnaissance vocale ;
- le nombre de mots identifiés par l'oreille humaine ;
- la comparaison entre ces deux nombres (en pourcentage) ;
- le taux d'erreurs (W.E.R.).

Nous avons analysé ces résultats à partir de quarante-cinq enregistrements de sujets sains :

- sur l'ensemble des épreuves, la reconnaissance vocale détecte en moyenne plus de mots qu'il n'y en a en réalité ;
- elle identifie en moyenne moins d'un tiers des mots effectivement produits ;
- cela correspond effectivement au taux d'erreurs d'identification qui est de 70% ;

A partir de ces résultats, nous pouvons conclure que, dans notre étude, l'outil de reconnaissance vocale proposée par les chercheurs en informatique de l'IRIT n'est pas efficace en l'état actuel.

Nous avons également analysé l'enregistrement d'un sujet pathologique. Les résultats sont les suivants :

- en moyenne la reconnaissance vocale détecte trop de mots. Elle détecte relativement plus de mots qu'elle n'en détecte pour les sujets sains ;
- elle identifie en moyenne plus de la moitié des mots effectivement produits ;
- cela correspond effectivement au taux d'échec qui est de 44 % ;

Ces résultats témoignent également de l'inefficacité de la reconnaissance vocale. Cependant les scores obtenus concernant les taux de réussite et donc d'échec sont meilleurs pour ce patient. Nous corrélons ces résultats au nombre faible de productions. Les mots produits étant plus espacés les uns par rapport aux autres, nous pensons qu'il est plus facile pour la reconnaissance vocale de les identifier. Toutefois il serait intéressant d'analyser les résultats de reconnaissance vocale sur un plus grand nombre de sujets pathologiques.

Nous avons ensuite analysé les résultats selon :

- le sexe : ces résultats sont quasi identiques selon le sexe du sujet enregistré ;
- les épreuves : la comparaison entre les épreuves a permis de mettre en évidence une légère différence relative aux épreuves : la reconnaissance vocale détecte en moyenne mieux les mots en fluence formelle (lettre R) et sémantique (fruits). Cependant, elle est en moyenne moins efficace, dans notre étude, lors de l'épreuve de fluence formelle (lettre R) comparativement aux trois autres épreuves. On note en effet un écart allant de 7 à 12 points avec les autres épreuves.

Par ailleurs, l'analyse qualitative de la reconnaissance vocale nous apporte des informations supplémentaires :

- Concernant la détection des mots :

La reconnaissance vocale ne détecte pas toujours les productions effectivement émises. Parfois un mot est détecté alors qu'il s'agit de ce que nous avons appelé « activité vocale ». Parfois encore, un mot est détecté alors qu'aucune production n'est pas identifiée par l'oreille humaine. Par exemple en ELS fruits, les « euh » d'hésitations sont fréquemment transcrits en « noix » ou encore « mûre ». A l'inverse, la reconnaissance vocale n'enregistre parfois aucune production alors qu'un mot est produit.

Nous notons également des erreurs de segmentation : la reconnaissance détecte parfois deux mots alors qu'un seul a été produit. De fait, deux transcriptions sont faites pour une production émise. Par exemple, la reconnaissance vocale transcrit « venir » puis « volonté » pour le seul mot « virevolter ».

Elle peut détecter les fins ou débuts de mots seulement. C'est le cas pour le /sɛR/ de « serpent » qui a été détecté puis transcrit « cerf »; c'est aussi le cas pour /aj/ de « papaye » qui a été détecté puis transcrit « ail ».

- Concernant l'identification des mots :

Nous notons que le logiciel propose des transcriptions phonologiquement proches des productions émises :

- un ou plusieurs phonèmes initiaux sont identiques au mot produit. Par exemple, pour « hérisson », la reconnaissance vocale propose « élan ». Pour « lion », elle propose « lionceau ». A noter que dans ce dernier cas la reconnaissance vocale identifie des mots de même famille;
- un ou plusieurs phonèmes finaux sont identiques au mot produit. « Vénérable » est proposé pour « vulnérable » ;
- la reconnaissance vocale propose également ce que nous avons appelés des pseudo homophones, à savoir des mots qui ne diffèrent que par un phonème. C'est le cas de « rondeur » qui est proposé pour « rongeur », ou encore « poule » pour « moule » ;
- les phonèmes initiaux et finaux sont identiques, comme dans « valence » proposé pour « vacances » ;
- un mot est reconnu alors qu'il est déformé : c'est le cas par exemple pour « dauphin », détecté et identifié par la reconnaissance vocale, pourtant prononcé /d o s ɛ̃/.

### 3.2. Page de validation :

Nous avons analysé la « page de validation » sur tous les enregistrements dont une étude de cas. Tandis que les enregistrements de sujets sains nous ont été fournis à partir des transcriptions de la reconnaissance vocale, pour l'étude de cas, les transcriptions ont été faites manuellement.

Concernant l'étude de cas, les fonctionnalités de la page de validation sont les suivantes :

- Avant les modifications de l'utilisateur :

- les carrés verts correspondent effectivement aux bonnes réponses ;
- les carrés rouges correspondent effectivement aux mauvaises réponses ;
- les mots affichés en rouge correspondent effectivement à des répétitions. Notons que dans l'exemple, aucune répétition n'a été faite. Toutefois, lorsque nous changeons un mot en un autre déjà proposé, celui-ci s'affiche en rouge ;
- nous n'avons pas pu vérifier la correspondance entre les carrés gris et l'activité vocale puisque le codage temporel n'a pas été pris en compte et chaque transcription a été faite comme si un utilisateur l'avait signalé par le codage temporel, ce qui élimine les activités vocales.

- En fonction des modifications de l'utilisateur :

- l'utilisateur peut effectivement réécouter, modifier, ajouter ou supprimer un mot.
- les modifications de l'utilisateur sont prises en compte par le logiciel : le carré et le mot peuvent changer de couleur selon les modifications apportées par l'utilisateur ;
- lorsque le mot entré par l'utilisateur n'est pas dans la base de données, il s'affiche en gris (comme s'il s'agissait d'une activité vocale) ;
- lorsque le mot entré par l'utilisateur a été déjà produit en amont, il s'affiche en rouge, pour signaler qu'il y a répétition, et le carré correspondant devient noir ;
- lorsque l'utilisateur modifie le jugement et choisi « même famille », le carré s'affiche en orange ;
- le bouton « valider » permet d'enregistrer les modifications entreprises par l'utilisateur et le dirige vers les résultats.

- Affichage des propositions des mots probables :

- quatre mots sont proposés pour chaque production ;
- nous notons toutefois que les propositions n'entretiennent pas de liens (notamment phonémiques) avec le mot, ni entre elles.

- Mise en avant des désaccords possibles entre l'utilisateur et le logiciel :
  - les désaccords entre le jugement de l'utilisateur et de la machine sont signalés. Toutefois, nous notons que le signalement ne disparaît pas après modification ;
  - le désaccord n'est pas signalé par un logo « attention » mais par un encadrement orangé du carré correspondant au mot à l'origine du désaccord ;
  - la validation de la page est possible même sans lever le désaccord.

De plus, nous notons que les modifications faites par l'utilisateur sur cette page sont effectivement prises en compte dans les analyses. Ainsi, toutes les fonctionnalités demandées sont présentes pour l'étude de cas.

Cependant nous nuancions ces résultats puisque pour les autres enregistrements, lorsque nous ouvrons la page de validation, les fonctionnalités ne sont pas toutes présentes. Les transcriptions de la reconnaissance vocale n'ont pas pris en compte le codage temporel fait auparavant. Ainsi, la page de validation présente de nombreuses imperfections. Concernant les fonctionnalités étudiées sur cette page à partir de ces enregistrements :

- Avant les modifications de l'utilisateur : le codage temporel n'étant pas pris en compte, la couleur des carrés n'est pas liée aux appréciations des réponses (bonnes ou mauvaises). Elle n'est pas fiable.
- En fonction des modifications de l'utilisateur : l'utilisateur peut effectivement réécouter, modifier, ajouter ou supprimer un mot. Cependant, s'il ajoute ou transcrit un mot manuellement, ce dernier perturbe l'affichage de la page de validation. Il persiste donc quelques bugs informatiques. Toutefois, la réécoute et la suppression de mots sont présentes et fonctionnelles.
- Affichage des propositions des mots probables : nous notons les mêmes observations que pour l'étude de cas.
- Mise en avant des désaccords entre l'utilisateur et le logiciel : nous constatons les mêmes fonctionnalités qu'énoncées précédemment.

Par ailleurs, nous avons évalué sur quarante-cinq enregistrements, le temps moyen que passerait l'orthophoniste à modifier la « page de validation » étant donné la performance actuelle de la reconnaissance vocale. Nous avons mis en moyenne 5 minutes et 51 secondes pour chaque épreuve

afin d'effectuer les modifications nécessaires. Ce temps correspond à 2,9 fois plus de temps que la passation du test. Ainsi, quelle que soit l'épreuve, le temps moyen passé à modifier la page de validation constitue presque le triple du temps de passation à l'heure actuelle. Il n'y a donc ni gain d'énergie ni gain de temps.

Par ailleurs, nous avons noté une différence entre les épreuves : l'évocation lexicale sémantique des animaux nécessite plus de temps de modifications que les autres épreuves : en moyenne 7 minutes 10 secondes. Ceci peut s'expliquer en partie par un nombre plus important de productions émises par les sujets de notre étude au cours de l'épreuve, et donc nécessitant un plus grand nombre de modifications par rapport aux autres épreuves.

Ces résultats sont cependant à nuancer puisque le temps de modifications des transcriptions sur cette page peut également dépendre du cotateur, et notamment de sa facilité à manipuler le clavier, le logiciel, etc. Il peut également dépendre du sujet, de son accent notamment, (influençant la reconnaissance vocale) et de sa performance (plus il y a de mots produits et plus il y aura, potentiellement, de modifications à apporter puisqu'en effet, le temps estimé semble proportionnel aux nombres de productions du sujet).

#### **4. Partie analyses**

La faisabilité et la concordance avec la réalité ont été analysées par la comparaison entre les résultats des analyses quantitatives, qualitatives et du profil récapitulatif du logiciel et nos analyses manuelles.

##### **4.1. Page des résultats quantitatifs :**

Les résultats qui suivent sont la comparaison des résultats de nos analyses manuelles à l'analyse du logiciel.

- Nombre de mots corrects :

Le nombre de mots corrects apparaît. De plus, sur quarante-cinq mots corrects, quarante-cinq sont effectivement reconnus comme tels. Ce nombre s'affiche effectivement en vert, en correspondance avec le diagramme. La fiabilité, en termes de bonnes réponses, sur cette analyse, est de 100%.

- Nombre d'erreurs :

Le nombre d'erreurs est présent et correspond à la réalité : une erreur a effectivement été reconnue comme telle. La partie du diagramme relative aux erreurs est effectivement représentée en rouge.

- Différents types d'erreurs :

Les différents types d'erreurs sont ensuite déclinés dans un camaïeu de rouge : orange, jaune, rouge.

- **les répétitions** : sont effectivement représentées (en orange). Dans l'étude de cas, le logiciel comptabilise effectivement le bon nombre de répétition, à savoir zéro.

- **les mots de même famille** sont également représentés sur cette page (en jaune). Etant donné qu'il n'y a pas de mots de même famille, aucun n'est signalé par le logiciel.

- **les autres erreurs** apparaissent effectivement sur la page. Ici, sur une erreur produite (le mot « génisse »), une erreur est effectivement comptabilisée comme « autre erreur » (à savoir, autres types d'erreurs que les répétitions et mots de même famille). Pour rappel, « génisse » est comptabilisé comme une « erreur » car ici vache est considéré comme l'hyperonyme de « génisse ». Dans ce cas, seul l'un des deux mots est compté juste.

- Score total généré :

Le score généré est présent et correspond au score que nous avons calculé manuellement :  $(45 - 31.85 / 6.93) = + 1.90$  ET.

Par ailleurs, le calcul du score selon l'étalonnage de D. Cardebat est effectivement mis à jour en fonction des modifications de l'utilisateur sur la page de validation.

Enfin, lorsque le score est pathologique (c'est-à-dire inférieur à -2 E.T.), il s'affiche effectivement en rouge.

Nous constatons que les fonctionnalités du logiciel et les données souhaitées sont présentes, par ailleurs elles correspondent effectivement aux résultats obtenus manuellement.

#### 4.2. Page des résultats qualitatifs :

Nous rappelons les fonctionnalités souhaitées :

- mise en valeur du défaut d'initiation (logo d'un sablier) ;
- temps de latence très élevé représenté visuellement par des points éloignés.

Dans l'encart :

- l'affichage d'un défaut d'initiation, si tel est le cas. Sinon, rien ne s'affiche ;
- l'affichage de la fréquence moyenne relative aux quinze premières secondes ;
- l'affichage de la fréquence moyenne au-delà des quinze premières secondes ;
- l'affichage du nombre de temps de latences.

- Affichage de la fréquence des mots :

Concernant le graphe :

- trois grades sont effectivement distingués pour représenter la fréquence des mots ;
- les secondes sont affichées par tranche de quinze secondes, il est donc aisé de distinguer les quinze premières secondes des suivantes ;
- les fréquences sont présentes et correspondent effectivement à de vraies valeurs.

Concernant l'encart de début de page :

- les fonctionnalités souhaitées (fréquence des 15 premières secondes et au-delà) sont présentes et correspondent à la réalité. En effet, les mots sont moyennement fréquents pour les 15 premières secondes et les mots produits au-delà sont effectivement peu fréquents ;
- nous notons également que la phrase concernant les 15 premières secondes disparaît s'il y a un défaut d'initiation.

- Affichage du temps de latence :

Concernant le graphe :

- le temps d'initiation est bien visible avant le premier mot s'il est supérieur à 15 secondes: la barre correspondant au premier mot s'affiche alors en rouge sur le diagramme. Bien que ce défaut d'initiation ne s'affiche pas comme souhaité (logo d'un sablier), il est visible. Notons toutefois que, dans notre étude de cas, il n'est pas visible puisque le premier mot est produit avant 15 secondes. Nous avons cependant pu le vérifier en modifiant la page de validation comme si le sujet en question n'avait donné aucun mot avant 15 secondes ;
- les espacements sont proportionnels au temps de latence réel, ce qui permet une visualisation rapide des différents espacements et donc des temps de latence élevés lorsqu'il y en a.

Concernant l'encart :

- en cas de temps de latence élevé, le nombre de fois est précisé en légende. Dans notre étude de cas, il n'y a pas de temps de latence élevé car aucun mot n'est prononcé après un intervalle de 15

secondes minimum le séparant du précédent. Le logiciel n'a donc comptabilisé aucun temps de latence élevé. Toutefois, nous avons pu expérimenter cette fonctionnalité et conclure quant à la présence de la phrase adéquate dans l'encart qui lui est réservé. « Temps de latence élevé si 15 secondes séparent deux mots : à X reprises » Nous pouvons également préciser qu'en cas de latence supérieure à 15 secondes entre deux mots, la barre correspondant au deuxième mot devient rouge ;

- si notre étude de cas ne présente pas de défaut d'initiation, nous avons pu constater qu'une phrase apparaît dans l'encart en cas de défaut d'initiation.

Ainsi, les temps de latence et d'initiation sont visibles et correspondent à la réalité.

- Regroupements et commutations :
  - les blocs correspondent visuellement aux mots regroupés ;
  - le nombre de regroupements est correct ;
  - les regroupements grammaticaux n'entrent pas en compte dans notre étude de cas (ELS) et ne sont donc pas affichés, cependant ils sont comptabilisés et mis en parallèle. Nous avons pu le vérifier en utilisant les productions en ELF ;
  - les temps de latences sont uniquement visibles par l'espacement entre les mots et non par des flèches comme nous l'avions souhaité.

Les clusters sont effectivement représentés sous la forme souhaitée et sont en corrélation aux résultats de notre analyse manuelle.

- Page des processus cognitifs :  
Nous présentons ici les analyses du logiciel.

Concernant les connaissances lexico-sémantiques et phonologiques :

- Le sujet enregistré a regroupé 91.3% de ses productions.
- La majorité des mots regroupés sont liés par le sens (il y a davantage de regroupements sémantiques que de formels) : une stratégie sémantique a probablement été utilisée. Ceci nous renvoie à la théorie et donc à l'utilisation d'une stratégie sémantique principalement employée en ELS. Le logiciel affiche également cette stratégie. Toutefois, nous notons que, concernant le diagramme, il ne correspond pas au calcul demandé (le nombre de regroupements a été comptabilisé alors que nous souhaitions prendre en compte le nombre de mots). Ainsi, au lieu de 77% et 26% nous aurions dû obtenir 89% de mots sémantiquement regroupés et 17% de mots

formellement regroupés. Nous notons cependant que la stratégie correspond effectivement à celle que nous retrouvons.

Concernant l'exploration et l'utilisation des connaissances grammaticales : nous n'avons pas pu analyser cette donnée afin de vérifier la correspondance avec la réalité puisque l'épreuve analysée est une ELS.

Concernant l'implication des fonctions exécutives :

- le nombre de commutations est le suivant : 6 commutations hors regroupements pour 46 mots ;
- le nombre de regroupements est le suivant : 14 regroupements pour 46 mots ;
- en conclusion, le sujet regroupe plus qu'il ne commute d'après notre étude.

Ainsi, sur cette page toutes les données demandées sont présentes (pourcentage de mots regroupés, stratégie, nombre de regroupements, nombre de commutations). De plus, toutes les données correspondent aux analyses manuelles effectuées en parallèle.

#### 4.3. Page du profil récapitulatif :

- Affichage du profil :

- l'affichage des chiffres « bruts » en légende n'est pas présent ;
- les chiffres sont correctement placés sur les axes.

Nous pouvons donc conclure que les fonctionnalités demandés sont respectées.

Cependant, le profil récapitulatif n'est pas exactement comme nous le souhaitions sur la forme puisque nous voulions le score en écart-type centré et en haut. D'un côté nous souhaitions les items concernant les regroupements et commutations, et d'un autre les données relatives aux temps de latence et fréquences.

- Analyse des résultats proposés :

Les différents résultats sont correspondants aux données précédemment présentées à l'utilisateur, à savoir :

- Le **score total** : 1.90 E.T ;
- Le **temps d'initiation**: est de l'ordre de 0 secondes ;
- Le **fréquence moyenne des mots sur les 15 premières secondes** est moyennement élevée ;

- Le **nombre de temps de latence** est nul : ce qui est concordant avec nos analyses manuelles ;
- Le **pourcentage de mots regroupés** est de l'ordre de 90% ;
- Le **nombre de regroupements** est de 14 (inférieur à 15) ;
- Le **nombre de commutations** est de 6 ;
- Le **nombre de catégories grammaticales explorées** n'est pas représenté sur le graphe, car il s'agit ici d'une ELS. C'est effectivement ce que nous souhaitions. Toutefois, nous avons pu tester sa présence dans le cadre d'une tâche d'ELF: l'item apparaît effectivement dans le profil récapitulatif.

Tous les résultats concordent avec nos analyses manuelles.

### Conclusion sur l'analyse des résultats :

Pour conclure quant aux résultats, la corrélation des analyses du logiciel avec celles sur le terrain dépend en grande partie de l'efficacité de la reconnaissance vocale : si celle-ci n'est pas suffisamment efficace alors l'analyse des résultats est biaisée.

C'est donc à l'orthophoniste de vérifier et de modifier efficacement les transcriptions proposées par la reconnaissance vocale pour pouvoir obtenir des analyses correspondant aux productions du sujet. Ce qui, en l'état actuel, est relativement chronophage.

Cependant, sur une étude de cas et à partir de transcriptions manuelles, les analyses actuelles faites automatiquement par le logiciel correspondent à 100 % à la réalité.

D'un point de vue qualitatif, nous pouvons conclure sur les résultats proposés.

Les analyses permettent d'étudier si le sujet accède à des mots fréquents de façon automatique et rapide davantage en début d'épreuve. Elles peuvent effectivement mettre en évidence un défaut d'initiation et/ou un temps de latence trop élevé entre des productions. Les analyses en termes de regroupements et de commutations permettent de visualiser les différents regroupements potentiellement effectués par un sujet. Les résultats en termes de processus cognitifs permettent de mettre en valeur l'implication des fonctions exécutives et/ou des connaissances lexico-sémantiques et phonologiques lors de la tâche de fluence. Le logiciel peut également comparer les regroupements en termes de stratégies (formelle ou sémantique) et permettre d'apporter des hypothèses de fonctionnement du sujet lors de cette tâche. Enfin, bien que nous ayons pu constater la présence d'analyses concernant les connaissances grammaticales, il ne nous a pas été possible de vérifier la corrélation à la réalité, cette dernière étant consacrée à l'ELS des animaux.

# DISCUSSION DES RESULTATS

---

## I. VALIDATION DES HYPOTHÈSES

### 1. Hypothèses technologiques

1. Nous avons supposé que la reconnaissance vocale serait capable de détecter et de transcrire efficacement les productions du sujet.

**Sous hypothèse 1 :** Nous avons supposé qu'elle serait efficace grâce à :

- sa base de données ;
- l'aide de l'orthophoniste qui comptabilise les productions en temps réel en appuyant sur une touche à chaque production (codage temporel).

Dans l'état actuel des choses, la base de données ne suffit pas à la reconnaissance vocale qui est inefficace pour détecter et identifier les productions. En effet, elle ne s'est basée que sur le lexique restreint et non sur le codage temporel.

Notre sous hypothèse 1 n'a pas pu être **validée car elle a été partiellement vérifiée.**

**Sous hypothèse 2 :** L'efficacité de la reconnaissance vocale à partir d'une base de données et du codage temporel de l'orthophoniste serait un gain de temps et d'énergie pour l'orthophoniste.

La reconnaissance vocale étant inefficace, la possibilité de réécoute et de modification des productions par l'orthophoniste est primordiale pour démarrer des analyses quantitatives et qualitatives fiables. Or le temps de modifications prend selon notre étude trois fois plus de temps que la passation elle-même. Il n'y a donc ni gain de temps ni gain d'énergie.

Notre sous hypothèse est **invalidée.**

2. Nous avons également supposé qu'après la passation du test, le logiciel serait capable de fournir les analyses qu'il est censé apporter. Il serait capable de traiter automatiquement les données et de fournir des analyses qualitatives supplémentaires notamment le temps de latence, la fréquence des mots, les regroupements, les commutations. Le logiciel apporterait donc une réelle plus-value au test de fluence verbale classique utilisé couramment en orthophonie.

Nous constatons que le logiciel traite automatiquement les données et fournit toutes les analyses supplémentaires. Il apporte donc une réelle plus-value en comparaison au test de fluence verbale classique utilisé couramment en orthophonie.

Notre hypothèse est donc **validée**.

## **2. Hypothèses cliniques**

1. Nous avons supposé que les résultats de l'analyse du logiciel concorderaient avec les résultats manuels pour les analyses quantitatives à savoir le nombre de bonnes réponses, d'erreurs et le score global.

Nous constatons dans notre étude qu'il y a en effet 100 % des résultats du logiciel qui concordent avec les résultats manuels concernant les données quantitatives relatives à la performance du sujet.

Notre hypothèse est donc **validée**.

2. Nous avons émis l'hypothèse que le logiciel apporterait des analyses (quantitatives et qualitatives et un profil récapitulatif) qui concorderaient avec les résultats manuels obtenus. Elles fourniraient ainsi des précisions quant au fonctionnement du sujet.

Suite à notre étude, nous constatons que toutes les analyses sont opérationnelles.

Notre hypothèse est donc **validée**.

## II. DISCUSSION GÉNÉRALE

### 1. Discussion sur le logiciel

#### 1.1. Limites du logiciel :

Les limites concernent d'abord la reconnaissance vocale, qui n'est pas efficace en l'état actuel.

Cependant nous disposons d'éléments d'explications :

- le codage temporel n'a pas été pris en compte pour la reconnaissance vocale, c'est pourquoi plus de mots sont détectés qu'il n'y en a en réalité ;
- l'utilisation de modèles acoustiques et de langage de 100h de radio préétablis et ne correspondant pas à la tâche de fluence verbale ;
- l'existence des problèmes de phonétisation dans le dictionnaire phonétique fourni (en particulier sur les semi-voyelles dans le dictionnaire phonétique de la lettre R) ont perturbé la reconnaissance vocale. Pour preuve, cette dernière s'est avérée moins efficace lors de l'épreuve de fluence formelle (lettre R) par rapport aux autres épreuves ;
- la présence de problèmes quant à la détection de la parole : parfois aucun mot n'est proposé ; et la parole autre que ce qui est demandé n'est pas gérée (notamment les modalisations) ;
- l'aspect bruyant de certains enregistrements perturbant la détection de la parole ;
- l'absence des articles comme « le, la, les » dans la base de données alors que les locuteurs les emploient fréquemment.

Les limites du logiciel sont aussi d'ordre technologique : à l'heure actuelle, l'outil n'est pas fonctionnel. La transcription est actuellement faite en différée à l'IRIT mais le transit de fichiers entre les parties « enregistrement » et « analyses » n'est pas automatisé. Autrement dit, à l'heure actuelle, il n'est pas possible d'envoyer un fichier audio pour avoir des résultats transcrits. Cette limite est cependant étudiée : pour des raisons de sécurité, il serait possible d'imaginer que les données puissent être centralisées sur un serveur opérationnel recevant les fichiers générés suite à l'enregistrement et renvoyant automatiquement les transcriptions faites par la reconnaissance vocale. Ceci se ferait dans le respect de l'anonymat. Cette analyse automatique pourrait être générée par une plateforme (comme la Parolothèque) ou un serveur au sein de l'IRIT.

Les limites sont aussi temporelles : à partir de nos enregistrements, nous avons constaté qu'il n'y a ni gain de temps ni gain d'énergie en utilisant le logiciel dans la version actuelle. Or cette limite est

dépendante de la reconnaissance vocale. Il serait pertinent d'évaluer les critères de jugement que sont le temps et donc l'énergie après les modifications de la reconnaissance.

Par ailleurs, nous pouvons parler de limites en termes d'analyses qualitatives puisque nous n'avons pas de recul sur nos analyses et sommes conscientes que les stratégies que nous proposons à travers les regroupements ne sont pas exhaustives. Nous avons fait le choix d'utiliser et d'expérimenter une méthode, parmi tant d'autres proposées. Nous avons par exemple rencontré certaines stratégies inédites (non prises en compte dans nos analyses) au cours de passations. En fluence formelle (lettre R), un sujet a notamment dit « renard » puis « rusé » puis nous a expliqué « ses associations d'idées ». Celle-ci serait relativement fréquente dans la langue française. Nous concluons sur cela en expliquant que le rôle de l'orthophoniste reste primordial afin d'analyser finement les productions du patient. De plus cette limite nous conforte dans l'idée qu'il ne s'agit en aucun cas de remplacer l'orthophoniste ni même de rendre compte de la totalité des stratégies utilisées par le patient lors de ces épreuves. Il s'agit, tant pour un logiciel que pour l'orthophoniste, de mieux comprendre et d'émettre des hypothèses permettant de se faire une idée clinique des processus mis en jeu par le sujet.

## 1.2. Pistes d'amélioration :

Concernant **la reconnaissance vocale**, des pistes d'amélioration sont possibles, à savoir :

- l'amélioration des détections de parole au moyen du codage temporel ;
- l'adaptation des modèles acoustiques, voire la création d'un modèle spécifique à ce type de tâche ;
- des essais de modèles de langage différents qui prennent en compte la grammaire et notamment les déterminants potentiellement prononcés dans ce type de tâches ;
- l'amélioration de la phonétisation sur les semi-voyelles ;
- la normalisation des conditions de passation.

Ces améliorations permettraient de fournir de meilleurs résultats. Selon les chercheurs en informatique de l'IRIT, les résultats pourraient doubler voire tripler. De telles modifications feront l'objet d'un travail qui sera entrepris par un étudiant en informatique dans le cadre de sa thèse, encadré par Jérôme Farinas.

Par ailleurs, il serait intéressant, après les améliorations précédemment exposées, d'étudier les analyses de **reconnaissance vocale** sur les mêmes enregistrements que ceux de notre étude, mais

également sur d'autres sujets (patients et sujets sains). A ce sujet, des membres du « club langage » de la SNPF se proposent de fournir des corpus d'enregistrements afin d'étudier la reconnaissance vocale à plus large échelle.

Concernant **la partie enregistrement**, il serait judicieux d'afficher la consigne à l'écran, sur la page de passation. L'orthophoniste aurait ainsi toutes les informations essentielles sur un même support. Il est cependant à noter, qu'en l'état actuel du logiciel, dans l'onglet « aide » de la page de passation, l'orthophoniste a accès aux informations quant à la cotation des bonnes et mauvaises réponses. La consigne est, quant à elle, notée sur le protocole de passation que nous avons créé.

Concernant **la page de validation**, de réelles modifications concernant l'affichage du signal, l'interface homme-machine sont également nécessaires. Elles pourraient justifier un travail informatique à part entière.

Enfin, pour nuancer **les résultats en termes de fréquence**, nous tenons à préciser que les références pour les calculs n'étaient autres que les fréquences des mots dans la langue française, et non les fréquences relatives aux animaux, aux fruits, aux mots commençant par R, ou V. Il pourrait être intéressant de définir des références relatives au lexique propre de chaque épreuve pour adapter la fréquence à l'épreuve et obtenir des résultats plus précis.

### 1.3. Évolutions possibles de l'outil :

L'évolution souhaitée concerne évidemment l'efficacité de la reconnaissance vocale et la fonctionnalité du **logiciel dans son intégralité**. Souhaitant que le projet aboutisse lorsque la technologie le permettra, nous nous portons volontaires pour participer à d'éventuelles avancées sur ce projet.

**Le développement du logiciel sur un autre support**, tel que la tablette tactile qui est de plus en plus utilisée par les orthophonistes, semble très pertinent à l'heure actuelle. Ce travail est d'ailleurs entrepris par un étudiant encadré par des chercheurs en informatique.

De plus, en considérant l'intérêt du logiciel de reconnaissance vocale, nous pourrions envisager l'ajout **d'autres épreuves**, dans le cadre de l'évaluation de pathologies neurologiques, comme l'épreuve de fluence alternée ou la génération de mots, ou bien encore d'autres épreuves s'inscrivant dans une batterie de tests.

Dans un second temps, après des améliorations pour rendre l'outil fonctionnel sur la partie reconnaissance vocale, il serait intéressant d'étudier **la faisabilité écologique** du logiciel en proposant à **des orthophonistes** d'utiliser l'outil. Un questionnaire permettrait par exemple d'évaluer la facilité d'emploi (la facilité d'apprentissage, d'utilisation, de préparation des données, d'interprétation des erreurs et de rattrapage en cas d'erreur d'utilisation), l'utilisation de l'outil, les analyses qu'il propose, etc. Par ailleurs, il serait également intéressant d'étudier la faisabilité du logiciel sur **des patients** ayant des pathologies neurologiques.

De plus, comme nous l'avons précisé précédemment, **la base de données** du logiciel n'est pas exhaustive. Or, la langue française étant **en évolution constante**, et l'idée du projet étant de permettre à chaque utilisateur de rajouter des items dans la base de données, cela permettrait au logiciel d'évoluer en même temps que la langue française. Ceci semble toutefois compromis puisqu'il faudrait rajouter dans un même temps des données concernant les regroupements possibles. Si l'outil est fonctionnel, il serait intéressant et nécessaire d'instaurer un système de « supervision » permettant aux utilisateurs d'ajouter les données manquantes. Ces données seraient vérifiées avant d'être mises à disposition des autres utilisateurs.

Il serait également pertinent d'envisager **un nouvel étalonnage** du test concernant les parties quantitatives et qualitatives. Nous disposerions ainsi d'un étalonnage pour les tranches d'âges manquantes dans l'étude de Cardebat et al. (1990) mais aussi les niveaux socio-culturels, en allant dans le sens de l'uniformisation que proposent déjà le GREFEX et les autres batteries de tests récentes. Cet étalonnage permettrait également de pouvoir comparer chaque performance (quantitative, qualitative) d'un sujet à celle des sujets contrôles et d'avoir ainsi une référence permettant une meilleure interprétation des résultats. Pour cela, des membres du « club langage » proposent de mettre à profit un corpus d'enregistrements afin de participer à la normalisation et validation de l'outil.

Par ailleurs, la création d'un serveur web opérationnel permettant d'ajouter des informations aussitôt disponibles pour les autres utilisateurs serait pertinente et permettrait, à terme, de pouvoir établir **des profils de patients**. Dans cette même idée de partage des données, l'utilisation du logiciel par des professionnels permettrait de fournir des corpus pouvant servir à **des projets de recherche** (en orthophonie, en linguistique, en neuropsychologie, en informatique concernant la reconnaissance vocale, etc).

## **2. Discussion sur l'étude**

### **2.1. Difficultés rencontrées :**

- Dans l'élaboration du logiciel :

Bien que certaines parties du projet aient été remises en questions, tant sur le fond que sur la forme, nous avons de notre côté enrichi nos connaissances et augmenté nos exigences. Il nous a paru difficile dans un premier temps d'évoluer avec et à partir des contraintes informatiques tout en respectant nos demandes. C'est au fil des réunions que nous avons perfectionné le futur outil, précisé nos demandes et sommes parvenu à un réel consensus au sein de l'équipe.

- Dans la création de l'outil :

Nous avons rencontré des difficultés pour transmettre nos idées et nos souhaits concernant l'interface. Bien qu'ayant travaillé sur support écrit pour la maquette, il était important de faire un point régulier afin de re-préciser certains éléments. Comme le travail s'est articulé autour de deux disciplines, deux formations distinctes que sont l'orthophonie et l'informatique, il nous a paru difficile de transmettre nos idées car nous étions entre la vulgarisation, pour se faire comprendre par les chercheurs en informatique et le souhait d'être le plus précises possible. Dans l'autre sens, nous avons parfois des difficultés pour comprendre le langage informatique en réunion. Toutefois, ce travail en équipe nous a appris à mieux appréhender le travail en commun avec des domaines différents mais complémentaires et à mieux expliciter les besoins en orthophonie.

Par ailleurs, nous avons rencontré des difficultés dans la concrétisation du projet à proprement parler. Il a fallu apprendre à s'adapter aux contraintes extérieures, réajuster nos demandes et parfois même, revoir les objectifs avec l'avancée du projet.

- Dans la conception de l'interface :

Nous nous sommes questionnées sur la meilleure présentation possibles des résultats afin qu'elle soit parlante pour une personne novice, c'est-à-dire n'ayant pas participé à l'élaboration de l'outil. Nous souhaitons que cette présentation mette effectivement en avant les éléments jugés nécessaires aux nouvelles analyses tout en gardant les éléments clés plus connus. Nous nous sommes cependant questionnées quant à la présentation des résultats (en termes de diagrammes ou phrases) afin que cela soit significatif pour le plus grand nombre.

- D'autres difficultés ont été en lien avec les circonstances de travail :

Le travail à distance, les emplois du temps peu concordants ont parfois présenté un frein au projet.

## 2.2. Limites de l'étude :

Nous émettons quelques critiques quant à la méthode de travail utilisée. Nous aurions pu dans un premier temps nous appuyer sur des souhaits émanant d'orthophonistes, répertoriés et formalisés grâce à des questionnaires par exemple, visant à définir le contenu de l'outil. Cependant, il nous a paru plus judicieux d'envisager la faisabilité d'un outil avant de proposer aux futurs utilisateurs le choix du contenu selon la pratique clinique de chacun. C'est pour ces raisons que nous n'avons pas proposé de questionnaire à des orthophonistes dans un premier temps bien que nous ayons rencontré nombre d'entre eux afin de recueillir des informations pertinentes à la définition du contenu du logiciel. Nous avons par ailleurs anticipé une faisabilité écologique en élaborant des protocoles, en vue d'une utilisation future de l'outil.

Par ailleurs, concernant l'ensemble des analyses qualitatives proposées dans le logiciel, bien que nous nous soyons appuyées sur plusieurs études, nous soulignons ici l'intérêt d'une éventuelle comparaison entre différentes méthodes d'analyse ainsi qu'une validation de la méthode d'étude d'analyse proposée dans notre étude. Ces dernières permettraient de renforcer l'acceptation des résultats.

## **3. Discussion personnelle**

Cette étude nous a permis d'enrichir nos connaissances humaines, cliniques, théoriques et conceptuelles. Nous envisageons désormais un test de deux minutes comme une mine d'informations non négligeables.

Les connaissances conceptuelles apportées sur les processus cognitifs en travaillant sur ce projet, l'élaboration de l'outil et le perfectionnement du logiciel nous ont offert un premier contact avec le monde de la recherche. Nous avons appris alors à nous ajuster entre avancées, exigences, possibilités, faisabilités, contraintes.

Ainsi le travail en collaboration avec cette équipe nous a appris de nombreux éléments : l'adaptation aux interlocuteurs, l'esprit de synthèse, l'exigence de précisions dans nos propos, la reformulation pour faciliter la compréhension, la prise de décisions, la dépendance aux contraintes

humaines, technologiques, l'autonomie, la remise en questions, l'ajustement des demandes, et tant de savoir-faire qui ne s'acquièrent que par l'expérience humaine.

Ce travail nous a également permis de réunir deux disciplines autour d'un projet. Les interactions avec des personnes formées sur un domaine différent du nôtre ont porté leurs fruits et ont enrichi et remis en questions nos propres interrogations informatiques et orthophoniques au fil des réunions.

# CONCLUSION

---

« EvoLex » est né d'un désir de remettre au goût du jour la tâche de fluence verbale qui n'est que partiellement analysée en clinique. Nous souhaitons faciliter la passation de l'épreuve mais aussi exploiter la richesse d'analyses que procure ce test et proposer des possibilités d'interprétations à partir de nouvelles analyses.

Aujourd'hui, même s'il est difficile voire frustrant de ne pas proposer un outil fonctionnel dans son intégralité, nous présentons les résultats d'une recherche « Preuve De Concept » (POC), qui correspond à une démonstration de faisabilité de cet outil. En effet, il s'agit d'une réalisation courte d'une certaine méthode visant à démontrer la faisabilité de l'outil. A travers une version bêta d'Evolex qui tend à être améliorée et perfectionnée sur la partie reconnaissance vocale, nous avons prouvé et démontré que la création d'un tel outil est envisageable à condition que la reconnaissance vocale soit travaillée spécifiquement pour ce type de tâche.

Cette étude nous a confortées dans l'idée que tout logiciel est une béquille humaine : il ne se substitue en rien à l'orthophoniste mais peut néanmoins l'aider en lui simplifiant et en lui permettant notamment la compréhension de processus cognitifs complexes.

Enfin, nous espérons que le travail effectué aura nourri de nouvelles réflexions quant au progrès des technologies sources de supports en orthophonie, à l'intérêt des logiciels en interaction avec l'orthophoniste, quant aux tâches d'évocation lexicale, aux processus cognitifs qui la sous-tendent et aux analyses qui en découlent.

# BIBLIOGRAPHIE

---

## OUVRAGES GENERAUX :

Belin C, Ergis AM et Moreaud O. *Actualités sur les démences : aspects cliniques et neuropsychologiques*. Marseille: Solal, 2006: 229.

Brun V, De Boissezon X, Mazaux JM et Pradat-Diehl P. *Communiquer malgré l'aphasie*. Montpellier: Sauramps Médical, 2014.

Brun V, Mazaux JM, Pradat-Diehl P et Sauzéon H. *Aphasies et aphasiques*. Issy-les-Moulineaux: Masson, 2007.

Chomel-Guillaume S, Leloup G, Bernard I. *Les aphasies, évaluation et rééducation*. Issy-les-Moulineaux: Masson, 2010.

Corriveau G et al. *Guide pratique pour étudier la faisabilité de projets*. Presse de l'Université du Québec, 2012.

Coyette F, Meulemans M, Azouvi P, Aubin G. *Neuropsychologie des traumatismes crâniens légers*. Marseille: Solal, 2011.

Derouesné C et Thibault S. *Les frontières de la démence : intérêt et limites des critères de diagnostic*. In Eustache F et Agniel A. *Neuropsychologie clinique des démences : évaluations et prises en charge*. Marseille, Solal, 1995, 11-15.

Duyckaerts C et Pasquier F. *Démences*. Rueil-Malmaison: Doin, 2002.

Estienne F. *Orthophonie et efficacité : les fondements de l'orthophonie*. Marseille: Solal, 2004, 276.

Eustache F, Faure S et Desgranges B. *Manuel de neuropsychologie - 4ème édition*. Paris: Dunod, 2013, 149-152.

Eustache F, Lechevalier B et Viader F. *Traité de neuropsychologie clinique*. Bruxelles: de Boeck, 2008, 489-498.

Eustache F et Lechevalier B. *Langage et aphasies*. Bruxelles: de Boeck, 1993.

George F. *Orthophonie et handicaps*. Marseille: Solal, 2008.

Godefroy O et le GREFEX. *Fonctions exécutives et pathologies neurologiques et psychiatriques: Evaluation en pratique clinique*. Marseille : Solal, 2008; 168-310.

Jeannerod M et Seron X. *Neuropsychologie humaine: 2ème édition*. Bruxelles: Mardaga Editions, 1999.

Juhel J et Salicé G. *Fonctionnement exécutif et inhibition cognitive : étude différentielle chez la personne âgée*. In Brouillet D et Syssau A. *Le vieillissement cognitif normal. Vers un modèle explicatif du vieillissement*. Bruxelles: De Boeck & Larquier, 2000; 104-119.

Labauge P, Pélissier J et Joseph PA. *La sclérose en plaques*. Issy-les-Moulineaux: Masson, 2003.

Lhermitte F, Roch Lecours A. *L'aphasie*. Paris: Flammarion, 1992.

Mazeau M. *Neuropsychologie et troubles des apprentissages. Du symptôme à la rééducation*. Issy-les-Moulineaux: Masson, 2005.

Rondal JA et Seron X. *Troubles du langage : bases théoriques, diagnostic et rééducation*. Bruxelles: Mardaga Editions, 1999.

Rosch, E et Lloyd B. *Cognition and Categorization*. L. New Jersey: Erlbaum Associates, 1978: 27-48.

Rossi JP. *Psychologie de la mémoire*. Marseille: Solal, 2006; 16-26.

Sadek-Khalil D. *Sur l'aphasie*. Montreuil: Papyrus, 1997.

Taconnat L et Isingrini, M. (2008). *La mémoire*. In K. Dujardin et P Lemaire. *Neuropsychologie du vieillissement normal et pathologique*. Paris: Elsevier Masson, 2008.

Thomas-Antérion C. *Set Test d'Isaac*. In L. Hugonot-Diener E, Barbeau BF, Michel C, Thomas-Antérion et Robert. *Grémoire: tests et échelles de la maladie d'Alzheimer et des syndromes apparentés*. Marseille : Solal, 2008; 178-182.

Tulving E. *Episodic and Semantic Memory. Organization of memory*. New York: Academic Press, 1972; 301-403.

## **MEMOIRES :**

Aubé E. « *CAP MOTS* » *Création d'un outil informatique de rééducation des troubles lexicaux, via des exercices d'évocation lexicale variés, pour les sujets aphasiques*. Mémoire de fin d'études pour l'obtention du Certificat de Capacité d'Orthophoniste, Université Paul Sabatier Toulouse III, 2014.

Barriol L et Chartier H. *Etalonnage de quatre épreuves pertinentes dans le diagnostic de pathologies neurodégénératives.; Fluences verbales, lecture de mots isolés, « Chapman-Cook speed of reading test », écriture de mots isolés*. Mémoire de fin d'études pour l'obtention du Certificat de Capacité d'Orthophoniste, Université Claude Bernard Lyon 1, 2010.

Bersoux Delmond N et Charuel M. *Elaboration et évaluation d'un protocole de rééducation de l'informativité du discours du traumatisé crânien*. Mémoire de fin d'études pour l'obtention du Certificat de Capacité d'Orthophoniste, Université de Nantes, 2012.

Biteau S et Yoann Jouanigot Y. *Les troubles lexicaux dans l'aphasie vasculaire : comparaison de deux outils d'évaluation (LEXIS et BETL). Étude auprès de 28 patients*. Mémoire de fin d'études pour l'obtention du Certificat de Capacité d'Orthophoniste, Université Gabriel Decroix, Lille, 2012.

Bonjean A et Scouarnec A. *Manifestations exécutives et de la théorie de l'esprit dans l'évaluation langagière des cérébro-lésés*. Mémoire de fin d'études pour l'obtention du Certificat de Capacité d'Orthophoniste, Université Paris VI Pierre et Marie Curie, 2013.

Bouaffre S. *Activation automatique et contrôlée de la mémoire sémantique : amorçage associatif vs catégoriel en champ visuel divisé et potentiels cognitifs*. Thèse de Doctorat en Sciences Cognitives, Université Victor Segalen, Bordeaux 2, 2005.

Boulangé A et Martin C. *Elaboration et normalisation d'épreuves de fluence verbale de verbes et de substantifs*. Mémoire de fin d'études pour l'obtention du Certificat de Capacité d'Orthophoniste, Université Claude Bernard Lyon 1, 2014.

Burgun J, Portal M. *Etude des performances à l'épreuve de fluence verbale des patients atteints de sclérose latérale amyotrophique*. Mémoire de fin d'études pour l'obtention du Certificat de Capacité d'Orthophoniste, Université Claude Bernard Lyon 1, 2013.

Calvet N. *Mémoire sémantique : fluence verbale et organisation du réseau lexico-sémantique dans la schizophrénie: A propos de trois observations*. Mémoire de fin d'études pour l'obtention du Certificat de Capacité d'Orthophoniste, Université Victor Segalen, Bordeaux 2, 2014.

Chauvel L. *La résolution de problèmes mixtes par le déplacement*. Mémoire en vue de l'obtention du Diplôme d'Etat de Psychomotricité, Université Paul Sabatier, Toulouse III, 2012.

Coulombe C. *L'enfant dysphasique et trouble d'accès lexical : un regard sur l'intervention*. Mémoire en vue de l'obtention de la maîtrise professionnelle en orthophonie, Université de Montréal, 2004.

Courbon M et Spiess H. *Contribution à l'étalonnage du DO 80, des fluences verbales formelles (P/R) et sémantiques (animaux/fruits) chez les enfants de 5 à 11 ans*. Mémoire de fin d'études pour l'obtention du Certificat de Capacité d'Orthophoniste, Université Claude Bernard Lyon 1, 2013

De La Brosse P et Vaillant De Guelis E. *Evocation lexicale chez l'enfant dysphasique: élaboration d'un outil de rééducation spécifique*. Mémoire de fin d'études pour l'obtention du Certificat de Capacité d'Orthophoniste, Université Claude Bernard Lyon 1, 2011.

Delpy-Delbreil C, Dupleichs E. *Fluences verbales : analyses quantitative et qualitative : comparaison entre une population de référence et une population aphasique*. Mémoire de fin d'études pour l'obtention du Certificat de Capacité d'Orthophoniste, Université Paul Sabatier Toulouse III, 1991.

Delmas S. *Quelle place pour l'informatique au sein de l'orthophonie*. Mémoire de fin d'études pour l'obtention du Certificat de Capacité d'Orthophonie, Université Paul Sabatier Toulouse III, 1989.

Jaytener A et Lion M. *Participation à la normalisation et à la validation du GREMOTS. Etude des fluences verbales dans la population normale et les aphasies primaires progressives*. Mémoire de

fin d'études pour l'obtention du Certificat de Capacité d'Orthophoniste, Université de Picardie Jules Verne, Amiens, 2013.

Le Moulenc S et Leroy F. *Apport des versions courtes du test BNT dans l'expertise systématique des patients cérébro-lésés en unité neuro-vasculaire*. Mémoire de fin d'études pour l'obtention du Certificat de Capacité d'Orthophoniste, Université Claude Bernard Lyon 1, 2011.

Ligot V. *Les traitements lexico-sémantiques dans la sclérose en plaques: étude auprès de 16 patients*. Mémoire de fin d'études pour l'obtention du Certificat de Capacité d'Orthophoniste, Université de Nice, 2011.

Marion L Mars V. *Accès lexical et évocation: recherche d'un trouble de l'accès au mot chez l'enfant qui bégaie de 4 ans 9 mois à 7 ans 10 mois*. Mémoire de fin d'études pour l'obtention du Certificat de Capacité d'Orthophoniste, Université Claude Bernard Lyon 1, 2012.

Mercier S. *Evaluation des troubles cognitifs au stade prodromal de la maladie d'Alzheimer*. Mémoire de fin d'études pour l'obtention du Certificat de Capacité d'Orthophoniste, Université de Poitiers, 2012.

Ortega J. *Fluence Verbale*. Mémoire de fin d'études pour l'obtention du Certificat de Capacité d'Orthophoniste, Université de Montpellier 1, 2005.

Oukoloff H. *Etude quantitative et qualitative en termes de clusters et de switches de la fluence verbale chez une population saine de 50 à 64 ans*. Mémoire de fin d'études pour l'obtention du Certificat de Capacité d'Orthophoniste, Université Victor Segalen, Bordeaux, 2006.

Pelce A et Rein C. *Etude comparative des stratégies dénominatives à l'oral et à l'écrit chez 5 patients aphasiques*. Mémoire de fin d'études pour l'obtention du Certificat de Capacité d'Orthophoniste, Université Claude Bernard Lyon 1, 2007.

Péran P. *Traitement des verbes : Etude neuropsychologique dans les pathologies sous-corticales: étude de neuroimagerie fonctionnelle et pharmacologique chez des sujets sains*. Thèse de Doctorat en Psychologie, Université Jean Jaurès, Toulouse II, 2004.

Péran P. *La génération de noms et de verbes chez des patients atteints de pathologies sous-corticales*. Thèse de Doctorat en Psychologie, Université Jean Jaurès, Toulouse II, 2004.

Pissier J. *Fluence verbale et maladie d'Alzheimer: apports quantitatifs et qualitatifs pour le diagnostic précoce*. Mémoire de fin d'études pour l'obtention du Certificat de Capacité d'Orthophoniste, Université François Rabelais, Tours, 2010.

Poujois A, *Etude IRMf de la plasticité cérébrale des réseaux moteurs et cognitifs dans la Sclérose Latérale Amyotrophique*. Thèse de Doctorat en Motricité Humaine et Handicap, Université Jean Monnet, Saint-Etienne, 2011.

Tran TM. *A la recherche des mots perdus: études des stratégies dénominatives des locuteurs aphasiques*. Thèse de sciences du langage, université de Lille-3, 2000.

## ARTICLES :

Audenaert K et al.. *Verbal fluency as a prefrontal activation probe: a validation study using 99mTc - ECD brain SPET*. European Journal of Nuclear Medicine. 2000; 27(12): 1800–1808.

Berger A, Koren R, Kofman O. *Analysis of word clustering in verbal fluency of school-aged children*. Archives of Clinical Neuropsychology. 2005; 20 (8), 1087-1104.

Blain H et Jeandel C. *Vieillesse normale : aspects biologiques, fonctionnels et relationnels. Données épidémiologiques et sociologiques. Prévention du vieillissement pathologique*. Revue du praticien-Monographie. 2003; 53 (1): 97-106.

Bonin P et al. *Normes d'associations verbales pour 520 mots concrets et étude de leurs relations avec d'autres variables psycholinguistiques*. L'année psychologique. 2013; 113: 63-92.

Borkowski JG, Benton aL, Spreen O. *Word fluency and brain damage*. Neuropsychologia.1967; 5: 135-140.

Bully P. *Zipf, créateur de la linguistique statistique*. Communication et langages. 1969,2; 23-28.

Cardebat D, Doyon B, Puel M, Goulet P, Joannette Y. *Evocation lexicale formelle et sémantique chez des sujets normaux : performances et dynamiques de production en fonction du sexe, de l'âge et du niveau d'étude*. Acta Neurologica Belgica. 1990; 90 (4), 207–217.

Content A, Mousty P et Radeau M. *Brulex une base de données lexicales informatisée pour le français écrit et parlé*. L'année psychologique. 1990; 90: 551-556.

Cordier F et Le Ny JF. *Evidence of Several Components for Word Familiarity*. Behavior Research Methods, 2005; 37: 528-537.

Darvesh S et al. *Questions d'ordre pratique sur la DLFT*. Revue canadienne de la maladie d'Alzheimer. 2005; vol 8 (2), 12-15.

Faure S. *Perturbations du langage après lésion de l'hémisphère cérébral droit*. L'année psychologique, 1993; vol 93: 95-112.

Frouin C, Frédérique G et Barkat-Defradas M. *Effet de fréquence et d'âge d'acquisition dans une tâche de fluence verbale chez des francophones atteints de la maladie d'Alzheimer et des personnes âgées saines*. Congrès Mondial de Linguistique Française. 2014.

Gierski F, Ergis A-M. *Les fluences verbales : aspects théoriques et nouvelles approches*. L'année psychologique, 2004 ; vol 104, n°2 : 331-359.

Goulet P, Joannette Y. *Hémisphère droit et langage: au-delà d'une certaine compétence lexicosémantique*. Langages, 1989; n°96: 83-94.

Gruenewald P.J et Lockhead, G. *The free recall of category examples*. Journal of Experimental Psychology : Human Learning and Memory,1980;6: 225–240.

Henry JD et Crawford JR. *A meta-analytic review of verbal fluency performance following cortical lesions*. *Neuropsychology*, 2004; 18(2): 284–295.

Henry JD et Phillips, LH. *Covariates of Production and Perseveration on Tests of Phonemic, Semantic and Alternating Fluency in Normal Aging*. *Aging, Neuropsychology and Cognition*. 2006; 13: 529-551.

Joseph RM., Mc Grath LM. et Tager-Flusberg H. *Executive dysfunction and its relation to language ability in verbal school-age children with autism*. *Developmental neuropsychology*, 2005; 27(3): 361-378.

Kave, G., Heled, E., Vakil, E., Agranov, E. *Which verbal fluency measure is most useful in demonstrating executive deficits after traumatic brain injury*. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*. 2011; 33 : 358–365.

Kioua A. *Stratégies de compensation adoptées par des patients cérébro-lésés: définitions conceptuelles et principes de mise en œuvre*. *Rééducation orthophonique*, 1998; 36(198) : 51-65

Laisney M. *L'évaluation et l'organisation de la mémoire sémantique*. *Revue de neuropsychologie*, 2011; vol 3: 176-180.

Lajoie C, Ferré P et Ska B. *L'impact de la nature des lésions sur les troubles de la communication consécutifs à une lésion cérébrale droite*. *Revista Neuropsychologia Latinoamericana*, 2010; vol 2 (3): 12-20.

Lanting S, Haugrund N, Crossley M. *The effect of age and sex on clustering and switching during speeded verbal fluency tasks*. *Journal of the International Neuropsychologie Society*, 2009; 15(2): 196-204.

Malek-Ahmadi M, Raj A, Small BJ. *Semantic clustering as a neuropsychological predictor for amnesic-MCI*. *Neuropsychology, development, and cognition*. 2011, 18(3): 280-292.

Mayr U. *On the Dissociation between Clustering and Switching in Verbal Fluency: comment on Troyer, Moscovitch, Winocur, Alexander and Stuss*. *Neuropsychologia*, 2002; 40: 562-566.

Mazaux JM. *L'aphasie de l'adulte : évolution des concepts et des approches thérapeutiques*. *Glossa*, 2007; 100, 36-44.

Miyake A et Friedman NP. *The relations among inhibition and interference control functions: A latent-variable analysis*. *Journal of Experimental Psychology: General*, 2004; 133: 101–135.

Miyake A, Friedman NP, Emerson MJ, Witzki AH et Howerter A. *The Unity and Diversity of Executive Functions and Their Contributions to complex "Frontal Lobe" Tasks: A latent Variable Analysis*. *Cognitive psychology*, 2000; 41: 49-100.

Ortega J et Remond-Besuchet C. *Fluence verbale: de 60 à 89 ans, une épreuve rapide standardisée en fonction du niveau d'études*. *Glossa*, 2007; 101: 42–59.

Paulesu E et al. *Functional heterogeneity of left inferior frontal cortex as revealed by fMRI*. Neuroreport, 1997; 8(8): 2011–2017.

Piatt AL, Fields JA, Paolo A, Koller WC et Troster AI. *Lexical, semantic, and action fluency in Parkinson's disease with and without dementia*. Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology, 1999. vol 4: 435-443.

Piskunowicz M, Bielinski M, Zglinski A et Borkowska A. *Verbal fluency tests--application in neuropsychological assessment*. Psychiatra polska, 2013. 47(3): 475-485.

Raoux et al. *Clustering and Switching Processes in Semantic Verbal Fluency in the Course of Alzheimer's Disease Subjects: Results from the PAQUID Longitudinal Study*. Cortex, 2008; vol 44 (9), 1188-1196.

Ratcliff et al. *Effect of Literacy and Education on Measures on Word Fluency*. Brain and language, 1998; vol 61 (1), 115-122.

Resch C, Martens R, Hurks P. *Analysis of young children's abilities to cluster and switch during a verbal fluency task*. The Clinical neuropsychologist, 2014; 28 (8), 1295-1310.

Reverberi, C., Laiacona, M., Capitani, E. (2006). *Qualitative Features of Semantic Fluency Performance in Mesial and Lateral Frontal Patients*. Neuropsychologia, vol 44; 469-478.

Rioux P, Eustache F et Desgranges B. *Effet de l'âge et du niveau d'étude sur différents sous-systèmes mnésiques*. L'année psychologique. 1994; 94: 345-368.

Sailor K, Antoine M, Diaz M, Kuslandy G et Kluger A. *The effects of Alzheimer's disease on item output in verbal fluency tasks*. Neuropsychology, 2004; 18 (2): 306-314.

Sauzèon H, Lestage P, Raboutet C, N'Kaoua B, et Claverie B. *Verbal fluency output in children aged 7–16 as a function of the production criterion: Qualitative analysis of clustering, switching processes, and semantic network exploitation*. Brain and Language, 2004, 89: 192–202.

Tremblay et al. *Évocation lexicale libre chez les patients atteints de la maladie de Parkinson : une analyse quantitative et qualitative des mots produits*. Revue de neuropsychologie, 2010, Vol 2, 273-282.

Troyer A, Moscovitch M, Winocur G, Leach L et Freedman M. *Clustering and switching on verbal fluency tests in Alzheimer's and Parkinson's disease*. Journal of the International Neuropsychological Society, 1998, vol 4, 137–143.

Weiss et al. *Posterior parietal cortex is implicated in continuous switching between verbal fluency tasks: an fMRI study with clinical implications*. Brain, 2002, 125: 1024-1038.

Zhao Q, Guo Q, et Hong Z. *Clustering and switching during a semantic verbal fluency test contribute to differential diagnosis of cognitive impairment*. Neurosciences, 2013, 29: 75-82.

## SITES INTERNETS :

Derouesné C. *Démence à corps de Lewy : nouveau consensus*. 2006; vol 4 (1). [en ligne]. [http://www.jle.com/fr/revues/pnv/e-docs/demence\\_a\\_corps\\_de\\_lewy\\_nouveau\\_consensus\\_268050/breve.phtml](http://www.jle.com/fr/revues/pnv/e-docs/demence_a_corps_de_lewy_nouveau_consensus_268050/breve.phtml). Consulté le 31 janvier 2015.

Encyclopédie Orphan et Grand Public. *La maladie de Huntington. Chorée de Huntington*. [en ligne]. <https://www.orpha.net/data/patho/Pub/fr/Huntington-FRfrPub118.pdf>. Consulté le 28 janvier 2015.

Levy L. *Comment différencier la démence du Parkinson et la démence à corps de Lewy ?* [en ligne]. <http://www.amcehpads.fr/spip.php?article492>. Consulté le 13 janvier 2015.

New B, Pallier C, Ferrand L. *Lexique 3*. 2005.[en ligne] <http://www.lexique.org/>. Consulté le 20 novembre 2014.

Guur. *Elaboration d'une étude de faisabilité fiche méthodologique*. [en ligne] <http://www.youscribe.com/catalogue/rapports-et-theses/sante-et-bien-etre/medecine/elaboration-d-une-etude-de-faisabilite-fiche-methodologique-359020>. Consulté le 13 octobre 2014.

PETRA : *Plateau d'Etudes Techniques et de Recherches en Audition*. [en ligne] <http://petra.univ-tlse2.fr/spip.php?article187&lang=fr>. Consulté le 2 décembre 2014.

# GLOSSAIRE

---

**APP** : Aphasie Primaire Progressive

**CFR** : Centre de Rééducation Fonctionnelle

**ELF** : Evocation Lexicale Formelle

**ELS** : Evocation Lexicale Sémantique

**EVA** : Evaluation Vocale Assistée

**GREFEX** : Groupe de Réflexion sur l'Evaluation des Fonctions Exécutives

**IRIT** : Institut de Recherche en Informatique de Toulouse

**LIUM** : Laboratoire d'Informatique de l'Université du Maine

**MPR** : Médecine Physique et Réadaptation fonctionnelle

**NSC** : Niveau Socio Culturel

**SAMPA** : Speech Assessment Methods Phonetic Alphabet : alphabet phonétique selon des méthodes d'évaluation de la parole

**SNLF** : Société de Neuropsychologie de Langue Française

**WER** : Word Error Rate : taux d'erreur de mots

# TABLE DES ANNEXES

---

Annexe 1 : Etalonnage de Cardebat D et al.

Annexe 2 : Effet du vieillissement pathologique

Annexe 3 : Extrait du [lexique.org](http://lexique.org)

Annexe 4 : Grille d'observations qualitatives

Annexe 5 : Grille d'observations qualitatives : explications

Annexe 6 : Protocole de passation

Annexe 7 : Protocole d'accès aux résultats

Annexe 8 : Population incluse dans notre étude

Annexe 9 : Fichier de codage temporel des réponses

Annexe 10 : Transcriptions manuelles des productions d'un sujet sain

Annexe 11 : Analyses de la reconnaissance vocale

Annexe 12 : Analyses manuelles : résultats quantitatifs

Annexe 13 : Analyses manuelles : résultats qualitatifs (fréquence et latence)

Annexe 14 : Analyses manuelles : résultats qualitatifs : regroupements (clusters)

Annexe 15 : Analyses manuelles : résultats qualitatifs (processus cognitifs)

## ANNEXE 1 : ETALONNAGE DE CARDEBAT D. ET AL.

Scores chez des Hommes sans pathologie cérébrale (n= 84) selon Cardebat D. et al 1990

Niveau I	P	R	V	Animaux	Fruits	Meubles
30-45 ans	17,28 ± 5,49	13,07 ± 5,49	12,71 ± 4,92	29,35 ± 7,79	15,78 ± 3,46	12,21 ± 2,32
50-65 ans	19,21 ± 5,56	17,64 ± 6,77	14,64 ± 8,82	33,64 ± 6,59	18,71 ± 4,23	16,28 ± 3,02
70-85 ans	19,28 ± 7,05	16,78 ± 6,04	14,50 ± 6,46	27,14 ± 8,53	15,42 ± 3,85	11,71 ± 3,53
Niveau II	P	R	V	Animaux	Fruits	Meubles
30-45 ans	20,64 ± 6,83	18,14 ± 8,39	15,00 ± 5,9	35,78 ± 10,67	17,50 ± 3,91	15,00 ± 3,82
50-65 ans	22,71 ± 7,24	19,42 ± 8,37	16,64 ± 5,04	31,85 ± 6,93	18,64 ± 4,43	14,85 ± 3,97
70-85 ans	20,78 ± 7,32	18,21 ± 7,08	15,71 ± 7,05	29,71 ± 11,97	16,00 ± 7,86	14,35 ± 4,55

Niveau d'étude I : ≤ 9 ans d'études

Niveau II : > 9 ans d'études

Scores chez des Femmes sans pathologie cérébrale (n= 84) selon Cardebat D. et al 1990

Niveau I	P	R	V	Animaux	Fruits	Meubles
30-45 ans	19,07 ± 10,01	14,35 ± 5,91	13,07 ± 5,85	26,00 ± 7,46	17,64 ± 4,19	15,42 ± 4,12
50-65 ans	14,85 ± 5,36	13,07 ± 5,79	11,21 ± 3,62	27,35 ± 7,72	19,35 ± 3,34	14,50 ± 4,03
70-85 ans	14,71 ± 7,56	13,00 ± 6,97	11,42 ± 4,98	29,71 ± 5,32	17,31 ± 4,97	13,92 ± 3,58
Niveau II	P	R	V	Animaux	Fruits	Meubles
30-45 ans	20,57 ± 5,99	19,00 ± 6,44	16,07 ± 5,66	30,14 ± 11,42	19,85 ± 3,32	17,42 ± 5,77
50-65 ans	25,57 ± 6,02	25,57 ± 8,57	20,78 ± 6,05	38,71 ± 9,78	22,42 ± 3,93	19,35 ± 4,06
70-85 ans	23,78 ± 8,35	21,14 ± 7,16	17,71 ± 5,91	32,64 ± 7,90	19,35 ± 3,24	17,00 ± 4,64

Niveau d'étude I : ≤ 9 ans d'études

Niveau II : > 9 ans d'études

## ANNEXE 2 : EFFET DU VIEILLISSEMENT PATHOLOGIQUE

### 1. Pathologies neurodégénératives

Pathologie	Caractéristiques principales	Résultats en fluence	Déficit cognitif en cause
Maladie d'Alzheimer	<p>Enjeu de santé publique : première cause de démence</p> <p><u>Sémiologie :</u> -perte progressive des facultés cognitives et de l'autonomie</p> <p><u>Au niveau neurologique :</u> -lésions précoces au niveau parahippocampique et hippocampique -lésions neuronales histologiques au niveau des cortex associatifs temporaux et pariétaux</p>	<p><b>-résultats déficitaires</b> en ELS et ELF à un stade précoce de la maladie</p> <p><b>-déficit plus prononcé</b> en sémantique qu'en formel</p> <p>-présence en plus grand nombre d'intrusions, de répétitions et de néologismes.</p> <p>-le patient donne plus facilement des sous catégories (oiseau, poisson), que leurs éléments subordonnés correspondants (canari, corbeau).</p>	<p>→ déclin précoce de la mémoire sémantique</p> <p>→ destruction de la mémoire sémantique en bottom-up. Les éléments les plus atypiques et éloignés d'une sous-catégorie seraient détruits en premier.</p>
Maladie de Parkinson	<p>La prévalence de la démence chez les patients parkinsoniens est de 78%</p> <p><u>Sémiologie :</u> -hypertonie musculaire -bradykinésie -tremblement au repos (touchant plus fréquemment les membres supérieurs) -dysarthrie -dysphagie</p> <p><u>Au niveau neurologique :</u> -disparition de neurones dopaminergiques parkinsoniens à 8 ans d'évolution.</p>	<p><u>Sans démence :</u></p> <p><b>-résultats inférieurs</b> aux sujets contrôles en ELF et en ELS</p> <p>-produisent plus de mots concrets ou indéfinis que de mots abstraits</p> <p>- différence significative entre le nombre de mots produits par le groupe atteint de la maladie de Parkinson et les sujets contrôles seulement dans les deux premiers intervalles de temps de la tâche de fluence</p>	<p>→ déficit de nature exécutive → difficultés spécifiques dans les <b>processus de recherche</b> et de <b>recupération des mots en mémoire</b> → mots concrets plus facilement accessibles</p> <p>→ résultat attribuable aux <b>difficultés d'initiation</b></p>
		<p><u>Avec démence :</u></p> <p><b>-déficit</b> indifféremment dans les deux types de fluence, soit en ELS et ELF</p> <p>-déficit <b>plus important</b> que pour les patients non déments</p> <p>-profil identique à la Maladie d'Alzheimer</p>	

Pathologie	Caractéristiques principales	Résultats en fluence	Déficit cognitif en cause
Maladie de Huntington	<p><u>Sémiologie :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-altération profonde et sévère des capacités physiques et intellectuelles,</li> <li>-trouble cognitif</li> <li>-trouble du comportement</li> <li>-trouble moteur</li> <li>-perte d'autonomie</li> </ul> <p><u>Au niveau neurologique :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-affection génétique et héréditaire touchant surtout le striatum : noyau caudé et putamen, et ultérieurement le cortex cérébral</li> </ul>	<p><b>-déficit massif</b> dans les <b>deux</b> types de fluences: ELF et ELS</p> <p>-pas de différence significative en termes de nombre d'erreurs par rapport aux sujets sains.</p>	<p>→ troubles de l'<b>accès</b> ou de l'<b>organisation lexicale</b></p> <p>→ difficultés d'<b>initiation</b>, de <b>recherche</b> ou de <b>stratégies</b></p>

Pathologie	Caractéristiques principales	Résultats en fluence	Déficit cognitif en cause
Dégénérescence fronto-temporale	<p><u>Sémiologie</u> :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-nettement dominée par le syndrome dysexécutif et les troubles du comportement générant très tôt des changements dans les conduites sociales et personnelles</li> <li>-<b>2 formes</b>: → forme comportementale : syndrome dysexécutif → forme linguistique : aspontanéité ou logorrhée, persévérations, digressions.</li> </ul> <p><u>Au niveau neurologique</u> :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-atrophie du lobe frontal et/ou du lobe temporal à l'IRM.</li> <li>-hypoperfusion des régions frontale et/ou temporale à l'imagerie SPECT</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-déficit aussi bien en ELF qu'en ELS</li> <li>-<b>performances</b> restent <b>meilleures</b> en ELS qu'en ELF</li> <li>-<b>augmentation</b> du nombre de <b>répétitions</b> et une <b>diminution</b> du nombre de <b>mots subordonnés</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ difficultés en ELF plutôt dues à des difficultés <b>d'initiation, d'attention</b> et de <b>maintien de la consigne</b> en mémoire de travail</li> <li>→ diminution de la performance en ELS pourrait refléter l'utilisation inefficace des <b>connaissances sémantiques</b></li> <li>→ les patients ne seraient plus en mesure de mettre en place des <b>stratégies</b> efficaces de recherche en mémoire sémantique</li> </ul>
Aphasie Primaire Progressive	<p><u>APP variante sémantique</u> :</p> <p><u>Sémiologie</u> :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-amnésie sémantique progressive avec conservation pendant longtemps de la mémoire épisodique</li> <li>-troubles phasiques : dénomination pauvre et compréhension des mots altérée</li> </ul> <p><u>Au niveau neurologique</u> :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-lésion temporo polaire</li> <li>-atrophie du lobe temporal très marquée : atteinte asymétrique; le lobe temporal gauche étant le plus atteint</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-<b>ELS</b> plus difficile que l'ELF</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ trouble précoce de la mémoire sémantique</li> </ul>

	<b>Caractéristiques principales</b>	<b>Résultats en fluence</b>	<b>Déficit cognitif en cause</b>
	<p><u>APP non fluente:</u></p> <p><u>Sémiologie :</u>            -état anxieux,            -troubles phasiques : troubles moteurs de la parole, débit ralenti, manque du mot, paraphasie verbale, troubles agrammatiques</p> <p><u>Au niveau neurologique :</u>            -atrophie péri sylvienne gauche</p>	<p>-<b>ELF</b> la plus altérée</p> <p>-l'<b>ELS</b> demeure supérieure à l'<b>ELF</b></p>	
	<p><u>APP logopénique:</u></p> <p><u>Sémiologie :</u>            -troubles phasiques : parole spontanée perturbée par le manque du mot qui crée des pauses dans le débit, paraphasie phonémique,            -mémoire de travail altérée : répétition de phrases altérée, compréhension syntaxique altérée</p> <p><u>Au niveau neurologique :</u>            -atrophie pariétale inférieure gauche et temporale supérieure</p>	<p>-<b>ELS</b> très déficitaire et angoissante pour le patient</p>	

Pathologie	Caractéristiques principales	Résultats en fluence	Déficit cognitif en cause
<p>Sclérose Latérale Amyotrophique maladie de Charcot ou maladie de Lou Gehrig</p>	<p><u>Sémiologie :</u>            -aggravation constante aboutissant à une paralysie des membres et/ou des muscles labio-glosso-pharyngo-laryngés            -difficultés de dénomination et d'évocation, de catégorisation sémantique et utilisation de circonlocutions</p> <p>-déficit de la mémoire à long terme et plus précisément des procédures de rappel            -atteinte frontale retrouvée dans près de 50% des cas</p> <p><u>au niveau neurologique:</u>            -touche les neurones moteurs périphériques et centraux de la voie motrice volontaire</p>	<p>-fluence verbale <b>précocement atteinte</b> dans la SLA et ce, quelle que soit l'atteinte motrice            -l'apathie, dont la prévalence est estimée à 55% ,est corrélée au score de fluence verbale</p>	<p>→ difficulté due à un <b>dysfonctionnement exécutif</b> plutôt qu'à un trouble de mémoire de travail mais aussi a minima à un <b>trouble de langage</b></p>
<p>Sclérose en plaque (SEP)</p>	<p>-pathologie du système nerveux central avec des symptômes variables            -évolution la plus fréquente: par poussées</p> <p>-prédominance des déficits de la mémoire, de la perception visuo-spatiale, du raisonnement, de l'attention et de la vitesse de traitement de l'information</p> <p>-troubles des fonctions exécutives déterminants. le dysfonctionnement frontal et les troubles attentionnels sont actuellement considérés comme les noyaux symptomatiques des troubles cognitifs</p>	<p>-performances en <b>ELF</b> et <b>ELS</b> diminuées</p> <p>-Fitzgerald et al (1987) ont testé 20 patients avec les tests du Neurosensory Centre Comprehension Examination for Aphasia et ceux du Wügg-Semel Test of Linguistic Concepts: plus de 50% avaient des performances inférieures en fluence verbale</p>	<p>→ déficit sous-tendu par un <b>ralentissement cognitif</b>            → Obler et al. (1986), Butters et al. (1987) puis Troster et al. (1989) ont précisé que le déficit en <b>ELS</b> pouvait indiquer une perturbation au sein de la structure des <b>connaissances sémantiques</b> et/ ou un problème de <b>recupération de mots</b> en mémoire sémantique            → Chertkow et al. (1990) et Blackwood et al. (1991) ont spécifié que les <b>problèmes de spontanéité, de mémoire de travail</b> ainsi que les <b>difficultés attentionnelles</b> étaient des facteurs extralinguistiques pouvant interférer avec la vitesse et l'efficacité des fluences.</p>

## 2. Pathologies neuro-vasculaires :

Selon la cause :

Etiologie	Caractéristiques principales	Résultats en fluence
AVC ischémique	<p>Au niveau neurologique : occlusion d'une ou plusieurs artères cérébrales.</p> <p>Les ischémies peuvent être :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- transitoires : accident ischémique transitoire (AIT) ;</li> <li>- constituées : infarctus cérébraux</li> </ul> <p>Correspond à 80 % des AVC</p>	-33% présentent un déficit des fluences
AVC hémorragique	<p>Au niveau neurologique : rupture d'anévrisme ou d'une branche d'une artère cérébrale.</p> <p>Correspond à 20 % des AVC.</p>	- patients avec lésions hémorragiques droites présentent des résultats inférieurs aux patients ischémiques droits en EL libre

Selon la localisation de la lésion :

Localisation	Caractéristiques principales	Résultats en fluence	Déficit en cause
Lésion gauche	- aphasie suite à un AVC	<p>- étude sur 31 aphasiques (de 3 mois à 1 an après leur AVC) :</p> <p>- <u>Comparaison avec des sujets sains :</u> <b>résultats très significativement inférieurs.</b></p> <p>- <b>Fluence formelle : Moins de verbes</b> sont fournis en ELF R. Mots fréquents utilisés.</p> <p>- Fluence sémantique : idem que chez les sujets sains: plus de mammifères carnivores sont fournis que d'oiseaux, beaucoup d'animaux domestiques sont fournis, fruits à noyaux ou à pépins fournis. Mais moins de fruits sauvages et secs, et plus de fruits du jardin. Globalement, des réponses plus courantes sont données.</p>	<p>→ les aphasiques ne vont pas chercher des fruits ou animaux plus rares dans leur lexique interne</p> <p>→ résultat dépendant des performances quantitatives des aphasiques.</p>

		<p>-Dans les deux fluences : <b>Même écart entre résultats en formel et en sémantique.</b>  Moins d'enchaînements sémantiques et formels. Si utilisation d'une de ces stratégies, aucune n'est préférentiellement utilisée (idem chez les sujets sains).</p> <p><u>Comparaison entre sujets aphasiques:</u>  -Homogénéité des résultats sur les types d'erreurs : persévération inter critères, émergence de facteurs affectifs, modalisation, subvocalisations.  -Hétérogénéité des résultats quantitatifs: 3 groupes sont distingués:  <b>1</b>-sujets dont la fluence en spontané est très réduite -&gt; résultats très faibles en test,  <b>2</b>-sujets peu fluents en situation conversationnelle mais compensant par des processus linguistiques palliatifs -&gt; résultats très proches du groupe 1 en situation de test. dissociation des performances entre discours conversationnel et formel  <b>3</b>-sujet ayant un bon niveau de langage conversationnel -&gt; bon niveau en fluence sauf pour la lettre R et la catégorie des fruits. Mauvaise production de verbes mais compensée par un surcroît de noms</p> <p>Aphasie antérieure/postérieure : même nombre d'erreurs, pas de lien entre la sémiologie aphasique et le nombre d'erreurs.</p>	
--	--	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--

Localisation	Caractéristiques principales	Résultats en fluence	Déficit cognitif en cause
Lésion droite		<p>-ELS: plus la catégorie est source d'un grand nombre d'items plus les résultats des cérébro-lésés droits sont chutés</p> <p>-productions de mots à partir d'un critère orthographique (ELF) préservées.</p> <p>-déficit porte surtout sur la phase de recherche active de l'E.L. (par opposition à la phase initiale, supposée être plus automatique)</p>	<p>→ difficulté d'accès au savoir lexico-sémantique et à l'information sémantique explicite</p> <p>→ difficultés plus spécifiquement liées à la mise en œuvre d'une recherche active dans le lexique qu'à de réelles difficultés sémantiques</p>
Lésion du lobe pariétal	-aphasie anomique (survenue isolément et non comme séquelle d'une aphasie plus étendue)	-troubles plus ou moins sévère de l'évocation lexicale	→ manque du mot attribué un trouble de la mémoire
Lésion du lobe frontal	-patients non aphasiques -étiologies diverses: AVC, TC, MP, tumeur frontale	-moins de mots produits tant en <b>ELS</b> qu'en <b>ELF</b> -erreurs plus nombreuses et plus déviantes	

### ANNEXE 3 : EXTRAIT DU LEXIQUE.ORG

1_ortho	2_phon	3_lemme	4_cgram	5_genre	6_nombre	7_freqlemfilms2
pantalonnad	p@talonad	pantalonnad	NOM	f	p	0
pantalons	p@talɔ̃	pantalon	NOM	m	p	37,55
pante	p@t	pante	NOM	m	s	0,01
pantela	p@t'la	panteler	VER			0
pantelaient	p@t'IE	panteler	VER			0
pantelait	p@t'IE	panteler	VER			0
pantelant	p@t'l@	pantelant	ADJ	m	s	0,1
pantelant	p@t'l@	panteler	VER			0
pantelante	p@t'l@t	pantelant	ADJ	f	s	0,1
pantelantes	p@t'l@t	pantelant	ADJ	f	p	0,1
pantelants	p@t'l@	pantelant	ADJ	m	p	0,1
panteler	p@t'le	panteler	VER			0
pantelle	p@tEl	panteler	VER			0
pantelé	p@t'le	panteler	VER	m	s	0
pantes	p@t	pante	NOM	m	p	0,01
panthère	p@tER	panthère	NOM	f	s	2,08
panthères	p@tER	panthère	NOM	f	p	2,08
panthéisme	p@teizm	panthéisme	NOM	m	s	0
panthéiste	p@teist	panthéiste	ADJ		s	0,03
panthéon	p@teɔ̃	panthéon	NOM	m	s	0,79
panthéons	p@teɔ̃	panthéon	NOM	m	p	0,79
pantin	p@tɔ̃	pantin	NOM	m	s	3,96
pantins	p@tɔ̃	pantin	NOM	m	p	3,96
pantins	p@tɔ̃	pantins	ADJ	f	s	0,01
pantière	p@tjER	pantière	NOM	f	s	0
pantocrator	p@tOkRatOf	pantocrator	ADJ	m	s	0,14

## ANNEXE 4 : GRILLE D'OBSERVATIONS QUALITATIVES

- Cocher si l'item est présent
- Possibilité de quantifier le nombre d'occurrence(s)

<b>1. ERREURS (non respect de la consigne)</b>	cocher si présence	nombre	commentaires
<b>Répétitions</b>			
R. <u>avec doute</u> → par exemple : « poire, je ne sais pas si je l'ai dit »			
R. <u>conscientes</u> → par exemple : « poire, ah non je l'ai déjà dit »			
R. <u>inconscientes</u> → par exemple : « poire, pêche, abricot, poire »			
<b>Persévérations:</b> répétitions de mot(s) ou de groupe de mots déjà produits auparavant et qui réapparaît de façon inappropriée = répétition inconsciente qui se produit au moins 3 fois			
<b>Intrusions:</b> le mot proposé ne respecte pas la consigne : mot <b>qui n'est pas français, qui appartient à la même famille</b> que d'autres mots précédemment produits, <b>mot commençant par une autre lettre, ne faisant pas partie de la catégorie</b> sémantique demandée, ou encore nom propre. → par exemple, un légume pour la fluence de fruits ou un nom propre pour la fluence en V.			

<b>2. PARAPHASIES et DEVIATIONS ORALES</b>	cocher si présence	nombre	commentaires
<b>Paraphasies</b>			
P. <u>phonétiques</u> : déformation phonétique systématique d'un ou plusieurs phonème(s) → par exemple : /pwak/ pour « poire »			
P. <u>phonémiques</u> : substitution, omission, adjonction, inversion, déplacement de phonèmes constitutifs du mot cible → par exemple : /rwap/ pour « poire »			
P. <u>verbales formelles</u> : substitution du mot cible par un mot du lexique partageant des phonèmes communs → par exemple : « coquelicot » pour « coccinelle »			
P. <u>sémantiques</u> : remplacement d'un mot cible par un autre mot du lexique partageant un lien sémantique plus ou moins étroit → par exemple: « tracteur » pour « voiture »			
P. <u>étranges</u> : décrites dans le cadre des aphasies thalamiques → par exemple: « un gros lapin naissant » pour « ours »			
<b>Néologismes</b> : déformations sévères au sein du mot cible qui aboutissent à la production d'un mot n'appartenant pas au lexique et n'ayant pas de lien apparent avec le mot cible.			

<b>3. ENONCES MODALISATEURS</b>	cocher si présence	nombre	commentaires
<p><b>Modalisations sur la tâche</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• commentaire sur l'épreuve en elle-même, → par exemple: « c'est pas facile »</li> <li>• commentaire sur la performance → par exemple: « je le sais, mais je n'arrive pas à le dire »</li> </ul>			
<p><b>Modalisations sur la production</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• commentaire sur la réponse à produire → « pas une carotte » pour « orange »; « pas tout à fait un abricot » pour « pêche »;</li> <li>• commentaire sur le mot donné → par exemple: « cerise, en plus c'est mon fruit préféré »</li> <li>• commentaire sur la consigne, question à l'examineur → par exemple : « tomate, c'est bien un fruit ça? »</li> <li>• doute de répétition pour un mot qui n'a pourtant pas été donné</li> </ul>			

<b>5. STRATEGIES PALLIATIVES</b>	cocher si présence	nombre	commentaires
<p><b>Subvocalisations</b> : le patient se répète la consigne ou bien répète volontairement des mots déjà énoncés comme pour relancer de nouvelles productions</p>			
<p><b>Circonlocutions</b> :</p> <p><u>Circonlocutions référentielles</u> : le patient donne une définition du mot, ou cite une expérience → par exemple: « j'en ai mangé ce midi » ou bien « c'est un fruit rouge avec une queue, on peut les mettre sur les oreilles » pour « cerise »</p> <p><u>Circonlocutions linguistiques</u> : le patient donne des informations sur le mot → par exemple: « ça commence par un « p » » en parlant de la pomme</p>			
<p><b>Utilisation de gestes</b> :</p> <p><u>Gestes d'utilisation</u> → par exemple, le patient peut mimer le geste de boire pour évoquer le « verre »</p> <p><u>Gestes de désignation</u> → par exemple, pour évoquer le mot « ventre », le patient montrera le sien</p>			
<p><b>Conduites d'approche</b> : approximations successives aboutissant ou non au mot cible. Elles peuvent être:</p> <p><u>Phonologiques</u> : le patient cherche le ou les premiers phonèmes par essais successifs → exemple : « pa.. po .. poire »</p> <p><u>Graphémiques</u> : le patient épelle ou essaie d'écrire le mot → exemple : « p o i r e, poire »</p> <p><u>Flexionnelles</u> : le patient essaie d'initier la production en élaborant un syntagme pouvant donner des indices implicites sur la fonction, le genre... du mot → exemple : « c'est un... une... c'est une poire »</p> <p><u>Sémantiques</u> : le patient procède par éliminations successives de mots sémantiquement proches, s'aide de données culturelles ou de la production d'onomatopées. → exemple : « c'est pas un brugno, pas un abricot... une pêche » → exemple: « miaou » pour le « chat »</p>			

## ANNEXE 5 : GRILLE D'OBSERVATIONS : EXPLICATIONS

Nous détaillons ci-dessous ce qu'il est possible d'observer à travers la grille :

- **Les erreurs (non respect de la consigne)** : Nous avons choisi de faire apparaître dans la grille trois grands types d'erreurs.

→ **les répétitions** : il s'agit d'un mot déjà produit au moins une fois pendant l'épreuve. Pour une analyse plus fine, nous avons différencié différentes catégories de répétitions:

Les répétitions **avec doute** : le sujet redonne un mot qu'il a déjà énoncé et émet un doute sur le fait qu'il l'ait déjà produit. Toutefois, il est à noter que bien que cette production constitue une erreur, elle n'est pas comptée comme telle car nous considérons que le doute reflète l'existence d'une trace mnésique du mot.

Exemple : « chat ... chien ... cheval ... chat, je sais pas si je l'ai dit... »

Les répétitions **conscientes** : le sujet fournit un mot déjà donné auparavant et le signale.

Exemple : « chat .. chien ... cheval .. chat, non, je l'ai déjà dit... »

Jaytner Amélie et Lion Marie, dans leur mémoire d'orthophonie, présentent les répétitions conscientes du patient comme des répétitions intentionnelles, servant à relancer le patient dans sa propre production. (Jaytner et Lion, 2013).

C'est ce que nous avons choisi d'appeler « subvocalisations » car, selon nous, il s'agit de commentaires du patient pour lui-même uniquement. Nous les détaillerons plus loin.

Les répétitions **inconscientes** : celles-ci seront signalées par l'orthophoniste durant le test et donc comptabilisées par le logiciel. Cependant, si l'orthophoniste le souhaite, elle peut également les reporter ici, comparativement aux autres types de répétitions.

→ **les persévérations** : il s'agit de la répétition d'un même mot qui est d'abord produit de façon adéquate mais qui réapparaît ensuite de façon inappropriée. On parle de persévérations dès lors que le sujet répète une même production au moins trois fois et que cette répétition est inconsciente.

Exemple : « chat .. chien ... cheval ... chat ... oiseau ... chat ... poisson ... tortue ... chat ... »

→ **les intrusions** : on parle d'intrusion lorsque le mot proposé ne respecte pas la consigne. Il s'agit soit d'un mot qui n'est pas français, qui appartient à la même famille que d'autres mots précédemment produits, soit qui ne respecte pas la consigne (commençant par une autre lettre, ne faisant pas partie de la catégorie sémantique demandée, mot de la même famille, ou encore nom propre).

Exemple : « pissenlit » pour l'ELF R.

- **Les paraphasies et déviations orales :**

→ les paraphasies caractérisent les productions anormales du langage oral. On distingue les paraphasies:

Phonétiques : (ou déviations phonétiques) Elles correspondent à la modification d'un mot par déformation phonétique d'un ou plusieurs phonèmes. L'atteinte est ici articulaire.

Exemple: /crato/ pour « crapaud », /guétar/ pour « guépard ». Ici, le /p/ est systématiquement déformé en /t/.

Phonémiques : La transformation du mot cible est liée à des phénomènes de substitutions, omissions, adjonctions, inversions, déplacements de ses phonèmes constitutifs. Ces déformations peuvent être isolées ou associées au sein d'un même mot.

Exemple:

- de déformations isolées: /chomo/ pour « chameau » (substitution), /famboiz/ pour « framboise » (omission), /vrwatur/ pour « voiture » (adjonction), /ratru/ pour « rature » (inversion), ou encore /vendedri/ pour « vendredi » (déplacement)

- d'une association de déformations: /restoron/ pour « restaurant (adjonction + substitution).

Formelles : Le mot cible est ici substitué par un mot du lexique partageant des phonèmes communs. Nous sommes conscientes que l'orthophoniste ne pourra pas savoir d'elle-même que le patient avait pour intention de dire tel autre mot, toutefois elle peut émettre des hypothèses ou encore être aiguillée par le patient.

Exemple: « toiture » donné pour « voiture »

Sémantiques : Ici, le mot cible est remplacé par un autre mot du lexique sémantiquement proche. Comme nous l'avons dit précédemment, l'orthophoniste ne pourra être absolument sûre du mot que le patient voulait dire à l'origine, même s'il existe un lien de sens entre les deux mots.

Exemple : « éruption » sera donné pour « volcan »

Etranges : Elles sont surtout décrites dans le cas d'aphasies thalamiques et correspondent à une production aberrante en situation d'évocation.

Exemple : le patient dira « le tiroir à trois branches » pour parler d'une commode.

Nous n'avons volontairement pas intégré les paraphasies verbales à la liste des paraphasies observables au cours de l'épreuve. En effet, ces dernières correspondent au remplacement du mot cible par un autre mot du lexique sans lien sémantique visible. De fait, nous n'avons pas vraiment de prise pour juger de ce type de déformation au cours des épreuves.

→ les néologismes : il s'agit de déformations sévères au sein du mot cible qui aboutissent à la production d'un mot n'appartenant pas au lexique et n'ayant pas de lien apparent avec le mot cible.

Exemple: les mots produits seront du type /évanjié/ pour « éléphant » par exemple, ou encore /foulion/ pour « fraise ».

- **Les énoncés modalisateurs :**

Le patient émet des commentaires soit sur la tâche d'évocation soit sur la réponse produite. Il peut s'agir d'une évaluation implicite ou explicite de la production. Nous considérons que la modalisation devrait être étudiée comme une partie importante du discours du locuteur. Ces énoncés devraient être intégrés au bilan et faire l'objet d'un travail rééducatif spécifique. Rechercher ces modalisations constitue, à notre sens, une étape importante dans l'analyse qualitative car elles renseignent sur la prise de conscience du patient sur son trouble et les erreurs qu'il produit.

Nous avons distingué deux types de modalisations :

→ Modalisations sur la tâche : Ces modalisations renseignent sur la tâche. Le locuteur peut émettre un aveu d'impuissance (ex: « je le sais mais j'arrive pas à le dire ») ou commenter l'épreuve elle-même (ex : « c'est pas facile »). Ces modalisations sont importantes à repérer car elles renseignent sur la prise de conscience du trouble par le patient.

→ Modalisations sur la production : Ces modalisations concernent la réponse produite. Le patient peut être satisfait ou non (ex : « pas une carotte » pour « orange »), juger sa recherche en cours (ex : « pas tout à fait un abricot » pour « pêche »), poser des questions à l'examineur (ex : « une orange, c'est bien un fruit? »), effectuer des commentaires sur le mot énoncé (ex: « cerise, j'en ai acheté ce matin »). Par ailleurs, nous avons compté comme modalisation tout doute de répétition concernant un mot qui n'a pourtant pas été donné par le patient.

Ces modalisations renseignent sur les possibilités du patient d'identifier ses erreurs, et éventuellement de les corriger.

- **Les stratégies palliatives :**

Selon Kioua (1998), le besoin du patient de recourir à des stratégies qui lui sont propres peut évoluer au fur et à mesure de la récupération du trouble. L'auteur précise que l'usage de stratégies de compensation demande au patient davantage de temps et un effort cognitif important.

→ les subvocalisations : on parle de subvocalisations lorsque le patient parle pour lui-même. Il peut se rappeler la consigne ou bien fournir consciemment un (ou plusieurs) mot(s) déjà énoncés comme pour relancer de nouvelles productions. Ce deuxième point correspond aux « répétitions conscientes » présentées par Jaytner A et Lion M, dans leur mémoire d'orthophonie (2012).

→ les circonlocutions : elles permettent au patient d'indiquer ses connaissances sur le mot-cible ou son référent. Elles peuvent être de deux sortes :

Référentielles reposent sur les connaissances référentielles que le patient détient sur le mot-cible, ou sur l'expérience personnelle qu'il entretient avec le référent. Le patient dira par exemple: « c'est un fruit rouge avec une queue, on peut les mettre sur les oreilles » pour « cerise ».

Linguistiques: si le patient utilise des propriétés formelles phonologiques ou graphémiques, contextuelles ou constructionnelles. Le sujet saura préciser que « ça commence par un « p » » en parlant de la pomme, par exemple.

→ l'utilisation de gestes : Le sujet utilise des gestes pour pallier son manque du mot. Ces gestes peuvent être des gestes d'utilisation (le patient mimera alors l'action correspondante au mot qu'il veut évoquer) ou des gestes de désignation (le sujet montre alors l'objet correspondant au mot qu'il veut évoquer).

→ les conduites d'approche : Elles correspondent à des essais successifs afin d'approcher le plus possible le mot-cible et de le produire (celui-ci pourra être produit ou non). Ces approches peuvent être phonologiques (le patient cherche le ou les premiers phonèmes du mot par essais successifs), graphémiques (épellation, écriture du mot,...), combinatoires (le patient cherche une expression contenant le mot-cible), flexionnelles (le patient essaie d'initier la production en élaborant un syntagme pouvant donner des indices implicites sur la fonction, le genre... du mot, avec des procédés du type « c'est une... »), ou sémantiques (en procédant par éliminations successives de mots sémantiquement proches, à l'aide de données culturelles (au sens large) du locuteur, ou encore des productions d'onomatopées).

## ANNEXE 6 : PROTOCOLE DE PASSATION

**Conditions de passation :** Les plus silencieuses possibles (éteindre la climatisation, éviter toute activité vocale pendant l'enregistrement).

**Matériel :** (pour chaque épreuve)

- Un ordinateur /Une tablette
- Le Logiciel
- Micro-casque.

**Installation du patient :** Assis, face à l'orthophoniste ou à côté d'elle.

**Déroulement :**

### **1. Installer le matériel :**

Branchez le micro à l'ordinateur. Positionnez le casque au niveau du menton du patient de sorte que le micro puisse être au plus près afin d'enregistrer les réponses.

### **2. Ouvrir le logiciel et accéder à a page d'accueil :**

**Cliquez** sur CONFIGURER afin de sélectionner les touches de votre clavier que vous souhaitez utiliser pendant la passation du test.

Les touches O et N sont définies par défaut.

O signifie que le sujet a fourni une bonne réponse.

N signifie que le sujet a fourni une mauvaise réponse.

**Cliquez** ensuite sur DEBUTER. Une page s'affiche et propose de CHOISIR UN PATIENT.

#### **a. Données sur le patient :**

**Cliquez** sur le menu déroulant pour choisir un « nouveau patient » puis **cliquez** sur VALIDER.

Une nouvelle page s'ouvre.

**Remplissez** alors le fichier de présentation du patient : prénom, nom, date de naissance, sexe, niveau socioculturel, puis **cliquez** sur ENREGISTRER.

OU **sélectionnez** un patient déjà enregistré. Puis **cliquez** sur VALIDER.

*A noter que sur le haut de la page, un témoin vous signale que le micro fonctionne afin de pouvoir commencer l'épreuve*

#### **b. Identifiant et choix du test**

Une nouvelle page apparaît : CHOISISSEZ UN TEST,

**Sélectionnez** ensuite le test que vous allez faire passer : ANIMAUX / FRUITS / LETTRE R/ LETTRE V, puis **cliquez** sur CHOISIR

Une autre page s'affiche, avec un RECAPITULATIF sur le patient (nom, prénom), le test choisi et l'identifiant du patient. Il s'agit d'un identifiant par défaut utilisé pour l'enregistrement des divers fichiers.

**Notez** cet identifiant précautionneusement, avant de **cliquez** sur VALIDER

**c. Page d'enregistrement :**

**Donnez** la consigne à votre patient. Les consignes doivent être **répétées autant de fois que nécessaire** avant le début de l'épreuve.

Les consignes sont déclinées ci-dessous :

Evocation Lexicale sémantique		Evocation Lexicale Formelle	
Animaux	Fruits	Lettre R	Lettre V
« Vous allez devoir me dire le plus de noms français que vous connaissez dans la catégorie que je vais vous donner sans noms de la même famille et sans répétitions. Vous aurez 2 minutes pour le faire et je vous arrêterai à la fin du temps imparti. Par exemple, pour la catégorie des fleurs, vous pouvez me dire: rose, dahlia, violette. Avez-vous bien compris? » Lorsque vous êtes sûr que le sujet a bien compris, dites-lui : «dites-moi le plus de noms d'animaux que vous connaissez ».	« Vous allez devoir me dire le plus de noms français que vous connaissez dans la catégorie que je vais vous donner sans noms de la même famille et sans répétitions. Vous aurez 2 minutes pour le faire et je vous arrêterai à la fin du temps imparti. Par exemple, pour la catégorie des fleurs, vous pouvez me dire: rose, dahlia, violette. Avez-vous bien compris? » Lorsque vous êtes sûr que le sujet a bien compris, dites-lui : «dites-moi le plus de noms de fruits que vous connaissez ».	« Vous allez devoir me dire le plus de mots français possible, soit des noms, soit des verbes, soit des adjectifs... commençant par la lettre que je vais vous donner et ceci en 2 minutes. Ne dites pas de mots de la même famille, de noms propres et ne vous répétez pas. Par exemple, avec la lettre L, vous pouvez me dire: lune, laver, laborieuse. Avez-vous bien compris? » Lorsque vous êtes sûr que le sujet a bien compris, dites-lui: « dites-moi le plus de mots français possible commençant par la lettre R ».	« Vous allez devoir me dire le plus de mots français possible, soit des noms, soit des verbes, soit des adjectifs... commençant par la lettre que je vais vous donner et ceci en 2 minutes. Ne dites pas de mots de la même famille, de noms propres et ne vous répétez pas. Par exemple, avec la lettre L, vous pouvez me dire: lune, laver, laborieuse. Avez-vous bien compris? » Lorsque vous êtes sûr que le sujet a bien compris, dites-lui: « dites-moi le plus de mots français possible commençant par la lettre V ».

**Cliquez** sur DEBUTER dès que vous vous êtes assuré que le patient a bien compris la consigne.

Sur cette page, deux symboles indiquent en temps réel lorsque vous cliquez sur « bonne » ou « mauvaise » réponse. Le symbole rouge indiquant les mauvaises réponses et le vert indiquant les bonnes réponses.

Sur ces mêmes symboles apparaissent les lettres sur lesquelles vous cliquez réellement sur votre clavier et que vous avez précédemment configurées (ou qui sont établies par défaut).

A FAIRE PENDANT L'ÉPREUVE :

- si **bonne réponse** (= mot respectant la consigne, même si le mot n'est pas bien prononcé, si le mot est reconnu) : **appuyer sur la touche O** du clavier (ou celle que vous aurez définie)

→ Sont acceptés comme bonnes réponses :

- les mots au pluriel
- les items précédés d'un déterminant (comptent pour une bonne réponse)

- si **erreur** (= non respect de la consigne = répétition, mot étranger, mot de même famille ayant un morphème commun, noms propres) : **appuyer sur la touche N** du clavier (ou celle que vous aurez définie)

→ Sont acceptées comme erreurs :

- répétition **inconsciente**: Si la personne n'a pas conscience de se répéter, compter comme un non respect de la consigne
- hyperonyme puis déclinaison des hyponymes : l'hyperonyme sera comptabilisé comme une erreur
- mots de même famille

*Exemple de mots de même famille ayant un morphème commun :*

Evocation Lexicale sémantique		Evocation Lexicale Formelle	
Animaux	Fruits	Lettre R	Lettre V
« chat, chaton »,	« prune, pruneau »,	« recueil, recueillir »	« voile, véliplanchiste »

*Chacun de ces exemples compte donc pour 1 bonne réponse et 1 erreur.*

- si **activité vocale** ne donnant pas de données de réponse : **ne rien faire**

→ *Activité vocale : modalisations par exemple*

→ **Attention** : en cas de répétition consciente OU de doute de répétition :

*Si la personne dit qu'il s'agit d'une répétition, ou bien « je crois que je l'ai déjà dit » alors ne pas compter le mot : **ne rien faire**.*

*Exemple : « chat, je l'ai déjà dit... » : **Ne rien faire**. Ne pas comptabiliser cette répétition (ne pas cliquer sur bonne ou mauvaise réponse). Le logiciel enregistrera une activité vocale, qui n'est ni une bonne ni une mauvaise réponse.*

*A noter qu'un décompte du temps se fait au milieu de la fenêtre.*

A la fin des 2 minutes, l'enregistrement s'arrête automatiquement. Trois fichiers sont automatiquement générés : l'enregistrement audio, le fichier renseignement et un fichier réponse (correspondant aux clics effectués pendant l'épreuve). **Sauvegardez** ces deux fichiers ils seront nécessaires pour les résultats

## ANNEXE 7 : PROTOCOLE D'ACCES AUX RESULTATS

Vous venez de faire passer le test, ou l'avez déjà fait passer précédemment ? Voici comment procéder pour accéder aux résultats.

### **1. Chargez les résultats : deux cas de figures :**

#### **a. Vous venez de faire passer le test :**

Vous vous trouvez sur la page indiquant que le test est terminé. Trois choix vous sont proposés :: NOUVEAU TEST / RESULTATS / ACCUEIL. **Choisissez** RESULTATS.

Vous allez maintenant devoir charger le fichier correspondant à votre patient. Celui-ci se compose de 3 sous-fichiers: le fichier renseignements (qui est automatiquement anonymisé), le fichier son, et le fichier réponses.

Le fichier que vous allez devoir charger est composé comme suit :

*identifiant\_annéemois\_testutilisé.ortho*

**Sélectionnez** celui qui vous intéresse.

Les résultats se chargent et une nouvelle page s'ouvre.

#### **b. Vous avez fait passer le test précédemment et êtes revenus sur la page d'accueil :**

Vous vous trouvez sur la page d'accueil. Deux choix vous sont proposés : NOUVEAU / RESULTATS. **Choisissez** RESULTATS

Vous allez maintenant devoir charger le fichier correspondant à votre patient. Celui-ci se compose de trois sous-fichiers: le fichier renseignements (qui est automatiquement anonymisé), le fichier son, et le fichier réponses.

Le fichier que vous allez devoir charger es composé comme suit :

*identifiant\_annéemois\_testutilisé.ortho*

**Sélectionnez** celui qui vous intéresse.

Les résultats se chargent et une nouvelle page s'ouvre.

### **2. Procéder à la vérification :**

Sur cette nouvelle page, une frise affiche les productions de votre patient. Cette étape est importante car elle détermine la qualité de l'analyse qui suivra.

Les carrés verts indiquent que le mot qui suit est une bonne réponse.

Les carrés rouges indiquent que le mot qui suit est une mauvaise réponse.

Les carrés gris symbolisent une activité vocale enregistrée qui ne compte ni comme bonne réponse ni comme erreur.

Les mots en face d'un carré encadré en orange représentent un désaccord entre votre jugement et le logiciel : vous devez réécouter et modifier puis valider, sans quoi vous ne pourrez valider la page.

Les mots écrits en rouge signifient qu'il s'agit d'une répétition.

Vous pouvez sur cette page :

- réécouter chaque production mais également l'ensemble de l'épreuve : en cliquant sur « play » pour réécouter l'ensemble de l'épreuve ou en cliquant sur le carré en face de la production pour ne réécouter que cette production ;
- vérifier les mots identifiés par la reconnaissance vocale ;
- ajouter une production : en faisant un clic droit et en cliquant sur « ajouter », vous pourrez choisir un mot proposé par la reconnaissance vocale ou bien écrire une production ;
- modifier une bonne réponse en mauvaise et vice versa : en faisant un clic droit et en cliquant sur « modifier » ;
- supprimer une production : en faisant un clic droit et en cliquant sur « supprimer ».
- constater des incohérences entre ce que vous avez signalé et ce que vous indique le logiciel. Vous pouvez également les corriger en conséquence. Un désaccord entre vous et le logiciel est symbolisé par un carré encadré en face de la production.

Une fois que vous êtes sûr des données entrées, **cliquez** sur VALIDER.

### **3. RESULTATS :**

Vous accédez ensuite à la présentation des résultats. Vous pouvez alors voir :

- les résultats quantitatifs, selon l'étalonnage de D. Cardebat ;
- les résultats qualitatifs en termes de fréquence, latence, de regroupements et commutations mais aussi de processus cognitifs mis en jeu ;
- le profil récapitulatif vous permettant d'avoir une vision globale de la performance du sujet.

Vous pouvez également naviguer entre ces différents onglets.

## ANNEXE 8 : POPULATION INCLUSE DANS NOTRE ETUDE

### Sujets :

Ages	[30-35]	[35-40]	[40-45]	[45-50]	[50-55]	[55-60]	[60-65]	[65-70]	[70-75]	[75-80]	[80-85]
Hommes	2	3	1	1	1	3	3	1	1	1	1
Femmes	4	3	3	3	4	4	1	2	1	1	1

NSC : supérieur à la 3ème pour l'ensemble des sujets.

Âges : pas de restriction, de 30 à 45 ans par tranche de 5 ans. Nous avons rajouté les tranches [45-50] et [65-70] qui n'étaient pas dans l'étalonnage de D Cardebat. Pour la cotation, nous avons procédé comme nous aurions été amenés à le faire en situation de test classique à l'aide de cet étalonnage: nous nous sommes référées à la tranche d'âge la plus proche (par exemple pour un patient de 47 ans, nous avons utilisé l'étalonnage correspondant à un sujet de 45 ans)

### Patients :

- Femme 49 ans, [45-50], NSC supérieur à la 3ème.

Présente des troubles mnésiques suite à un AVC en juillet 2013.

- Homme 47 ans [45-50], NSC inférieur à la 3ème.

Présente une aphasie mixte (légers troubles de la compréhension, manque du mot, paraphasies, paralexies, persévérations, troubles de l'écriture) suite à un AVC ancien d'une ischémie corticale étendue à la région sylvienne gauche survenu en juin 2013.

- Homme 67 ans [65-70], NSC supérieur à la 3ème.

Présente des séquelles arthriques et phasiques (manque du mot, paraphasies phonémiques) suite à un AVC ischémique massif dans le territoire sylvien superficiel gauche en janvier 2014.

- Homme 71 ans, [70-75], NSC supérieur à la 3ème.

Présente une Aphasie Primaire Progressive non déterminée à ce jour.

- Homme 85 ans, [80-85], NSC supérieur à la 3ème.

Présente des troubles mnésiques et d'orientation spatio-temporelle suite à un AVC en septembre 2014.

## ANNEXE 9 : FICHER DE CODAGE TEMPOREL DES REPONSES

2.093 OK  
3.257 OK  
4.647 OK  
5.85 OK  
7.669 OK  
9.269 OK  
10.794OK  
12.605OK  
14.489OK  
16.924OK  
18.487OK  
20.3 OK  
21.412OK  
26.402OK  
27.46 OK  
28.799OK  
33.133OK  
36.186OK  
42.065OK  
42.933OK  
44.163OK  
47.516KO  
52.485OK  
54.714OK  
55.402OK  
56.233OK  
62.815OK  
70.351OK  
71.533OK  
76.037OK  
77.932OK  
78.752OK  
79.933OK  
81.5 OK  
82.691OK  
86.469OK  
93.964OK  
98.78 OK  
102.251OK  
104.182OK  
106.356OK  
111.464OK  
112.486OK  
118.461OK  
119.176OK  
119.936OK

## ANNEXE 10 : TRANSCRIPTIONS MANUELLES DES PRODUCTIONS D'UN SUJET

### SAIN

zèbre  
lion  
gazelle  
panthère  
puma  
chien  
chat  
zébu  
lama  
pigeon  
rossignol  
merle  
corbeau  
busard  
aigle  
vautour  
mésange  
pic-vert  
cochon  
cheval  
vache  
génisse  
poule  
dinde  
oie  
pintade  
éléphant  
écureuil  
marmotte  
ours  
loup  
renard  
rat  
souris  
mulot  
musaraigne  
araignée  
girafe  
bison  
buffle  
chameau  
dromadaire  
élan  
cerf  
biche  
daim

## ANNEXE 11 : ANALYSES DE LA RECONNAISSANCE VOCALE

### Sujets sains :

<b>ELS ANIMAUX</b>	<b>Pourcentage moyen de mots détectés par la reconnaissance vocale</b>	<b>Pourcentage moyen de mots correctement identifiés par la reconnaissance vocale</b>	<b>W.E.R.</b>
Femmes	129 %	32 %	0,68
Hommes	132 %	34 %	0,66

<b>ELS FRUITS</b>	<b>Pourcentage moyen de mots détectés par la reconnaissance vocale</b>	<b>Pourcentage moyen de mots correctement identifiés par la reconnaissance vocale</b>	<b>W.E.R.</b>
Femmes	106 %	24 %	0,76
Hommes	108 %	36 %	0,64

<b>ELF lettre R</b>	<b>Pourcentage moyen de mots détectés par la reconnaissance vocale</b>	<b>Pourcentage moyen de mots correctement identifiés par la reconnaissance vocale</b>	<b>W.E.R.</b>
Femmes	118 %	25 %	0,75
Hommes	105 %	20 %	0,80

<b>ELF lettre V</b>	<b>Pourcentage moyen de mots détectés par la reconnaissance vocale</b>	<b>Pourcentage moyen de mots correctement identifiés par la reconnaissance vocale</b>	<b>W.E.R.</b>
Femmes	145 %	31 %	0,69
Hommes	138 %	36 %	0,64

### Patients :

	<b>Pourcentage de mots détectés par la reconnaissance vocale</b>	<b>Pourcentage de mots correctement identifiés par la reconnaissance vocale</b>	<b>W.E.R.</b>
<b>ELS ANIMAUX</b>	178 %	53 %	0,47
<b>ELS FRUITS</b>	133 %	60 %	0,4
<b>ELF lettre R</b>	non fourni	non fourni	non fourni
<b>ELF lettre V</b>	non fourni	non fourni	non fourni
<b>Moyenne</b>	156 %	56 %	0,44

## **ANNEXE 12 : ANALYSES MANUELLES : RESULTATS QUANTITATIFS**

- Nombre total de bonnes réponses : 45 bonnes réponses soit 98 % de bonnes réponses.
- Nombre total de répétitions : 0 soit 0 % de répétitions.
- Nombre d'erreurs : 1 soit 2 % d'erreurs.
- Score selon la norme de Dominique Cardebat :  $(45-31.85 / 6.93) = + 1.90$  ET

**ANNEXE 13 : ANALYSES MANUELLES : RESULTATS QUALITATIFS  
(FREQUENCE ET LATENCE)**

**Fréquence et latence :**

	Fréquence	Latence entre chaque mot
zèbre	3,8	2,093
lion	20,86	1,164
gazelle	2,39	1,39
panthère	2,08	1,203
puma	1,34	1,819
chien	223,53	1,6
chat	93	1,525
zébu	0,06	1,811
lama	2,13	1,884
pigeon	15,05	2,435
rossignol	2,56	1,563
merle	2,24	1,813
corbeau	5,72	1,112
busard	0,06	4,99
aigle	6,9	1,058
vautour	5,89	1,339
mésange	0,42	4,334
pic-vert	0,28	3,053
cochon	31,18	5,879
cheval	129,12	0,868
vache	47,71	1,23
<b>génisse</b>	0,83	3,353
poule	36,7	4,969
dinde	9,32	2,229
oie	9,15	0,688
pintade	0,44	0,831
éléphant	15,36	6,582
écureuil	7,22	7,536
marmotte	3,15	1,182
ours	24,57	4,504
loup	30,42	1,895
renard	6,66	0,82
rat	45,6	1,181
souris	21,94	1,567
mulot	0,06	1,191
musaraigne	0,07	3,778

araignée	18,2	7,495
girafe	3,5	4,816
bison	2,65	3,471
buffle	1,79	1,931
chameau	10,99	7,282
dromadaire	0,44	1
élan	5,66	0,022
cerf	7,56	5,975
biche	5,8	0,715
daim	1,65	0,76

**En moyenne :**

Fréquence moyenne des 15 premières secondes	38,799	(fréquence moyenne)
Fréquence moyenne au-delà des 15 premières secondes	14,345	(fréquence basse)

**ANNEXE 14 : ANALYSES MANUELLES : RESULTATS QUALITATIFS :  
REGROUPEMENTS (CLUSTERS)**

production	cluster sémantique			cluster phonémique/alphabétique				cluster morphologique	
	lieu de vie	famille	usage humain	lettre initiale	phonème initial	phonème final	pseudo homophone		
zèbre	savane								
lion									
gazelle									
panthère									
puma		félin		p	pp				
chien	maison		domestique	c	ch				
chat									
zébu									
lama									
pigeon		oiseau							
rossignol									
merle									
corbeau									
busard									
aigle									
vautour									
mésange	campagne								
pic vert									
cochon									
cheval									
vache									
génisse									
poule									
dinde									
oie									
pintade									
éléphant				e	ei				
écureuil		rongeur							
marmotte		r							
ours	forêt								
loup		canidé	fouurrure						

renard	campagne								
rat									
souris									
mulot									
musaraigne									
araignée									
girafe									
bison		bovidé		b	bb				
buffle			bête de somme						
chameau	désert	caméli dé							
dromadaire									
élan	forêt	cervidé							
cerf									
biche									
daim									

## **ANNEXE 15 : ANALYSES MANUELLES : RESULTATS QUALITATIFS (PROCESSUS COGNITIFS)**

- **Connaissances lexico- sémantiques et lexique phonologique :**

- Selon les mots regroupés : 91.3% de mots produits ont été regroupés.
- La majorité des mots regroupés sont liés par le sens : utilisation d'une stratégie sémantique.
  - 41 mots sémantiquement regroupés et 8 mots formellement regroupés
  - nombre de regroupements dans chaque regroupement type de clusters : 13 regroupements sémantiques et 4 regroupements formels
  - soit 89% de mots sémantiquement regroupés et 17 % de mots formellement regroupés.

- **Connaissances grammaticales :**

Ne concerne pas cette épreuve.

- **Fonctions exécutives : processus stratégique de recherche et flexibilité mentale spontanée :**

- Selon le nombre de regroupements : 14 regroupements pour 46 mots.
- Selon le nombre de commutations : 6 commutations hors regroupements pour 46 mots.
- Le sujet regroupe plus qu'il ne commute.

### Résumé :

Le test de fluence verbale présente un intérêt majeur dans l'évaluation des pathologies neurologiques notamment celui de fournir une multitude d'informations en un temps très court. Toutefois, il nécessite de la part de l'orthophoniste une transcription rigoureuse des productions du sujet. C'est dans la perspective d'offrir un gain de temps et d'énergie aux orthophonistes mais aussi de les guider vers des analyses plus fines que nous avons souhaité évaluer la faisabilité d'un logiciel de reconnaissance vocale adapté à des tâches d'évocations lexicales sémantiques et formelles. Dans cette optique, nous avons conçu EvoLex avec une équipe de chercheurs en informatique de l'IRIT, visant à simplifier la passation des tests, grâce à la reconnaissance vocale, et à apporter des analyses automatisées. Nous proposons aujourd'hui une version bêta du logiciel qui enregistre, transcrit les productions à partir de lexique restreint, et fournit des analyses quantitatives et qualitatives supplémentaires. Celles-ci se basent sur les processus cognitifs mis en jeu lors de ces tâches. Notre étude a consisté en l'évaluation de l'efficacité de la reconnaissance vocale, de la présence et de la véracité des analyses souhaitées (en comparaison à nos analyses manuelles). L'outil que nous proposons aujourd'hui constitue une preuve de concept témoignant de la faisabilité technologique d'un tel outil et permettant notamment de poursuivre par une étude de faisabilité écologique.

Mots clés : Faisabilité - Logiciel - Reconnaissance vocale - Evaluation - Evocation lexicale – Regroupements - Commutations

---

### Abstract:

The verbal fluency test is of major interest in the evaluation of neurological disease including that of providing a wealth of information in a very short time. However, it requires from the Speech and Language Therapist (SLT) a rigorous transcription of the subject products. In order to save time and energy of SLT but also to guide them to more detailed analysis, we wanted to assess the feasibility of voice recognition software adapted to semantic and formal lexical evocation tasks. In this regard, we designed EvoLex, with a team of computer scientists at IRIT (Toulouse University of Science), aimed at simplifying the administration of tests through voice recognition, and to provide automated analysis. We offer today a beta version of the software that records, transcribes productions from small lexicon, and provides additional quantitative and qualitative analysis. These are based on the cognitive processes involved in these tasks. Our study consisted of the evaluation of the effectiveness of speech recognition, the presence and the veracity of the desired analysis (compared to our manual analysis). The tool we propose today is a proof of concept demonstrating the feasibility of such a tool and allowing now to continue with a feasibility study in real situations.

Key-words : Feasibility – Software -Voice recognition - Evaluation - Lexical evocation - Clustering – Switching