



UNIVERSITE DE MONTPELLIER
FACULTE DE MEDECINE
DEPARTEMENT UNIVERSITAIRE D'ORTHOPHONIE

**Processus exécutifs verbaux au cours du
vieillessement non pathologique : une épreuve
de fluences verbales alternées.**

Mémoire présenté en vue de l'obtention du
Certificat de Capacité d'Orthophoniste
par :

Sandrine CHRISTOPHE & Alexandra VILA DRULES

Mémoire dirigé par : Mme Christine REMOND BESUCHET, orthophoniste, chargée d'enseignement au DUO de Montpellier.

Présidente du jury : Mme Claire CADILHAC, directrice pédagogique du DUO de Montpellier, orthophoniste, maître de conférences Montpellier I

Assesseur : Mme Sylvie MORITZ-GASSER, directrice pédagogique du DUO de Montpellier, orthophoniste, maître de conférences Montpellier I

Soutenance Juin 2016



UNIVERSITE DE MONTPELLIER

FACULTE DE MEDECINE

DEPARTEMENT UNIVERSITAIRE D'ORTHOPHONIE

**Processus exécutifs verbaux au cours du
vieillessement non pathologique : une épreuve
de fluences verbales alternées.**

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

Sandrine CHRISTOPHE & Alexandra VILA-DRULES

Mémoire dirigé par : Mme Christine REMOND-BESUCHET, orthophoniste, chargée d'enseignement au DUO de Montpellier.

Présidente du jury : Mme Claire CADILHAC, directrice pédagogique du DUO de Montpellier, orthophoniste, maître de conférences à Montpellier I

Assesseur : Mme Sylvie MORITZ-GASSER, directrice pédagogique du DUO de Montpellier, orthophoniste, maître de conférences à Montpellier I

Soutenance Juin 2016

À Pierre-Alain, Auréliane, Héliassène, Maximilien et Danaé,

À Gilles et Nina,

REMERCIEMENTS

A Christine Rémond Bésuchet, directrice de mémoire, pour la qualité de son encadrement, sa disponibilité, son écoute et son soutien le long de ces deux années de travail.

A Céline Sauvezon, maître de conférences des Universités et membre du laboratoire Epsilon, EA 4556 *Dynamique des capacités humaines et des conduites de santé*, pour son aide précieuse au moment du traitement des données. Son engagement à nos côtés et ses conseils judicieux ont permis de surmonter bien des difficultés, et de dissiper de nombreuses craintes.

A Claire Cadilhac, directrice pédagogique du Département Universitaire d'Orthophonie de Montpellier 1, pour avoir accepté de présider notre jury de soutenance, et pour ses encouragements et ses remarques avisées tout au long de notre travail.

A Sylvie Moritz-Gasser, directrice pédagogique du Département Universitaire d'Orthophonie de Montpellier 1, pour avoir accepté de prendre part au jury de soutenance.

A Sophie Delgay-Felip, orthophoniste, pour son soutien et ses conseils. Nous la remercions de l'intérêt porté à notre travail en participant à notre jury de lecture.

A Sophie Bayard, maître de Conférences en psychologie à Montpellier 3 et membre du laboratoire Epsilon EA 4556, pour sa participation au jury de lecture.

A Elise, Becky et Ambrose, pour leurs avis éclairés en anglais.

A nos parents et amis, pour leur soutien et leur aide sans faille pour le recrutement des participants à l'étude.

A l'ensemble des sujets rencontrés qui ont accepté de participer à l'étude. Merci pour les moments partagés, souvent dans la bonne humeur, qui nous ont transmis une vision très positive et sereine du vieillissement.

A nos proches enfin, conjoints et enfants, qui pendant ces quatre années ont supporté notre manque de disponibilité, et ont recueilli nos espoirs et nos doutes avec beaucoup de patience, d'amour et d'humour aussi. Nous les remercions chaleureusement pour leur soutien inconditionnel et nous leur dédions ce travail, car sans eux rien n'aurait été possible.

SOMMAIRE

REMERCIEMENTS	2
SOMMAIRE	3
TABLE DES ILLUSTRATIONS	9
INTRODUCTION	12
PARTIE THEORIQUE	14
1. Vieillessement cognitif et langage	15
1.1. Le vieillissement non pathologique	15
1.1.1. Définition : le vieillissement	15
1.1.2. Les modifications cérébrales liées à l'âge	16
1.1.2.1. Aspects morphologiques.....	16
1.1.2.2. Aspects biochimiques	17
1.1.2.3. Aspects fonctionnels.....	18
1.2. Evolution du langage au cours du vieillissement non pathologique	19
1.2.1. Lexique mental et réseaux sémantiques	20
1.2.2. Les modèles de production de la parole	21
1.2.3. Evolution des productions lexicales et paradigmes expérimentaux	22
1.2.3.1. Les tests de vocabulaire	22
1.2.3.2. Les tâches de fluences verbales	23
1.2.3.3. Les épreuves de dénomination à partir d'images	23
1.2.3.4. Les études sur le phénomène du Mot sur le Bout de la Langue	24
2. Fonctions exécutives et vieillissement non pathologique	28
2.1. Les fonctions exécutives	28
2.1.1. Définition et critères.....	28
2.1.2. Localisation anatomique et troubles exécutifs	29
2.1.3. Modèles théoriques	30
2.1.3.1. Modèle unitaire de Norman et Shallice (1980).....	31

2.1.3.2. Vers le fractionnement des fonctions exécutives.....	31
2.1.3.2.1.Travaux de Burgess et Shallice (1991)	31
2.1.3.2.2.Modèle de la mémoire de travail de Baddeley (1996)	32
2.1.3.2.3.Travaux de Miyake et al., (2000).....	33
2.1.4. Les ressources attentionnelles : Van Zomeren et Brouwer (1994).....	34
2.1.5. Fonctions exécutives, attention et mémoire de travail	34
2.1.6. Les composantes des fonctions exécutives	35
2.1.6.1. Les différents processus exécutifs	35
2.1.6.2. L'inhibition	35
2.1.6.2.1. Définition.....	35
2.1.6.2.2. Inhibition, attention sélective et mémoire de travail	36
2.1.6.2.3. Les différents processus inhibiteurs	36
2.1.6.2.4. Evaluation de l'inhibition	37
2.1.6.3. La flexibilité mentale	38
2.1.6.3.1. Définition.....	38
2.1.6.3.2. Flexibilité réactive et flexibilité spontanée	38
2.1.6.3.3. Évaluation de la flexibilité	39
2.2. Fonctionnement exécutif au cours du vieillissement non pathologique	39
2.2.1. Déclin et hétérogénéité des performances.....	39
2.2.1.1. Les capacités d'inhibition.....	40
2.2.1.2. Les capacités de flexibilité	41
2.2.2. Vers une compréhension des déficits : rôle des ressources de traitement?	42
2.2.2.1. La mémoire de travail.....	43
2.2.2.2. La vitesse de traitement	44
2.2.2.3. Les capacités attentionnelles.....	45
2.2.3. Réorganisation cérébrale et déficits exécutifs : phénomènes de compensation ou de dédiﬀérentiation ?	46
3. Les fluences verbales	48

3.1. Définition des fluences.....	48
3.2. Les différents types de fluences.....	48
3.2.1. Les fluences catégorielles ou sémantiques.....	48
3.2.2. Les fluences littérales ou formelles.....	49
3.2.3. Fluences d'actions.....	50
3.2.4. Les fluences alternées.....	50
3.3. Analyse des fluences verbales	52
3.3.1. Analyse quantitative.....	52
3.3.2. Analyse dynamique.....	53
3.3.3. Analyse qualitative.....	53
3.3.3.1. Les différentes stratégies cognitives	53
3.3.3.1.1. « Clustering » et « Switching ».....	53
3.3.3.1.2. Les connexions stratégiques	54
3.3.3.1.3. Autres stratégies lexicales	54
3.3.3.2. La production d'erreurs	55
3.4. Variables influençant les performances en fluences verbales	56
3.4.1. Effet du niveau éducatif initial	56
3.4.2. Effet de l'âge	57
3.5. Rôle des fonctions exécutives dans les fluences verbales	58
4. Conclusion et problématique.....	60
PARTIE EXPERIMENTALE.....	61
1. Hypothèse de recherche	62
2. Dispositif méthodologique	62
2.1. Population d'étude	62
2.1.1. Critères d'inclusion.....	62
2.1.2. Critères d'exclusion	63
2.1.3. Répartition de la population	63
2.2. Matériel	63

2.2.1.	Pré-tests cognitifs d'inclusion	63
2.2.2.	Protocole de fluences alternées	65
2.3.	Procédure de passation	66
2.4.	Cotation choisie pour l'analyse des fluences	67
2.5.	Outils statistiques	67
3.	Présentation et analyse des résultats.....	68
3.1.	Description de la population.....	68
3.1.1.	Recrutement des participants	68
3.1.2.	Répartition des effectifs	68
3.2.	Préalables au choix des tests statistiques	69
3.2.1.	Ajustement de la distribution des fréquences de l'échantillon.....	69
3.2.2.	Normalité de la distribution des données et égalité des variances	69
3.3.	Effets des variables indépendantes « âge » et « niveau éducatif ».....	70
3.3.1.	Effets des variables sur la population totale.....	70
3.3.1.1.	Effet de l'âge sur les performances en fluence verbale	70
3.3.1.1.1.	Fluence sémantique	71
3.3.1.1.1.1.	Analyse quantitative	71
3.3.1.1.1.2.	Analyse qualitative	71
3.3.1.1.2.	Fluences phonologiques	72
3.3.1.1.2.1.	Analyse quantitative	72
3.3.1.1.2.2.	Analyse qualitative	73
3.3.1.1.3.	Fluence d'action	75
3.3.1.1.3.1.	Analyse quantitative	75
3.3.1.1.3.2.	Analyse qualitative	75
3.3.1.1.4.	Fluences alternées	76
3.3.1.1.4.1.	Analyse quantitative	76
3.3.1.1.4.2.	Analyse qualitative	77
3.3.1.2.	Effet du niveau éducatif sur les performances en fluence verbale	79

3.3.1.2.1. Fluence sémantique	80
3.3.1.2.1.1. Analyse quantitative	80
3.3.1.2.1.2. Analyse qualitative	80
3.3.1.2.2. Fluences phonologiques	81
3.3.1.2.2.1. Analyse quantitative	81
3.3.1.2.2.2. Analyse qualitative	82
3.3.1.2.3. Fluence d'action	84
3.3.1.2.3.1. Analyse quantitative	84
3.3.1.2.3.2. Analyse qualitative	84
3.3.1.2.4. Fluences alternées	85
3.3.1.2.4.1. Analyse quantitative	85
3.3.1.2.4.2. Analyse qualitative	85
3.3.1.3. Effets de l'interaction des variables	88
3.3.1.4. Recherche des groupes distinctifs	88
3.3.2. Effets des variables dans les sous groupes d'âge	91
3.3.2.1. Effet du niveau éducatif selon les classes d'âge.....	91
3.3.2.2. Recherche des groupes distinctifs	93
3.4. Tests intra sujets.....	94
3.5. Tests de corrélations.....	96
3.5.1. Corrélations entre les fluences verbales	96
3.5.1.1. Résultats de l'échantillon	96
3.5.1.2. Corrélations par tranche d'âge	96
3.5.2. Etude de corrélations entre les fluences verbales et les tests exécutifs	97
3.5.3. Corrélations entre les fluences et les scores temps du TMT A	97
3.5.4. Corrélations entre les fluences verbales et le TMT B	98
3.5.4.1. Résultats de l'échantillon	98
3.5.4.2. Résultats par tranche d'âge	98
3.5.5. Corrélations entre les fluences verbales et le Stroop Victoria.....	99

3.5.5.1. Corrélations entre les fluences et la planche 1 du Stroop Victoria	99
3.5.5.2. Corrélations entre les fluences et la planche 3 (I) du Stroop Victoria.....	99
3.5.5.2.1. Résultats de l'échantillon	99
3.5.5.2.2. Corrélations par tranche d'âge.....	100
3.6. Sujets de plus de 90 ans (hors traitement statistique)	101
3.6.1. Résultats aux tests exécutifs.....	101
3.6.2. Résultats aux fluences verbales.....	101
DISCUSSION	104
1. Rappel des objectifs de recherche.....	105
2. Analyse et interprétation des résultats	105
3. Conclusions partielles	121
4. Limites de l'étude.....	122
5. Perspectives	124
CONCLUSION	126
BIBLIOGRAPHIE	128
ANNEXES	140
Annexe 1 : Planche A du Trail Making Test (TMT)	141
Annexe 2 : Planche B du Trail Making Test (TMT)	142
Annexe 3 : Stroop Victoria	143
Annexe 4 : Consignes et procédure de passation des fluences verbales	146
Annexe 5 : Consignes des fluences verbales : exemple de présentation au sujet	148
Annexe 6 : Tableaux et feuilles de résultats des fluences verbales	154

TABLE DES ILLUSTRATIONS

Tableau 1 : Répartition des participants par âge et par niveau éducatif initial (NEI)	68
Tableau 2 : Nombre moyen de mots dits en fluence sémantique par tranche d'âge.....	71
Tableau 3 : Nombre moyen de répétitions en fluence sémantique par tranche d'âge.....	71
Tableau 4 : Nombre moyen de clusters sémantiques en fluence sémantique par tranche d'âge.	71
Tableau 5 : Nombre moyen de clusters phonologiques en fluence sémantique par tranche d'âge.	72
Tableau 6 : Nombre moyen de switches en fluence sémantique par tranche d'âge.	72
Tableau 7 : Nombre moyen de mots produits en fluence formelle en [P] par tranche d'âge.....	72
Tableau 8 : Nombre moyen de mots produits en fluence formelle en [S] par tranche d'âge.	72
Tableau 9 : Nombre moyen de répétitions à l'épreuve de fluence formelle en [P] par tranche d'âge.....	73
Tableau 10 : Nombre moyen de répétitions à l'épreuve de fluence formelle en [S] par tranche d'âge.	73
Tableau 11 : Nombre moyen de clusters sémantiques en fluence formelle en [P] par tranche d'âge.	73
Tableau 12 : Nombre moyen de clusters sémantiques en fluence formelle en [S] par tranche d'âge.	74
Tableau 13 : Nombre moyen de clusters phonologiques en fluence formelle en [P] par tranche d'âge.....	74
Tableau 14 : Nombre moyen de clusters phonologiques en fluence formelle en [S] par tranche d'âge.	74
Tableau 15 : Nombre moyen de switches en fluence formelle en [P] par tranche d'âge.	74
Tableau 16 : Nombre moyen de switches en fluence phonologique en [S] par tranche d'âge.....	74
Tableau 17 : Nombre moyen de mots produits en fluence de verbes d'action par tranche d'âge	75
Tableau 18 : Nombre moyen de répétitions en fluence de verbes d'action par tranche d'âge	75
Tableau 19 : Nombre moyen de clusters sémantiques en fluence d'action par tranche d'âge.	75
Tableau 20 : Nombre moyen de clusters phonologiques en fluence de verbe d'action par tranche d'âge.....	76
Tableau 21 : Nombre moyen de switches en fluence de verbes d'action par tranche d'âge.....	76
Tableau 22 : Nombre moyen de mots produits en fluence alternée P/Animaux par tranche d'âge.....	76
Tableau 23 : Nombre moyen de mots produits en fluence alternée R/Vêtements par tranche d'âge	76
Tableau 24 : Nombre moyen d'erreurs en fluence alternée P/Animaux par tranche d'âge.	77
Tableau 25 : Nombre moyen d'erreurs en fluence alternée R/Vêtements par tranche d'âge.	77
Tableau 26 : Nombre moyen de répétitions en fluence alternée P/Animaux par tranche d'âge.	77
Tableau 27 : Nombre moyen de répétitions en fluence alternée R/Vêtements par tranche d'âge.	78
Tableau 28 : Nombre moyen de clusters sémantiques en fluence alternée P/Animaux par tranche d'âge.	78
Tableau 29 : Nombre moyen de clusters sémantiques en fluence alternée R/Vêtements par tranche d'âge.	78
Tableau 30 : Nombre moyen de clusters phonologiques en fluence alternée P/animaux par tranche d'âge.	78
Tableau 31 : Nombre moyen de clusters phonologiques en fluence alternée R/vêtements par tranche d'âge.	79
Tableau 32 : Nombre moyen de switches en fluence alternée P/animaux par tranche d'âge.	79
Tableau 33 : Nombre moyen de switches en fluence alternée R/vêtements par tranche d'âge.	79
Tableau 34 : Nombre moyen de mots produits en fluence sémantique par niveau éducatif	80
Tableau 35 : Nombre moyen de répétitions en fluence sémantique, par niveau éducatif.	80
Tableau 36 : Nombre moyen de clusters sémantiques en fluence sémantique par niveau éducatif.	80
Tableau 37 : Nombre moyen de clusters phonologiques en fluence sémantique, par niveau éducatif.	81

Tableau 38 : Nombre moyen de switches en fluence sémantique par niveau éducatif.....	81
Tableau 39 : Nombre moyen de mots produits en fluence formelle en [P] par niveau éducatif.	81
Tableau 40 : Nombre moyen de mots produits en fluence formelle en[S] par niveau éducatif.	81
Tableau 41 : Nombre moyen de répétitions en fluence formelle en [P] par niveau éducatif.....	82
Tableau 42 : Nombre moyen de répétitions en fluence formelle en [S] par niveau éducatif.	82
Tableau 43 : Nombre moyen de clusters sémantiques en fluence formelle en [P] par niveau éducatif.....	82
Tableau 44 : Nombre moyen de clusters sémantiques en fluence formelle en [S] par niveau éducatif.	82
Tableau 45 : Nombre moyen de clusters phonologiques en fluence formelle en [P] par niveau éducatif.	83
Tableau 46 : Nombre moyen de clusters phonologiques en fluence formelle en [S] par niveau éducatif.....	83
Tableau 47 : Nombre moyen de switches en fluence formelle en[P] par niveau éducatif.	83
Tableau 48 : Nombre moyen de switches en fluence formelle en[S] par niveau éducatif.....	83
Tableau 49 : Nombre moyen de mots produits en fluence de verbes d'action par niveau éducatif.....	84
Tableau 50 : Nombre moyen de répétitions en fluence de verbes d'action par niveau éducatif.	84
Tableau 51 : Nombre moyen de clusters sémantiques à l'épreuve de fluence d'action, par niveau éducatif.	84
Tableau 52 : Nombre moyen de clusters phonologiques en fluence de verbes d'action, par niveau éducatif.....	84
Tableau 53 : Nombre moyen de switches en fluence de verbes d'action par niveau éducatif.....	85
Tableau 54 : Nombre moyen de mots produits en fluence alternée P/Animaux, par niveau éducatif.....	85
Tableau 55 : Nombre moyen de mots produits en fluence alternée R/Vêtements, par niveau éducatif.....	85
Tableau 56 : Nombre moyen d'erreurs en fluence alternée P/Animaux, par niveau éducatif.....	85
Tableau 57 : Nombre moyen d'erreurs en fluence alternée R/Vêtements, par niveau éducatif.....	86
Tableau 58 : Nombre moyen de répétitions en fluence alternée P/Animaux, par niveau éducatif.....	86
Tableau 59 : Nombre moyen de répétitions en fluence alternée R/Vêtements, par niveau éducatif.	86
Tableau 60 : Nombre moyen de clusters sémantiques en fluence alternée P/Animaux, par niveau éducatif.....	86
Tableau 61 : Nombre moyen de clusters sémantiques en fluence alternée R/Vêtements, par niveau éducatif.	86
Tableau 62 : Nombre moyen de clusters phonologiques en fluence alternée P/Animaux par niveau éducatif.	87
Tableau 63 : Nombre moyen de clusters phonologiques en fluence alternée R/Vêtements, par niveau	87
Tableau 64 : Nombre moyen de switches en fluence alternée P/Animaux, par niveau éducatif.	87
Tableau 65 : Nombre moyen de switches en fluence alternée R/ Vêtements, par niveau éducatif.	87
Tableau 66 : Test T de comparaisons intrasujets en fluence formelle en [P] et en [S]	94
Tableau 67 : Test T de comparaisons intrasujets en fluence alternée P/animaux et R/vêtement.....	95
Tableau 68 : Corrélations entre les nombres moyens de mots dits aux épreuves de fluences dans l'échantillon	96
Tableau 69 : Corrélations entre les nombres moyens de mots dits aux en fluences et le temps au TMT A	97
Tableau 70 : Corrélations entre les nombres moyens de mots dits aux épreuves de fluences et le TMT B	98
Tableau 71 : Corrélations entre les nombres moyens de mots dits aux en fluences et le temps au Stroop C	99
Tableau 72 :Corrélations entre les nombres moyens de mots dits aux épreuves de fluences et le Stroop I.....	99
Tableau 73 : Résultats aux tests exécutifs du protocole des sujets de plus de 90 ans.....	101
Tableau 74 : Nombre de mots produits aux épreuves de fluences des sujets de plus de 90 ans	101
Tableau 75 : Nombre de répétitions aux épreuves de fluences verbales des sujets de plus de 90 ans.....	102
Tableau 76 : Nombre de clusters sémantiques dans les épreuves de fluences des sujets de plus de 90 ans	102
Tableau 77 : Nombre de clusters phonologiques aux épreuves de fluences des sujets de plus de 90 ans	102

Tableau 78 : Nombre de switches aux épreuves de fluences verbales des sujets de plus de 90 ans	103
Tableau 79 : Moyennes et écart-types du nombre de mots dits en fluences verbales par tranche d'âge.....	148
Tableau 80 : Moyennes et écart-types du nombre de mots dits en fluences verbales par niveau éducatif	148
Tableau 81 : Moyennes et écart-types du nombre de répétitions en fluences verbales par tranche d'âge.....	149
Tableau 82 : Moyennes et écart-types du nombre de répétitions en fluences verbales par niveau éducatif.....	149
Tableau 83 : Moyennes et écart-types du nombre de clusters sémantiques en fluences par tranche d'âge	150
Tableau 84 : Moyennes et écart-types du nombre de clusters sémantiques en fluences par niveau éducatif.....	150
Tableau 85 : Moyennes et écart-types du nombre de clusters phonologiques en fluences par tranche d'âge....	151
Tableau 86 : Moyennes et écart-types du nombre de clusters phonologiques en fluences par niveau éducatif .	151
Tableau 87 : Moyennes et écart-types du nombre de switches en fluences verbales par tranche d'âge	152
Tableau 88 : Moyennes et écart-types du nombre de switches en fluences verbales par tranche d'âge	152
Tableau 89 : Moyennes et écart-types du nombre de mots dits en fluences verbales en fonction de la tranche d'âge et du niveau éducatif initial.....	154

Figure 1 : Représentation des informations sémantiques et phonologiques d'après un modèle de production de mots. (Tournier, d'après Burke et Shafto, 2008)	26
Figure 2 : Nombre de mots moyens dits en fluences verbales en fonction de la tranche d'âge	70
Figure 3 : Nombre de mots moyens en fluences verbales en fonction du niveau éducatif.....	79
Figure 4 : Moyennes marginales en fluence sémantique par âge et par niveau.....	89
Figure 5 : Moyennes marginales en fluence formelles [P] et [S]	89
Figure 6 : Moyennes marginales en fluence d'action par âge et par niveau.....	90
Figure 7 : Moyennes marginales en fluence alternée P/animaux et R/Vêtements par âge et par niveau	90
Figure 8 : Nombre moyen de mots produits en fluences verbales en fonction du niveau éducatif.....	92
Figure 9 : Nombre moyen de mots produits en fluences verbales en fonction du niveau chez les 50/59 ans	92
Figure 10 : Nombre moyen de mots produits en fluences verbales en fonction du niveau chez les 60/69 ans	92
Figure 11 : Nombre moyen de mots produits en fluences verbales en fonction du niveau chez les 70/79 ans.....	92
Figure 12 : Nombre moyen de mots produits en fluences verbales en fonction du niveau chez les 80/89 ans	93

INTRODUCTION

L'allongement de l'espérance de vie soulève de nombreux enjeux dans nos sociétés. Les maladies neurodégénératives sont en constante progression, et ces pathologies, qui engendrent un important coût socio-économique, entravent fortement l'autonomie et la qualité de vie des patients. Il est donc primordial de développer des outils permettant de dépister, le plus précocement possible, les troubles cognitifs chez les sujets âgés et particulièrement les troubles exécutifs. Souvent présents dès le stade prodromique de la pathologie, ces troubles peuvent pourtant être sous-diagnostiqués, car leur expression clinique peut être difficile à repérer.

Les tâches de fluences verbales sont des épreuves simples de production de langage qui permettent d'évaluer l'intégrité du stock lexical mais aussi les stratégies mobilisées pour récupérer les mots en mémoire. Ces épreuves impliquent des fonctions cognitives de haut niveau et nécessitent, pour être réussies, l'intégrité du réseau lexico-sémantique mais aussi celle des fonctions exécutives.

Les épreuves les plus étudiées et utilisées en clinique sont les fluences sémantique et formelle, pour lesquelles il existe des normes. Or, au vu de quelques études, les fluences d'action et les fluences alternées se révéleraient avoir une plus grande sensibilité à certains troubles exécutifs précoces. Toutefois, ces fluences ne sont pas normées et restent relativement peu étudiées.

L'étude dont nous prenons la suite (Favier-Boumazza et Galley, 2013) a montré, sur un protocole élaboré par Christine Rémond-Besuchet, orthophoniste, et le Dr Gény, neurologue au CHRU de Montpellier, une différence significative entre sujets âgés non pathologiques et sujets atteints de la maladie de Parkinson sans démence, sur les seules fluences d'action et fluences alternées. Les tendances dégagées sur de petits groupes restaient à être éprouvées sur un échantillon plus large.

Notre travail vise donc à étudier sur une plus grande échelle les performances de sujets non pathologiques, matures et âgés, aux différentes épreuves de fluences verbales du protocole que nous reprenons. Nous avons cherché à savoir si les résultats évoluaient au cours du vieillissement non pathologique, pour quelles fluences et dans quelles proportions. Nous

nous sommes également demandé si le niveau éducatif pouvait jouer un rôle dans les performances.

Nous nous efforcerons de répondre à ces quelques questions et de fournir au clinicien ou à l'orthophoniste en charge de sujets âgés, des données qui, sans être des normes, pourront, nous l'espérons, fournir quelques repères solides dans le cadre d'un dépistage précoce. A charge ensuite pour le professionnel de diligenter des examens complémentaires et d'étoffer le bilan cognitif de ses patients.

Dans une première partie, nous interrogerons les données de la littérature pour mieux comprendre l'évolution du langage et du fonctionnement exécutif au cours du vieillissement non pathologique. Dans un second temps, nous présenterons notre hypothèse de recherche, ainsi que le protocole expérimental mis en place et nous restituerons les résultats obtenus. Nous procéderons dans un troisième temps à l'analyse et l'interprétation que nous faisons des données recueillies. Enfin, nous pointerons les limites de ce travail avant de suggérer quelques pistes de recherche possibles pour approfondir ce sujet.

PARTIE THEORIQUE

1. Vieillesse cognitive et langage

1.1. Le vieillissement non pathologique

1.1.1. Définition : le vieillissement

Selon De Jaeger et al. (2011), le vieillissement peut se définir comme "l'ensemble des processus physiologiques et psychologiques qui modifient, après la phase de maturité, la structure et les fonctions de l'organisme d'un être vivant sous l'action du temps." Ce phénomène naturel lent et continu obéit à des facteurs biologiques, psychologiques mais aussi environnementaux et donne lieu à de fortes variations inter- et intra-individuelles. Devant l'hétérogénéité des manifestations de ce phénomène, certains auteurs préfèrent parler "des vieillissements" et décrivent un éventail des modes d'évolution (Darcourt et Benoit, 2014). Les changements induits par l'âge sont physiques, affectifs et cognitifs. C'est à ces derniers que notre travail s'intéresse, même s'il est difficile d'isoler complètement les différents facteurs. Les modifications cognitives observées communément dans l'âge sont liées aux modifications physiques et retentissent sur l'évolution affective. L'inverse est également vrai. Par ailleurs, à quel moment devient-on vieux ? Il n'y a pas consensus sur le sujet. On retient généralement la retraite comme point de repère mais l'âge de cessation d'activité diffère d'un pays à l'autre. Les représentations culturelles sont encore plus variables : on est senior à 58 ans pour les anglais et à 67 pour les chypriotes (Alapphilippe, 2013).

Depuis Rowe et Khan (1987) les chercheurs distinguent communément :

- le vieillissement réussi, qui se caractérise par l'absence de pathologie et une atteinte minime des fonctions physiologiques. L'expression s'applique aux manifestations somatiques mais aussi cognitives et concerne, selon Derouesné (1999), les sujets âgés qui maintiennent un niveau de performances aux tests cognitifs identique à celui de sujets plus jeunes et de même niveau culturel.
- le vieillissement usuel, exempt de pathologie. Il s'accompagne d'un déclin des fonctions organiques et cognitives et d'une moindre faculté d'adaptation qui peut conduire à une certaine fragilité.
- le vieillissement pathologique, qui est associé à des pathologies réduisant l'autonomie et la qualité de vie de la personne.

Le vieillissement usuel ou normal se caractérise par un fléchissement des fonctions cognitives (Lindenberger et al., 1994). Toutefois ce déclin ne touche pas uniformément tous les domaines de la cognition : une personne âgée peut avoir des capacités préservées en mémoire et des altérations du fonctionnement exécutif par exemple. Les manifestations du déclin cognitif peuvent être différentes suivant les périodes de vie : de nombreuses études évoquent des âges charnières où le déclin s'accroît (Ska et al., 2000). De plus, compte tenu de l'intrication des fonctions cognitives, l'interprétation de ce déclin peut être délicate : un manque du mot peut être lié à un déficit des représentations sémantiques, un problème attentionnel, une difficulté d'accès au lexique, à un déficit des fonctions exécutives ou à un ralentissement généralisé du traitement de l'information.

Les études de neuropsychologie, basées sur les résultats à des tests standardisés, peuvent contribuer à pointer les déficits. "Nous exprimons le vieillissement en termes de déclin, avec l'âge, de la performance à diverses épreuves censées mesurer le fonctionnement cognitif" déclarent Van der Linden et al., (1994). L'analyse des réponses des sujets et des temps de réaction peut en outre mettre en lumière les processus qui expliquent ce déclin.

Nous examinerons donc dans les lignes qui suivent les effets du vieillissement sur les performances des personnes âgées dans des tâches de productions langagières, mais il convient au préalable de nous intéresser au vieillissement cérébral. En effet, les modifications du cerveau se répercutent sur les différents processus cognitifs.

1.1.2. Les modifications cérébrales liées à l'âge.

1.1.2.1. Aspects morphologiques

Comme l'ensemble de l'organisme, le cerveau subit des transformations au cours de l'avancée dans l'âge. Après une phase de développement durant les deux premières décennies de vie, le cerveau commence à diminuer en poids et en volume. D'abord légère, cette atrophie, liée à une perte de substance grise, s'accroît entre 40 et 50 ans pour s'aggraver brutalement à partir de 80 ans et représenter 20 % en fin de vie. Les zones corticales sont inégalement touchées : ainsi le gyrus frontal supérieur, le gyrus temporal supérieur et le cortex visuel sont particulièrement impactés par la perte neuronale. Le volume du lobe frontal diminue de 1% tous les deux ans. L'altération plus marquée de cette zone corticale est souvent tenue pour responsable du déclin cognitif lié à l'âge. En revanche, le gyrus post central ou le gyrus temporal inférieur résistent mieux à l'effet de l'âge (Lemaire et Bherer, 2005).

Dans les structures sous-corticales, l'hippocampe, l'amygdale et la substance noire peuvent perdre ainsi jusqu'à 10% de leurs neurones par décennie. Toutefois, cette perte neuronale serait compensée par une augmentation du volume des cellules de soutien, les astrocytes, et une plus grande activation des cellules microgliales. On note également un rétrécissement de l'arbre dendritique, particulièrement dans l'hippocampe.

Outre la substance grise, les voies de communication, explorées par imagerie à tenseur de diffusion, connaissent aussi des modifications. Le volume total de la substance blanche et la longueur des fibres myélinisées diminuent de 15 à 20% avec l'âge. La raréfaction de la gaine de myéline pourrait expliquer le ralentissement de la pensée chez les personnes âgées. Ainsi, une étude a pu montrer que les seniors qui obtenaient les scores les plus bas au NN-back test, étaient ceux qui présentaient le plus de détériorations de la substance blanche (Penke et al., 2010). L'exploration des faisceaux arqués, qui passent en partie par le lobe frontal, a permis de mettre à jour une asymétrie des effets du vieillissement avec une préservation du faisceau arqué gauche mais une altération du faisceau droit.

Des recherches récentes ont également montré que la neurogénèse, qui se produit surtout dans l'hippocampe, ralentit avec l'âge. En vieillissant, le nombre de cellules souches se raréfie. La diminution de ce capital de neurones pourrait être liée à la perte de certaines facultés cognitives.

Au cours du vieillissement, on note enfin l'apparition de lésions neurofibrillaires et de plaques, constituées d'agrégats de fragments de protéines. Des études longitudinales ont montré que ces lésions augmentent avec l'âge et sont corrélées avec un déclin cognitif (Aleman, 2014). Ces plaques se retrouvent en quantité importante chez les malades d'Alzheimer. Toutefois, des études post-mortem ont révélé que certaines personnes pouvaient être asymptomatiques tout en présentant des lésions importantes de la maladie d'Alzheimer. Des phénomènes compensatoires, supportés par la plasticité du cerveau et liés à une vie stimulante, peuvent enrayer le déclin cognitif.

1.1.2.2. Aspects biochimiques

La synthèse des neuromédiateurs se détériore avec l'âge : les systèmes cholinergiques et glutamatergiques, très impliqués dans la cognition, sont les plus touchés. Dans le lobe frontal et l'hippocampe par exemple, le glutamate diminue de plus de 50% après 40 et 50 ans (Lemaire et Bherer, 2005). On note aussi avec l'âge une diminution de l'acétylcholine, qui

intervient dans l'apprentissage et la mémorisation, ainsi que des changements dopaminergiques. Certaines études mettent en avant l'importance de la dopamine dans le cortex frontal pour maintenir l'attention et pour expliquer les latences des temps de réaction.

Ces changements pourraient s'expliquer par une augmentation avec l'âge des radicaux libres qui oxydent les protéines, l'ADN et les lipides, ce qui crée des phénomènes inflammatoires et endommage la barrière hémato-encéphalique. Le cerveau devient ainsi perméable à certaines substances, ce qui peut favoriser l'apparition de lésions plus sévères.

1.1.2.3. Aspects fonctionnels

De nombreuses études utilisant l'imagerie fonctionnelle ont permis de mettre à jour une sous-activation du cortex frontal avec l'âge, entraînée selon certains chercheurs par une diminution des ressources (Grady et al., 1995). Toutefois des expériences ont montré que cette zone corticale pouvait être à nouveau utilisée par les personnes âgées lors de l'apprentissage de nouvelles stratégies d'encodage mémoriel. "La diminution de l'activation serait donc liée aux stratégies utilisées et non à l'absence de ressources." (Ska et al., 2011).

Chez les personnes âgées, on a pu aussi constater, lors de tâches de perception visuelle, d'attention et de mémorisation, que l'activité diminuait dans les régions postérieures du cerveau et s'intensifiait dans les régions antérieures. Le déplacement d'arrière en avant de l'activité cérébrale a été symbolisé par le modèle PASA (Post Anterior Shift in Aging) et interprété comme un mécanisme de compensation. Cabeza et al., (2002) ont montré que les sujets âgés qui obtenaient les meilleurs résultats étaient ceux qui utilisaient le plus les zones antérieures.

Une autre modification de l'activité cérébrale chez les seniors a été constatée par les mêmes auteurs, lors d'expériences confrontant des sujets jeunes et âgés avec des tâches de mémorisation. Les personnes âgées qui obtenaient de bonnes performances montraient une activation bilatérale des deux hémisphères cérébraux. Cette réduction de l'asymétrie hémisphérique des seniors a donné lieu au modèle HAROLD, (pour Hemispheric Asymmetry Reduction in Older Adult). Elle permettrait aux plus âgés d'améliorer leurs performances et de compenser les effets délétères de l'âge (Reuter-Lorentz et al., 2000).

En somme, le vieillissement cérébral se caractérise par des pertes neuronales dans les régions cortico-sous-corticales, une dégradation des systèmes biochimiques, une neurogenèse

amoindrie, une altération de la communication entre neurones. Toutes les régions cérébrales ne sont pas sensibles de la même manière aux effets du vieillissement ; les structures les plus vulnérables sont celles qui concernent le lobe frontal, le lobe pariétal et la partie postérieure de l'hippocampe, alors que le cortex associatif postérieur semble relativement épargné. Toutefois, les effets délétères du vieillissement sur le cerveau peuvent être compensés par une réorganisation des réseaux et l'activation de nouvelles régions du cerveau. Quel impact la plasticité cérébrale, en jeu tout au long de la vie, a-t-elle sur les fonctions cognitives et notamment sur le langage ?

1.2. Evolution du langage au cours du vieillissement non pathologique

Le langage, à la différence de la mémoire épisodique ou des fonctions exécutives, est réputé pour être la fonction cognitive la moins sensible aux effets de l'âge (Hupet et Nef, 1994). Toutefois, certaines variables, comme le niveau socio-culturel, ou l'âge au moment des tests, peuvent entraîner de fortes disparités inter- et intra-individuelles (Eustache, 1993). De manière générale, on note une variabilité accrue des performances avec l'âge (Hupet et al., 1994). En effet, le langage est lié à d'autres fonctions cognitives qui sont dépendantes de la "vie psychique du sujet et de l'organisation fonctionnelle qu'il a mise en place au cours de sa vie... Ainsi, chaque sujet développe des capacités différentes selon ses activités sociales, professionnelles et le support anatomique dont il dispose." (Lee, 2012).

Les travaux actuels tendent aussi à mettre en évidence des variations selon la tâche proposée et les différents processus impliqués (Mathey et Postal, 2008). Certains chercheurs notent une dissociation entre des processus automatiques préservés et des tâches exigeant des ressources attentionnelles, dont les résultats sont davantage déficitaires (Eustache, 1993). Ainsi le fait que le débit verbal, lors de la production de séries automatiques, compter de 1 à 21 par exemple, n'est pas impacté par l'âge corrobore ce constat.

Les activités de production, qui mettent en jeu des processus permettant de générer de la parole, sous une forme orale et écrite seraient généralement plus sensibles aux effets de l'âge que les activités de traitement, qui concernent la compréhension du langage (Bayles et al., 1985). Néanmoins, cette tendance ne se retrouve pas dans toutes les études et les résultats dépendent de la composante langagière prise en compte.

Rondal (2000) propose de distinguer plusieurs sous-systèmes langagiers, qui disposeraient d'une certaine autonomie les uns par rapport aux autres, mais seraient interconnectés : le niveau phonologique regroupant les phonèmes, le niveau morpho-lexicologique, « qui comprend les éléments formant le lexique ou le vocabulaire », le niveau morphosyntaxique, qui concerne « la réalisation de structures complexes de sens », le niveau pragmatique composé de sous-fonctions visant à « agir ou influencer l'interlocuteur » et enfin le niveau discursif « au sens d'énoncé supérieur à la phrase et considéré du point de vue de son organisation fonctionnelle ».

Les tâches de fluences verbales que nous évaluons dans cette étude conduisent les sujets à énoncer un certain nombre de mots en un temps limité. Ce sont donc l'activité de production orale et le niveau morpho-lexicologique qui nous intéressent particulièrement et que nous nous efforcerons d'investiguer.

Comment est organisé le lexique mental ? Quels processus sont en jeu dans une activité de production ? Quelles épreuves permettent d'évaluer les performances lexicales ? Observe-t-on une évolution des résultats au cours de l'âge ?

1.2.1. Lexique mental et réseaux sémantiques

Le concept de lexique mental peut être défini comme "la composante du système de traitement du langage qui a trait aux connaissances que le locuteur possède à propos de sa langue." (Segui, 1991). Il correspond à un "dictionnaire mental" et comprend l'ensemble des connaissances phonologiques, sémantiques, morphologiques, syntaxiques et orthographiques qu'un sujet a des mots de sa langue (Ferrand, 2001).

Ces informations lexicales forment un sous-module de la mémoire sémantique qui regroupe les connaissances verbales et non verbales d'un sujet. L'organisation de la mémoire sémantique est communément décrite comme un système de réseaux de concepts interconnectés. Quand un concept est activé, cette activation se transmet aux concepts voisins, rendant ces derniers plus disponibles pour d'éventuels traitements. Un concept peut recevoir plusieurs sources d'activation, directes ou indirectes. Dans le modèle de Collins et Loftus (1975), l'intensité de cette activation se réduirait au fur et à mesure que la distance entre deux concepts s'accroît. L'activation du concept "rouge" par exemple se diffuserait progressivement d'abord aux concepts voisins proches, "orange", "jaune" par exemple, puis plus éloignés, "feu"

ou "pomme" par exemple. Les effets de fréquence et de typicalité s'expliqueraient par la diffusion de l'activation, les mots les plus fréquents ou les plus typiques étant traités plus rapidement que les autres.

Le paradigme d'amorçage sémantique permet de vérifier l'efficacité de l'activation de l'information sémantique au sein des réseaux. Dans une tâche de décision lexicale ou de production d'un mot, un stimulus-cible sera traité plus rapidement s'il est précédé d'un stimulus-amorce lié à lui sémantiquement. L'analyse des temps de réaction, et la comparaison avec des conditions où amorce et cible ne sont pas reliées sémantiquement, renseigne sur l'intégrité des réseaux sémantiques (Laisney, 2011).

1.2.2. Les modèles de production de la parole

La plupart des modèles psycholinguistiques distinguent trois processus mentaux impliqués dans la production de la parole :

- La préparation conceptuelle du message sous forme de propositions non verbales ;
- La formulation ou lexicalisation du message préverbal. Cette étape d'accès au lexique mental passe par deux niveaux de traitement : le niveau sémantique / syntaxique et le niveau d'encodage phonologique.
- L'articulation. Lors de cette étape, les programmes moteurs nécessaires à la production de la parole sont planifiés et permettent l'articulation de la parole.

Une des divergences des différents modèles porte sur le déroulement temporel de l'accès au lexique : il est strictement sériel et hiérarchique ou interactif. Dans les modèles modularistes comme celui de Levelt (1991), la production lexicale se fait en deux étapes successives et l'encodage phonologique ne peut se faire qu'après la sélection lexicale. Les modèles connexionnistes comme celui de Dell (1986) postulent une activation en cascade interactive entre les niveaux de représentations. Les activations entre les niveaux sémantique, lexical et phonologique se feraient au moyen de connexions bidirectionnelles, ascendantes et descendantes. Ainsi pourraient s'expliquer les erreurs de productions mixtes, c'est à dire des erreurs sémantiques présentant une similarité phonologique avec l'item cible.

Pour expliquer certaines dissociations en clinique, la possibilité de récupérer l'information syntaxique d'un mot mais pas l'information phonologique ou inversement, Caramazza (1997) suggère une organisation du lexique en réseaux indépendants mais interconnectés. Dans ce

modèle, l'activation se propagerait simultanément et indépendamment du réseau lexical-sémantique vers le réseau syntaxique d'une part, et vers le réseau phonologique d'autre part.

Les lignes qui suivent décrivent quelques-uns des paradigmes les plus utilisés dans la recherche et la clinique pour évaluer les productions langagières des sujets. Comment ces productions évoluent-elles avec l'âge ? Quels processus sont en jeu ? Quelles explications ont pu être avancées ?

1.2.3. Evolution des productions lexicales et paradigmes expérimentaux

1.2.3.1. Les tests de vocabulaire

En vieillissant, une personne peut engranger de nouvelles connaissances et augmenter ainsi son vocabulaire. Cette "habileté cristallisée", est une de celles qui résistent le mieux au temps. De façon générale, l'âge n'entraîne pas de diminution du nombre de mots produits dans le discours et n'a pas d'effet sur la diversité lexicale (Hupet et al., 2000). Selon une méta-analyse de 210 études menée par Verhaegen (2003) comparant des sujets jeunes (âge moyen = 21 ans) et âgés (âge moyen = 70 ans), la taille du vocabulaire augmenterait même avec l'âge. Différentes études notent cependant une baisse du score des personnes les plus âgées, entre 70 et 90 ans selon les travaux (Lindenberger et Baltes, 1997 ; Singer et al., 2003). Ces résultats concordent avec les conclusions de l'étude longitudinale Betula menée en Suède (1988-1998), qui montre que les performances à des tâches de vocabulaire et de connaissances générales s'améliorent entre 35 et 60 ans, se stabilisent vers 60 ans et commencent à décliner vers 80 ans. Si donc, généralement, l'âge a plutôt un impact positif sur la richesse du vocabulaire, le format de test influe sur les résultats, les personnes âgées réussissant mieux les questions à choix multiples que les épreuves de définition (Verhaegen, 2003).

La mémoire sémantique est peu ou pas affectée par l'âge. Plusieurs études ont montré que l'amorçage sémantique augmentait avec l'âge : ainsi lorsqu'un mot est précédé par un mot sémantiquement lié, sa production est plus rapide. L'expérience et l'accumulation des connaissances permettraient aux personnes âgées d'avoir un réseau sémantique plus riche et mieux interconnecté (Laver et al., 1993).

L'accroissement du vocabulaire avec l'âge s'exprime-t-il dans les tâches de fluences ?

1.2.3.2. Les tâches de fluences verbales

Les tâches de fluences verbales les plus communément utilisées en clinique consistent à énoncer, en un temps limité, le plus de mots possible selon un critère sémantique, par exemple, les Animaux, ou phonologique, par exemple la lettre [P]¹. Pour répondre, le sujet est amené à puiser dans son stock lexical. Outre les processus exécutifs, ces épreuves permettent d'évaluer l'accès à la mémoire sémantique.

Henry et Philipps, en 2006, notent que les personnes âgées produisent plus de mots dans les fluences phonologiques, ce qui s'expliquerait par l'augmentation du stock lexical avec l'âge. L'analyse qualitative des réponses fait également apparaître chez les seniors une augmentation des regroupements de mots par sous-catégories, ce qui témoignerait d'un vocabulaire plus étendu. Ce constat est en partie convergent avec des études plus anciennes. Troyer et al. soulignaient, dans une étude de 1997, que les personnes âgées obtenaient des scores inférieurs aux sujets jeunes dans les fluences sémantiques, mais ne notaient pas de différences liées à l'âge dans les fluences phonologiques.

Toutefois, un effet significatif de l'âge et du niveau socio-éducatif est observé dans la plupart des études (Eustache, 1993). La diminution des performances chez les seniors pourrait alors s'expliquer par un déficit des processus de sélection et de contrôle, fortement sollicités dans ce type d'épreuve. Une analyse plus détaillée sera présentée dans la troisième partie.

Un autre paradigme fréquemment utilisé en clinique consiste à comparer les performances de sujets jeunes et âgés sur des images à dénommer. L'exactitude de la réponse, mais aussi les latences de dénomination, sont alors prises en compte et soumises à analyse.

1.2.3.3. Les épreuves de dénomination à partir d'images

Selon plusieurs études, le score à des épreuves de dénomination baisse avec l'âge et coïncide avec une augmentation du temps de réponse (Nicholas et al., 1985). Une étude longitudinale menée par Connor et al., en 2004, qui étudiait l'évolution sur 20 ans des résultats à des tâches du Boston Naming Test, a révélé un déclin des scores de 2 % par décennie. La baisse s'accentuerait légèrement chez les plus de 70 ans. Ainsi "l'âge de 75 ans apparaît comme un âge charnière à partir duquel les déficits de dénomination sont massifs, et

¹ Par convention dans ce document le nom des lettres est écrit en majuscule et entre crochets.

accentués lorsque le niveau socio-éducatif et/ou culturel des sujets est faible."(Ska et al., 2000). Plusieurs hypothèses explicatives ont été avancées.

Le déclin de la capacité de dénomination avec l'âge serait lié, selon Morrison et al (2003, cité par Burke et al., 2008), à un ralentissement dans l'analyse perceptuelle des images. En effet, l'allongement du temps nécessaire pour traiter les différents perceptifs de l'image — contours, couleur — expliquerait les latences des réponses. Plus l'image serait complexe, plus le temps alloué à son traitement augmenterait chez les seniors, ce qu'on ne retrouverait pas chez les sujets plus jeunes. De nombreuses études ont montré que les déficits sensoriels retentissaient sur les performances des seniors.

La prise en compte des propriétés lexicales des mots demandés peut fournir un autre élément d'explication : en effet, les mots les moins fréquents sont dénommés moins rapidement que les mots les plus fréquents (Ferrand, 1998). L'allongement des latences de dénomination serait lié au lexique et à la diffusion de l'activation au sein des réseaux sémantiques. Cet effet de fréquence a été observé également dans des activités de traitement comme les tâches de décision lexicale, mais les études, divergentes, ne permettent pas de conclure à une modification de cet effet selon l'âge (Dujardin & Lemaire, 2008).

D'autre part, la facilitation induite par un amorçage phonémique, observée dans certaines études (MacKay et al., 2002) tendrait à montrer que la diminution de la capacité de dénomination serait due à une difficulté d'accès au lexique plutôt qu'à un déficit d'accès sémantique.

L'analyse d'un phénomène communément observé au cours du vieillissement, le mot sur le bout de la langue, peut également s'avérer utile pour comprendre le déclin des capacités de productions lexicales.

1.2.3.4. Les études sur le phénomène du Mot sur le Bout de la Langue

Selon Zellner-Keller (2007), ce phénomène correspond à "l'impossibilité ou la difficulté marquée à aller récupérer des mots connus que le locuteur est certain de connaître." C'est le sujet de plaintes le plus récurrent des personnes âgées et le phénomène s'observe dans toutes les langues.

Deux types d'étude, l'une naturelle, l'autre en laboratoire, menées par Burke et al., ont permis de confirmer le phénomène et ont servi de base à l'élaboration d'un modèle cognitif

adapté au vieillissement. Dans la première étude, l'expérience se déroule sur quatre semaines. Les sujets, répartis dans trois groupes d'âge différents — adultes jeunes de 18-20 ans / d'âge moyen de 35-40 ans / plus âgés de 65-70 ans — sont invités à noter dans des agendas le moment où le phénomène apparaît dans leur quotidien. Les informations relatives aux mots qu'ils n'arrivent pas à produire, catégorie sémantique par exemple, indices phonologiques ou syntaxiques, doivent être consignées. L'étude montre que le phénomène est plus fréquent chez les adultes âgés que chez les adultes jeunes : 6,56 MBL par semaine pour les 65-70 ans contre 3, 93 MBL pour les 18-20 ans avec une résolution plus rapide chez les plus jeunes. Les mots recherchés sont plus fréquemment les noms propres, et cette tendance augmente avec l'âge. Par ailleurs, les seniors notent moins d'informations partielles sur les mots recherchés.

Devant les critiques méthodologiques soulevées par cette expérience écologique, une étude en laboratoire est réalisée en 1991. Un questionnaire culturel composé de 100 questions est proposé à deux sous-groupes de la première étude. Chaque question est suivie de trois réponses possibles : a) le participant connaît la réponse, b) le participant ne connaît pas la réponse, c) le participant est en état de mot sur le bout de la langue. Quand le sujet se trouve dans cette troisième situation, il doit répondre à une série de questions portant sur les informations, par exemple phonologiques, du mot recherché. Dans un dernier temps, le participant doit choisir la réponse correcte parmi plusieurs réponses possibles. Les résultats de cette étude confirment les conclusions antérieures : le phénomène du mot sur le bout de la langue survient plus fréquemment chez les sujets âgés. Les catégories les plus touchées concernent principalement les noms propres, puis les noms communs, les adjectifs et enfin les verbes. Les sujets âgés livrent le même nombre d'informations partielles sur les mots recherchés, ce qui n'est généralement pas retrouvé dans d'autres études.

Selon Hasher et coll., (2007), les performances langagières des seniors s'expliquent par la théorie d'un déficit d'inhibition attentionnelle. Le processus d'inhibition interviendrait pour empêcher le traitement de certaines informations non pertinentes. Ce processus permettrait également de limiter les réponses dominantes pour que d'autres réponses puissent être prises en compte. Dans le cas du phénomène du MBL, des éléments distracteurs et non pertinents rendraient la récupération du mot recherché plus difficile. L'analyse des réponses des seniors à des tâches de complétement de phrases comme dans les tests d'Hayling, tend à montrer que les processus inhibiteurs attentionnels sont altérés au cours de l'âge (Hartman et Hasher, 1991). Ce déficit d'inhibition expliquerait d'autres particularités observées dans les

productions langagières des seniors, comme l'augmentation des hors-sujets dans les conversations. Toutefois d'autres explications peuvent être avancées.

Ainsi la théorie du déficit de transmission de l'activation serait plus satisfaisante pour expliquer les effets du vieillissement sur les performances langagières. D'après le modèle de production des mots "Node Structure Theory", de Burke et al. (1991), les informations langagières sont réparties entre un système sémantique et un système phonologique (cf. fig. 1). Les différentes représentations sont indépendantes mais interconnectées. Lors de la production orale d'un mot, l'activation s'amorce depuis le réseau sémantique, à partir des nœuds propositionnels et lexicaux, et se diffuse aux nœuds syllabiques puis phonologiques. Selon cette théorie, les connexions entre les représentations sémantiques et phonologiques s'affaiblissent avec l'âge. L'activation d'une représentation sémantique dans la phase de sélection lexicale produit un "sentiment de familiarité, mais le ralentissement des connexions empêche la transmission des informations et l'encodage phonologique." (Lee, 2012)

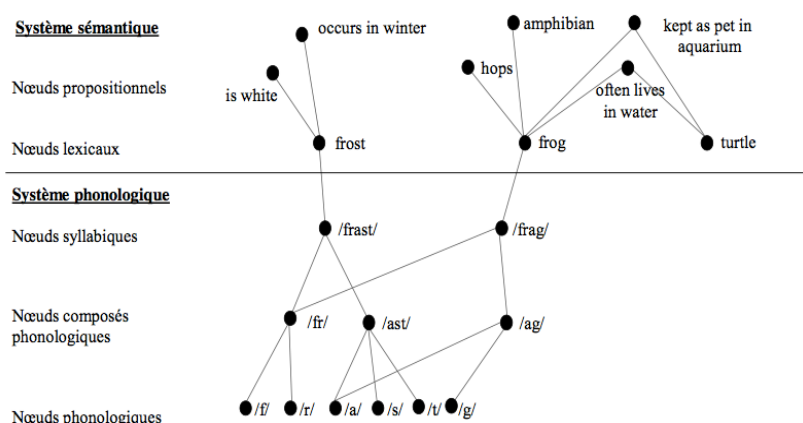


Figure 1 : Représentation des informations sémantiques et phonologiques d'après un modèle de production de mots. (Tournier, d'après Burke et Shafto, 2008)

Cette moindre efficacité du processus de diffusion de l'activation expliquerait ainsi les difficultés pour les seniors à récupérer l'ensemble des informations phonologiques lors des phénomènes de MBL alors que les sujets "sont capables de donner les caractéristiques du mot, de fournir une définition ou un synonyme de ce mot et/ou de construire une structure syntaxique de façon cohérente" (Lee, 2012). La difficulté à récupérer les noms propres tiendrait au fait que ces mots sont surtout porteurs d'informations référentielles et partagent moins de traits sémantiques avec les autres unités lexicales. Peu interconnectés, ces mots seraient davantage sensibles à la diminution de l'activation phonologique.

Les effets d'amorçage confirmeraient la faiblesse des connexions phonologiques. Une étude menée par James et al. (2000) montre en effet que l'amorçage phonologique permet de réduire les occurrences de MBL. Selon Burke et al., (2000), l'amorçage phonologique par les mêmes syllabes initiales que le mot cible est plus efficace que les amorçages par les mêmes syllabes médianes ou finales. Ces auteurs notent également que les sujets très âgés (73-80 ans), du fait d'une atteinte plus marquée des connexions phonologiques, ne profitent pas de cet effet.

Une autre théorie, plus globale, est avancée par certains auteurs pour expliquer les difficultés de production lexicale. Ainsi, selon Salthouse, (1995) c'est la diminution de la vitesse de traitement des informations qui serait en cause. Ce ralentissement ne pourrait pas être simplement rattrapé en donnant du temps supplémentaire pour réaliser la tâche et reposerait sur deux mécanismes : le mécanisme du temps limité et le mécanisme de la simultanéité. Comme il faudrait plus de temps pour effectuer les premières étapes de traitement, le temps restant pour les dernières opérations serait diminué (mécanisme du temps limité) et le traitement s'effectuerait sur "une information appauvrie, dégradée, voire non disponible (mécanisme de simultanéité). Plus une tâche est complexe, plus les adultes âgés devraient être pénalisés du fait même du ralentissement" (Dorot, 2010). Selon plusieurs études, il faudrait 1,5 fois plus de temps aux seniors qu'aux sujets jeunes pour exécuter une tâche d'ordre lexical.

Pour conclure, il apparaît que les modifications cérébrales liées au vieillissement sont à l'origine d'une réorganisation des réseaux neuronaux qui peut compenser le déclin cognitif lié à l'âge. La mémoire sémantique reste stable au cours du vieillissement et peut même continuer à s'enrichir d'éléments nouveaux, comme en témoigne l'augmentation du vocabulaire avec l'âge. Toutefois, l'examen des productions langagières chez les seniors fait apparaître des capacités diminuées et des déficits plus marqués dans les grands âges. Les études notent un déclin des performances en dénomination et l'augmentation du phénomène du mot sur le bout de la langue au cours du vieillissement. Un déficit d'accès lexical, plus qu'une dégradation des représentations sémantiques, expliquerait les difficultés observées.

La baisse avec l'âge de la capacité d'exploration des connaissances sémantiques peut être liée à des facteurs globaux, tels que la diminution des ressources de traitement, ou bien au déclin de différents processus spécifiques, comme l'inhibition, ou la diffusion de l'activation

entre les différentes représentations du lexique mental. Au vu des données de la littérature, la question reste débattue et aucune théorie à ce jour ne prévaut.

Ainsi, la compréhension des mécanismes en jeu dans l'évolution des autres fonctions cognitives, et notamment des processus exécutifs chez les seniors, est-elle très importante. Nous tenterons dans la partie qui suit d'en présenter d'abord une définition aussi précise que possible, puis nous interrogerons les données de la littérature concernant le vieillissement exécutif.

2. Fonctions exécutives et vieillissement non pathologique

2.1. Les fonctions exécutives

2.1.1. Définition et critères

Le concept de fonctions exécutives renvoie à un ensemble d'habiletés de haut niveau nécessaires à la réalisation d'un comportement dirigé vers un but, sous la dépendance essentiellement du lobe frontal et de ses réseaux (Luria, 1966). C'est un concept complexe, dont la naissance remonte à la description par Harlow du patient Phineas Gage atteint d'une lésion importante du lobe frontal gauche, dont la personnalité aurait été profondément modifiée (Harlow, J.M., 1868, cité par Damasio, 1995). Sa définition évolue encore actuellement du fait des nombreuses recherches en ce domaine.

Fonctions cognitives dites de haut niveau, les fonctions exécutives se caractérisent par un ensemble de processus de contrôle qui interviennent dans les tâches séquentielles orientées vers un but (Allain et Le Gall, 2009). Godefroy retient que ce sont des « fonctions élaborées impliquées dans le contrôle cognitif intervenant dans les situations nécessitant une articulation des actions ou pensées dirigées vers un but finalisé » (Godefroy et Grefex, 2008).

Leur fonction principale est de garantir et de faciliter l'adaptation du sujet à des situations nouvelles et complexes auxquelles il n'a jamais été confronté, notamment quand les routines d'actions ou habiletés cognitives sur-apprises ne peuvent plus suffire (Collette, 2004). Le fonctionnement exécutif s'opposerait donc au fonctionnement routinier qui ne requiert que peu d'attention. En effet, alors que dans les situations routinières ou habituelles le sujet agit selon un répertoire de conduites automatiques acquises par expérience, une situation

inhabituelle nécessite de sa part de faire preuve d'un comportement nouveau et adapté au contexte, ce qui est rendu possible par le contrôle exécutif (Chevignard et al, 2006, Meulemans, 2006). Dans ce cadre, les fonctions exécutives interviennent selon quatre étapes : la définition d'un but ou des objectifs à atteindre, la planification d'une stratégie pour y parvenir, l'exécution d'une séquence volontaire et le contrôle de sa mise en œuvre et des résultats tout au long de l'exécution (Godefroy, 2009).

Fonctions stratégiques, (Lechevalier, 2008), les fonctions exécutives sont donc des processus cognitifs supérieurs, qui assurent le contrôle et l'exécution de l'ensemble des activités cognitives complexes, telles que la mémoire ou le langage (Bherer et al., 2004). Elles sont fondamentales pour mener une vie autonome (Van der Linden, Meulemans et al., 2000), ce qui rend indispensable leur prise en charge dans tout trouble des fonctions cognitives.

Il n'est cependant pas toujours simple de caractériser les fonctions exécutives. En 1997, Rabitt a défini plusieurs critères d'intervention permettant de répertorier les situations dans lesquelles elles interviennent :

- La nouveauté ou situation nouvelle qui requiert un contrôle exécutif nécessaire à la formulation du but, à la planification.
- La recherche délibérée d'informations en mémoire à long terme, recherche active et contrôlée, par opposition à la récupération en mémoire à long terme.
- L'initiation de nouveaux comportements ou la possibilité de passer d'un comportement à un autre en fonction du contexte.
- L'inhibition de réponses inappropriées dans un contexte particulier.
- La coordination de deux tâches simultanées.
- La correction d'erreurs ou la modification d'un plan.
- Le maintien soutenu de l'attention pendant une longue période.
- Les conduites exécutives sont accessibles à la conscience et permettent un contrôle.

2.1.2. Localisation anatomique et troubles exécutifs

Dès les années 60, Alexandre Luria (1966) dans ses travaux sur la description des lobes frontaux, assigna au lobe frontal un rôle essentiel de programmation, de régulation et de contrôle de l'action (Allain et Le Gall, 2008). Les études anatomo-cliniques sur les patients

cérébrolésés ont montré que les régions frontales sont très impliquées dans le fonctionnement exécutif, plusieurs auteurs ayant observé des difficultés de génération de concepts, d'inhibition, de flexibilité mentale ou encore de planification chez ces sujets (Grafman et al., 1990 ; Perret, 1974 ; Owen et al., 1990 cité par Godefroy, 2009).

Cependant, en cas de troubles, on préfère aujourd'hui parler de syndrome dysexécutif que de syndrome frontal, car des lésions frontales n'ont pas toujours pour seules conséquences des troubles exécutifs. En effet, des perturbations frontales peuvent affecter d'autres dimensions cognitives telles que l'activité mnésique en général, ou de manière beaucoup plus sélective. Dans ce dernier cas, l'atteinte de la mémoire peut concerner la mémoire de travail; l'encodage du contexte temporel ou encore la mémoire autobiographique. (Baddeley et al., 1997, Shimamura et al., 1990, et Piolino et al., 2007 cité par Godefroy, 2009). Ces perturbations sont également susceptibles d'atteindre le langage. Des troubles peuvent en effet être observés au niveau de la cohésion ou de la cohérence du discours, de la pragmatique du langage, mais également au niveau de la qualité des échanges conversationnels (Bernicot, 2000 cité par Godefroy, 2009).

Par ailleurs, des troubles des fonctions exécutives peuvent être constatées à la suite de lésions cérébrales affectant le lobe frontal mais aussi débordant vers d'autres régions plus postérieures, corticales ou sous-corticales (Dujardin et al., 1999). Dans l'ensemble, ces lésions sont d'ailleurs plus souvent diffuses que purement frontales (Colette, 2004), et peuvent être la conséquence d'un traumatisme crânien, d'un accident vasculaire cérébral, de tumeurs cérébrales, de maladies neurodégénératives, mais aussi de pathologies psychiatriques comme par exemple la schizophrénie (Lecardeur et al., 2006).

2.1.3. Modèles théoriques

Suite aux travaux de Luria sur la modélisation anatomo-fonctionnelle des lobes frontaux (Luria, 1966), de nombreux modèles théoriques sont élaborés pour expliquer le fonctionnement des processus exécutifs. Ce sont essentiellement des modèles cognitifs ou analytiques, mais aussi des modèles alternatifs ou globaux. Deux approches coexistent actuellement concernant la question de l'unicité des fonctions exécutives. Nous retiendrons que les modèles théoriques sont passés d'une conception purement unitaire, où les fonctions exécutives sont un ensemble sous-tendu par une capacité unique, à une approche fractionnée des fonctions exécutives, selon laquelle les processus exécutifs sont distincts mais corrélés.

2.1.3.1. Modèle unitaire de Norman et Shallice (1980)

Dans ce modèle, les auteurs considèrent que les actions routinières sont réalisées de façon automatique, alors que les situations nouvelles nécessitent un contrôle attentionnel volontaire. Ils décrivent trois composantes du fonctionnement exécutif :

- Le schéma d'action est l'unité fondamentale du modèle ; il s'agit d'un ensemble de connaissances et de procédures automatisées permettant de gérer les situations familières (Pradat-Diehl, 2006). Leur activation, consciente ou non, est déclenchée sous l'impulsion d'informations perceptives ou par l'activation de schémas associés, et nécessite peu de contrôle attentionnel.
- Le gestionnaire de conflits intervient quand une situation familière engendre l'activation de plusieurs schémas d'action qui sont en compétition; il permet l'inhibition des réponses automatiques afin de mettre en œuvre le schéma d'action le plus adapté à la tâche en cours.
- Le système attentionnel superviseur (SAS) intervient pour générer de nouvelles stratégies lorsqu'une situation nouvelle ne permet pas l'activation de schémas d'action ou de routines. Il nécessite un contrôle volontaire et des ressources attentionnelles suffisantes. Le SAS permet de maintenir les buts à long terme, de contrôler l'efficacité d'une stratégie particulière, de changer de stratégie en cas de besoin et d'inhiber une réponse dominante. Il supervise l'activité du sujet jusqu'à l'exécution complète de l'action.

Ce modèle est unitaire, car tous les processus sont sous la dépendance du SAS, qui sous-tend tout le processus de décision.

2.1.3.2. Vers le fractionnement des fonctions exécutives

2.1.3.2.1. Travaux de Burgess et Shallice (1991)

En 1991, Burgess et Shallice postulent une première hypothèse de fractionnement du système attentionnel superviseur (SAS) en plusieurs composantes : la détection d'un but, la formulation d'un plan, la création de marqueurs rappelant au sujet qu'une action future ne doit pas être traitée automatiquement, et le déclenchement de ces marqueurs ainsi que leur ajustement aux objectifs à travers un mécanisme de correction en cours de réalisation.

Plus tard en 2000, Burgess et coll. élargiront le rôle du SAS aux situations de tâches multiples, et à la prise de décision (Lechevalier et al., 2008).

2.1.3.2.2. Modèle de la mémoire de travail de Baddeley (1996)

En 1996, Alan Baddeley décrit la mémoire de travail comme un système de mémoire à capacité limitée permettant au sujet de maintenir temporairement en mémoire des informations pertinentes le temps de les traiter. Ce modèle a beaucoup évolué depuis son élaboration initiale en 1974 (Baddeley et Hitch), avec notamment l'ajout de composante comme le buffer épisodique en 1996, et l'inclusion de la mémoire à long terme en 2000. Au final, il décrit quatre composantes, dont la boucle phonologique et le calepin visuo-spatial, deux systèmes esclaves chargés du stockage temporaire d'informations phonologiques et visuelles.

- La boucle phonologique permet le maintien temporaire d'informations verbales entendues ou vues, grâce au stockage phonologique qui code phonologiquement l'information et la maintient durant un laps de temps très court, de moins de deux secondes, et au sous-système de récapitulation articulatoire qui rafraîchit les traces en la réintroduisant continuellement.
- Le registre ou calepin visuo-spatial permet la manipulation des images mentales et des informations visuo-spatiales.
- Le buffer épisodique assure le stockage temporaire et l'intégration en représentations épisodiques d'informations multimodales provenant des systèmes esclaves et de la mémoire épisodique.
- L'administrateur central (AC) est le système chargé du contrôle attentionnel de l'action.

L'AC est un système amodal auquel Baddeley attribue un fonctionnement exécutif qu'il reconnaît comme étant proche du SAS de Norman et Shallice. Il coordonne l'activité des deux systèmes esclaves, la boucle phonologique et le calepin visuo-spatial, permet la coordination des informations provenant des autres systèmes cognitifs et la sélection des stratégies à appliquer. A l'origine l'administrateur central était conçu comme un système unitaire, mais par la suite Baddeley (2000) a isolé différents processus exécutifs au sein de l'administrateur central : la coordination simultanée de deux tâches, la réalisation simultanée de deux activités mentales, l'activation des stratégies de récupération des informations en mémoire à long terme, les opérations d'attention sélective et les processus d'inhibition.

2.1.3.2.3. Travaux de Miyake et al., (2000)

D'autres études suggèrent un fractionnement des fonctions exécutives. Ces recherches s'appuient sur des observations cliniques, montrant des cas de double dissociation dans des performances à des tâches exécutives chez un même sujet, dont les premiers cas ont été rapportés par Norman et Shallice, 1980. C'est aussi et surtout le cas de l'approche statistique de Miyake et al. (2000) qui s'appuie sur l'étude de trois fonctions exécutives considérées comme majeures dans la littérature :

- la flexibilité, ou *shifting*, définie par l'alternance nécessaire au passage volontaire d'un processus cognitif à l'autre.
- l'inhibition, consistant à éliminer des informations non pertinentes.
- la mise à jour, ou *up dating*, caractérisée par le rappel permanent d'une information au cours de la réalisation d'une tâche, ou le réaménagement du contenu de la mémoire de travail en fonction de l'entrée d'informations nouvelles.

La réalisation de trois tâches simples distribuées par fonction devait démontrer que les trois fonctions étudiées étaient distinctes. Si les résultats obtenus par Miyake révèlent que les fonctions sont bien distinctes et dissociables, ils montrent aussi que ces trois fonctions sont en même temps modérément corrélées. La mise à jour, l'inhibition et la flexibilité sont donc trois fonctions exécutives caractérisées à la fois par leur diversité et leur unicité : une diversité des fonctions et une diversité à l'intérieur même des fonctions, mais une indépendance qui est relative et qui n'empêche pas l'existence d'un processus sous-jacent commun. Les auteurs avancent deux hypothèses pour expliquer leurs conclusions. D'une part, la flexibilité, l'inhibition et la mise à jour font toutes trois intervenir la mémoire de travail. D'autre part l'inhibition est impliquée dans toutes les tâches choisies pour l'étude. Le processus d'inhibition pourrait être l'unité de base du fonctionnement exécutif. Selon Friedman et coll. (2011), l'inhibition serait englobée dans un facteur exécutif commun.

En 2005, Colette et coll. ont confirmé ces travaux par des études d'imagerie cérébrale, en montrant l'implication de régions cérébrales distinctes ou d'aires communes selon les processus exécutif en jeu. Cette étude souligne également que le fonctionnement exécutif n'est pas exclusivement frontal, mais qu'au contraire les fonctions exécutives sont largement distribuées au niveau cortical et sous-cortical (Colette, 2005).

Ressource fondamentale et indispensable de tout traitement cognitif, l'attention est intimement liée aux fonctions de contrôle que sont les fonctions exécutives.

2.1.4. Les ressources attentionnelles : Van Zomeren et Brouwer (1994)

« L'attention permet à l'individu de diriger ses actions sur des objets spécifiques en des endroits sélectionnés, et de maintenir certaines informations ou certains objets à un haut niveau de traitement, dans la mémoire de travail, ou encore dans la conscience » (E. Siéroff, 2004). Le modèle attentionnel le plus utilisé en pratique clinique est le modèle de Van Zomeren et Brouwer (1994). A l'instar des fonctions exécutives, il est admis aujourd'hui que l'attention n'est pas un concept unitaire. Ainsi dans leur modèle, les auteurs distinguent deux grands axes, l'intensité et la sélectivité, sur lesquelles reposent les différentes fonctions attentionnelles :

- **L'intensité** comprend l'alerte phasique, intervenant lorsqu'il faut mobiliser rapidement et soudainement nos ressources par rapport à un signal d'alerte, l'attention soutenue, qui permet de maintenir l'attention sur une longue durée dans l'attente d'événements peu fréquents, et la vigilance qui au contraire permet de maintenir l'attention en l'attente d'événements fréquents.
- **La sélectivité** correspond à l'attention focale, qui permet de sélectionner les stimuli pertinents parmi des distracteurs qui doivent être inhibés, l'attention divisée, qui permet de partager les ressources attentionnelles entre plusieurs stimuli de façon simultanée et l'attention alternée, qui est le fait de fixer son attention sur un point précis et de changer rapidement de foyer attentionnel.

Ces deux domaines sont coordonnés par le système superviseur attentionnel (SAS), dont un des rôles est de moduler l'activité des composantes liées à l'intensité et à la sélectivité, et qui s'appuient notamment sur l'inhibition et la flexibilité cognitive. Le système superviseur attentionnel assure ainsi le contrôle exécutif et permet la mise en œuvre de stratégies. Il est à la frontière entre l'attention, les fonctions exécutives et la mémoire de travail.

2.1.5. Fonctions exécutives, attention et mémoire de travail

Il n'y a pas de consensus quant à la nature des rapports entre ces trois fonctions cognitives. Alors que l'attention est parfois considérée comme une fonction exécutive,

(Rabbitt, 1997), d'autres auteurs estiment au contraire que les ressources attentionnelles sont contrôlées par les fonctions exécutives, ou à l'inverse que le système attentionnel assure le contrôle exécutif et permet la mise en place de stratégies (Van Zomeren, 1994). De la même façon, Hommet et al., (2010) considèrent la mémoire de travail comme un processus exécutif au même titre que l'inhibition et la flexibilité, alors que d'autres l'envisagent comme un système différent, mais étroitement lié aux fonctions exécutives. Malgré cette absence de consensus dans la littérature, nous retiendrons que selon les modèles envisagés, attention, mémoire de travail et fonctions exécutives sont distinctes mais étroitement liées (Lechevalier et al., 2008) ; chacune est nécessaire mais non suffisante au fonctionnement optimal des autres fonctions cognitives.

2.1.6. Les composantes des fonctions exécutives

2.1.6.1. Les différents processus exécutifs

L'ensemble de ces modèles théoriques identifient de nombreux processus cognitifs permettant d'assurer le fonctionnement exécutif d'un individu ; ce sont tous des mécanismes essentiels pour l'autonomie et l'adaptation de l'individu dans son environnement (Allain, 2007). La littérature décrit ainsi la génération d'hypothèses, l'élaboration de stratégies, l'anticipation et la planification de l'action, l'organisation, l'inhibition de réponses prédominantes et/ou de comportements non pertinents, la flexibilité cognitive, la mise à jour, le maintien de comportements orientés vers un but, le jugement et la prise de décision, l'initiation motrice ou verbale, la résolution de problèmes, le raisonnement ou la déduction de règles, le contrôle ou le feed-back et la correction d'erreurs. Compte tenu de l'objet de l'étude, nous décrivons plus précisément les processus d'inhibition et la flexibilité mentale

Très impliquées dans les tâches de fluences verbales, l'inhibition et la flexibilité mentale sont spécifiques et indépendantes, mais elles partagent néanmoins des processus communs.

2.1.6.2. L'inhibition

2.1.6.2.1. Définition

L'inhibition est la capacité à empêcher une réponse habituelle forte ou dominante et à résister à l'interférence déclenchée par une situation, en maintenant le focus attentionnel sur une seule catégorie de stimuli (Peter, G., 2010). L'inhibition empêche la production d'une

réponse automatique inadaptée au contexte. C'est un mécanisme actif de suppression d'informations non pertinentes pour l'activité en cours, et de sélection des stimuli pertinents dans le but de s'adapter à une situation non familière. Le processus d'inhibition permet ainsi d'empêcher que des informations inutiles ou inadaptées surchargent la mémoire de travail, notamment dans le cadre d'une situation nouvelle nécessitant des ressources attentionnelles importantes et des processus d'analyse et de réponse efficaces. C'est un processus fondamental du traitement cognitif.

2.1.6.2.2. Inhibition, attention sélective et mémoire de travail

L'inhibition est une fonction exécutive très dépendante des ressources attentionnelles du sujet, et notamment de l'attention sélective et des capacités en mémoire de travail. Principal processus à l'œuvre dans l'attention sélective, elle permet le blocage actif du stimuli non pertinent en mémoire de travail (Houdé, 1999). C'est après la sélection des informations que la mémoire de travail peut traiter les informations nécessaires à un comportement adapté à la situation ou à la tâche en cours. La réussite dans le choix de l'information pertinente dépend des capacités d'inhibition du sujet, ce que met en évidence le concept d'amorçage négatif (Tipper, 1985). L'amorçage traduit un mécanisme de récupération non consciente de l'information de la part du sujet, et qui subit l'influence de la présentation préalable d'un stimulus, c'est-à-dire l'amorce. Cette influence du traitement de l'amorce sur celui de la cible se traduit généralement par une baisse, ou par une augmentation du temps de traitement de l'information cible. L'amorçage est dit négatif lorsqu'il perturbe le traitement de la cible et entraîne un allongement des temps de réponse à un stimulus qui devait être ignoré lors de la tâche précédente (Taconnat, 2005).

D'autres mécanismes, tels que le filtrage des informations, la suppression ou mise à jour des informations qui ne sont plus pertinentes, et la suspension ou la restriction des réponses dominantes au profit des réponses moins fortes ou alternatives, rendent l'inhibition essentielle au bon fonctionnement de la mémoire de travail, (Perret, 2003).

2.1.6.2.3. Les différents processus inhibiteurs

Plusieurs auteurs s'accordent actuellement sur l'idée selon laquelle il n'existerait pas un mécanisme inhibiteur unique, mais au contraire plusieurs processus distincts.

Certains distinguent ainsi l'inhibition contrôlée, intentionnelle ou volontaire, mécanisme exécutif et conscient qui permet le blocage délibéré des réponses dominantes ou automatiques, et l'inhibition automatique, involontaire ou réactionnelle, mécanisme inconscient rapporté comme une réaction résiduelle involontaire du traitement de l'information pertinente (Arbuthnott, 1995).

Friedman et Miyake (2004) distinguent trois types d'inhibition :

- la résistance à l'interférence des distracteurs, c'est-à-dire la capacité à résister à l'interférence d'une information externe non pertinente pour la tâche en cours,
- la résistance à l'interférence proactive, qui est la capacité à résister à des intrusions en mémoire d'une information qui n'est plus pertinente,
- et l'inhibition de la réponse prédominante, c'est à dire la capacité à supprimer la réponse prédominante automatique.

2.1.6.2.4. Evaluation de l'inhibition

De nombreuses tâches expérimentales permettent d'évaluer l'inhibition parmi lesquelles on peut citer :

- Le test de classement de cartes de Wisconsin – WCST : le sujet doit classer des cartes selon un certain nombre de critères qu'il doit déduire, puis une règle de classement est proposée. Cette tâche permet d'identifier des phénomènes de persévération ou un défaut d'inhibition en cas de trop grand nombre d'erreurs.
- La tâche du Hayling (Burgess et Shallice, 1996) permet d'évaluer l'inhibition volontaire avec une tâche de complétude de phrases, d'abord avec la fin attendue, puis avec un mot sans aucun lien de sens avec la phrase.
- La tâche de Go-No Go (Luria, 1966) repose sur un processus de sélection entre exécution et inhibition motrice. Le sujet doit appuyer sur un bouton quand un item cible apparaît, ou ne rien faire lorsqu'un autre item cible apparaît.
- Le Stroop Victoria – adaptation francophone (Bayard, 2009) permet d'évaluer l'inhibition contrôlée, et plus spécifiquement la restriction de réponses automatiques. Le sujet doit tout d'abord donner les couleurs des points qui lui sont présentés ; puis, il doit dénommer la couleur de l'encre dans laquelle sont écrits une série de mot, sans lire le

mot, et enfin il doit dénommer la couleur de l'encre dans laquelle sont écrits des mots désignant des couleurs, toujours en inhibant le mot écrit. L'inhibition nécessaire à la réalisation de la tâche se caractérise par un allongement du temps de réponse : c'est l'interférence Stroop asymétrique.

2.1.6.3. La flexibilité mentale

2.1.6.3.1. Définition

La flexibilité mentale est une fonction exécutive qui permet au sujet de s'adapter aux situations nouvelles dès lors que les procédures apprises et connues ne sont plus une réponse adaptée (Seron, Van der Linden et al., 1999). Dans leurs travaux, Miyake et al. (2000) la décrivent comme la capacité à effectuer un changement en désengageant son attention d'une tâche, d'une procédure ou d'un état mental, afin de l'orienter vers une autre. La flexibilité est un processus cognitif qui, comme l'inhibition, est largement dépendant des capacités et processus attentionnels du sujet (Camus, 1996).

2.1.6.3.2. Flexibilité réactive et flexibilité spontanée

Eslinger et Grattan (1993) distinguent deux types de flexibilité :

- La flexibilité réactive est la capacité à alterner entre plusieurs tâches cognitives, en déplaçant le focus attentionnel d'un stimulus à l'autre. Elle intervient lorsque la réponse à une situation donnée n'est plus adaptée et qu'il est nécessaire de changer de stratégie. Elle est une réponse aux modifications de l'environnement du sujet, et repose sur deux sous-processus : le *switching* qui permet de sortir d'une action pour passer à une autre, et le *shifting* qui permet l'alternance de stratégies.
- La flexibilité spontanée permet quant à elle de produire une suite d'idées ou de réponses suite à une question. Elle fait référence à l'agilité de la pensée, à la recherche active en mémoire. Elle permet ainsi d'évoquer des concepts moins fréquents au détriment des réponses habituelles ou automatiques. Contrairement à la flexibilité réactive, elle ne répond pas à un changement de situation.

Un défaut de flexibilité entraîne un comportement rigide, qui se traduit notamment par des persévérations, qui sont des répétitions de conduites ou de mots (Clément, 2006). Considérées comme des difficultés à se désengager de l'activité en cours pour s'engager sur

une autre, Berthoz (2003) en distinguant trois types : la persévération continue, la persévération récurrente et la persévération d'engluement.

Une diminution de la flexibilité peut s'observer chez les patients cérébrolésés, avec des lésions frontales, mais aussi pariétales et sous corticales (Ergis et Gierkis, 2004). Rappelons cependant que des lésions frontales n'entraînent pas systématiquement de troubles des fonctions exécutives, et en l'occurrence de défaut de flexibilité. Et inversement, un déficit de flexibilité mentale n'est pas uniquement imputable à des lésions frontales (Colette, 2004).

2.1.6.3.3. Évaluation de la flexibilité

La flexibilité réactive s'évalue habituellement avec des épreuves du type Trail-Making Test A et B (1944). Dans la partie A, le sujet doit relier des nombres par ordre croissant le plus vite possible et sans lever le crayon. Puis dans la partie B, il doit relier alternativement un nombre à une lettre toujours dans un ordre croissant. Il s'agit d'évaluer la capacité spontanée à passer d'une tâche cognitive à une autre. Les capacités de flexibilité contrôlée nécessaire à la réalisation de la tâche entraînent un allongement du temps de réponse.

L'évaluation de la flexibilité spontanée repose quant à elle sur la capacité du sujet à produire un nombre continu d'items ou d'actions. Cette évaluation repose essentiellement sur des tâches de fluences verbales, mais aussi de fluences graphiques, ou les séquences de Luria.

Retenons que si l'inhibition et la flexibilité sont deux fonctions exécutives distinctes, elles sont aussi corrélées et dépendantes l'une de l'autre. Ce sont deux processus intimement liés : sans inhibition, aucune flexibilité n'est possible.

2.2. Fonctionnement exécutif au cours du vieillissement non pathologique

2.2.1. Déclin et hétérogénéité des performances

Alors que les connaissances peuvent continuer à se développer au cours du vieillissement, les fonctions exécutives, qui permettent de gérer des imprévus, d'interrompre des tâches routinières, sont très sensibles à l'âge. Selon Baltes (1993), "Le trait central du vieillissement non pathologique est un processus d'accroissement de la vulnérabilité et de réduction des capacités d'adaptation aux variations de l'environnement." Ce processus, qui peut passer inaperçu lorsque la vie quotidienne de la personne âgée est bien réglée, peut

apparaître dans des situations plus difficiles, entraînant des phénomènes de décompensation (Krolack-Salmon et Thomas-Antérion, 2010). Les tests neuropsychologiques permettent d'évaluer l'évolution du fonctionnement exécutif : dans l'ensemble, les performances lors d'épreuves exécutives déclinent avec l'âge (Andres et Van der Linden, 2000).

Comme il a été dit ci-dessus, le contrôle exécutif doit être considéré comme un système unitaire mais diversifié, composé de différents processus distincts mais corrélés. Il semble bien que "l'organisation du fonctionnement exécutif ne se modifie pas fondamentalement avec l'avancée en âge, et surtout que les différentes fonctions restent relativement bien différenciées." (Collette et Salmon, 2014). Les résultats de différentes études notent des atteintes hétérogènes selon la composante exécutive évaluée. La flexibilité — une fois contrôlée la vitesse de traitement — par exemple, serait moins touchée par l'âge que l'inhibition (Etienne et al., 2008). Une évolution intra-individuelle, avec maintien des capacités sur une période donnée et déclin plus sensible à partir d'un certain âge, est également rapportée dans la littérature (Sorel et Pennequin, 2008).

En fait, l'évaluation des fonctions exécutives est délicate car les tâches proposées sont rarement pures. Une tâche de résolution de problème, par exemple, implique des capacités exécutives de flexibilité mais aussi de planification. Une épreuve de flexibilité comme le TMT B nécessite l'intégrité du fonctionnement inhibiteur pour être réussie. L'analyse des performances peut aussi être rendue difficile par l'imbrication des facteurs : le déficit exécutif est-il lié à un déclin cognitif général — le ralentissement de la vitesse de traitement, la baisse des ressources par exemple — ou à une atteinte spécifique des fonctions exécutives? Nous nous intéresserons plus spécifiquement dans les lignes qui suivent aux capacités d'inhibition et de flexibilité, particulièrement sollicitées dans les tâches de fluences verbales.

2.2.1.1. Les capacités d'inhibition

De nombreuses études soulignent une diminution des capacités d'inhibition liée à l'âge. Des effets d'interférence ou des temps de réponse plus longs à l'épreuve de Stroop, des difficultés à inhiber la production d'un mot induit par le contexte dans l'épreuve de Hayling, des difficultés à l'épreuve d'oubli dirigé en mémoire de travail et en mémoire épisodique ont été relevés. Par ailleurs, les procédures du Stop-signal, du GO/NO-GO ont montré que l'inhibition motrice déclinait au cours du vieillissement (pour une revue, Grandjean et Collette, 2011).

Toutefois, certaines recherches, suivant les paradigmes utilisés, ne retrouvent pas cet effet de l'âge. Des personnes âgées peuvent ainsi obtenir des résultats comparables à ceux de sujets jeunes dans certaines tâches, celle de Stroop par exemple (Kieley et Hartley, 1997). De plus, certains auteurs y voient plus un effet de certaines variables cognitives qu'un déficit de l'inhibition en tant que tel (Salthouse, 1996). Les données de la littérature sont donc discordantes, ce qui amène certains auteurs à considérer cette fonction non comme un processus unitaire mais plutôt comme un ensemble de processus distincts. Ainsi, on pourrait établir une distinction selon la fonction cognitive évaluée : motricité, attention, langage (Dempster et Corkill, 1999) ou selon la nature de l'inhibition.

Les données de la littérature suggèrent que l'inhibition contrôlée serait plus sensible aux effets de l'âge que l'inhibition automatique (Postal et Mathey, 2007). Une épreuve d'interférence de Stroop qui met en jeu des processus intentionnels peut être altérée alors qu'une épreuve d'amorçage négatif peut être réussie (Hogge, Salmon et Collette, 2008). D'autres études évaluant le contrôle inhibiteur dans les domaines mnésiques ont permis de mettre à jour une dissociation automatico-volontaire. Les altérations observées portent sur les processus inhibiteurs intentionnels, "indépendamment des capacités mnésiques des participants" (Collette, Germain et al., 2009).

Aucune étude n'a pu mettre en évidence une atteinte spécifique des processus inhibiteurs perceptifs versus moteurs (Collette et Salmon, 2014).

Notons par ailleurs que des expérimentations récentes, (Grandjean et Collette, 2011), semblent montrer que les capacités d'inhibition sont altérées chez les personnes âgées lorsque les ressources de traitement ne sont pas suffisantes.

2.2.1.2. Les capacités de flexibilité

Plusieurs articles soulignent les difficultés des personnes âgées aux épreuves du Trail Making Test (Salthouse et al., 2000), au test de classement de cartes de Wisconsin ou au task-switching. Dans ce dernier type d'épreuves, les psychologues distinguent le switching inter-stimulus et le switching inter-tâches. Dans une tâche de switching inter-stimulus, les sujets doivent diriger leur attention sur une partie d'un stimulus, lettres d'un mot par exemple, puis au bout de quelques essais, sur le stimulus en entier, un mot par exemple. L'allongement du temps nécessaire à la réalisation de la consigne s'explique par la mise en jeu de deux processus : l'inhibition du premier traitement et la re-direction de l'attention sur le deuxième

type de stimulus. En effet, il faut "désengager ses ressources attentionnelles d'un endroit pour les ré-engager dans un autre endroit" (Lemaire & Bherer, 2005). De nombreuses études notent que ce coût cognitif est plus important chez les seniors que chez les sujets plus jeunes (Salthouse et al., 1998). Dans une épreuve de switching inter-tâches, le sujet est invité à refocaliser son attention entre deux tâches différentes, par exemple faire des additions puis des soustractions. Les temps nécessaires pour passer d'une modalité à l'autre sont comparés aux temps mis pour réaliser chaque tâche isolément. Là encore, les études montrent une augmentation du coût de flexibilité avec l'âge et un allongement du temps de réponse par rapport aux sujets jeunes (Kray et al., 2000). Toutefois le déficit concernerait davantage les capacités de flexibilité globales, i.e maintenir en mémoire plusieurs tâches, que les processus de flexibilité spécifiques, i.e la capacité à alterner plusieurs tâches. Les personnes âgées rencontreraient plus de difficultés à maintenir et manipuler en mémoire de travail deux plans mentaux différents qu'à alterner entre ces deux plans mentaux (Wasylyshyn et al., 2011).

Par ailleurs, les résultats des seniors peuvent être divergents d'une étude à l'autre selon le nombre de tâches, les procédures employées et le temps imparti. Il a été montré que les performances des personnes âgées s'améliorent lorsque les conditions sont facilitatrices, en diminuant par exemple la pression temporelle ou en proposant une alternance prévisible (Kray et al., 2002). Certaines études concluent même, en fonction des paradigmes utilisés, à la préservation de la capacité de flexibilité jusqu'à un certain âge. Selon Sorel et Pennequin (2008), les performances des seniors (âge moyen = 68 ans) dans un test PMT ne sont pas significativement différentes de celles d'un groupe de jeunes (âge moyen = 22 ans). Par contre, les résultats des plus âgés (âge moyen = 78 ans) seraient nettement inférieurs à ceux des plus jeunes. La divergence des résultats nécessite donc de prendre en compte d'autres variables non exécutives.

2.2.2. Vers une compréhension des déficits : rôle des ressources de traitement?

Le déclin exécutif pourrait-être en effet lié à une atteinte des ressources de traitement. Ces ressources peuvent être décrites métaphoriquement en termes de temps pour la vitesse de traitement, d'énergie pour les capacités attentionnelles et d'espace pour la mémoire de travail. Elles seraient disponibles en quantité limitée pour effectuer une tâche cognitive et diminueraient au cours de l'âge, ce qui altérerait les performances des seniors. Ainsi pourrait s'expliquer l'effet de complexité observé dans certaines tâches (Luo et Craik, 2008).

2.2.2.1. La mémoire de travail

La mémoire de travail, qui permet de stocker et de manipuler des informations, est fortement liée au fonctionnement exécutif. Elle peut être évaluée de façon a-théorique, i.e sans référence à un modèle général, par des tests d'empan, comme l'empan de lecture ou l'empan calculatoire. Dans ce type d'épreuve, le sujet est invité à effectuer une tâche mentale (lecture et compréhension de phrases dans l'empan de lecture, additions dans l'empan de calcul) et à garder en mémoire un élément (dernier mot de la phrase ou dernier résultat d'opération). Ces paradigmes ont permis de mettre au jour une diminution de l'empan au cours de l'âge, confirmée par de nombreuses études (Hedden et al., 2005).

Certaines évaluations ont aussi été conçues en lien avec le modèle de Baddeley pour mesurer plus précisément les différentes composantes de la mémoire de travail. Ainsi des tâches de running span ont permis de mettre en évidence un déclin de l'administrateur central au cours de l'âge (Andres et Van der Linden, 2000). Dans ce type de tâches, les sujets doivent rappeler les 4 dernières consonnes d'une série de listes de taille différente (6, 8, 10, 12 items). Comme le nombre d'éléments n'est pas donné à l'avance, les sujets ne peuvent pas se concentrer à l'avance sur les derniers items et doivent donc constamment mettre à jour en mémoire de travail la liste des consonnes. Les seniors ont plus de difficultés que les sujets jeunes à rappeler les dernières consonnes lorsque le nombre d'items par liste augmente. Le paradigme de la double tâche a été aussi utilisé pour évaluer l'efficacité de l'administrateur central. L'épreuve se réalise en deux temps : le sujet effectue d'abord deux tâches différentes successivement, puis il les accomplit simultanément. La surcharge cognitive engendrée par la deuxième condition amène l'administrateur central à sacrifier une des deux tâches ou les deux et impacte négativement les performances. La comparaison des résultats entre des groupes jeunes et âgés montre que les capacités de la mémoire de travail diminuent avec l'âge. Par ailleurs, les tâches évaluant le calepin visuo-spatial et la boucle phonologique ont montré un déclin des performances lié à l'âge (Salthouse, 1998).

Les différents protocoles utilisés ont donc permis de mettre en évidence un déclin des capacités de mémoire de travail avec l'âge. Les seniors stockent temporairement et manipulent moins d'informations que les plus jeunes. Cet effet de l'âge pourrait expliquer les difficultés observées lors de certaines tâches exécutives. Les capacités des seniors étant plus limitées au départ que celles des plus jeunes, elles seraient aussi plus vite dépassées lors de certaines épreuves.

Toutefois, d'autres facteurs, comme la vitesse de traitement, peuvent intervenir et influencer sur les performances des sujets âgés.

2.2.2.2. La vitesse de traitement

La vitesse de traitement peut être évaluée par des épreuves de codes tirées de la WAIS. Il s'agit de faire correspondre un chiffre au symbole qui lui est associé dans une table. La performance est évaluée selon le nombre de correspondances correctes réalisées en 90 secondes. Plus le sujet en établit, plus sa vitesse de traitement est élevée. Dans les épreuves perceptives de comparaison de lettres, les sujets doivent dire en 90 secondes si les paires de lettres qui leur sont présentées horizontalement sont identiques ou différentes. Comme pour l'épreuve de codes, plus le nombre de paires correctement jugées augmente, plus la vitesse de traitement est élevée. Or, celle-ci diminue avec l'âge, comme l'ont établi les différents paradigmes. (Salthouse, 1996).

Les conséquences sur le fonctionnement exécutif ne seraient pas négligeables. Des études ont pu établir que le ralentissement cognitif expliquerait par exemple l'effet d'interférence observé chez les seniors lors du test de Stroop (Verhaegen et De Meersman, 1998). Une étude d'Albinet et al., (2012) a montré que la performance à une tâche de temps de réaction rend compte largement des performances à des épreuves mesurant la mise à jour, la flexibilité et l'inhibition. Dernièrement, une étude de Collette, Hogge et Salmon (2015) va dans le même sens que les conclusions d'Albinet : "la vitesse de traitement apparaît prédictive des performances aux épreuves d'inhibition de Stroop et de Stop signal, à une épreuve de mise à jour verbale et à une épreuve d'attention divisée nécessitant le stockage et le traitement simultané des informations."

Toutefois, selon certaines études, la part de l'âge dans les performances exécutives resterait significative et pourrait être mise en lien avec les modifications des structures cérébrales frontales (Philipps et Henry, 2008).

D'autres variables, qu'il est important de prendre en compte, peuvent expliquer le déclin des performances des sujets à certaines épreuves exécutives.

2.2.2.3. Les capacités attentionnelles

L'attention sélective permet de sélectionner une information pertinente pour une tâche cognitive. Elle nécessite d'orienter rapidement les ressources mentales vers un stimulus visuel ou auditif et d'inhiber les informations non pertinentes pour la tâche en cours. Certains processus peuvent être mis en jeu volontairement pour répondre à une consigne directe par exemple. D'autres peuvent agir inconsciemment.

Les données, qui analysent les résultats à différentes tâches de recherche visuelle, ou des tâches de tri de cartes montrent qu'avec l'âge, l'attention sélective diminue. Les sujets âgés rencontrent plus de difficultés à inhiber les informations non pertinentes et à ne pas se laisser perturber par ces dernières. Toutefois, les résultats sont liés à la nature de la tâche : les personnes âgées sont moins gênées lorsque le nombre des distracteurs est limité et qu'ils sont bien distincts de la cible. Les recherches portant sur la modalité auditive confirment ce constat. Les seniors mettent plus de temps à identifier un son cible lorsque ce dernier a été précédé d'un son proche (Gaeta et al., 2001). L'ensemble des données montre donc qu'en vieillissant, il est de plus en plus difficile de ne pas se laisser distraire par les informations non pertinentes. Comme il a été dit supra, ce phénomène pourrait être lié à un ralentissement de la vitesse de traitement.

L'attention divisée est impliquée lorsqu'il faut traiter en parallèle plusieurs informations et allouer les ressources attentionnelles à plusieurs activités simultanément. Cette capacité, très importante au quotidien, semble diminuer avec l'âge : les résultats à des épreuves d'empan arithmétique, d'empan à l'envers, de coordination de double tâche, montrent globalement une dégradation des performances chez les seniors (Verhaegen, Steitz, Sliwinski et Cerella, 2003). Néanmoins, toutes les études ne sont pas convergentes. Les résultats peuvent être hétérogènes, déficitaires à certaines tâches, pas à d'autres. Ainsi, la manipulation simultanée d'informations visuo-spatiales est plus échouée que celle impliquant des informations verbales. De plus, les tâches simples ne donnent pas plus de difficultés aux personnes âgées (Somberg et Salthouse, 1982) et un déficit de gestion de la double tâche n'est pas observé lorsqu'on laisse plus de temps à la personne (De Ribaupierre et Ludwig, 2003).

Certains auteurs expliquent ces résultats par un fractionnement de la fonction attention en plusieurs sous-fonctions inégalement touchées par l'âge (Fournier et al., 2004). Dans cette optique, il conviendrait de distinguer trois types de facteurs : la capacité à traiter

simultanément les informations visuo-spatiales — la plus impactée par l'âge —, la capacité à traiter simultanément les informations verbales et enfin "la capacité à coordonner différents types de traitement ne nécessitant aucun stockage en mémoire de travail." (Collette et Salmon, 2014)

L'attention soutenue correspond à la capacité à rester focalisé sur une tâche cognitive pendant une durée assez longue pour traiter en profondeur une ou plusieurs informations. L'analyse des résultats à des épreuves dites de concentration comme la pendule de Mac Worth, et à des épreuves de détection, fait apparaître un effet de l'âge sur les capacités de concentration (Giambra, 1988). En vieillissant, il devient de plus en plus difficile de maintenir son attention sur une période prolongée.

Ainsi, il apparaît que les déficits exécutifs peuvent s'expliquer par l'influence des ressources de traitement, que les facteurs soient globaux ou spécifiques. Le ralentissement général ou le déclin des capacités de la mémoire de travail et des processus attentionnels influent sur le fonctionnement exécutif. D'autres éléments méritent d'être pris en compte : les modifications cérébrales évoquées dans la première partie peuvent-elles retentir sur les fonctions exécutives ?

2.2.3. Réorganisation cérébrale et déficits exécutifs : phénomènes de compensation ou de dédifférentiation ?

Les modifications de l'activité cérébrale observées avec l'âge sur des tâches de mémoire ont été également observées lors des épreuves exécutives. De manière générale, les seniors mobilisent des régions supplémentaires contralatérales du cerveau par rapport aux sujets jeunes.

Ainsi, une épreuve faisant intervenir la mémoire de travail entraîne l'utilisation du cortex préfrontal dorsolatéral bilatéral et du lobule pariétal inférieur. Quand les sujets âgés utilisent les mêmes réseaux cérébraux, lors d'une tâche d'inhibition, c'est de manière plus intensive (Turner et Spreng, 2012).

Selon les auteurs, ces phénomènes s'expliquent par la mise en jeu de processus de compensation (cf modèle Harold) et/ou de processus déficitaires. Ces deux types de processus peuvent apparaître conjointement lors d'une même tâche exécutive. Une étude de Mattay et al (2006) a montré que, lors d'une tâche de type n-back nécessitant un coût mnésique faible,

limité à 1-back, les seniors utilisent de manière plus intensive des réseaux bilatéraux et obtiennent des résultats comparables aux sujets jeunes. Toutefois, lorsque la tâche devient plus coûteuse, l'augmentation de l'activation bilatérale n'est plus observée et les performances sont inférieures à celles des sujets jeunes. "Des mécanismes de compensation interviennent pour maintenir une performance exécutive optimale lors de la réalisation de tâches peu demandeuses en ressources. Toutefois, lorsque la demande cognitive augmente, ce processus de compensation ne peut plus être maintenu et la performance décline." (Collette et Salmon, 2014).

Des processus liés à la diminution de la production de dopamine dans les régions frontales au cours de l'âge pourraient, selon certains auteurs, expliquer l'utilisation chez les seniors de réseaux plus diffus et moins spécifiques lors de différentes tâches exécutives. Ce phénomène de dédifférentiation a été mis en lumière par exemple pour les processus d'inhibition perceptifs et moteurs, bien différenciés chez les sujets jeunes, et beaucoup moins indépendants chez les seniors. Avec l'âge, on assisterait à une réorganisation partielle du fonctionnement exécutif avec le recours à des ressources communes, moins ciblées "et donc moins efficaces" pour les différentes tâches exécutives (Collette et Salmon, 2014).

En résumé, l'ensemble des données de la littérature tend à prouver que l'âge s'accompagne d'une altération du fonctionnement exécutif. Mais l'hétérogénéité inter et intra-individuelle observée dans les résultats montre que le vieillissement n'a pas un impact global et uniforme sur les fonctions exécutives. Collette et Salmon (2014) proposent plusieurs explications : à l'intérieur de chaque fonction, certains processus pourraient être altérés et d'autres préservés, ou bien certaines fonctions considérées comme unitaires se décomposeraient en plusieurs fonctions distinctes. Ainsi, les processus contrôlés seraient plus sensibles aux effets de l'âge que les processus automatiques. En outre, les déficits exécutifs pourraient relever d'un ralentissement global, d'un déclin au niveau de certaines capacités attentionnelles ou d'une diminution des ressources en mémoire de travail, sans que l'impact de l'âge sur l'efficacité exécutive puisse être éliminé. Enfin, il est possible qu'une certaine réorganisation des fonctions exécutives intervienne dans le vieillissement avec des phénomènes de dédifférentiation et l'implication de réseaux cérébraux plus diffus.

3. Les fluences verbales

3.1. Définition des fluences

Les épreuves de fluences verbales consistent à citer, pendant une durée limitée d'une ou deux minutes, le plus de mots possible correspondant à un critère particulier. En fonction du critère défini dans la consigne, le sujet recherche activement les mots cibles tout en inhibant les autres réponses.

Fortement dépendantes des capacités cognitives du sujet, les fluences verbales sont des outils cliniques de référence, fréquemment utilisées pour l'évaluation de l'évocation lexicale et des fonctions exécutives en rapport avec le langage. Elles permettent d'évaluer la recherche active en mémoire à long terme, mais aussi l'intégrité du stock lexico-sémantique et celle des processus stratégiques de récupération des mots, telles que l'initiation, la flexibilité mentale et l'inhibition (Ergis et Gierski, 2004).

3.2. Les différents types de fluences

Il existe plusieurs types de fluence, dont certaines sont couramment utilisées en orthophonie et neuropsychologie clinique. Les plus fréquentes sont la fluence sémantique et la fluence formelle. Il en existe néanmoins d'autres sortes qui peuvent être administrées seules ou en parallèle. La comparaison des productions informe sur d'éventuelles dissociations entre les processus cognitifs en jeu.

3.2.1. Les fluences catégorielles ou sémantiques

Les fluences, sémantiques ou catégorielles, consistent à dire le plus de mots possible appartenant à la même catégorie sémantique, par exemple les animaux. Considérées généralement comme plus simples à réaliser que les fluences littérales (Ergis et Gierski, 2004), elles nécessitent la production d'items appartenant au même réseau sémantique et reliés entre eux par des relations de classe de subordination ou de coordination.

Le niveau de performance varie en fonction du choix des critères, et notamment en fonction du nombre de mots disponibles dans la langue, de leur fréquence et de leur familiarité (Cardebat et coll., 1990).

La réalisation de tâches de fluidité verbale catégorielle requiert diverses compétences cognitives, dont l'attention, l'activation du lexique phonologique, du stock sémantique et des fonctions exécutives telle que l'initiation, la flexibilité mentale et l'inhibition.

Les épreuves de fluence sémantique sont très fréquemment utilisées en clinique, comme par exemple la fluence verbale catégorielle de Cardebat sur les animaux, fruits ou meubles. Le sujet doit restituer le plus de mots différents en deux minutes, en évitant les répétitions, les mots produits par dérivation et les noms propres. Le relevé des mots se fait par tranche de 15 secondes. Cette épreuve a été adaptée par le Greco dans la batterie GREFEX (Godefroy et al, 2008).

3.2.2. Les fluences littérales ou formelles

Les fluences littérales, aussi appelées phonémiques, phonologiques ou encore formelles, sont des épreuves au cours desquelles le sujet doit produire le plus de mots possible commençant par une lettre donnée, par exemple le [P]. Le critère peut être orthographique si les mots doivent débiter par le même graphème, la lettre [P], ou phonologique lorsque le critère est le premier phonème, le son /p/. Le critère orthographique est le plus fréquent. Le choix de la lettre est un critère important car le défaut de correspondance graphème/phonème peut être source d'erreurs et de confusions. De la même façon, le choix de la lettre utilisée influe sur la difficulté de la tâche, le nombre de mots commençant par une lettre donnée dans la langue variant d'une lettre à l'autre (Gierski et Ergis, 2004).

En fluence littérale, les réseaux sémantiques sont moins concernés qu'en fluence catégorielle, alors que les réseaux alphabétiques, phonétiques et orthographiques sont très fortement activés. L'évocation verbale littérale fait principalement appel au lexique phonologique de sortie. Les fonctions exécutives sont fondamentales pour la mise en place et la régulation des stratégies de recherche pour atteindre les mots cibles et inhiber les non pertinents.

Le test des fluences en [P], [R] et [V] de Cardebat, (1990), est une épreuve clinique classique de fluence formelle.

3.2.3. Fluences d'actions

Les fluences d'actions consistent à évoquer le plus grand nombre possible de verbes indiquant une action. Comme les fluences formelles et catégorielles, cette tâche donne des indications sur la disponibilité et les capacités de récupération des verbes en mémoire à long terme. Sa proposition en parallèle des fluences classiques fournit des informations sur les différences connues dans la littérature entre les performances de productions de substantifs et de verbes (Hillis, 2004).

En effet, plusieurs études mettent en avant l'implication de zones cérébrales distinctes lors du traitement des deux types d'items. Le traitement des noms et des verbes emprunteraient des réseaux neuronaux différents, selon leurs propriétés sémantiques et grammaticales. Ainsi, le traitement sémantique des verbes activerait plutôt les aires frontales motrices, alors que celui des noms reposerait sur les aires temporales. De même, le traitement syntaxique ou grammatical des verbes activerait le cortex préfrontal, et celui des noms, les aires temporales (Boulenger, 2006). Enfin, il semblerait que le nombre de réseaux nécessaires au traitement des noms soit inférieur à celui des verbes. Il n'existe cependant pas de consensus quant à la localisation anatomique des noms et des verbes (Boulange et Martin, 2014).

Par ailleurs, la complexité morphosyntaxique des verbes les rend plus difficile à récupérer et à produire que les noms (Soros, 2003). La production des noms et des verbes repose sur l'activation de processus langagiers et exécutifs différents, ceux des verbes étant plus exigeants sur le plan cognitif (Chaumont et Vuille, 2010). De plus, la contrainte imposée par les fluences d'actions, à savoir, retrouver les éléments de la catégorie lexicale extrêmement large des verbes, implique des capacités exécutives d'organisation et de stratégies de recherche plus importantes (Signorini et coll. 2006). Enfin, la capacité d'évocation de verbes est également très dépendante du niveau éducatif initial (Piatt et coll, 2004).

3.2.4. Les fluences alternées

La fluence alternée consiste à produire le plus de mots possible en alternant systématiquement deux critères différents. Les critères peuvent être de même nature, en alternant par exemple deux catégories distinctes en fluence sémantique, ou deux lettres

différentes en fluence formelle. C'est le cas de l'épreuve de fluence proposée par le Set Test d'Isaac où le sujet doit produire le plus de mots possibles appartenant à différentes catégories prédéfinies : couleurs, animaux, fruits et villes. Pour chaque catégorie, la tâche prend fin lorsque le sujet a nommé 10 mots, ou avant s'il pense ne plus pouvoir en nommer, ou au terme d'une période de 15 secondes. Le score est le nombre total de mots nommés, toutes catégories confondues.

Une épreuve de fluence verbale catégorielle dirigée a également été élaborée par le CMRR de Nice, dans laquelle six sous-catégories d'animaux sont déjà établies. Le sujet dispose d'un temps de réponse de 20 secondes pour répondre à chacune d'entre elles. Il doit ainsi produire des noms d'animaux de la ferme, puis de poissons, d'oiseaux, d'insectes, de reptiles et enfin de fauves. Un score plus élevé en condition dirigée par rapport à la fluence catégorielle classique libre du même thème permet de déduire un déficit de flexibilité mentale plutôt qu'un trouble du lexique.

Il existe également toutes sortes de fluences privatives qui font intervenir la flexibilité et l'inhibition de façon plus importante qu'en situation classique (Haras E., Macia C., 2014). Les fluences privatives peuvent aussi être construites sur le principe de l'alternance de critères. Par exemple une épreuve mêlant fluence sémantique et phonémique par exclusion de phonème et consistant à produire le plus de mots possibles appartenant à la catégorie animaux sauf ceux commençant par la lettre [R] (Deville Z., Meynier J., 2014).

Enfin, nous retiendrons plus particulièrement l'épreuve de fluences alternées du protocole Favier-Boumaza et Galley (2013), objet de notre étude. Ce protocole comprend deux épreuves de fluences alternées, reposant toutes deux sur l'alternance immédiate de deux critères de nature différente, sémantique puis phonologique, et ainsi de suite. La première épreuve consiste donc à produire un mot appartenant à la catégorie déterminée des animaux pour la fluence sémantique, et un mot commençant par la lettre [P] pour la fluence littérale, et la seconde consiste à produire un item appartenant à la catégorie des vêtements et un mot commençant par la lettre [R]. Chaque épreuve dure une minute.

Le passage d'une consigne à l'autre au cours de la même tâche, fait que le contrôle exécutif est nettement renforcé dans les épreuves de fluences alternées. En effet, l'inhibition, la flexibilité mentale, l'attention et la mémoire à court terme, sont particulièrement sollicitées

pour le traitement cognitif et la réussite de la tâche. Particulièrement indiquée pour l'étude de la flexibilité et de l'inhibition, la fluence alternée est au centre de notre étude.

3.3. Analyse des fluences verbales

De grandes variations de performances sont observables entre les individus selon les stratégies utilisées et en fonction des variables autobiographiques comme l'âge, le niveau éducatif initial ou le niveau socio-professionnel acquis. L'analyse des productions renseigne sur les capacités de récupération en mémoire à long terme, sur l'intégrité et l'organisation du réseau lexical et sur la maîtrise des stratégies utilisées à la fois pour produire les bons items, et pour inhiber les réponses non pertinentes. L'analyse peut être quantitative, dynamique et qualitative.

3.3.1. Analyse quantitative

L'analyse quantitative des fluences verbales consiste à comptabiliser le nombre total d'items produits par un sujet pendant un temps défini à l'avance. Elle renseigne sur la capacité de récupération en mémoire à long terme. La comparaison des performances quantitatives aux différents types de fluences verbales permet d'observer d'éventuelles dissociations entre chaque épreuve, et peut donner des indications sur les processus spécifiques mis en jeu selon la tâche.

Une fluence verbale pauvre en nombre d'items peut signifier une perturbation au sein de la structure des connaissances sémantiques ou un problème de récupération de mots en mémoire sémantique. Retenons toutefois qu'un déficit en mémoire de travail ou des difficultés attentionnelles sont des facteurs pouvant impacter le processus de récupération des mots (Troster et al. 1989).

Quel que soit l'âge et le niveau d'études, la production de mots est plus importante en fluence sémantique qu'en fluence formelle. L'accès au lexique semble plus aisé par les réseaux sémantiques que par les réseaux phonologiques ou orthographiques. Il apparaît cependant que l'écart entre les deux types de fluence se réduit quand le niveau éducatif s'accroît, ce qui montre que la fluence formelle serait plus dépendante des apprentissages.

3.3.2. Analyse dynamique

L'étude des fluences verbales est dite dynamique lorsqu'elle distingue le nombre de mots produits par période de temps donnée, en général 15 secondes. Le rythme, la présence de pauses plus ou moins longues entre les mots ou les séries de mots, sont des indicateurs importants des processus exécutifs en jeu au cours de la tâche.

3.3.3. Analyse qualitative

Selon Troyer et coll. (1997), les seules données quantitatives ne rendraient pas suffisamment compte de la complexité des processus cognitifs mis en jeu dans les tâches de fluence verbale. L'analyse quantitative mesurant la performance d'évocation en un temps donné n'est donc pas suffisante, et seule une étude qualitative des productions peut permettre de mettre en évidence la nature des processus sous-jacents dans la réalisation de ces épreuves. L'étude de la production des erreurs est également un indicateur précieux des stratégies employées et/ou des difficultés rencontrées par le sujet.

3.3.3.1. Les différentes stratégies cognitives

3.3.3.1.1. « Clustering » et « Switching »

Troyer et coll. (1997) ont proposé une méthode d'analyse des fluences verbales reposant sur deux processus :

- le *clustering* ou regroupement est un processus visant la production de mots appartenant à une même catégorie selon un critère sémantique ou phonologique. Il illustre l'habileté du sujet à organiser la recherche lexicale en mémoire sémantique et à générer des catégories.
- le *switching* ou transition, correspond à la capacité de passer d'un regroupement à l'autre, quelle que soit sa nature, sémantique ou phonologique. Il désigne le potentiel à élaborer des stratégies de recherche lexicale en mémoire sémantique et à changer de catégorie.

Selon cette analyse, une performance optimale dans les tâches de fluences verbales implique la génération de mots à l'intérieur d'une sous-catégorie par regroupement, et le passage à une autre sous-catégorie par transition, quand la première est épuisée. Le cluster ou

regroupement est organisé autour d'un trait ou critère commun. Il est soit sémantique, soit phonologique. Le cluster formel ou phonologique porte sur une forme commune des items, même début de mot, rime ou homophonie, et le cluster sémantique correspond à une appartenance des items à une sous-catégorie commune, ou à une association fréquente d'items dans le langage courant.

Par conséquent, et à titre d'exemple, pour réussir une tâche de fluence catégorielle portant sur les animaux, le sujet doit être capable de regrouper les items par catégorie sémantique, par exemple les animaux domestiques, et de pouvoir en changer pour les animaux de la ferme, ce qui nécessite une bonne flexibilité mentale. Selon Gierski et Ergis (2004), les productions relevées lors de tâches littérales seraient composées de regroupements de petite taille et de transitions fréquentes, alors que celles des tâches sémantiques seraient constituées de regroupements plus grands et de transitions moins nombreuses. Par ailleurs, alors que le regroupement ou clustering implique des processus temporels avec l'implication de la mémoire verbale sémantique et du lexique phonologique, la transition ou switching implique des processus frontaux, tels que la flexibilité mentale ou les stratégies de recherche.

3.3.3.1.2. Les connexions stratégiques

D'après Ortega et Rémond-Bésuchet (2007), il convient de parler de connexions stratégiques ou de stratégies de connexion, lorsque l'étude des productions du sujet montre la présence de mots répondant à la fois au critère de l'épreuve en cours et à celui de l'épreuve précédente. Ainsi, si dans une épreuve de fluence formelle à partir de la lettre [P], consécutive à une épreuve de fluence sémantique sur les animaux, le sujet produit des noms d'animaux commençant par [P], il peut s'agir d'une connexion stratégique. Il s'agit pour le participant de s'appuyer sur les stratégies de recherche mises en place précédemment, ainsi que sur sa mémoire à court terme et la mémoire de travail pour récupérer les items récemment exprimés.

3.3.3.1.3. Autres stratégies lexicales

D'autres types de stratégies permettent au sujet de produire le plus de mots cibles possibles. L'évocation peut s'appuyer sur des relations hiérarchiques entre unités lexicales dans une même catégorie et procéder par hyperonymie. Il s'agit dès lors pour le sujet de générer une série de mots appartenant à la même unité lexicale et liés par une relation sémantique hiérarchique, du plus général vers le particulier. C'est le cas par exemple si le

sujet exprime l'item poisson, et qu'il énumère ensuite toute une série de poissons différents : sole, baudroie, requin, thon, bar, merlu par exemple. Inversement, le sujet peut procéder par hyponymie, du particulier au plus général.

Par ailleurs, l'émission de mots par déclinaison ou dérivation permet au sujet de produire à partir d'un mot cible, plusieurs mots dits de la même famille. Il s'agit d'un processus de morphologie lexicale ou dérivationnelle, dont le principal procédé retrouvé en fluence est la composition, c'est-à-dire la création d'un nouveau lexème par l'ajout d'un affixe. Par exemple : « pot, potier, poterie ».

3.3.3.2. La production d'erreurs

Comme dans toute évaluation, l'analyse des erreurs du sujet permet de mieux cerner le type de processus cognitifs en cause dans les difficultés du sujet. Les épreuves de fluence verbale mettent en évidence plusieurs types d'erreurs parmi lesquelles les persévérations et les intrus.

Les persévérations sont des répétitions de conduites ou de mots. Elles sont considérées comme des difficultés à se désengager de l'activité en cours pour s'engager sur une autre, (Berthoz, 2003), et sont le signe d'un défaut de flexibilité mentale. En situation de fluence, un déficit de flexibilité peut se traduire par des persévérations de type « Stuck-in-set », c'est-à-dire un trouble de « shifting » ou de passage d'une pensée à l'autre, une rigidité de la pensée. Par exemple, lors d'une tâche de fluence sémantique, le patient persévéra sur la catégorie précédente, par exemple nommer des animaux, alors qu'il lui était demandé de changer de critère. Néanmoins, les persévérations peuvent aussi être dues à un déficit d'inhibition, s'il est difficile pour le sujet d'inhiber une réponse répétitive (Andrès et al, 2004).

Les persévérations ou répétitions semblent indépendantes du niveau éducatif et de l'âge et seraient plus importantes en fluence sémantique qu'en fluence formelle. Cela pourrait s'expliquer par le fait que la production catégorielle fait davantage appel à des processus automatisés, comme les animaux par exemple, alors que les fluences littérales nécessitent une recherche active plus dépendante du contrôle exécutif. Le coût cognitif nécessaire pour le traitement de la réponse dans les épreuves de fluences littérales, à savoir la recherche active et le contrôle exécutif, étant plus importants (Ortega et Rémond-Bésuchet, 2007).

Les intrus sont des mots produits sans rapport avec la consigne ; par exemple un mot commençant par une autre lettre que celle donnée ou ne correspondant pas à la catégorie. Enfin, on peut encore relever d'autres types d'erreurs comme les pauses prolongées, ou toute production exclue par la consigne initiale.

3.4. Variables influençant les performances en fluences verbales

Plusieurs variables ont un impact majeur sur la réussite aux épreuves de fluence et les différentes études réalisées chez le sujet normal ont mis en évidence de grandes variétés de production. La performance en fluence est dépendante à la fois des stratégies utilisées et du quotient intellectuel (Henry et Crawford, 2004), mais également des variables autobiographiques ou inter-personnelles, telles que le niveau éducatif initial ou l'âge du participant (Gierski et Ergis, 2004).

3.4.1. Effet du niveau éducatif initial

L'étude des effets du niveau socio-éducatif sur les performances quantitatives en fluences verbales montre une influence certaine des degrés de scolarisation ; le niveau scolaire a une influence majeure que ce soit en fluence formelle ou en fluence sémantique (Cardebat et coll., 1990 ; Grefex, 2008), avec des performances nettement plus élevées chez les sujets ayant suivi un cursus d'études supérieures. La poursuite d'études supérieures suppose en effet le développement et l'entraînement de nombreuses ressources et systèmes cognitifs, ce qui a un impact non négligeable sur la mémoire sémantique et l'ensemble des processus cognitifs et ressources de traitement (Ortega et RB, 2007).

La part du nombre de mots en fluence formelle par rapport au nombre de mots en fluence sémantique augmente avec le niveau d'études des sujets. Selon Ratcliff et coll., 1998, cela pourrait s'expliquer par les processus d'apprentissage de la langue renforcés par la durée de la scolarité. En effet, les fluences formelles nécessitent des procédures moins spontanées que les fluences sémantiques, et s'appuient sur des réseaux structurés de connaissances alphabétiques, phonémiques et orthographiques. La création, l'enrichissement et l'activation de ces réseaux se poursuivent avec une vie professionnelle, plus ou moins intellectuellement riche, mais qui va souvent de pair avec un niveau d'études plus élevé (Ortega et Rémond-Bésuchet, 2007). De la même façon qu'une activité professionnelle intellectuellement riche a un impact sur les performances en fluence formelle, l'expérience personnelle et les centres

d'intérêts ont pour leur part, une influence sur la richesse de la fluence sémantique, certaines catégories d'items ayant plus de sens pour certains sujets que d'autres (Capitani et coll., 1999).

Enfin le niveau éducatif initial a un impact non seulement sur les performances quantitatives, mais également sur les performances qualitatives, puisque les stratégies de regroupement seraient plus nombreuses chez les sujets dont le niveau d'études est le plus élevé.

3.4.2. Effet de l'âge

Avec l'âge et le vieillissement, les performances aux épreuves de fluence verbale évoluent. Alors que les fluences sémantiques diminuent significativement de façon systématique, toutes les études n'apportent pas les mêmes conclusions concernant les performances des fluences formelles. En effet, soit la fluence littérale n'est pas impactée par l'âge (Troyer et coll., 1997), soit au contraire d'autres auteurs mettent en évidence une amélioration de la fluence littérale avec l'avancée en âge, qui s'expliquerait par un vocabulaire plus important chez les sujets âgés que chez les sujets jeunes (Henry et coll., 2006). Mais globalement, les études constatent une baisse des performances progressive et régulière que ce soit en fluence formelle ou sémantique (Thuillard et Assal, 1991).

Les résultats d'une étude récente de Salicé et coll. (2005) confirment l'influence négative de l'âge sur l'ensemble des scores d'évocation, que ce soit en fluence sémantique, lexicale ou privative, et rejoignent selon les auteurs les conclusions d'études précédentes similaires.

Toujours chez le sujet non pathologique, Favier et Boumaza (2013) note que l'influence de l'âge est différente selon les classes d'âge étudiées. Ainsi les personnes âgées de 80 à 89 ans produisent un nombre moyen de mots significativement inférieur aux participants d'une autre classe d'âge au moins, dans toutes les épreuves de fluence. Plus précisément, les résultats des fluences formelles et des fluences d'actions sont significativement inférieurs aux participants âgés de 70 à 79 ans. De même, les résultats des épreuves de fluence sémantique et de fluences alternées des personnes âgées de plus de 80 ans sont significativement inférieurs aux résultats de tous les autres groupes d'âge.

Par ailleurs, si l'âge a des effets sur les performances quantitatives avec une diminution progressive des productions totales de 60 à 89 ans, son influence se manifeste également au niveau qualitatif avec une maîtrise des stratégies de recherche moins efficace et plus d'erreurs que les sujets plus jeunes (Ortega et Rémond-Bésuchet, 2007). Les répétitions sont en effet plus nombreuses, et cela dans les deux types de fluences, sémantique et formelle ; ce qui tendrait à montrer que des comportements de persévération se mettent en place avec l'âge, indiquant potentiellement une moindre efficacité des fonctions exécutives.

En effet, la diminution du nombre de mots émis, ne signifie pas automatiquement un déficit lexical car, comme nous l'avons vu précédemment, de nombreuses composantes non verbales sont mises en jeu lors des tâches de fluence : l'attention, les fonctions exécutives, mais aussi la fatigue, ou encore le stress généré par le temps imparti pour les épreuves, que ce soit une ou deux minutes.

De même, dans l'étude Salicé et Juhel (2005), les auteurs estiment que la réduction du nombre de mots produits par le sujet âgé non pathologique, que ce soit en fluence sémantique, littérale ou privative, s'explique par une réduction des ressources exécutives, un déficit de contrôle, un ralentissement de la production de mots par l'interférence des réponses antérieures et par une moindre capacité à inhiber des associations non pertinentes à fréquence élevée, dominantes ou typiques.

Chez le sujet pathologique, selon Amieva, (2014), la sensibilité des fluences verbales, et le nombre de processus cognitifs nécessaires pour le traitement de ce type de tâche, en fait un marqueur de détérioration cognitive précoce avec une dégradation des performances 10 à 12 ans avant la démence.

3.5. Rôle des fonctions exécutives dans les fluences verbales

En situation de communication, et notamment en situation de production orale, les locuteurs activent les processus de contrôle exécutif pour organiser leurs pensées, pour sélectionner le mot juste et inhiber les propositions non pertinentes, pour coordonner les productions linguistiques, pour parvenir à une interprétation cohérente du discours et également pour adapter leur production au contexte en cours (Zheng Ye, Xiaolin Zhou, 2009). Par ailleurs, d'après le modèle de Collins et Quillian (1969), la production d'items s'appuierait sur l'existence de nœuds hiérarchisés en arborescence au sein de la mémoire

sémantique, au sein de laquelle un mot inducteur activerait un nœud donné et la production se ferait par propagation de nœud en nœud. La qualité et l'intensité de la recherche active conditionnent le passage d'un nœud à l'autre, et rendent l'exploitation des différents réseaux sémantiques et phonologiques plus ou moins efficace.

Les tâches de fluence verbale mettent en jeu la mémoire à long terme, les processus d'évocation lexicale, la mémoire de travail et font intervenir des compétences relevant des fonctions exécutives, en requérant des capacités d'organisation et de mise en œuvre de stratégies (Henry et Crawford, 2004). Ainsi, même si la mémoire sémantique est garante du stock lexical disponible, le fonctionnement exécutif conditionne un accès au lexique optimal. La fluence verbale requiert donc la création de nouvelles stratégies d'organisation et de recherche, et le processus d'inhibition empêche la production d'erreurs, d'intrus ou de répétitions. En effet, éviter de dire un mot ne correspondant pas au critère requis ou un mot déjà produit, demande à la fois de mémoriser la consigne et les réponses antérieures et d'inhiber ces dernières ainsi que les réponses fausses (Ortega et Rémond-Bésuchet, 2007).

Cependant, certains auteurs estiment que les fluences phonémiques nécessiteraient la suppression d'un comportement habituel, qui consiste à utiliser les mots selon leur signification, alors que ce mécanisme ne serait pas nécessaire pour les fluences catégorielles. Ainsi, les processus exécutifs et la mémoire à long terme seraient différemment sollicités par les divers types de fluences, les fluences formelles s'appuyant davantage sur les fonctions exécutives, et les fluences catégorielles faisant plus appel à la mémoire sémantique (Perret, 1974). D'autres auteurs ont toutefois montré que les deux types de fluences solliciteraient des processus exécutifs de même nature et ce avec la même intensité (Henry et Crawford, 2004).

Par conséquent, un désordre exécutif peut s'observer dans des tâches de fluences qui dépendent fortement des fonctions exécutives, et notamment de l'inhibition et de la flexibilité mentale, fonctions essentielles dans les épreuves de fluences verbales.

En effet, c'est le processus d'inhibition qui rend possible la sélection lexicale ainsi que l'élimination des candidats lexicaux non appropriés (Frauenfelder, Nguyen, 2003). Par conséquent, un déficit d'inhibition d'items non pertinents, pourrait expliquer la difficulté de récupération d'un mot et entraîner un déficit de fluence ou le phénomène du mot sur le bout de la langue (Mathey, Postal, 2011). De même, la flexibilité mentale est fondamentale pour la réussite des tâches de fluences verbales en permettant le regroupement d'items et le passage

d'une catégorie ou d'un regroupement à l'autre pour une récupération optimale des items recherchés (Gierkis et al, 2004). Gil définit la flexibilité mentale comme une fonction difficilement séparable du contrôle inhibiteur (Gil, 2010), et cela est d'autant plus pertinent dans les tâches de fluences alternées qui sollicitent fortement la flexibilité mentale et l'inhibition avec des changements de critères permanents.

Les fonctions exécutives sont toujours sollicitées lors des épreuves de fluence verbale qui s'appuient sur de nombreuses capacités cognitives. Ce sont des épreuves simples reposant sur des mécanismes complexes, qui nécessitent l'intégrité des fonctions mnésiques, attentionnelles et exécutives (Moritz-Gasser, 2013). Les systèmes de mémoire à long terme et de mémoire de travail, les ressources attentionnelles, les mécanismes d'accès au lexique ou d'évocation, et les processus d'initiation, de stratégie, de flexibilité mentale, d'inhibition et de contrôle sont activement mis en jeu dans les tâches de fluences verbales, qui sont de précieux indicateurs du fonctionnement exécutif.

4. Conclusion et problématique

La revue de littérature montre que le fonctionnement exécutif est globalement moins performant au cours de l'âge. Toutefois de fortes disparités inter et intra individuelles sont notées selon la composante évaluée, le test choisi et le niveau éducatif. La complexité et le fractionnement des fonctions exécutives nécessitent donc d'avoir des outils d'évaluation variés et précis.

Alors que les épreuves de fluences verbales sont très utilisées en clinique pour évaluer les processus exécutifs à l'œuvre dans le langage, peu de recherches portent sur les fluences alternées. Or, ces dernières sollicitent plus fortement que les fluences classiques les capacités d'inhibition et la flexibilité mentale.

En nous concentrant sur l'étude des processus exécutifs à l'œuvre dans ce type de tâche chez des sujets non pathologiques, en tenant compte de l'âge et du niveau éducatif initial, le protocole de fluences alternées pourrait être un outil de dépistage précoce des troubles exécutifs verbaux.

PARTIE EXPERIMENTALE

1. Hypothèse de recherche

Au cours du vieillissement non pathologique, les performances aux épreuves de fluence sémantique et formelle d'une part, et aux épreuves de fluence de verbes d'action et de fluences alternées d'autre part sont modifiées.

2. Dispositif méthodologique

Les épreuves de fluences alternées ne sont pas standardisées. Notre recherche, qui s'inspire du travail de Favier-Boumazza, C et Galley, M, (2013) porte spécifiquement sur les productions d'une population adulte mature et âgée, et a donc pour objectif de constituer un groupe d'étude non pathologique de sujets âgés de 50 à 89 ans.

Nous reproduisons le protocole de l'étude que nous prolongeons et qui a été encadrée par Ch. Gény, neurologue au CHU de Montpellier, et Ch. Rémond-Besuchet, orthophoniste. Ce protocole se caractérise d'une part par la brièveté des tâches de fluence, et d'autre part, par la prise en compte du niveau éducatif initial avec la constitution de trois groupes de niveau éducatif distincts. Nous ne retenons pas le critère de sexe.

Compte tenu de l'hypothèse de recherche, nous mettons en place un matériel expérimental à partir duquel nous vérifierons l'impact de l'âge, du niveau éducatif initial sur les performances en fluences verbales. Nous comparerons ensuite les résultats aux épreuves de fluence avec les résultats aux tests du Stroop Victoria et du TMT afin de mettre en évidence d'éventuelles corrélations.

Après avoir décrit les critères d'inclusion de la population, nous présenterons donc le matériel utilisé et la procédure de passation du protocole. Enfin nous exposerons les différents outils statistiques utilisés pour le traitement des données.

2.1. Population d'étude

2.1.1. Critères d'inclusion

Nous constituons une population d'étude de sujets :

- Agés de 50 à 89 ans
- De langue maternelle française
- Sans pathologie démentielle avérée.

L'inclusion de chaque participant est donc subordonnée à la réussite d'un ensemble de pré-tests cognitifs décrits ci-après (cf. 2.2.1 p. 62).

Nous recrutons également quelques sujets de plus de 90 ans pour une observation clinique.

2.1.2. Critères d'exclusion

Nous excluons de l'étude les sujets daltoniens en raison de leur incapacité à effectuer l'ensemble des tests du protocole.

2.1.3. Répartition de la population

Les sujets inclus dans l'étude sont distribués en quatre classes d'âges réparties par décennie :

- 50-59 ans
- 60-69 ans
- 70-79 ans
- 80-89 ans

Dans chaque tranche d'âge, les participants sont répartis selon **3 niveaux éducatifs** :

- Niveau 1 : niveau scolaire inférieur au baccalauréat.
- Niveau 2 : niveau scolaire équivalent au baccalauréat jusqu'à Bac + 2
- Niveau 3 : études supérieures, diplôme reconnu au minimum Bac + 3.

2.2. Matériel

Le protocole complet de l'étude repose sur un dispositif en deux parties : les passations débutent par une série de pré-tests comprenant différentes épreuves sensibles aux troubles cognitifs. En cas de score suffisant, nous soumettons le participant aux épreuves du protocole de fluences alternées.

2.2.1. Pré-tests cognitifs d'inclusion

Les pré-tests d'inclusion visent à écarter de l'échantillon d'étude les participants présentant des résultats pouvant orienter vers une pathologie démentielle.

- **Le MMS** de M. F. Folstein et coll. (1975) permet d'obtenir une vision globale des capacités cognitives d'un individu. Il se compose de 30 items explorant l'orientation temporo-spatiale, l'apprentissage verbal, la mémoire, l'attention et le calcul, le rappel de

mots, le langage en répétition et en compréhension et les praxies visuo-constructives. Epruvé auprès des neurologues, le MMS est un test de passation rapide qui permet de limiter la fatigabilité du participant, critère important lorsqu'il s'agit d'une population pathologique et/ou âgée. La cotation se fait en ajoutant les points obtenus pour chaque item, le score maximal étant de 30/30. Un score inférieur à 24/30 est considéré comme indicateur d'un trouble cognitif pouvant être en lien avec le début d'une démence.

Nous retenons le score de 24/30 pour l'inclusion dans l'étude.

- **Le Test des 5 mots** de B. Dubois (2001) évalue les capacités de mémorisation en rappel immédiat et différé afin de repérer la présence d'un trouble mnésique. Il permet d'approfondir l'épreuve d'apprentissage contenue dans le MMS et d'analyser les capacités d'encodage et de récupération, avec une demande de rappel immédiat et un rappel différé de 5 mots issus de catégories sémantiques différentes. En cas de difficulté, un indice est prévu. Ce test s'effectue en deux fois en proposant une tâche attentionnelle distractive entre les deux rappels. Chaque rappel est noté sur 5, ce qui donne un total de 10 points. Le score maximal permet d'envisager l'absence d'un trouble mnésique majeur.

Nous retenons le score de 10/10 pour l'inclusion dans l'étude.

- **Le Test de l'horloge** est une épreuve qui explore principalement les capacités visuo-constructives. Elle vise à produire les nombres inscrits sur le cadran d'une horloge puis à indiquer une heure en dessinant les aiguilles dans la position adéquate. Plusieurs cotations existent pour ce test. Nous avons choisi d'appliquer la notation sur 7, qui est le barème le plus souvent appliqué dans le cadre d'une analyse rapide. Un résultat inférieur à 4 est considéré comme anormal par les Centres Mémoire de Ressource et de Recherche.

Nous retenons le score de 5/7 pour l'inclusion dans l'étude.

- **La dénomination orale du Protocole Montréal Toulouse 86** : le sujet doit dénommer sans erreurs 31 images représentant des objets et des actions.

Nous retenons le score total de 31/31 pour l'inclusion dans l'étude.

En cas de score éliminatoire à l'un des tests d'inclusion, la passation est interrompue, et en cas de score suffisant, nous soumettons le sujet aux épreuves du protocole de fluences alternées.

2.2.2. Protocole de fluences alternées

Le protocole étudié comprend deux tests évaluant les fonctions exécutives, le TMT et le Stroop Victoria, puis une série de six fluences verbales.

- **Le TMT A et B** est un test qui permet d'évaluer la flexibilité réactive. Dans la partie A, le sujet doit relier des nombres par ordre croissant le plus vite possible et sans lever le crayon. Puis dans la partie B, il doit relier alternativement un nombre à une lettre toujours dans un ordre croissant. Il s'agit pour le sujet d'évaluer sa capacité spontanée à passer d'une tâche cognitive à une autre. Les capacités de flexibilité contrôlée nécessaire à la réalisation de la tâche entraînent un allongement du temps de réponse. Nous ne retenons pas les écarts à la norme, mais les scores temps et erreurs pour les comparer aux résultats quantitatifs et qualitatifs des fluences verbales.
- **Le Stroop Victoria** est un test permettant d'évaluer l'inhibition basée sur l'effet d'interférence mis en évidence par J.R. Stroop (1935). L'adaptation francophone a été réalisée par S. Bayard et coll. en 2009. Cette forme réduite est particulièrement adaptée à une population âgée et/ou pathologique pouvant présenter une fatigabilité importante. L'épreuve est chronométrée, et la cotation repose sur la comptabilité des erreurs planche par planche, et sur le temps nécessaire à la réalisation de la tâche. La cotation utilisée est celle de Bayard et coll. (2009). Cependant, même si nous avons relevé l'ensemble des scores temps et erreurs, corrigées, non corrigées et totales, aux trois planches de l'épreuve, nous avons choisi de ne retenir que les scores temps des planches 1-C, et 3-I, et le score erreurs de la planche 3-I pour une comparaison avec les résultats quantitatifs et qualitatifs des fluences verbales. Par conséquent, nous ne retenons pas les écarts à la norme, et nous ne calculons pas les différents indices d'interférence.
- **Les fluences verbales** sont des tâches classiques en orthophonie qui permettent d'observer l'accès au lexique en mémoire à long terme et la mobilisation des différents processus cognitifs. Les fluences verbales renseignent sur les capacités d'initiation-inhibition verbale, de mise à jour en mémoire de travail et de flexibilité mentale. Nous proposons six épreuves de fluences verbales, dont trois sont relativement peu utilisées en pratique clinique. Cependant, au vu des éléments rapportés dans la littérature, elles peuvent s'avérer sensibles aux caractéristiques que nous souhaitons étudier et peuvent

permettre d'avoir des données plus précises sur le fonctionnement exécutif des participants, notamment en termes d'inhibition et de flexibilité cognitive. Ainsi, des épreuves courtes de fluence de verbes d'action et de fluences alternées sont proposées en complément de la fluence sémantique et des fluences formelles.

Les épreuves de fluence verbales sont les suivantes :

- Epreuve de fluence sémantique : catégorie des Animaux.
- Epreuve de fluence formelle : mots commençant par la lettre [P].
- Epreuve de fluence formelle : mots commençant par la lettre [S].
- Epreuve de fluence de verbes d'action.
- Epreuve de fluences alternées : mots en [P] et catégorie Animaux.
- Epreuve de fluences alternées : mots en [R] et catégorie Vêtements.

Le temps de passation est limité à 1 minute pour chaque item. Les consignes sont données oralement et par écrit, puis sont cachées avant le début de l'épreuve. Si nécessaire, une explication complémentaire, voire un exemple, sont donnés. Chaque épreuve est chronométrée.

2.3. Procédure de passation

L'ordre de passation de l'ensemble des épreuves de l'étude est le suivant :

- MMS
- Test des 5 mots de Dubois : rappel immédiat
- Test de l'horloge
- Test des 5 mots de Dubois : rappel différé
- Dénomination orale (PMT 86)
- TMT A et TMT B
- Stroop Victoria
- Epreuves de fluences verbales

La durée d'une passation complète est de l'ordre de 30 minutes minimum.

- Pour respecter l'anonymat, nous attribuons un numéro d'ordre à chaque participant.
- Au début de l'entretien, nous recueillons des éléments d'anamnèse, à savoir l'âge, le niveau éducatif initial, la langue maternelle.

- Les consignes des fluences verbales sont données simultanément oralement et par écrit, puis sont retirées avant le début de l'épreuve. Si nécessaire, une explication complémentaire, voire un exemple, peuvent être donnés, mais les consignes sont réduites au minimum pour ne pas orienter les participants sur d'éventuelles stratégies.
- Chaque passation s'effectue individuellement sur le lieu convenu par les participants. Les productions des participants sont chronométrées, enregistrées et transcrites sur une feuille de relevé détaillée.

2.4. Cotation choisie pour l'analyse des fluences

L'analyse quantitative des performances repose sur la comptabilisation du nombre d'items, déduction faite des erreurs et répétitions, tandis que *l'analyse qualitative* s'effectue sur la base du type d'erreurs et de répétitions, et sur le nombre et le type de clusters et de switches. En l'absence de règles standardisées pour le calcul de ces derniers, nous choisissons de compter un cluster quand deux items minimum appartiennent à la même catégorie, qu'elle soit sémantique ou formelle. Nous comptons un switch à chaque passage d'un cluster à un autre, sans item isolé entre les deux.

2.5. Outils statistiques

Les données recueillies sont collectées sur des tableurs, et leur traitement statistique repose sur plusieurs types de tests que nous réalisons avec le logiciel SPSS :

- Test d'ajustement des fréquences des groupes issus de la répartition de la population, avec le test du χ^2 de Pearson,
- Test d'adéquation de la distribution à une loi normale (Coefficient de Fisher, Shapiro-Wilk),
- Test d'homogénéité ou d'égalité des variances (Levene),
- Test de comparaisons de moyennes paramétriques (Anova 1) et non paramétriques (Kruskal-Wallis) pour étudier les effets significatifs des variables indépendantes,
- Test d'analyse factorielle pour étudier les interactions des facteurs entre eux,
- Test de comparaisons multiples post hoc pour identifier les moyennes ayant contribué aux effets significatifs des variables (Test de Bonferroni),
- Test de comparaisons pour échantillons appariés (Test T),
- Test de corrélations pour définir le degré d'indépendance des variables (Pearson, Spearman).

3. Présentation et analyse des résultats

3.1. Description de la population

3.1.1. Recrutement des participants

Les participants sont sollicités par connaissance ou sur demande. Pour optimiser le recrutement, nous demandons à chacun des participants de nous recommander des personnes de leur connaissance. Nous procédons également à des recrutements par l'intermédiaire de groupes de rencontres et d'activités comme la marche ou le bridge, dans l'Hérault, le Gard et en Bretagne, en milieu urbain et rural, sur une période allant de juillet 2015 à janvier 2016.

3.1.2. Répartition des effectifs

A l'issue des passations, nous comptons 164 participants répartis en douze classes : 4 tranches d'âges elles-mêmes réparties en 3 niveaux éducatifs.

Effectifs par tranche d'âge et par niveau éducatif

Tranche d'âge	NEI			Total
	1	2	3	
50-59	12	14	16	42
60-69	17	16	13	46
70-79	17	13	11	41
80-89	13	11	11	35
Total	59	54	51	164

Tableau 1 : Répartition des participants par âge et par niveau éducatif initial (NEI)

Au cours des passations, dix personnes n'ont pas été intégrées en raison de scores insuffisants aux pré-tests cognitifs. Un sujet a été exclu pour daltonisme ; il ne pouvait pas faire le test du Stroop Victoria reposant sur la dénomination de couleurs.

3.2. Préalables au choix des tests statistiques

3.2.1. Ajustement de la distribution des fréquences de l'échantillon

Afin de vérifier l'ajustement de la distribution des fréquences des différentes classes constituées avec une distribution théorique, nous réalisons un test de χ^2 (chi-deux) de Pearson. L'hypothèse nulle suppose que la distribution des effectifs observés n'est pas significativement différente des effectifs théoriques, avec un risque d'erreur de 5% (0.05). Nous effectuons un premier test pour les effectifs observés par tranche d'âge tous niveaux éducatifs confondus, et un second pour les effectifs observés par niveau éducatif, tous âges confondus. Dans les deux cas, nous obtenons un p-value supérieur à 0.05 (respectivement 0.679 et 0.742) ; nous ne pouvons donc pas rejeter l'hypothèse nulle.

La distribution des fréquences dans les classes d'âge observées, tous niveaux éducatifs confondus, ainsi que la distribution des classes de niveau éducatif observées, tous âges confondus, ne sont pas significativement différentes de la distribution supposée dans la population. Ces résultats nous permettent de procéder à des analyses comparatives des données selon les différents groupes de l'échantillon.

3.2.2. Normalité de la distribution des données et égalité des variances

Afin de déterminer le test statistique à appliquer, nous vérifions au préalable l'adéquation de la distribution des variables de l'échantillon à une loi normale. Nous réalisons tout d'abord un test de normalité de Shapiro-Wilk. Toutefois, celui-ci étant plus adapté pour des petits effectifs ($n < 50$), nous contrôlons ensuite si la distribution des données est compatible avec l'hypothèse de normalité à l'aide du coefficient d'asymétrie de Fisher. Nous testons en premier lieu l'ensemble des données issues de l'échantillon sans prise en compte des facteurs ayant permis la constitution des sous-groupes, puis les données issues de la répartition des sujets en fonction de la tranche d'âge, et enfin les données issues de la répartition des sujets en fonction du niveau éducatif initial. Lorsque la distribution est compatible avec l'hypothèse de normalité, nous pouvons appliquer des tests paramétriques.

De la même façon, nous poursuivons par l'examen de l'homogénéité ou l'égalité de l'ensemble des variances des variables de l'échantillon avec le test de Levene.

Par conséquent, lorsque les données sont issues d'une distribution normale avec une variance égale, nous appliquons des tests paramétriques. A l'inverse, nous appliquons des tests non paramétriques lorsque les données ne sont pas compatibles avec l'hypothèse de normalité, et/ou que les variances des variables ne sont pas homogènes (cf. 2.4 p. 66) pour le détail des tests statistiques).

3.3. Effets des variables indépendantes « âge » et « niveau éducatif »

Nous recherchons la présence ou non d'un effet significatif de la tranche d'âge et/ou du niveau éducatif sur les résultats quantitatifs et qualitatifs aux épreuves de fluences verbales. Nous examinons tout d'abord les résultats de l'échantillon (n = 164) en fonction de l'âge puis en fonction du niveau éducatif ; nous poursuivons par l'étude de l'effet du niveau éducatif dans les sous-groupes pour chaque tranche d'âge.

3.3.1. Effets des variables sur la population totale

3.3.1.1. Effet de l'âge sur les performances en fluence verbale

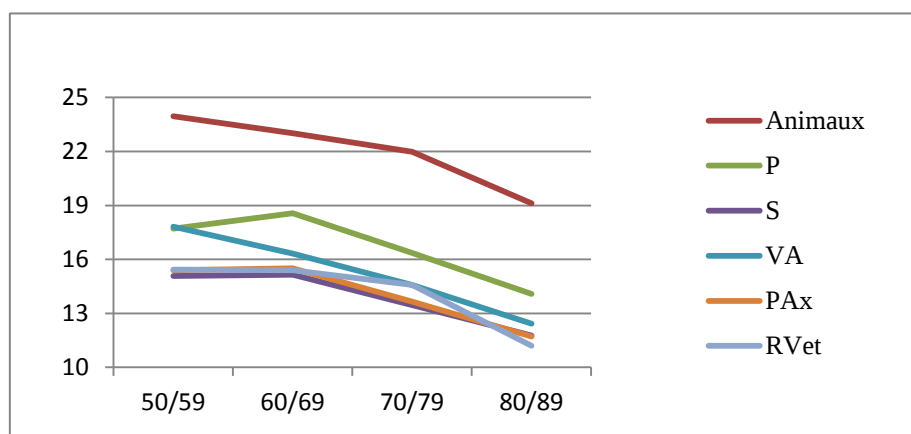


Figure 2 : Nombre de mots moyens dits en fluences verbales en fonction de la tranche d'âge

Les résultats des analyses de variance montrent une diminution du nombre de mots produits avec l'avancée en âge dans toutes les fluences. Les sujets les plus âgés produisent moins de mots que les plus jeunes, quel que soit le type de fluence verbale.

Les résultats quantitatifs et qualitatifs pour chaque fluence sont les suivants :

3.3.1.1.1. Fluence sémantique

3.3.1.1.1.1. Analyse quantitative

	Nombre moyen de mots	Ecart-type
50-59	23,95	5,85
60-69	23,02	4,46
70-79	21,97	4,78
80-89	19,11	4,06

Tableau 2 : Nombre moyen de mots dits en fluence sémantique par tranche d'âge.

Cette épreuve est celle qui amène les sujets, tous âges confondus, à produire le plus grand nombre de mots (cf. tableau 3). Nous constatons une diminution de la production de mots lors de l'avancée en âge.

Les résultats ($p = 0,000$) montrent une différence significative entre les performances des sujets les plus âgés et celles des autres tranches d'âge.

3.3.1.1.1.2. Analyse qualitative

Erreur

Aucune erreur n'a été observée dans ce type de fluence, quel que soit l'âge des sujets.

Répétitions

	Nombre moyen de répétitions	Ecart-type
50-59	0,54	0,96
60-69	0,32	0,59
70-79	0,29	0,46
80-89	0,60	0,91

Tableau 3 : Nombre moyen de répétitions en fluence sémantique par tranche d'âge.

Le nombre de répétitions est très faible dans toutes les tranches d'âge. Les sujets les plus âgés sont ceux qui en commettent le plus, (40%), suivis de près par la tranche des 50/59 ans (35,71%). Toutefois, les comparaisons ($p = 0,406$) ne montrent pas de différence significative entre les groupes.

Clusters sémantiques

	Nombre moyen de clusters sémantiques	Ecart-type
50-59	4,71	1,64
60-69	4,41	1,49
70-79	4,02	1,40
80-89	3,34	1,32

Tableau 4 : Nombre moyen de clusters sémantiques en fluence sémantique par tranche d'âge.

Clusters phonologiques :

	Nombre moyen de clusters phonologiques	Ecart-type
50-59	0,45	0,77
60-69	0,58	1,00
70-79	0,56	0,97
80-89	0,74	1,19

Tableau 5 : Nombre moyen de clusters phonologiques en fluence sémantique par tranche d'âge.

Nous constatons que, dans ce type de fluence, les sujets, tous âges confondus, produisent plus de clusters sémantiques que de clusters phonologiques. La part des clusters formels, davantage utilisés par les plus âgés, est faible mais aucune différence significative entre les groupes n'a pu être mise en évidence ($p=0,76$).

Les résultats ($p=0,001$) montrent que les sujets les plus âgés génèrent significativement moins de catégories sémantiques que tous les autres. Ce résultat est sans doute à mettre en lien avec le nombre de mots produits par ces mêmes sujets.

Switches

	Nombre moyen de switches	Ecart-type
50-59	3,90	1,94
60-69	3,63	1,67
70-79	3,56	1,16
80-89	2,88	1,38

Tableau 6 : Nombre moyen de switches en fluence sémantique par tranche d'âge.

Les résultats ($p=0,043$) montrent un effet significatif de l'âge sur le nombre de switches. Les 80-89 ans produisent moins de switches que les autres tranches d'âge.

3.3.1.1.2. Fluences phonologiques

3.3.1.1.2.1. Analyse quantitative

Lettre [P] :

	Nombre moyen de mots	Ecart-type
50-59	17,71	4,94
60-69	18,56	4,47
70-79	16,36	4,80
80-89	14,08	3,78

Tableau 7 : Nombre moyen de mots produits en fluence formelle en [P] par tranche d'âge.

Lettre [S] :

	Nombre moyen de mots	Ecart-type
50-59	15,07	4,38
60-69	15,15	4,49
70-79	13,46	3,56
80-89	11,77	3,36

Tableau 8 : Nombre moyen de mots produits en fluence formelle en [S] par tranche d'âge.

Nous constatons que les sujets produisent moins de mots commençant par [S] que par [P]. Les résultats ($p = 0,001$) montrent un effet significatif de l'âge sur la production de mots répondant à un critère phonologique. Ainsi, les 80-89 ans produisent moins de mots commençant par [P] ou par [S] que les deux premières tranches.

Les performances des 60-69 ans sont supérieures à celles des 50-59 ans dans ce type de fluence. Par contre, contrairement à la fluence en [P], les 50-59 ans et 60-69 ans ont des performances assez proches.

3.3.1.1.2.2. Analyse qualitative

Erreurs

Les erreurs sont très peu nombreuses (nombre moyen inférieur à 0,07).

Répétitions

Lettre [P] :

	Nombre moyen de répétitions	Ecart-type
50-59	0,21	0,47
60-69	0,36	1,04
70-79	0,19	0,40
80-89	0,17	0,38

Tableau 9 : Nombre moyen de répétitions à l'épreuve de fluence formelle en [P] par tranche d'âge.

Lettre [S]

	Nombre moyen de répétitions	Ecart-type
50-59	0,33	0,72
60-69	0,26	0,68
70-79	0,12	0,33
80-89	0,17	0,45

Tableau 10 : Nombre moyen de répétitions à l'épreuve de fluence formelle en [S] par tranche d'âge.

Le nombre moyen de répétitions pour les deux critères phonologiques est faible, et aucune différence significative entre les tranches d'âge n'est mise en évidence. Les sujets de 60/69 ans et 70/79 ans sont ceux qui font le plus de répétitions avec la lettre [P] (respectivement 19,57% et 19,51%), alors que ce sont les sujets de la tranche 50/59 ans qui en produisent le plus avec la lettre [S] (21,43%).

Clusters sémantiques

Lettre [P]

	Nombre moyen de clusters sémantiques	Ecart-type
50-59	0,92	1,11
60-69	0,97	0,99
70-79	0,78	0,85
80-89	0,60	0,77

Tableau 11 : Nombre moyen de clusters sémantiques en fluence formelle en [P] par tranche d'âge.

Lettre [S]

	Nombre moyen de clusters sémantiques	Ecart-type
50- 59	0,64	0,85
60-69	0,58	0,74
70-79	0,39	0,54
80-89	0,45	0,70

Tableau 12 : Nombre moyen de clusters sémantiques en fluence formelle en [S] par tranche d'âge.

Clusters phonologiques

Lettre [P]

	Nombre moyen de clusters phonologiques	Ecart-type
50-59	2,33	1,60
60-69	3,17	2,18
70-79	2,60	2,02
80-89	2,34	1,57

Tableau 13 : Nombre moyen de clusters phonologiques en fluence formelle en [P] par tranche d'âge.

Lettre [S]

	Nombre moyen de clusters phonologiques	Ecart-type
50-59	2,16	1,65
60-69	2,43	1,78
70-79	2,09	1,33
80-89	1,82	1,15

Tableau 14 : Nombre moyen de clusters phonologiques en fluence formelle en [S] par tranche d'âge.

Nous constatons une différence entre la production de clusters sémantiques et phonologiques. Les fluences littérales semblent induire préférentiellement le recours à la stratégie de groupement phonologique, tous âges confondus. La part des clusters sémantiques reste faible. Les sujets qui produisent le plus de groupements phonologiques sont les 60-69 ans mais l'effet de l'âge n'est pas significatif ($p=0,132$ pour P ; $p=0,578$ pour la lettre S).

Switches

Lettre [P]

	Nombre moyen de switches	Ecart-type
50-59	1,95	1,92
60-69	2,45	2,15
70-79	2,29	1,95
80-89	1,97	1,68

Tableau 15 : Nombre moyen de switches en fluence formelle en [P] par tranche d'âge.

Lettre [S]

	Nombre moyen de switches	Ecart-type
50-59	1,64	1,63
60-69	1,56	1,50
70-79	1,34	1,29
80-89	1,28	1,07

Tableau 16 : Nombre moyen de switches en fluence phonologique en [S] par tranche d'âge

Aucun effet significatif de l'âge sur le nombre de switches n'est observé, quelle que soit la lettre proposée aux sujets ($p= 0,578$ avec la lettre [P] ; $p= 0,619$ avec la lettre [S]).

3.3.1.1.3. Fluence d'action

3.3.1.1.3.1. Analyse quantitative

	Nombre moyen de mots	Ecart-type
50-59	17,80	4,79
60-69	16,32	4,23
70-79	14,58	3,74
80-89	12,42	3,81

Tableau 17 : Nombre moyen de mots produits en fluence de verbes d'action par tranche d'âge

Les données observées révèlent une influence de l'âge. Les scores les plus importants sont obtenus par les 50-59 ans et diminuent progressivement avec l'âge. Les comparaisons font apparaître une différence significative entre les résultats des sujets de 80-89 ans et ceux des autres sujets ($p=0,003$). L'effet de l'âge semble concerner les plus âgés qui produisent moins de verbes d'action que les autres sujets.

3.3.1.1.3.2. Analyse qualitative

Erreurs : le nombre moyen d'erreurs constatées est inférieur à 0,04.

Répétitions

	Nombre moyen de répétitions	Ecart-type
50-59	0,66	1,02
60-69	0,36	0,71
70-79	0,12	0,33
80-89	0,14	0,35

Tableau 18 : Nombre moyen de répétitions en fluence de verbes d'action par tranche d'âge

Les résultats ($p= 0,003$) montrent que les 50-59 ans effectuent significativement plus de répétitions que les autres tranches d'âge. Ces résultats sont conformes à ceux observés en fluence formelle en [S] et en fluence sémantique. Les sujets de 50/59 ans et de 60/69 ans font plus de répétitions, respectivement 42,86% et 26,09%, que ceux des deux dernières tranches, respectivement 12,20% et 14,29%.

Clusters sémantiques

	Nombre moyen de clusters sémantiques	Ecart-type
50-59	2,85	1,92
60-69	2,63	1,90
70-79	2,46	1,81
80-89	1,42	1,14

Tableau 19 : Nombre moyen de clusters sémantiques en fluence d'action par tranche d'âge.

Clusters phonologiques

	Nombre moyen de clusters phonologiques	Ecart-type
50-59	0,54	1,83
60-69	0,84	1,17
70-79	0,82	1,02
80-89	0,77	1,00

Tableau 20 : Nombre moyen de clusters phonologiques en fluence de verbe d'action par tranche d'âge

Nous retrouvons la différence observée précédemment sur la fluence sémantique entre les clusters sémantiques et phonologiques. La stratégie de regroupement sémantique est davantage utilisée que celle de regroupement phonologique. Les sujets les plus âgés produisent significativement moins de clusters sémantiques que les autres sujets ($p=0,03$). Ce résultat n'est pas retrouvé sur les regroupements phonologiques : les scores des 80-89 ans sont supérieurs à ceux des 50-59 ans mais les différences entre les tranches d'âge ne sont pas significatives ($p=0,512$).

Switches

	Nombre moyen de switches	Ecart-type
50-59	1,95	1,91
60-69	1,93	1,63
70-79	1,65	1,69
80-89	1,00	1,05

Tableau 21 : Nombre moyen de switches en fluence de verbes d'action par tranche d'âge

Les résultats ($p= 0,071$) ne montrent pas un effet significatif de l'âge sur le nombre de switches. Nous constatons malgré tout, comme dans la fluence sémantique et dans la fluence formelle en [S], que les sujets les plus âgés sont ceux qui effectuent le moins d'alternances.

3.3.1.1.4. Fluences alternées

3.3.1.1.4.1. Analyse quantitative

P/ Animaux

	Nombre moyen de mots	Ecart-type
50-59	15,40	3,67
60-69	15,50	3,75
70-79	13,65	2,52
80-89	11,71	2,76

Tableau 22 : Nombre moyen de mots produits en fluence alternée P/Animaux par tranche d'âge

R/ Vêtements

	Nombre moyen de mots	Ecart-type
50-59	15,42	4,20
60-69	15,39	3,65
70-79	14,58	3,02
80-89	11,20	2,49

Tableau 23 : Nombre moyen de mots produits en fluence alternée R/Vêtements par tranche d'âge

Nous constatons que le nombre moyen de mots produits pour les fluences alternées est plus faible que pour les autres fluences. Comme dans les autres fluences, la production de mots décroît lors de l'avancée dans l'âge : les résultats pour les deux types de fluences alternées ($p=0,000$) montrent un effet significatif de l'âge sur le nombre de mots produits. Les 80-89 ans produisent moins de mots que les autres sujets. Les performances des 50-59 ans et des 60-69 ans sont assez proches dans les deux types de fluences alternées, contrairement à ce qu'on avait pu observer dans les fluences phonologiques en [P] et dans les fluences d'action.

3.3.1.1.4.2. Analyse qualitative

Erreurs

P/Animaux

	Nombre moyen d'erreurs	Ecart-type
50-59	0,07	0,26
60-69	0,04	0,20
70-79	0,09	0,37
80-89	0,09	0,37

Tableau 24 : Nombre moyen d'erreurs en fluence alternée P/Animaux par tranche d'âge.

R/Vêtements

	Nombre moyen d'erreurs	Ecart-type
50-59	0,09	0,29
60-69	0,06	0,44
70-79	0,14	0,65
80-89	0,11	0,32

Tableau 25 : Nombre moyen d'erreurs en fluence alternée R/Vêtements par tranche d'âge.

Les erreurs sont toujours très faibles, quoique plus nombreuses dans la fluence R/Vêtements. Dernière épreuve du protocole, cette augmentation peut éventuellement être en lien avec une fatigue attentionnelle. Aucune différence significative n'est toutefois mise en évidence entre les groupes d'âges.

Répétitions

P/Animaux

	Nombre moyen de répétitions	Ecart-type
50-59	0,30	0,51
60-69	0,39	0,77
70-79	0,09	0,3
80-89	0,17	0,38

Tableau 26 : Nombre moyen de répétitions en fluence alternée P/Animaux par tranche d'âge.

R/Vêtements

	Nombre moyen de répétitions	Ecart-type
50-59	0,35	0,57
60-69	0,30	0,75
70-79	0,14	0,52
80-89	0,17	0,45

Tableau 27 : Nombre moyen de répétitions en fluence alternée R/Vêtements par tranche d'âge.

Comme dans la fluence d'action et dans la fluence phonologique en [S], les répétitions sont plus nombreuses chez les sujets les plus jeunes, mais les résultats ne montrent aucun effet de l'âge sur le nombre de répétitions. Les 50-59 ans sont ceux qui ont le pourcentage de répétitions le plus élevé : 28,57% pour P/animaux et 30,95% pour la fluence R/Vêtements.

Clusters sémantiques

P/Animaux

	Nombre moyen de clusters sémantiques	Ecart-type
50-59	1,16	1,14
60-69	1,43	1,36
70-79	1,04	1,07
80-89	0,74	0,98

Tableau 28 : Nombre moyen de clusters sémantiques en fluence alternée P/Animaux par tranche d'âge.

R/Vêtements

	Nombre moyen de clusters sémantiques	Ecart-type
50-59	0,19	0,45
60-69	0,30	0,55
70-79	0,43	0,63
80-89	0,17	0,38

Tableau 29 : Nombre moyen de clusters sémantiques en fluence alternée R/Vêtements par tranche d'âge.

Nous constatons une moindre production de clusters sémantiques dans la fluence P/Animaux que dans la fluence R/vêtements. Les 80-89 ans produisent moins de clusters que les autres sujets, mais les résultats ($p= 0,108$) ne permettent pas de conclure à un effet significatif de l'âge.

Clusters phonologiques

P/Animaux

	Nombre moyen de clusters phonologiques	Ecart-type
50-59	0,73	0,85
60-69	1,58	1,12
70-79	0,92	1,08
80-89	0,82	0,78

Tableau 30 : Nombre moyen de clusters phonologiques en fluence alternée P/animaux par tranche d'âge.

R/Vêtements

	Nombre moyen de clusters phonologiques	Ecart-type
50-59	0,66	0,81
60-69	1,43	1,18
70-79	0,87	0,84
80-89	0,77	0,68

Tableau 31 : Nombre moyen de clusters phonologiques en fluence alternée R/vêtements par tranche d'âge.

Les 60-69 ans produisent significativement ($p=0,006$) plus de clusters phonologiques que les autres tranches d'âge. Comme dans les fluences d'action, les 50-59 ans sont ceux qui font le moins de regroupements phonologiques.

Switches

P/Animaux

	Nombre moyen de switches	Ecart-type
50-59	0,14	0,64
60-69	0,91	1,44
70-79	0,48	0,95
80-89	0,54	0,78

Tableau 32 : Nombre moyen de switches en fluence alternée P/animaux par tranche d'âge.

R/Vêtements

	Nombre moyen de switches	Ecart-type
50-59	0,00	0,00
60-69	0,43	0,88
70-79	0,21	0,61
80-89	0,20	0,47

Tableau 33 : Nombre moyen de switches en fluence alternée R/vêtements par tranche d'âge.

Le nombre de switches en fluences alternées est assez faible. Les résultats ($p=0,006$) montrent que les 60-69 ans produisent significativement plus d'alternances que les autres sujets. En revanche, les 50-59 ans produisent moins de switches que les autres tranches d'âge, ce qu'on ne retrouve pas dans les autres fluences.

3.3.1.2. Effet du niveau éducatif sur les performances en fluence verbale

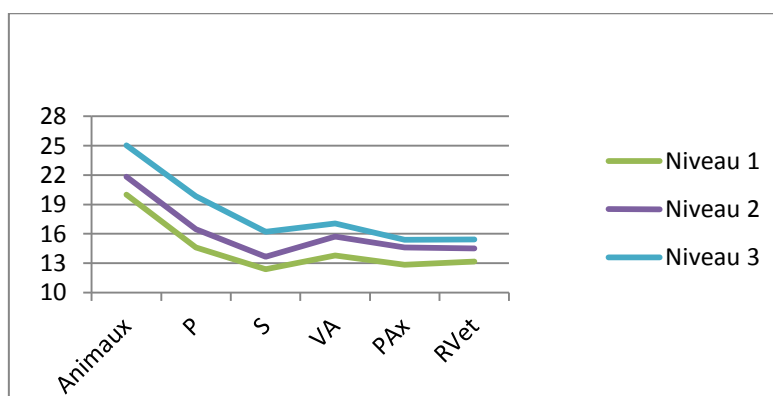


Figure 3 : Nombre de mots moyens en fluences verbales en fonction du niveau éducatif

Les résultats des analyses de variance montrent une augmentation du nombre de mots produits avec l'augmentation du niveau éducatif initial dans toutes les fluences. Les sujets de niveau 3 produisent plus de mots que les sujets des autres niveaux.

3.3.1.2.1. Fluence sémantique

3.3.1.2.1.1. Analyse quantitative

	Nombre moyen de mots	Ecart-type
NE 1	20,00	4,78
NE 2	21,81	4,94
NE 3	25,03	4,35

Tableau 34 : Nombre moyen de mots produits en fluence sémantique par niveau éducatif

Les comparaisons effectuées ($p=0,000$) mettent en évidence une différence significative entre les résultats des sujets selon le niveau éducatif : les NE3 produisent plus de mots que les autres groupes. Un niveau d'études supérieur semble influencer positivement sur les résultats.

3.3.1.2.1.2. Analyse qualitative

Erreurs : aucune erreur n'a été relevée lors de cette épreuve.

Répétitions

	Nombre moyen de répétitions	Ecart-type
NE 1	0,61	0,94
NE 2	0,27	0,49
NE 3	0,39	0,72

Tableau 35 : Nombre moyen de répétitions en fluence sémantique, par niveau éducatif.

Le nombre moyen de répétitions, tous niveaux éducatifs confondus, est faible, mais nous observons que ce sont les sujets du NE1 qui en font le plus (38,98%). Les résultats ($p= 0,175$) ne permettent toutefois pas de mettre en évidence un effet significatif du niveau éducatif sur le nombre de répétitions.

Clusters sémantiques

	Nombre moyen de clusters sémantiques	Ecart-type
NE 1	3,72	1,58
NE2	4,24	1,50
NE3	4,58	1,44

Tableau 36 : Nombre moyen de clusters sémantiques en fluence sémantique par niveau éducatif.

Clusters phonologiques

	Nombre moyen de clusters phonologiques	Ecart-type
NE 1	0,33	0,54
NE 2	0,62	0,89
NE 3	0,80	1,35

Tableau 37 : Nombre moyen de clusters phonologiques en fluence sémantique, par niveau éducatif.

Nous constatons que le nombre de clusters sémantiques s'accroît en même temps que le niveau éducatif s'élève. Les résultats ($p=0,013$) montrent un effet significatif du niveau éducatif sur le nombre de clusters sémantiques : les NE3 produisent plus de clusters. Quel que soit le niveau éducatif, le nombre de clusters phonologiques est faible. Les sujets de NE3 produisent plus de regroupements phonologiques mais les résultats ($p=0,233$) ne montrent pas un effet significatif du niveau éducatif.

Switches

	Nombre moyen de switches	Ecart-type
NE 1	3,00	1,54
NE 2	3,66	1,60
NE 3	3,98	1,55

Tableau 38 : Nombre moyen de switches en fluence sémantique par niveau éducatif.

Les résultats ($p=0,004$) montrent un effet significatif du niveau éducatif sur le nombre de switches : les sujets de NE3 produisent plus d'alternances que les autres. La capacité à passer d'un regroupement à l'autre semble augmenter avec le niveau d'études.

3.3.1.2.2. Fluences phonologiques

3.3.1.2.2.1. Analyse quantitative

Lettre [P]

	Nombre moyen de mots	Ecart-type
NE 1	14,59	4,07
NE 2	16,46	4,51
NE 3	19,84	4,35

Tableau 39 : Nombre moyen de mots produits en fluence formelle en [P] par niveau éducatif.

Lettre [S]

	Nombre moyen de mots	Ecart-type
NE 1	12,37	4,18
NE 2	13,64	3,61
NE 3	16,21	3,90

Tableau 40 : Nombre moyen de mots produits en fluence formelle en [S] par niveau éducatif.

Nous observons que, tous niveaux éducatifs confondus, les sujets génèrent moins de mots aux fluences phonologiques qu'à la fluence sémantique : le nombre de mots en [S] est inférieur pour tous les sujets à celui des mots en [P]. Les résultats pour les deux fluences ($p=0,000$) montrent un effet significatif du niveau éducatif sur le nombre de mots dits. La production de mots s'accroît avec l'élévation du niveau éducatif initial.

3.3.1.2.2.2. Analyse qualitative

Erreurs

Le nombre d'erreurs est trop faible (inférieur à 0.06) pour un traitement statistique.

Répétitions

Lettre [P]

	Nombre moyen de répétitions	Ecart-type
NE 1	0,25	0,86
NE 2	0,31	0,54
NE 3	0,15	0,46

Tableau 41 : Nombre moyen de répétitions en fluence formelle en [P] par niveau éducatif.

Lettre [S]

	Nombre moyen de répétitions	Ecart-type
NE 1	0,15	0,55
NE 2	0,14	0,35
NE 3	0,39	0,75

Tableau 42 : Nombre moyen de répétitions en fluence formelle en [S] par niveau éducatif.

Le nombre de répétitions pour les deux fluences est peu important. Les résultats mettent en évidence un effet significatif du niveau éducatif sur le nombre de répétitions à l'épreuve en [S] ($p=0,047$), mais pas pour l'épreuve en [P] ($p=0,099$).

Clusters sémantiques

Lettre [P]

	Nombre moyen de clusters sémantiques	Ecart-type
NE 1	0,61	0,71
NE 2	1,01	1,12
NE 3	0,90	0,96

Tableau 43 : Nombre moyen de clusters sémantiques en fluence formelle en [P] par niveau éducatif.

Lettre [S]

	Nombre moyen de clusters sémantiques	Ecart-type
NE 1	0,44	0,67
NE 2	0,50	0,66
NE 3	0,64	0,82

Tableau 44 : Nombre moyen de clusters sémantiques en fluence formelle en [S] par niveau éducatif.

Clusters phonologiques

Lettre [P]

	Nombre moyen de clusters phonologiques	Ecart-type
NE 1	2,08	1,77
NE 2	2,77	2,03
NE 3	3,13	1,75

Tableau 45 : Nombre moyen de clusters phonologiques en fluence formelle en [P] par niveau éducatif.

Lettre [S]

	Nombre moyen de clusters phonologiques	Ecart-type
NE 1	1,86	1,52
NE 2	2,22	1,4
NE 3	2,41	1,61

Tableau 46 : Nombre moyen de clusters phonologiques en fluence formelle en [S] par niveau éducatif.

Les sujets produisent en moyenne plus de regroupements phonologiques que de regroupements sémantiques, dans les deux types de fluences formelles, et le nombre de regroupements augmente avec le niveau éducatif.

Les résultats ($p=0,314$) ne montrent pas d'effet significatif du niveau éducatif sur le nombre de clusters sémantiques. D'autre part, les résultats (respectivement $p=0,011$ et $p=0,158$) ne montrent un effet significatif du niveau éducatif sur le nombre de clusters phonologiques que pour l'épreuve en [P].

Switches

Lettre [P]

	Nombre moyen de switches	Ecart-type
NE 1	1,61	1,69
NE 2	2,48	2
NE 3	2,52	2,04

Tableau 47 : Nombre moyen de switches en fluence formelle en [P] par niveau éducatif.

Lettre [S]

	Nombre moyen de switches	Ecart-type
NE 1	1,22	1,35
NE 2	1,48	1,28
NE 3	1,74	1,54

Tableau 48 : Nombre moyen de switches en fluence formelle en [S] par niveau éducatif.

Le nombre de switches pour les deux fluences augmente avec niveau éducatif : les NE3 produisent plus d'alternances. Les résultats montrent un effet significatif du niveau éducatif à l'épreuve en [P] ($p=0,018$), mais pas pour l'épreuve en [S] ($p=0,158$).

3.3.1.2.3. Fluence d'action

3.3.1.2.3.1. Analyse quantitative

	Nombre moyen de mots	Ecart-type
NE 1	13,77	3,77
NE2	15,72	4,06
NE3	17,05	5,33

Tableau 49 : Nombre moyen de mots produits en fluence de verbes d'action par niveau éducatif.

Les résultats ($p = 0,001$) montrent un effet significatif du niveau éducatif sur le nombre de mots dits : ce sont les NE3 qui en produisent le plus.

3.3.1.2.3.2. Analyse qualitative

Erreurs : les erreurs sont très peu nombreuses (nombre moyen inférieur à 0,06).

Répétitions

	Nombre moyen de répétitions	Ecart-type
NE 1	0,32	0,68
NE2	0,29	0,57
NE3	0,39	0,87

Tableau 50 : Nombre moyen de répétitions en fluence de verbes d'action par niveau éducatif.

Les répétitions sont peu nombreuses, les résultats ($p = 0,969$) ne montrent pas un effet significatif du niveau éducatif. Les pourcentages de répétitions sont très proches quel que soit le niveau (23,73%, 24,07% et 25,49%).

Clusters sémantiques

	Nombre moyen de clusters sémantiques	Ecart-type
NE 1	2,00	1,45
NE2	2,68	1,66
NE3	2,52	2,23

Tableau 51 : Nombre moyen de clusters sémantiques à l'épreuve de fluence d'action, par niveau éducatif.

Clusters phonologiques

	Nombre moyen de clusters phonologiques	Ecart-type
NE 1	0,64	1,06
NE2	0,70	0,88
NE3	0,92	1,09

Tableau 52 : Nombre moyen de clusters phonologiques en fluence de verbes d'action, par niveau éducatif.

Dans cette épreuve, les sujets utilisent plus la stratégie de groupements sémantiques que phonologiques. Les NE1 sont ceux qui font le moins de groupements mais les résultats (respectivement $p = 0,107$ $p = 0,199$) ne montrent pas d'effet significatif du niveau éducatif.

Switches

	Nombre moyen de switches	Ecart-type
NE 1	1,30	1,51
NE2	1,77	1,65
NE3	1,98	1,76

Tableau 53 : Nombre moyen de switches en fluence de verbes d'action par niveau éducatif.

Le nombre de switches augmente avec le niveau éducatif sans que l'effet soit significatif ($p=0,086$).

3.3.1.2.4. Fluences alternées

3.3.1.2.4.1. Analyse quantitative

P/ Animaux

	Nombre moyen de mots	Ecart-type
NE 1	12,83	3,30
NE 2	14,59	3,31
NE 3	15,39	3,64

Tableau 54 : Nombre moyen de mots produits en fluence alternée P/Animaux, par niveau éducatif.

R/Vêtements

	Nombre moyen de mots	Ecart-type
NE 1	13,16	3,30
NE 2	14,50	3,54
NE 3	15,41	4,26

Tableau 55 : Nombre moyen de mots produits en fluence alternée R/Vêtements, par niveau éducatif

Les résultats (respectivement $p= 0,000$ et $p= 0,007$) mettent en évidence un effet significatif du niveau éducatif sur le nombre de mots dits.

Comme dans les autres fluences, ce sont les NE3 qui produisent le plus de mots.

3.3.1.2.4.2. Analyse qualitative

Erreurs

P/Animaux

	Nombre moyen d'erreurs	Ecart-type
NE 1	0,06	0,25
NE 2	0,05	0,23
NE 3	0,03	0,28

Tableau 56 : Nombre moyen d'erreurs en fluence alternée P/Animaux, par niveau éducatif.

R/Vêtements

	Nombre moyen d'erreurs	Ecart-type
NE 1	0,10	0,54
NE 2	0,12	0,47
NE 3	0,07	0,27

Tableau 57 : Nombre moyen d'erreurs en fluence alternée R/Vêtements, par niveau éducatif.

Le nombre d'erreurs est très bas. Les sujets de NE3 sont ceux qui en font le moins.

Répétitions

P/Animaux

	Nombre moyen de répétitions	Ecart-type
NE 1	0,20	0,60
NE 2	0,25	0,52
NE 3	0,29	0,50

Tableau 58 : Nombre moyen de répétitions en fluence alternée P/Animaux, par niveau éducatif.

R/Vêtements

	Nombre moyen de répétitions	Ecart-type
NE 1	0,25	0,70
NE 2	0,22	0,50
NE 3	0,27	0,56

Tableau 59 : Nombre moyen de répétitions en fluence alternée R/Vêtements, par niveau éducatif.

Le nombre de répétitions reste faible. Les résultats (respectivement $p = 0,310$ et $p = 0,816$) ne montrent pas d'effet significatif du niveau éducatif, mais ce sont les NE3 qui en font le plus (respectivement 27,45% et 21,57%).

Clusters sémantiques

P/Animaux

	Nombre moyen de clusters sémantiques	Ecart-type
NE 1	0,83	0,96
NE 2	1,37	1,30
NE 3	1,19	1,20

Tableau 60 : Nombre moyen de clusters sémantiques en fluence alternée P/Animaux, par niveau éducatif.

R/Vêtements

	Nombre moyen de clusters sémantiques	Ecart-type
NE 1	0,33	0,54
NE 2	0,35	0,58
NE 3	0,13	0,4

Tableau 61 : Nombre moyen de clusters sémantiques en fluence alternée R/Vêtements, par niveau éducatif.

Clusters phonologiques

P/Animaux

	Nombre moyen de clusters phonologiques	Ecart-type
NE 1	1,13	1
NE 2	1,03	1,09
NE 3	0,94	1

Tableau 62 : Nombre moyen de clusters phonologiques en fluence alternée P/Animaux par niveau éducatif.

R/Vêtements

	Nombre moyen de clusters phonologiques	Ecart-type
NE 1	0,88	1
NE 2	0,96	0,97
NE 3	1,03	0,91

Tableau 63 : Nombre moyen de clusters phonologiques en fluence alternée R/Vêtements, par niveau

Les résultats (respectivement $p= 0,043$ et $p= 0,044$) montrent un effet significatif du niveau éducatif sur le nombre de clusters sémantiques: ce sont les NE2 qui en produisent le plus.

Switches

P/Animaux

	Nombre moyen de switches	Ecart-type
NE 1	0,49	0,95
NE 2	0,53	1,11
NE 3	0,56	1,11

Tableau 64 : Nombre moyen de switches en fluence alternée P/Animaux, par niveau éducatif.

R/vêtements

	Nombre moyen de switches	Ecart-type
NE 1	0,33	0,82
NE 2	0,14	0,45
NE 3	0,15	0,46

Tableau 65 : Nombre moyen de switches en fluence alternée R/ Vêtements, par niveau éducatif.

Les résultats (respectivement $p= 0,95$ et $p= 0,289$) ne montrent pas d'effet significatif du niveau éducatif sur le nombre de switches en fluence alternée.

Nous constatons donc un effet significatif de l'âge et du niveau éducatif initial sur les résultats quantitatifs dans toutes les épreuves de fluences du protocole. Plus les sujets sont âgés et moins ils produisent de mots. Inversement, plus le niveau éducatif est élevé, et plus le nombre de mots émis augmente. En revanche, les résultats qualitatifs varient en fonction du type de fluence. L'effet de l'âge et du niveau éducatif initial ne sont pas toujours mis en évidence par les tests statistiques en ce qui concerne le nombre d'erreurs et de répétitions, ainsi que la production de clusters, sémantiques et phonologiques, et de switches.

3.3.1.3. Effets de l'interaction des variables

Nous poursuivons l'analyse des données de l'échantillon par l'étude de l'interaction des variables indépendantes entre elles. Nous voulons savoir de quelle manière l'effet de l'âge et l'effet du niveau d'études sont associés entre eux dans les performances en fluence verbale. Nous testons donc l'effet combiné des deux variables indépendantes, tranche d'âge et niveau éducatif sur les résultats quantitatifs et qualitatifs de l'échantillon.

Les résultats confirment un effet significatif de la tranche d'âge sur le nombre de mots produits dans toutes les fluences ($p = 0.000$ pour toutes les épreuves). Un effet significatif de l'âge s'observe sur les variables qualitatives pour le nombre de répétitions en fluence d'actions ($p = .002$), de clusters sémantiques en fluence catégorielle ($p = .001$) et d'actions ($p = .004$) et de clusters phonologiques dans les deux fluences alternées ($p = .000$; $p = .001$).

Les résultats de l'analyse confirment également un effet significatif du niveau éducatif sur le nombre de mots produits dans toutes les fluences ($p = 0.000$ sauf pour la fluence alternée R/ Vêtements : $p = 0.006$). Un effet significatif du niveau éducatif s'observe dans les variables qualitatives pour le nombre de répétitions en fluence sémantique ($p = 0.027$), le nombre de clusters sémantiques en fluence catégorielle ($p = 0.013$) et en fluence alternée P/Animaux ($p = 0.05$) et le nombre de clusters phonologiques en fluence formelle avec la lettre [P] ($p = 0.012$).

En revanche, les résultats ne montrent aucun effet significatif de la combinaison des variables entre elles. Il ne semble pas exister d'interaction entre l'âge et le niveau éducatif. L'effet du niveau éducatif ne varie pas en fonction de l'âge.

3.3.1.4. Recherche des groupes distinctifs

Nous poursuivons l'analyse avec des tests post hoc de comparaisons multiples. En effet, après avoir recherché si la tranche d'âge et le niveau éducatif initial avaient un effet significatif sur les performances en fluences verbales, nous voulons maintenant savoir précisément quels sous-groupes se distinguent significativement de la moyenne de la population d'étude. Pour ce faire nous analysons les relations entre les classes constituées par tranche d'âge ainsi qu'entre les classes constituées par niveau éducatif, pour identifier quels groupes se différencient pour chaque variable indépendante. Nous

réalisons cette analyse en nous concentrant sur les résultats quantitatifs, les résultats qualitatifs étant trop hétérogènes et trop peu significatifs.

Fluence sémantique

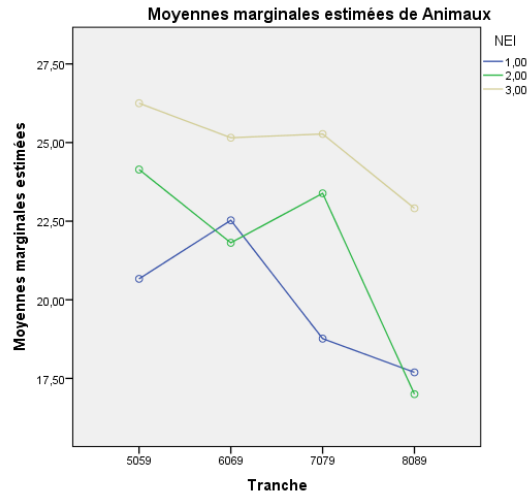


Figure 4 : Moyennes marginales en fluence sémantique par âge et par niveau

En fluence sémantique, les résultats montrent que les sujets de 80/89 ans se distinguent significativement de tous les autres groupes d'âge (respectivement $p = 0.000$, 0.001 et 0.031). Par ailleurs, les sujets de NE3 se distinguent significativement des autres groupes de niveaux éducatifs ($p = 0.000$). Cette différence n'apparaît pas entre les NE1 et le NE2.

Fluences phonologiques

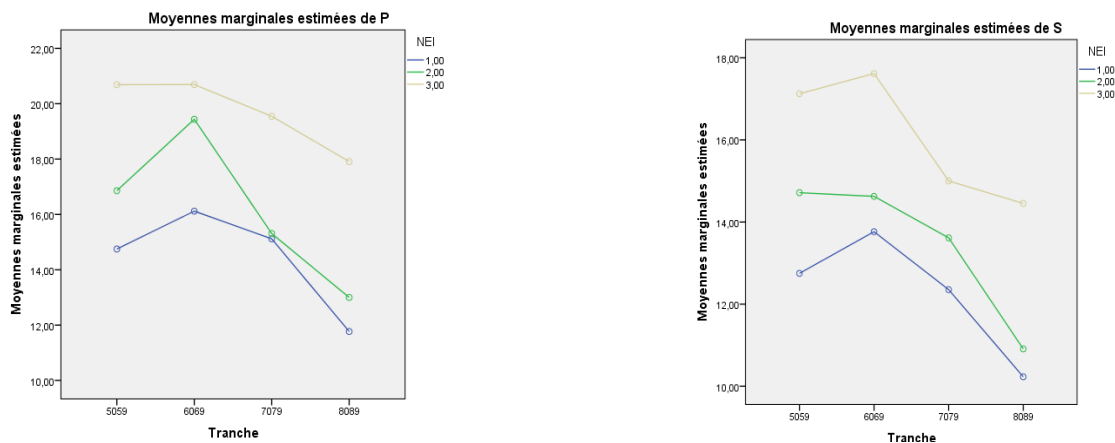


Figure 5 : Moyennes marginales en fluence formelles P et S

Les résultats montrent, pour la fluence en [P] comme avec la lettre [S], une différence significative de la tranche des 80/89 avec les 50/59 ($p=0.001$) et les 60/69 ($p=0.000$), mais pas avec la tranche des 70/79 ($p = 0.093$). Comme en fluence

sémantique, c'est le groupe des 80/89 ans qui se différencie nettement des autres sujets. Les résultats montrent également que tous les niveaux éducatifs se distinguent en fluence formelle pour les deux critères, sauf entre le niveau 1 et 2 pour la lettre [S] ($p = 0.226$).

Fluence d'actions

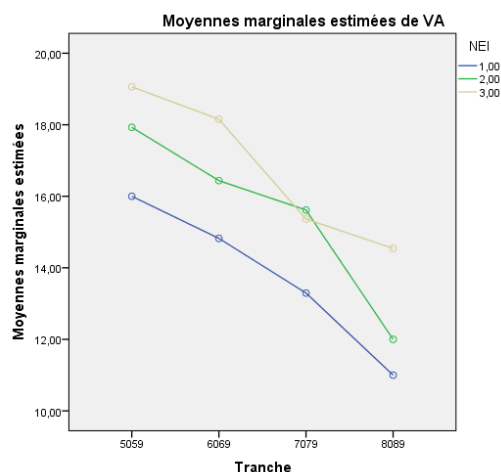


Figure 6 : Moyennes marginales en fluence d'action par âge et par niveau

Le groupe d'âge des 80/89 ans se distingue significativement des tranches 50/59 ans et 60/69 ans ($p = 0.000$). Le nombre de verbes diminue régulièrement avec l'âge, mais de façon vraiment significative à compter de 80/89 ans. Les résultats montrent également que les sujets de NE 3 ne se distinguent significativement que des NE 1 ($p = 0.000$).

Fluences alternées

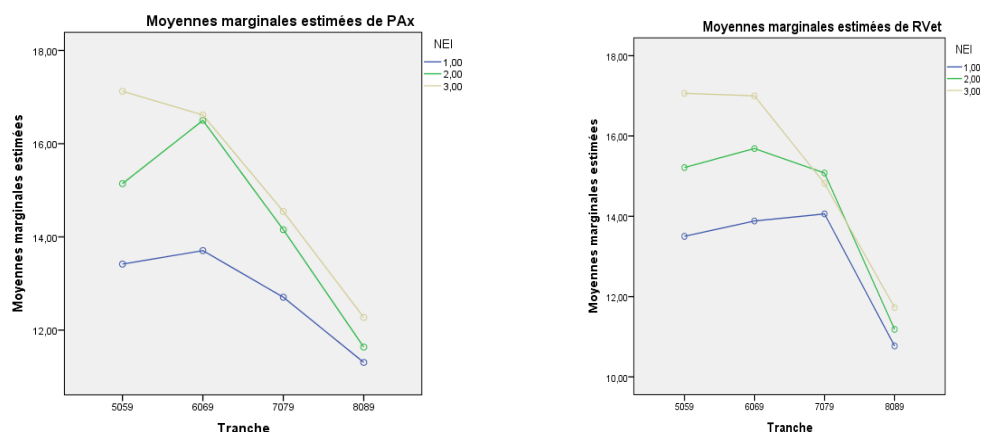


Figure 7 : Moyennes marginales en fluence alternée P/animaux et R/Vêtements par âge et par niveau

Les résultats des deux séries de fluence alternée P/Animaux et R/Vêtements, montrent que la tranche d'âge 80/89 ans se distingue significativement de tous les autres groupes d'âges ($p = 0.000$; $p=0.046$ entre 70/79 ans et 80/89 ans).

Contrairement aux autres fluences, les sujets de 70/79 ans se distinguent significativement des 60/69 ans en fluence P/Animaux ($p = 0.041$). Un effet significatif de l'âge semblerait intervenir plus tôt lors de cette épreuve, les 70/79 ans produisant moins de mots que les 60/69 ans.

Par ailleurs, les résultats des deux séries montrent que les sujets NE3 se distinguent significativement des NE1 ($p = 0.000$) mais pas des NE2.

Nous concluons de ces comparaisons multiples que c'est essentiellement la tranche d'âge des 80/89 ans qui se distingue significativement du reste de l'échantillon. De la même façon, ce sont les sujets de NE3 qui se distinguent significativement des autres groupes de niveau éducatif.

Par conséquent, quel que soit le type de fluence verbale, ce sont bien les sujets les plus âgés de l'échantillon, à savoir ceux de la tranche 80/89 ans, qui produisent le moins de mots. A l'inverse, ce sont les personnes ayant fait les études les plus longues, à savoir celles ayant un niveau équivalent au moins à une licence, qui produisent le plus de mots, quel que soit le type de fluence verbale.

3.3.2. Effets des variables dans les sous groupes d'âge

3.3.2.1. Effet du niveau éducatif selon les classes d'âge

Après avoir étudié les effets des variables sur l'échantillon complet, nous voulons maintenant savoir si le niveau éducatif initial a un effet significatif sur le nombre de mots produits en fluences dans chaque sous groupe défini par tranche d'âge (cf. annexe 5 p. 152). Pour rappel, voici un graphique représentant le nombre de mots moyens produits par les sujets aux différentes épreuves de fluences verbales en fonction du niveau éducatif initial.

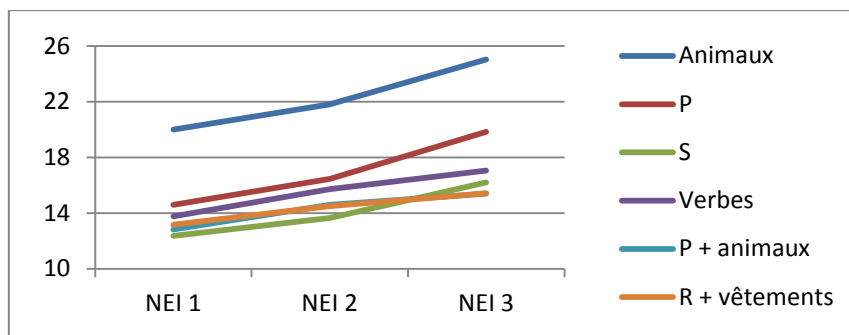


Figure 8 : Nombre moyen de mots produits en fluences verbales en fonction du niveau éducatif

Voici les représentations graphiques représentant le nombre moyens de mots dits en fonction du niveau éducatif pour chaque tranche d'âge.

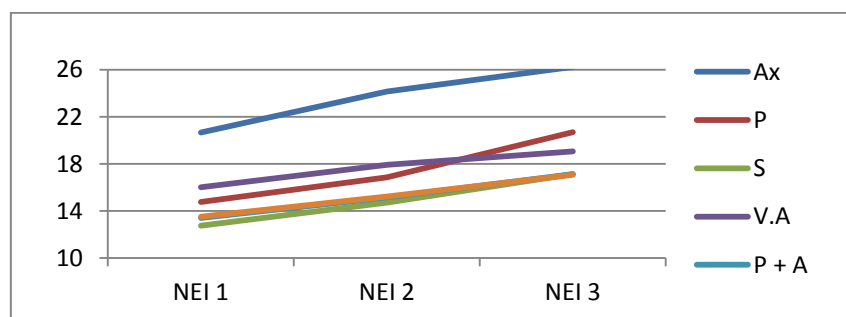


Figure 9 : Nombre moyen de mots produits en fluences verbales en fonction du niveau chez les 50/59 ans

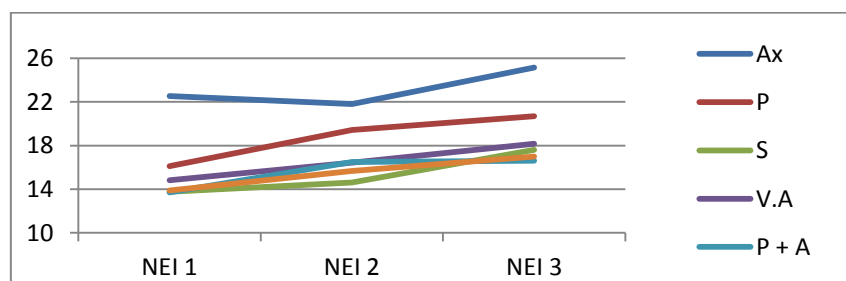


Figure 10 : Nombre moyen de mots produits en fluences verbales en fonction du niveau chez les 60/69 ans

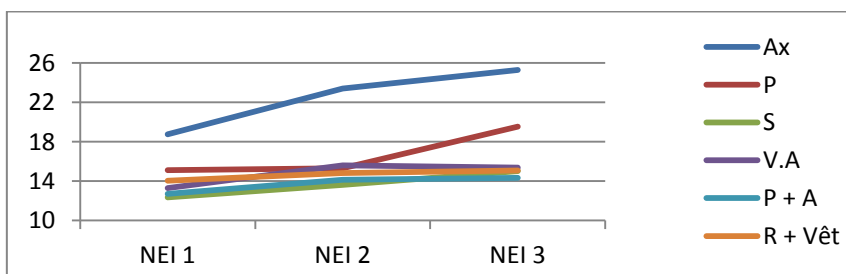


Figure 11 : Nombre moyen de mots produits en fluences verbales en fonction du niveau chez les 70/79 ans

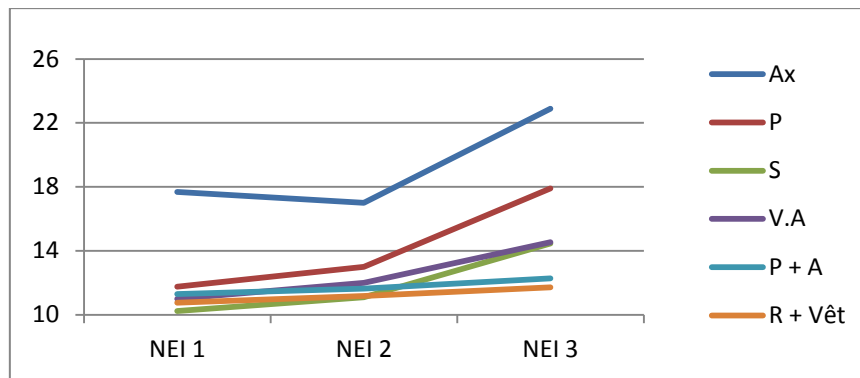


Figure 12 : Nombre moyen de mots produits en fluences verbales en fonction du niveau chez les 80/89 ans

Dans la tranche d'âge des 50/59 ans, les résultats montrent un effet significatif du niveau éducatif sur le nombre de mots dits en fluence sémantique ($p = 0.004$), en fluence formelle pour la lettre [P] ($p = 0.003$) et pour la lettre [S] ($p = 0.026$). Ce sont les sujets de NE3 âgés de 50 à 59 ans qui produisent le plus de mots.

Dans la tranche d'âge des 60/69 ans, les résultats montrent un effet significatif du niveau éducatif sur le nombre de mots dits pour la fluence formelle avec la lettre [P] ($p = 0.01$), et un effet tendanciel pour la lettre [S] ($p = 0.053$) et pour les fluences alternées P/Animaux ($p = 0.051$).

Dans la tranche d'âge des 70/79 ans, les résultats montrent un effet significatif du niveau éducatif sur le nombre de mots dits pour la fluence sémantique ($p = 0.000$), pour la fluence formelle avec la lettre [P] ($p = 0.033$), et avec la lettre [S] ($p = 0.037$).

Dans la tranche d'âge des 80/89 ans, les résultats montrent un effet significatif du niveau éducatif sur le nombre de mots dits pour la fluence sémantique ($p = 0.000$), en fluence formelle avec la lettre [P] ($p = 0.001$) et avec la lettre [S] ($p = 0.002$).

3.3.2.2. Recherche des groupes distinctifs

Au vu des résultats précédents, nous sélectionnons maintenant les variables où nous observons des effets significatifs du niveau éducatif, afin de déterminer quels groupes de niveau se différencient particulièrement des autres dans chaque tranche d'âge. Nous voulons en effet savoir précisément quels sous-groupes se distinguent significativement de la moyenne de la population d'étude. Quel niveau éducatif a le plus d'effet dans chaque tranche d'âge ?

Dans la tranche d'âge 50/59 ans et 60/69 ans, les résultats montrent que ce sont les sujets de NE3 qui se distinguent significativement des autres niveaux sur les performances quantitatives en fluence sémantique et en fluence formelle avec la lettre [P] et la lettre [S]. par contre, aucune différence n'est mise en évidence entre le niveau 1 et 2, quel que soit le type de fluence.

Dans la tranche d'âge des 70/79 ans, les résultats montrent que les sujets de NE2 se distinguent significativement du NE1 seulement en fluence sémantique ($p = 0.000$) ; Par ailleurs les sujets de NE3 se distinguent significativement des NE1 en fluence sémantique ($p = 0.000$) et formelle avec la lettre [P] ($p = 0.046$). En revanche, aucun niveau éducatif ne se distingue des autres pour la fluence formelle en [S].

Chez les sujets les plus âgés de l'échantillon, les 80/89 ans, les résultats montrent que ce sont ceux ayant le niveau d'études le plus élevé qui se distinguent clairement des autres groupes. Cette différence significative est mise en évidence autant dans les épreuves de fluence sémantique ($p = 0.001$ et 0.000) que dans les épreuves de fluence formelle avec la lettre [P] ($p = 0.000$ et 0.001) et la lettre [S] ($p = 0.003$ et 0.021).

Pour conclure, quelle que soit la tranche d'âge, ce sont les sujets avec un niveau éducatif le plus élevé qui se distinguent clairement des autres sujets. **Les sujets ayant fait les études les plus longues sont ceux qui produisent le plus de mots, sauf en fluence formelle avec la lettre [S], où aucun groupe ne se distingue.**

3.4. Tests intra sujets

Le protocole comportant plusieurs fluences de même nature, deux fluences formelles et deux fluences alternées, nous voulons savoir s'il existe une différence significative entre des tâches similaires chez un même sujet. Nous choisissons donc de comparer les résultats quantitatifs des deux fluences verbales phonologiques, ainsi que les résultats des deux fluences alternées, chez les mêmes sujets.

Les fluences phonologiques

	Paire	Coefficient de corrélation	Sig.	Test T
N = 164	P / S	R = 0. 690	P = 0.000	P = 0.000
50/59	P / S	R = 0.619	P = 0.000	P = 0.000
60/69	P / S	R = 0.585	P = 0.000	P = 0.000
70/79	P / S	R = 0.711	P = 0.000	P = 0.000
80/89	P / S	R = 0.806	P = 0.000	P = 0.000

Tableau 66 : Test T de comparaisons intrasujets en fluence formelle en [P] et en [S]

Les résultats montrent une corrélation significative intra sujets entre les deux épreuves ainsi qu'une différence significative entre les deux séries de scores. Chez un même sujet, le nombre de mots produits dans les deux types de fluences formelles suit la même tendance, et le nombre de mots en [P] est significativement plus important que celui des mots en [S].

Les fluences alternées

	Paire	Coefficient de corrélation	Sig.	Test T
N = 164	PAx / RVet	R = 0.682	P = 0.000	P = 0.672
50/59	PAx / RVet	R = 0.619	P = 0.000	P = 0.961
60/69	PAx / RVet	R = 0.587	P = 0.000	P = 0.828
70/79	PAx / RVet	R = 0.632	P = 0.000	P = 0.019
80/89	PAx / RVet	R = 0.538	P = 0.001	P = 0.239

Tableau 67 : Test T de comparaisons intrasujets en fluence alternée P/Animaux et R/Vêtement

Les résultats montrent une corrélation significative entre les résultats quantitatifs aux deux épreuves de fluence alternée chez un même sujet, dans l'échantillon et dans tous les groupes d'âges. Par contre, la différence entre les deux séries de score chez un même sujet est significative dans la tranche d'âge des 70/79 ans, mais dans aucun autre groupe d'âge.

Hormis pour les sujets de 70/79 ans ($p = 0.019$), le nombre moyen de mots produits dans les deux types de fluence alternée est assez proche chez un même sujet. Contrairement aux deux fluences phonologiques, il n'y a pas de différence significative entre le nombre de mots dits en fluence P/Animaux et le nombre de mots dits en fluence R/Vêtements.

Cependant, la moyenne de mots produits pour chaque épreuve suit la même tendance dans toutes les tranches d'âges. Si un sujet évoque beaucoup de mots dans la fluence P/Animaux, c'est aussi le cas dans la fluence R/Vêtements. Les fluences alternées, bien que différentes puisque la première, P/Animaux, fait référence à des consignes déjà évoquées au cours du protocole, semblent répondre à des processus similaires.

Ainsi l'évocation antérieure de mots en [P] et de noms d'Animaux ne semble pas avoir d'influence sur le nombre de mots produits en fluence alternée P/Animaux.

3.5. Tests de corrélations

Nous souhaitons observer les liens existants entre les épreuves du protocole : d'une part entre les fluences verbales, et d'autre part entre les tests exécutifs et les fluences.

3.5.1. Corrélations entre les fluences verbales

3.5.1.1. Résultats de l'échantillon

Pour l'ensemble des tableaux de corrélations, il faut lire :

* La corrélation est significative au niveau 0,05 (bilatéral)

** La corrélation est significative au niveau 0,01 (bilatéral)

Pearson		Animaux	P	S	VA	P/Ax	R/Vêt
Animaux	Corrélation	1					
	Sig.						
P	Corrélation	,444**	1				
	Sig.	,000					
S	Corrélation	,458**	,690**	1			
	Sig.	,000	,000				
VA	Corrélation	,457**	,423**	,403**	1		
	Sig.	,000	,000	,000			
PAx	Corrélation	,341**	,598**	,552**	,553**	1	
	Sig.	,000	,000	,000	,000		
RVet	Corrélation	,365**	,578**	,510**	,526**	,682**	1
	Sig.	,000	,000	,000	,000	,000	

Tableau 68 : Corrélations entre les nombres moyens de mots dits aux épreuves de fluences dans l'échantillon

Les résultats de l'ensemble de l'échantillon montrent que **toutes les épreuves de fluences présentent entre elles des coefficients de corrélation significatifs**. Plus le nombre de mots est important dans une fluence, plus il est important dans les autres épreuves.

3.5.1.2. Corrélations par tranche d'âge

Dans la tranche d'âge 50/59 ans, les épreuves de fluences présentent toutes des coefficients de corrélation significatifs. Seule la fluence sémantique n'est pas corrélée à la fluence phonologique en [P] ($r=0,283$) et à la fluence alternée P/Animaux ($r=0,198$)

Dans la tranche d'âge 60/69 ans, les résultats montrent que la fluence sémantique n'est corrélée ni aux fluences phonologiques en [P] et [S], ni aux fluences alternées. Toutes les autres épreuves ont des coefficients de corrélation significatifs.

Dans la tranche d'âge 70/79 ans, les résultats montrent que la fluence de verbes d'actions n'est corrélée qu'avec la fluence alternée P/Animaux ($r = 0.632$) et la fluence alternée R/Vêtements n'est corrélée qu'avec l'autre fluence alternée ($r = 0.632$). Toutes les autres fluences sont corrélées entre elles.

Dans la tranche d'âge 80/89 ans, les résultats montrent que les corrélations sont plus hétérogènes ; les fluences alternées par exemple ne sont corrélées qu'entre elles ($r=0.538$) et avec les fluences formelles en [P] ($r = 0.470$ et 0.425) et en S ($r = 0.484$ et 0.370). La fluence de verbes d'actions n'est corrélée qu'avec la fluence sémantique (0.410) et la fluence formelle en [P] ($r=0.503$).

En résumé, **dans la population totale, toutes les épreuves de fluences verbales sont significativement corrélées entre elles**. Par contre, dans les différents sous-groupes d'âge, les corrélations entre les épreuves sont plus hétérogènes.

3.5.2. Etude de corrélations entre les fluences verbales et les tests exécutifs

Nous étudions les corrélations entre les résultats des scores quantitatifs des fluences verbales et les scores temps et erreurs de la partie B du TMT, ainsi qu'avec les scores temps et erreurs de la planche 3-I du Stroop Victoria. Nous cherchons notamment à mettre en évidence d'éventuels liens entre ces épreuves qui sollicitent fortement les capacités d'inhibition et de flexibilité mentale. Nous procédons cependant au préalable à l'observation des corrélations entre les épreuves préliminaires de chaque test – score temps du TMT A et score temps de la planche 1-C du Stroop – et les scores des fluences verbales pour évaluer l'incidence de la vitesse de traitement sur les performances.

3.5.3. Corrélations entre les fluences et les scores temps du TMT A

Rho de Spearman		Stroop C tps	Animaux	P	S	VA	P/Ax	R/Vet
TMT A tps	Coeff. de corrélation	,539**	-,327**	-,328**	-,288**	-,443**	-,364**	-,375**
	Sig.	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000
	N	164	164	164	164	164	164	164

Tableau 69 : Corrélations entre les nombres moyens de mots dits aux en fluences et le temps au TMT A

Les résultats font apparaître de façon très significative des coefficients de corrélation négatifs entre le temps de passation du TMT A et le nombre de mots produits dans toutes les épreuves de fluence sur l'ensemble de l'échantillon. Plus le temps de passation du TMT A est allongé, moins les sujets produisent de mots en fluences verbales. Par ailleurs nous notons que les scores temps du TMT A et du Stroop C, qui nous informent sur la vitesse de traitement des sujets, sont corrélés de façon très significative.

3.5.4. Corrélations entre les fluences verbales et le TMT B

3.5.4.1. Résultats de l'échantillon

Rho de Spearman	Animaux	P	S	VA	P/Ax	R/Vêt
TMTB tps Coefficient de Corr.	-,258**	-,313**	-,280**	-,467**	-,395**	-,395**
Sig.	,001	,000	,000	,000	,000	,000
Coefficient de Corr.	-,092	-,178*	-,165*	-,103	-,145	-,170*
TMTB err Sig.	,241	,023	,035	,190	,065	,029
N	164	164	164	164	164	164

Tableau 70 : Corrélations entre les nombres moyens de mots dits aux épreuves de fluences et le TMT B

Les résultats montrent des coefficients de corrélation négatifs et significatifs entre le temps de passation du TMT B et le nombre de mots produits en fluence verbale sur l'ensemble de l'échantillon. Plus le temps de passation du TMT B est allongé, moins les sujets produisent de mots en fluences verbales. Enfin, nous observons également des corrélations significatives entre le nombre d'erreurs au TMT B et le nombre de mots produits en fluence phonologique [P] et [S], et en fluence alternée R/Vêtements.

3.5.4.2. Résultats par tranche d'âge

Dans la tranche 50/59 ans, les résultats montrent une corrélation significative uniquement entre le score temps au TMT B et la fluence alternée R/Vêtements ($r = -0.395$).

Aucune corrélation n'apparaît pour la tranche d'âge 60/69 ans.

Dans la tranche 70/79 ans, nous notons une corrélation négative significative entre le score temps du TMT B et la fluence alternée P/Animaux ($r = -0.358$), ainsi que des corrélations négatives entre le nombre d'erreurs au TMT B et les deux fluences alternées ($r = -0.454$ et -0.409).

Dans la tranche 80/89 ans nous constatons une corrélation significative négative entre le score temps au TMT B et le nombre de mots en fluence phonologique avec la lettre [P] et en fluence de verbes d'actions.

3.5.5. Corrélations entre les fluences verbales et le Stroop Victoria

3.5.5.1. Corrélations entre les fluences et la planche 1 du Stroop Victoria

Rho de Spearman	TMTA tps	Animaux	P	S	VA	P/Ax	R/Vêt
Coef. de Corr	,539**	-,307**	-,240**	-,340**	-,329**	-,343**	-,259**
Stroop C tps Sig. (bilatérale)	,000	,000	,002	,000	,000	,000	,001
N	164	164	164	164	164	164	164

Tableau 71 : Corrélations entre les nombres moyens de mots dits aux en fluences et le temps au Stroop C

Le temps de passation de la planche 1-C du Stroop est corrélé à toutes les épreuves de fluence verbale.

3.5.5.2. Corrélations entre les fluences et la planche 3 (I) du Stroop Victoria

3.5.5.2.1. Résultats de l'échantillon

Rho de Spearman	Stroop I tps	Stroop I err	Animaux	P	S	VA	P/Ax	R/Vet
Stroop C Coeff. Corr.	,564**	,202**	-,307**	-,240**	-,340**	-,329**	-,343**	-,259**
tps Sig.	,000	,010	,000	,002	,000	,000	,000	,001
Stroop I tps Coeff. Corr.	1,000	,302**	-,409**	-,298**	-,352**	-,442**	-,388**	-,369**
Sig.	.	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000
Stroop I err Coeff.corr.	,302**	1,000	-,138	-,148	-,239**	-,209**	-,233**	-,213**
Sig.	,000	.	,079	,058	,002	,007	,003	,006
N	164	164	164	164	164	164	164	164

Tableau 72 :Corrélations entre les nombres moyens de mots dits aux épreuves de fluences et le Stroop I

Les résultats montrent des corrélations négatives significatives entre les scores temps de la planche 3-I du Stroop Victoria et le nombre de mots produits dans toutes les fluences. Plus le temps de réponse au Stroop est allongé, moins les sujets produisent de mots en fluences verbales.

Par ailleurs, des corrélations négatives significatives sont notées entre le nombre d'erreurs à la planche 3-I du Stroop Victoria et la fluence phonologique en [S], les verbes d'actions et les deux fluences alternées. Donc plus le nombre d'erreurs au Stroop augmente, moins le sujet produit de mots en fluences verbales sauf en fluence sémantique et phonologique en [P].

3.5.5.2.2. Corrélations par tranche d'âge

Pour la tranche 50/59 ans, nous constatons des corrélations significatives et négatives entre les scores temps du Stroop I et la fluence sémantique et la fluence de verbes d'actions. Plus le temps de réponse est allongé, plus le nombre de mots produits en fluence diminue. Les résultats montrent aussi une corrélation significative négative entre les scores erreurs du Stroop et la fluence phonologique en [P].

Aucune corrélation n'apparaît pour la tranche d'âge 60/69 ans.

Dans la tranche 70/79 ans, les résultats montrent des corrélations significatives et négatives entre le score temps du Stroop et la fluence alternée R/Vêtements ($r=-0.321$), ainsi qu'entre le score erreurs du Stroop et la fluence phonologique en [S] et la fluence alternée P/Animaux.

Dans la tranche 80/89 ans, nous notons des corrélations significatives et négatives entre le temps de réponse au Stroop et les fluences phonologiques en [P] et en fluence alternée R/Vêtements ($r=-0.577$)

En résumé, les résultats quantitatifs des fluences verbales sont tous corrélés aux scores temps et erreurs du TMT B et du Stroop Victoria dans l'échantillon d'étude.

Cependant comme pour les fluences entre elles, les résultats par sous-groupes d'âge sont plus hétérogènes. Nous constatons cependant des corrélations significatives négatives entre les fluences alternées et les tests exécutifs chez les sujets à partir de la tranche 70/79 ans.

3.6. Sujets de plus de 90 ans (hors traitement statistique)

Les tendances observées dans la population d'étude se retrouvent-elles chez les sujets très âgés, de plus de 90 ans ? Compte tenu de la difficulté inhérente au recrutement des personnes de cet âge et des critères cognitifs de sélection, le groupe de personnes âgées de plus de 90 ans est limité à 4 sujets. Nous donnons les résultats obtenus aux différentes épreuves du protocole sans procéder à une analyse statistique.

3.6.1. Résultats aux tests exécutifs

Sujet	Age	NEI	TMT B		Stroop Victoria planche I	
			Temps (sec)	Erreurs	Temps	Erreurs
1	90	2	108	0	58	1
2	90	1	126	0	56	0
3	94	2	136	0	80	4
4	93	1	204	0	80	0
Moyenne			118.5	0	68	1.25

Pour comparaison

80/89 ans	110.34	0.62	43.11	0.88
-----------	--------	------	-------	------

Tableau 73 : Résultats aux tests exécutifs du protocole des sujets de plus de 90 ans

Les scores des sujets de plus de 90 ans aux épreuves du TMT B montrent un temps de réponse plus long par rapport au temps moyen des sujets de la tranche 80/89, mais ils ne font aucune erreur, contrairement aux sujets de 80/89 ans. Les résultats aux épreuves de la planche 3-I du Stroop montrent un allongement du temps de réponse par rapport aux sujets de la tranche 80/89 ans et un nombre d'erreurs plus important. Conformément aux constats faits sur les tranches inférieures, le temps de réponse des sujets augmente avec l'avancée en âge.

3.6.2. Résultats aux fluences verbales

• Résultats quantitatifs

Sujet	Age	NEI	Ax	P	S	Va	P/Ax	R/Vêt
1	90	2	20	10	11	11	8	14
2	90	1	17	12	10	11	11	12
3	94	2	16	13	12	9	8	8
4	93	1	15	7	6	11	10	12
Nombre moyen			17	10.5	9.75	10.5	9.25	11.5

Pour comparaison

80/89 ans	19.11	14.08	11.77	12.42	11.71	11.20
-----------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

Tableau 74 : Nombre de mots produits aux épreuves de fluences des sujets de plus de 90 ans

Les résultats quantitatifs aux épreuves de fluences verbales montrent un nombre moyen de mots produits par les sujets de plus de 90 ans légèrement inférieur à ceux des 80/89 ans en fluence sémantique, phonologique avec la lettre [S] et en fluence de verbes. Le nombre de mots produit diminue de façon beaucoup plus importante pour la fluence phonologique en [P], mais il se maintient en fluence alternée R/Vêtement (11.5 vs 11.2).

• Résultats qualitatifs

Répétitions

sujet	Age	NEI	Ax	P	S	Va	P/Ax	R/Vêt
1	90	2	1	1	1	0	0	1
2	90	1	0	0	0	0	0	0
3	94	2	0	0	0	1	0	0
4	93	1	0	0	0	0	0	0
Nombre moyen			0.25	0.25	0.25	0.25	0	0.25

Pour comparaison

80/89	0.6	0.17	0.17	0.14	0.17	0.17
-------	-----	------	------	------	------	------

Tableau 75 : Nombre de répétitions aux épreuves de fluences verbales des sujets de plus de 90 ans

Les sujets n'ont fait **aucune erreur** ainsi que très peu de répétitions. Ces résultats sont très proches de la tranche des 80/89 ans.

Clusters sémantiques

sujet	Age	NEI	Ax	P	S	Va	P/Ax	R/Vêt
1	90	2	4	1	0	0	0	0
2	90	1	3	1	0	3	0	0
3	94	2	3	1	0	1	0	0
4	93	1	4	0	0	0	2	0
Nombre moyen			3.5	0.75	0	1	0.5	0

Pour comparaison

80/89 ans	3.34	0.6	0.45	1.42	0.74	0.17
-----------	------	-----	------	------	------	------

Tableau 76 : Nombre de clusters sémantiques dans les épreuves de fluences des sujets de plus de 90 ans

Clusters phonologiques

sujet	Age	NEI	Ax	P	S	Va	P/Ax	R/Vêt
1	90	2	1	2	1	0	1	1
2	90	1	1	1	2	0	2	0
3	94	2	2	2	1	0	2	0
4	93	1	0	0	0	0	0	0
Nombre moyen			1	1.25	1	0	1	0.25

Pour comparaison

80/89 ans	0.74	2.34	1.82	0.77	0.82	0.77
-----------	------	------	------	------	------	------

Tableau 77 : Nombre de clusters phonologiques aux épreuves de fluences des sujets de plus de 90 ans

Les scores des sujets montrent que le nombre de regroupements sémantiques est bas, mais ce nombre est en adéquation avec les résultats de la tranche des 80/89 ans. Par contre, le nombre de clusters phonologiques est globalement plus faible, surtout en fluence formelle, et notamment avec la lettre [P] et en fluence de verbes d'action.

Switches

sujet	Age	NEI	Ax	P	S	Va	P/Ax	R/Vêt
1	90	2	3	0	0	0	0	0
2	90	1	2	0	1	2	0	0
3	94	2	1	0	0	0	0	0
4	93	1	3	0	0	0	0	0
Nombre moyen			2.25	0	0.25	0.5	0	0
Pour comparaison								
80/89 ans			2.8	1.9	1.2	1	0.54	0.2

Tableau 78 : Nombre de switches aux épreuves de fluences verbales des sujets de plus de 90 ans

Les scores montrent que les sujets de plus de 90 ans font moins de switches que les sujets de 80/89 ans dans toutes les fluences, avec des baisses de scores plus importantes en fluence phonologique.

En conclusion, par rapport à la tranche d'âge inférieure 80/89 ans, nous constatons un allongement du temps de réponse lors du TMT et du Stroop. Les sujets de plus de 90 ans produisent globalement moins de mots que les 80/89 ans lors des épreuves de fluences verbales. Dans la fluence alternée R/Vêtements par contre les performances des plus âgés se maintiennent. L'examen des productions au niveau qualitatif montre que les plus de 90 ans font moins de clusters et de switches que les sujets de la tranche inférieure.

L'effet délétère de l'avancée en âge sur les performances aux tâches de fluence verbale semble donc confirmé.

DISCUSSION

1. Rappel des objectifs de recherche

Notre étude a pour objectif de mesurer les effets du vieillissement sur les processus exécutifs verbaux. Nous avons donc recruté un échantillon d'adultes matures et âgés non pathologiques, tous âgés entre 50 et 89 ans. Afin de comparer leurs performances à différentes épreuves de fluences verbales, nous avons réparti les sujets en quatre groupes d'âge et tenu compte du niveau éducatif initial.

Nous rappelons l'hypothèse : au cours du vieillissement non pathologique, les performances aux épreuves de fluence sémantique et formelle d'une part, et aux épreuves de fluence d'action et de fluences alternées d'autre part, sont modifiées.

2. Analyse et interprétation des résultats

La discussion développée dans cette partie vise à présenter une analyse quantitative et qualitative des résultats obtenus à partir des données recueillies aux différentes épreuves de fluences verbales. Nous nous efforçons de mesurer la part de plusieurs variables sur l'évolution des performances. L'interprétation que nous proposons se base également sur la comparaison des scores aux tâches de fluences alternées et aux épreuves du TMT et du Stroop Victoria. Nous confrontons nos résultats aux données de la littérature, sachant que les modes de passation des épreuves de fluence peuvent être différents d'une étude à l'autre et qu'il n'existe pas de règles méthodologiques standardisées pour le *clustering* et le *switching*.

Les résultats des sujets de 90 ans et plus ne font pas l'objet d'une analyse.

Influence de l'âge

- ♦ **Analyse quantitative**

Les données collectées dans l'étude montrent que la production des mots décroît au cours du vieillissement et que l'effet de l'âge est significatif dans toutes les tâches de fluidité verbale. Le groupe des 80-89 ans produit moins de mots que tous les autres. Seuls les résultats des fluences alternées montrent une différence entre les performances des 70-79 ans et celles des 60-69 ans.

Nous pouvons donc conclure, d'après les scores obtenus, à une baisse significative de la production des mots à partir de 80 ans pour les fluences sémantique, formelles et de verbes d'action et à partir de 70 ans pour les fluences alternées. Dans ce dernier type de fluence, l'effet de l'âge semble donc s'exprimer plus tôt que dans les autres.

Les données rapportées dans la littérature ne sont pas consensuelles : certaines études mettent en évidence un effet de l'âge pour certaines fluences et pas pour d'autres. Ainsi, contrairement à ce que nous trouvons, Troyer (1997) note un effet de l'âge pour la seule fluence sémantique, les adultes âgés (moyenne 73,3 ans) ne se distinguant pas des adultes plus jeunes (âge moyen 22,3 ans) en fluence littérale. Dans l'étude d'Henry et Philipps (2006), les seniors (âge moyen 72 ans) produisent même un peu plus de mots que des sujets plus jeunes (âge moyen 22,3 ans) en fluences formelles. Ces auteurs mettent ces résultats sur le compte de l'accroissement des connaissances avec l'âge et d'un meilleur niveau du vocabulaire. Or, au vu des scores des sujets de notre échantillon, nous ne pouvons pas conclure que le développement des connaissances sémantiques a un effet compensateur sur les performances. Les fluences formelles, qui nécessitent une recherche lexicale plus contrôlée, donnent lieu, dans notre étude, à une moindre production dans l'avancée en âge.

En revanche, nos résultats vont dans le même sens que ceux de nombreuses études (Thuillard et Assal, 1991; Ergis et Gierski, 2004 ; Salicé et Juhel, 2005 ; Ortega et Rémond-Bésuchet, 2007) qui notent, en fluence catégorielle ou lexicale, un niveau de performances significativement plus faible chez les sujets les plus âgés que chez les plus jeunes. Concernant les fluences alternées, nos résultats sont en accord avec ceux de Henry et Philipps (2006) : les adultes âgés produisent moins de mots que les jeunes.

Concernant le seuil où apparaît cet effet de l'âge, nos données concordent partiellement avec celles de Cardebat et coll. (1990), qui observent une baisse des performances chez les sujets les plus âgés, à savoir la tranche des 70/85 ans. Nos constatations rejoignent également celles de Delbeuck et coll., (2013) qui retrouvent une influence significative de l'âge chez les plus de 69 ans par rapport aux 55/69 ans.

Plusieurs hypothèses peuvent être avancées pour expliquer la baisse des performances des seniors dans les tâches de fluence : un ralentissement de la vitesse de traitement, une sensibilité à l'interférence traduisant un déficit d'inhibition, une difficulté pour passer d'un sous - groupement à l'autre liée à un manque de flexibilité.

Dans nos résultats, les corrélations significatives entre le temps de réponse au TMT A et au Stroop 1- C et les scores aux fluences tendent à montrer l'effet d'un ralentissement cognitif général sur les performances. Pour mesurer l'impact d'un déficit spécifique du fonctionnement exécutif, il paraît donc important de prendre en compte les aspects qualitatifs des productions réalisées en fluences verbales.

- Analyse qualitative

Les erreurs sont très faibles dans toutes les fluences (nombre moyen inférieur à 0,06) mais sur les fluences alternées, elles ont tendance à augmenter, surtout dans les deux dernières tranches d'âge. Les sujets qui produisent ces erreurs oublient d'alterner ou donnent des noms d'animaux au lieu de vêtements.

Les répétitions sont très peu nombreuses dans l'ensemble des fluences, quelles que soient les tranches d'âge. Ces résultats, expliqués sans doute par la brièveté de l'épreuve, sont en accord avec la littérature. Quelques nuances apparaissent en examinant dans chaque tâche le nombre de sujets qui produisent au moins une répétition. Dans la fluence sémantique, 40% des sujets de 80-89 ans font des répétitions, suivis de près par les 50-59 ans, (37% des sujets), mais aucune différence significative n'apparaît entre les groupes d'âge. Les plus âgés sont donc ceux qui commettent le plus de redites dans la fluence catégorielle, conformément à certaines études (Henry et Philipps, 2006 ; Tournier, 2010). Notons toutefois que ce sont les 50-59 qui en produisent le plus dans les fluences phonologique en [S], dans la fluence de verbes d'action, où la différence est significative, et dans la fluence alternée R/Vêtements. La fluence phonologique en [P] et la fluence alternée P/Animaux entraînent davantage de répétitions chez les 60-69 ans. Hormis pour la fluence catégorielle, qui est aussi celle où les sujets énoncent le plus de mots, l'avancée en âge ne semble pas engendrer une augmentation des répétitions dans notre échantillon, ce qui est contradictoire avec les conclusions de Tournier, (2010). Nos résultats ne permettent pas de conclure à un déclin avec l'âge des processus qui permettent de supprimer les informations devenues inutiles en mémoire de travail. Par ailleurs, les résultats observés chez les sujets de 50-59 ans, s'expliquent-ils par l'effet d'une surcharge cognitive ou d'une fatigue attentionnelle liée à l'activité professionnelle, ou au contraire, par une auto-exigence de produire davantage d'items ? Précisons en effet, que la plupart de ces sujets, encore en activité au moment des tests, étaient souvent interrogés après leur journée de travail.

Le nombre de regroupements peut-il expliquer ces résultats? Selon certains auteurs, en effet, le fait d'utiliser des clusters sémantiques ou orthographiques permettrait aux sujets d'écarter plus efficacement les mots déjà énoncés (Foldi et al., 2003). Or, dans notre étude, cette hypothèse n'est valable que pour la fluence catégorielle car les sujets de 50-59 ans, qui commettent le plus de répétitions en fluence phonologique en [S] ou en fluence de verbes d'action, sont aussi ceux qui font le plus de regroupements.

L'analyse des *clusters* peut nous renseigner sur les stratégies de recherche lexicale mises en place par les sujets, ainsi que les processus cognitifs en jeu. Selon Abwender et al., (2001), les regroupements sémantiques relèveraient de processus automatiques de diffusion de l'activation en mémoire sémantique, alors que les regroupements phonologiques correspondraient à une recherche plus stratégique des mots en mémoire. Notre étude montre un effet significatif de la tranche d'âge sur les *clusters sémantiques* en fluence catégorielle et en fluence d'action. Dans ces deux tâches, les sujets de 80-89 ans sont ceux qui font le moins de regroupements sémantiques. Toutefois, si on prend en compte la quantité de mots produits, en divisant le nombre de clusters par le nombre de mots, les différences entre les âges s'estompent en fluence sémantique mais se maintiennent en fluence d'action.

Un effet significatif de l'âge sur les *clusters phonologiques* n'est observé que sur les fluences alternées : les 60-69 ans sont les sujets qui en produisent le plus. Notons également que, même si les différences entre les groupes d'âge ne sont pas significatives, les plus âgés font plus de clusters phonologiques que les autres dans les fluences sémantique et formelle en [P]. Les 50-59 ans sont ceux qui en font le moins en fluence d'action et en fluences alternées.

Les résultats hétérogènes de notre étude ne permettent donc pas de conclure à un déclin avec l'âge des stratégies de recherche contrôlées.

L'examen des *alternances* au sein d'une même tâche révèle-t-il un effet de l'âge sur les processus de flexibilité spontanée ? Rappelons que la stratégie optimale pour produire le plus grand nombre de mots possible consiste à opérer des sous-regroupements et, une fois le nombre de mots du cluster épuisé, à passer à un autre groupement : le switching. Les résultats mettent en évidence une différence significative liée à l'âge sur les switches pour la fluence sémantique seulement : les 80-89 ans sont ceux qui produisent le moins d'alternances. Peut-être mettent-ils du temps à mettre en place la stratégie de switching. Ces résultats sont en accord avec plusieurs études (Troyer et al, 1997; Troyer, 1998 ; Tournier, 2010) qui montrent une moindre aptitude des adultes âgés que des adultes plus jeunes à passer d'un groupement à

un autre. Notons néanmoins que dans les autres fluences du protocole, aucune différence significative entre les tranches d'âge n'est mise au jour, même si dans la fluence en S et dans la fluence d'action, les plus âgés sont ceux qui font le moins d'alternances. L'âge ne semble pas affecter significativement les capacités de flexibilité spontanée dans les fluences phonologiques et d'action.

Influence du niveau éducatif

Nous avons réparti les participants selon trois groupes de niveau éducatif initial ou NEI, afin de déterminer l'influence du niveau d'études sur les performances des sujets dans les tâches verbales. Pour rappel, les sujets de NE1 ont un niveau scolaire inférieur au baccalauréat, les NE2 ont entre le bac et bac + 2, et les NE3 ont un niveau licence et plus.

- Analyse quantitative

Les résultats nous permettent d'affirmer que, tous âges confondus, le niveau d'études a une influence significative sur le nombre de mots produits dans toutes les épreuves de fluences verbales du protocole.

L'ensemble des observations montrent en effet que plus un sujet a un niveau d'études élevé, plus il produit de mots. Toutefois, si cette influence concerne tous les types de fluence, elle n'affecte pas les trois groupes définis dans l'étude de la même façon.

Toutes tranches d'âges confondues, quelle que soit la fluence proposée, nous observons systématiquement une différence significative du nombre moyen de mots produits entre les sujets de NE1 et les sujets de NE3. En revanche, nous ne constatons une différence significative entre les sujets de NE1 et ceux de NE2 qu'en fluence formelle en P, en fluence d'actions et en fluence alternée P/Animaux, alors même que le nombre moyen de mots émis par les sujets de NE2 est toujours supérieur à celui des NE1. Enfin, nous relevons une influence significative du niveau éducatif entre les NE2 et NE3 seulement dans les épreuves de fluence sémantique et phonologique. Dans les fluences d'action et les fluences alternées, il n'y a pas de différence significative entre les sujets de niveau 2 et ceux de niveau 3.

Les observations par tranche d'âge montrent un effet significatif du niveau d'études en fluence sémantique et en fluence phonologique dans toutes les tranches d'âge. Toutefois, nous remarquons que le groupe des 60/69 ans se distingue puisque l'influence du niveau d'études

ne concerne que la fluence phonologique, nettement avec la lettre P et de façon tendancielle avec la lettre S. Mais dans tous les cas, ce sont les sujets de NE3 qui se distinguent, quelle que soit la classe d'âge.

Ces résultats rejoignent ceux de plusieurs études dont Cardebat (1990), Gierkis et Ergis (2004), Piatt (2004), Ortega et Rémond-Bésuchet (2007), selon lesquelles le niveau scolaire a une influence majeure sur les performances quantitatives en fluence verbale, sémantique ou formelle, avec des performances nettement plus élevées chez les sujets ayant suivi un cursus d'études supérieures. Nous pouvons ajouter au vu de nos résultats, que le niveau éducatif a également une influence dans les fluences d'actions et dans les fluences alternées. Ainsi, la poursuite d'études supérieures qui va de pair avec un enrichissement du stock lexical et des connaissances sémantiques, pourrait aussi renforcer l'entraînement des habiletés cognitives et des ressources de traitement exécutif (Ortega et Rémond-Bésuchet, 2007 ; Roussel, 2009). Ce renforcement impacterait fortement et positivement les performances des sujets dans les épreuves de fluence verbale.

Par ailleurs, comme Ratcliff et coll., 1998, nous retrouvons dans notre étude une augmentation du nombre de mots en fluence formelle par rapport au nombre de mots en fluence sémantique avec l'allongement de la durée des études. Les résultats indiquent effectivement que l'écart du nombre d'items produits en fluence formelle en [P] par rapport au nombre d'items produits en fluence catégorielle Animaux, diminue avec l'accroissement du niveau d'études. Toutefois, les écarts constatés pour chaque niveau éducatif sont relativement proches (respectivement 5,41 ; 5,35 et 5,19). Cette diminution du nombre de mots produits entre les deux tâches pourrait s'expliquer par des processus d'apprentissage de la langue, renforcés par la durée de la scolarité. En effet, les fluences formelles nécessitent des procédures moins spontanées que les fluences sémantiques, et s'appuient sur des réseaux structurés de connaissances alphabétiques, phonémiques et orthographiques, qui sont largement activés avec la poursuite d'études supérieures.

D'autre part, même si dans l'étude, les sujets de NE2 produisent plus d'items que ceux de NE1, les variations entre les résultats, voire l'absence de différence significative entre leurs performances, peuvent s'expliquer par des facteurs non éducatifs. Il est admis que le niveau d'études n'est pas forcément toujours représentatif des connaissances d'une personne, et que les expériences autobiographiques, une vie intellectuellement et socialement riche, ont également une influence sur la richesse lexicale. Au-delà des acquisitions scolaires, du fait de

leurs expériences personnelles et professionnelles, tous les sujets n'ont pas accès aux mêmes champs et catégories sémantiques (Ortega et Rémond-Bésuchet, 2007 ; Capitani et coll., 1999). Ces éléments peuvent expliquer des scores non corrélés au nombre d'années d'études.

Enfin, contrairement aux fluences dites classiques, sémantiques et formelles, le niveau éducatif n'a pas d'influence significative entre les sujets de NE2 et ceux de NE3, ni dans les fluences de verbes d'action ni dans les fluences alternées.

Concernant les fluences d'action, nous pouvons supposer que, quel que soit le niveau d'études, il est plus difficile de produire des verbes que des noms (Soros et al., 2003). Mais, il nous semble surtout, que les performances dans ce type de fluence seraient ici aussi davantage liées aux expériences individuelles et aux activités quotidiennes de chacun des sujets, plutôt qu'à leur niveau d'études. Cette analyse s'appuie sur l'observation des différentes catégories sémantiques proposées lors de cette épreuve, en relation avec des activités fréquentes ou familières pratiquées par les sujets, par exemple le sport ou le jardinage, ou avec un domaine professionnel particulier, la menuiserie par exemple.

Concernant les fluences alternées, notre analyse est différente. Bien qu'aucune influence du niveau ne soit constatée dans l'étude entre les NE2 et les NE3 dans les épreuves de fluences alternées, nous observons que la différence entre le nombre moyen de mots produits entre chaque niveau est encore plus faible chez les sujets les plus âgés. Ces épreuves activant plus fortement les capacités de flexibilité mentale et d'inhibition verbale que les autres fluences du protocole, nous supposons que l'effet du niveau éducatif pourrait être gommé par un recours plus important aux ressources exécutives. Cette épreuve viserait donc bien davantage la flexibilité que le stock ou corpus lexical.

Ainsi, sans exclure l'effet éventuel d'un ralentissement général, les performances quantitatives des sujets les plus âgés en fluence alternée, pourraient davantage dépendre des capacités de flexibilité et d'inhibition nécessaires et disponibles que du niveau éducatif initial des sujets.

- ♦ Analyse qualitative

L'analyse qualitative des productions des sujets de l'étude n'indique aucun effet du niveau éducatif sur le nombre d'erreurs et de répétitions, quelle que soit la tâche et quel que soit l'âge. Le nombre d'erreurs est très faible, puisqu'on compte moins d'une erreur par sujet

en moyenne, voire aucune en fluence sémantique, et ce sont toujours les sujets de NE3 qui en font le moins. Les répétitions sont légèrement plus fréquentes que les erreurs, et ce sont les sujets de NE3 qui en font le plus, notamment dans les épreuves de fluence formelle en [S], de fluence de verbes et dans les fluences alternées. Ces résultats sont éventuellement à mettre en relation avec le nombre de mots produits qui est plus important chez ces sujets.

Concernant les stratégies d'évocation, nous constatons une influence significative du niveau d'études sur le nombre de clusters sémantiques et phonologiques en fluence sémantique, et sur le nombre de regroupements phonologiques en fluence formelle en [P]. Toutes tranches d'âges confondues, ce sont les NE3 qui en produisent le plus. Ces chiffres sont à rapprocher de ceux du nombre de switches, car les données montrent également une influence significative du niveau d'études sur le nombre d'alternances entre les groupements, en fluence sémantique et formelle en [P]. Et encore une fois, ce sont les NE3 qui en font le plus.

Nous en concluons que ce sont les sujets ayant fait le plus d'études qui ont les stratégies de recherche les plus performantes en fluence sémantique et en fluence formelle. Comme Troyer et al., (1997) et Koren (2005), nous constatons que le nombre de switches augmente avec celui des regroupements, quelle que soit leur nature. Cet effet du niveau éducatif sur les stratégies d'évocation pourrait ici encore, s'expliquer par le renforcement des capacités cognitives avec l'allongement de la durée des études, ce qui rend le traitement exécutif plus performant.

Mais cette analyse est à relativiser car nous n'observons aucune influence du niveau éducatif sur les stratégies de regroupements et d'alternances dans la fluence d'actions ou en fluences alternées. Ces deux modalités seraient donc particulièrement intéressantes en clinique auprès de patients de bas niveau éducatif.

Enfin, nous remarquons que, si l'âge et le niveau éducatif initial ont, à titre spécifique, une influence significative sur les performances des sujets dans l'ensemble des fluences verbales, il n'y a cependant pas d'interaction des facteurs âge et niveau éducatif entre eux.

Autrement dit, l'influence du niveau éducatif ne varie pas en fonction de l'âge ; il semblerait davantage varier en fonction des tâches.

Effet de la modalité

Toutes les épreuves de fluences sont significativement corrélées entre elles dans l'échantillon. Plus le nombre de mots est important dans une fluence, plus il est important dans les autres tâches. Par contre, dans les sous-groupes d'âge et particulièrement dans la tranche des 80-89 ans, les corrélations entre les épreuves sont moins homogènes.

- Analyse quantitative

C'est en **fluence sémantique** que les sujets de l'échantillon, tous âges et tous niveaux éducatifs confondus, produisent le plus grand nombre de mots. Ces résultats, en accord avec plusieurs études (Ortega, et Rémond-Bésuchet 1997 ; Troyer, 1998), confirment que la recherche lexicale sur un critère sémantique est plus simple à réaliser que sur un critère phonologique et grammatical. Très précocement, dès les premières années d'apprentissage de la langue, le lexique est catégorisé en classes et en sous-classes.

Les **fluences formelles**, dont les résultats sont nettement inférieurs à ceux de la fluence sémantique, font appel à des stratégies de recherche moins automatiques et sont plus sensibles au niveau de connaissances atteint par le sujet dans ses études ou sa vie professionnelle. Conformément à la littérature, nous observons que les sujets produisent nettement plus de noms que de verbes dans ces deux types de tâches (Soros et al. 2003). Selon certains, le phénomène serait lié à l'organisation du lexique (Canac Richard, 2005). Pour d'autres, l'apprentissage plus tardif des verbes dans l'enfance expliquerait que ces mots soient activés moins facilement dans une tâche d'évocation (Matzig et al. 2009).

Les écarts entre la fluence sémantique et phonologique peuvent varier selon les critères choisis. En effet, le nombre d'items disponibles en mémoire varie d'une catégorie sémantique à l'autre. Les expériences personnelles, les centres d'intérêt et les compétences singulières acquises au cours de la vie peuvent aussi influencer les performances. Selon son parcours personnel, un sujet peut être exposé à des champs sémantiques qui l'avantageront dans certaines épreuves de fluences. Un menuisier par exemple sera peut-être plus à l'aise qu'un musicien pour trouver des noms d'outils. La catégorie des animaux, apprise dès le plus jeune âge et sur-apprise par la suite, dispose de nombreux exemplaires et permet une recherche quasi-automatique en mémoire. Boysson Bardiès (1996) a montré que les noms d'animaux apparaissaient en deuxième position après les noms d'objets dans le tout premier

lexique de l'enfant. Cette différence manifeste entre les productions sémantiques d'une part et formelles de l'autre, se retrouve chez d'autres auteurs (Cardebat, 1990).

Dans la majorité des cas, **la production des verbes se rapproche de celle des noms en [P] ou en [S]**. Sauf pour les 50-59 ans, les scores dans les fluences de verbes d'action sont légèrement supérieurs à ceux de la fluence en [S]. Comment expliquer l'écart entre les productions de noms d'animaux et celles de verbes ? Ces dernières seraient significativement influencées par le niveau éducatif initial (Piatt et al, 2004). Or, dans notre étude, comme il a été dit précédemment, l'effet du niveau éducatif est sensible dans toutes les fluences. Nous constatons une diminution — légère — de l'écart entre les deux types de productions seulement entre les niveaux 1 et 2 (de 6,23 à 6,09). La prise en compte de la spécificité des traitements liée à l'épreuve de fluence d'action peut fournir un autre élément d'explication. La catégorie des verbes est extrêmement large et nécessite une recherche organisée et contrôlée en mémoire sémantique. Un déclin du fonctionnement exécutif altérerait les performances (Signorini, 2006). La moindre production de verbes pourrait, nous semble-t-il, être également mise sur le compte de la consigne : nous remarquons parfois une latence des réponses liée à la vérification mentale de la conformité du mot produit avec l'item exigé. Certains sujets se sont quelquefois ouvertement demandé si le mot qu'ils proposaient était bien un verbe d'action. Sur une durée très courte d'une minute, le ralentissement provoqué par ce type de questionnement pourrait impacter les performances. Les résultats seraient peut-être différents si la consigne portait uniquement sur des verbes sans restriction.

La comparaison intra-sujet des résultats montre **une corrélation entre les deux types de productions formelles** : plus le nombre de mots est important en [P], plus il est important en [S]. En revanche, les sujets, tous âges confondus, produisent significativement moins de mots en [S] qu'en [P]. Cette différence peut s'expliquer d'abord par le risque de confusions grapho-phonémiques lié à la lettre [S] : par exemple "cerise" débute par le son [s], mais pas par la lettre [S]. Les sujets, conscients des erreurs possibles, doivent puiser les mots dans le lexique orthographique en contrôlant le lexique phonologique. Le temps nécessaire pour filtrer les éléments inadéquats réduirait le temps disponible pour produire les mots et aurait donc un effet négatif sur les performances. Le nombre très faible d'erreurs semble attester que les sujets de notre échantillon inhibent en amont les items non pertinents.

Par ailleurs, le nombre de mots disponibles en mémoire sémantique est peut-être moins important avec la lettre [S] qu'avec la lettre [P]. Des auteurs ont en effet montré que certaines

lettres sont plus faciles que d'autres : le niveau de performance est proportionnel à la fréquence d'occurrence des mots dans la langue (Gierski et Ergis, 2004). Or, une recherche simple avec la base de données lexicales *Lexique 3*, indique que le français dispose d'un nombre de mots en [P] nettement supérieur à celui en [S] : 12616 items commençant par le graphème [P] vs 9452 items mots débutant par le graphème [S] (New et coll., 2001).

Les **fluences alternées**, entraînent pour tous les sujets, quel que soit le niveau éducatif, la plus faible production de mots. Ce type de tâches, qui nécessite de mettre en œuvre des processus contrôlés avec une alternance imposée, est le plus coûteux du point de vue cognitif. En effet, la flexibilité réactive, l'inhibition, les capacités attentionnelles, la mémoire de travail sont particulièrement sollicitées. Le sujet doit, pour passer d'une catégorie sémantique à un regroupement formel, reconfigurer ses stratégies de recherche en mémoire. Le temps nécessaire à chacune de ces reconfigurations peut ralentir la production des items.

- Analyse qualitative

Comme le rapportent plusieurs études (Ortega et Rémond-Bésuchet 1997 ; Favier-Boumazza et Galley, 2013), les stratégies de recherche lexicales semblent induites par la consigne. Ainsi, dans notre échantillon, l'épreuve de fluence sémantique entraîne majoritairement des groupements sémantiques. De la même façon, les clusters phonologiques sont plus nombreux avec la lettre [S] ou [P]. La part des clusters sémantiques dans les fluences formelles et celle des clusters phonémiques dans les tâches sémantiques sont, chez nos sujets, assez faibles. Toutefois nous observons que les seniors produisent plus de clusters phonologiques que les plus jeunes dans la fluence sémantique.

Dans le cas de la **fluence d'action**, la stratégie de recherche n'est pas induite par la consigne et doit être élaborée par le sujet lui-même. Ainsi, un déclin exécutif rendrait cette organisation moins efficiente et retentirait négativement sur le nombre de clusters et d'alternances et les performances s'en trouveraient réduites (Signorini, 2006). La majorité des groupements dans cette fluence sont, pour notre échantillon, sémantiques. Les deux consignes phonologiques précédentes ne semblent donc pas influencer sur la recherche lexicale dans ce type de tâche. Notons que les 80-89 ans sont ceux qui font le moins de clusters sémantiques et aussi le moins de switches, mais ce résultat doit sans doute être mis en lien avec le nombre de mots, plus faible dans cette tranche d'âge que dans les autres.

Fonctions exécutives et fluences verbales

Bien que certains aspects aient déjà été abordés, il nous semble important de considérer l'analyse des variables qualitatives de l'étude de façon globale. En effet, la prise en compte des facteurs qualitatifs tels que la production d'erreurs et de répétitions et les stratégies cognitives utilisées par les sujets, est plus susceptible de nous fournir des indices sur les processus exécutifs de contrôle mis en jeu dans ce type de tâches.

- La production d'erreurs et de répétitions

Quelle que soit la fluence, nous avons constaté qu'il n'y avait ni influence significative de l'âge, ni influence du NEI sur la production d'erreurs. Leur nombre est très faible, et lorsqu'il y en a, ce ne sont pas les sujets les plus âgés qui en font le plus, alors que ce sont toujours les sujets de NE3 qui en font le moins. Les erreurs sont surtout d'ordre lexical en fluence formelle et en fluence de verbes - confusions grapho-phonémiques avec la lettre S avec auto-correction spontanée ou production de verbes d'état - alors qu'il s'agit plus de difficulté à suivre la consigne d'alternance de critères en fluence alternée. Ainsi, les premières relèveraient plus d'un défaut d'inhibition, et les secondes d'un manque de flexibilité. Les répétitions, quoique légèrement plus nombreuses sont également très peu fréquentes. Nous avons constaté un effet significatif de l'âge seulement en fluence de verbes et un effet significatif du niveau éducatif en fluence formelle en S. Dans l'ensemble de l'échantillon, ce sont donc surtout les sujets les plus jeunes de la tranche 50/59 ans, et les sujets les plus éduqués de NE3 qui en font le plus. Peut-être est-ce ceux qui, soucieux de performances, font aussi le plus d'essais de production.

Les phénomènes d'erreurs et de répétition ne semblent donc pas être liés aux facteurs âge et niveau d'études, mais plus à des déficits attentionnels et d'inhibition. En effet, nous supposons que les sujets de la tranche 50/59 ans puissent être ralentis par une fatigue attentionnelle liée à l'activité professionnelle ; de même, comme Ortega et Rémond-Bésuchet (2007), nous pensons que le nombre de répétitions produites par les sujets de NE3 est à mettre en lien avec le nombre plus important d'items produits par ce groupe ; le nombre de redites serait par conséquent lié à une plus grande difficulté à inhiber les items non pertinents au vu du nombre plus élevé d'items activés. Toutefois, ces éléments ne nous permettent ni de nous comparer avec d'autres études, ni de conclure sur une moindre efficacité du contrôle exécutif.

- Stratégies cognitives de recherche

La production de regroupements sémantiques et phonologiques et d'alternances entre les groupements, informe sur les stratégies de recherche mises en place par les sujets d'une part, et sur les processus cognitifs mis en jeu d'autre part. La fluence sémantique avec la catégorie animaux est la seule tâche où nous observons clairement une influence de l'âge et du niveau éducatif sur les performances : ce sont les sujets les plus âgés qui font le moins de regroupements et d'alternances, et inversement ce sont ceux ayant le niveau d'études le plus élevé qui en font le plus. Ces résultats, nous l'avons vu, pourraient être liés à la familiarité de la catégorie Animaux, dont les items sont connus et manipulés depuis la petite enfance. Par ailleurs, même si les résultats ne sont pas significatifs, ils ont la même tendance en fluence formelle. Par contre, **les regroupements sont bien moins nombreux en fluence d'action et en fluence alternée, et aucune influence des variables indépendantes n'est constatée.**

Nos résultats ne nous permettent donc pas de conclure sur les stratégies cognitives des sujets dans ce protocole.

Toutefois, il convient de ne pas perdre de vue des considérations liées à l'examen des séries de fluences. En effet, il faut bien souligner la difficulté à répertorier les productions en termes de regroupements sémantiques ou phonologiques, voire les deux, et à identifier les alternances entre les groupements. Si les clusters correspondent à une série d'items liés entre eux par un critère commun qui peut être sémantique « *pomme, poire, pêche* » ou phonologique « *serviette, serviable, serre-tête* », certains regroupements peuvent être identifiés en raison de la présence de deux critères communs. C'est le cas par exemple du regroupement « *chien, chat, cheval* ». Le critère phonologique [ch] et la catégorie sémantique [animaux domestiques] peuvent tous deux être choisis par le sujet pour classer le regroupement selon un paramètre phonologique ou sémantique. La comptabilisation des alternances est, elle aussi, relativement complexe. De plus, tous les auteurs ne les analysent pas de la même façon, et les comparaisons en sont rendues plus ardues. Comme Troyer et al., nous avons comptabilisé un switch lors de chaque changement de cluster, qu'il soit sémantique ou phonologique ; par contre nous n'en avons pas compté lorsque des items n'appartenant à aucun regroupement s'interposaient entre des clusters sémantiques ou phonologiques. Cette analyse est plus compliquée encore dans les épreuves de fluences alternées, où les regroupements, sémantiques et/ou phonologiques, sont par définition scindés

par la double consigne. Par conséquent, nous pensons que cette analyse des stratégies de recherche de mots mériterait d'être poursuivie en se concentrant sur cet aspect.

- Les fluences alternées

Ces épreuves ont été intégrées dans le protocole car elles nécessitent des capacités plus importantes de flexibilité mentale et d'inhibition verbale. Nous rappelons que, au vu des résultats de l'étude, **ce sont des tâches où les sujets, tous âges et niveaux éducatifs confondus, produisent significativement le moins de mots.** Cette diminution importante du nombre moyen de mots produits par rapport aux autres fluences est à rapprocher des performances que nous observons avec des tests classiquement utilisés en clinique pour évaluer d'éventuels déficits des fonctions exécutives, et plus précisément l'inhibition avec le Stroop Victoria, et la flexibilité cognitive avec le TMT. Les corrélations entre le nombre d'items produits et les résultats au Stroop et au TMT sont en effet très significatives.

Ainsi, dans l'échantillon, lorsque le temps de passation et le nombre d'erreurs à la planche 3-I du Stroop Victoria augmente, le nombre de mots produits en fluence alternée diminue significativement. De la même façon, lorsque le temps de réponse est allongé dans l'épreuve du TMT B, le nombre de mots produits diminue de façon significative dans les deux épreuves de fluence alternée ; le nombre d'erreurs au TMT B n'est corrélé qu'avec la fluence [R/Vêtements]. De plus, les résultats par tranches d'âge montrent que ces corrélations entre les fluences alternées d'une part, et les tests du Stroop et du TMT B de l'autre, apparaissent de façon très significative dès la tranche 70/79 ans.

Par ailleurs, les études de comparaison intra sujets entre les deux fluences alternées indiquent que les deux tâches sont corrélées entre elles et suivent la même tendance, quel que soit l'âge des sujets. Autrement dit, lorsqu'un sujet est performant dans la fluence P/Animaux, il l'est aussi dans la fluence R/Vêtements, et inversement. En revanche, nous constatons qu'il n'y a pas, chez un même sujet, de différence significative entre le nombre moyen de mots produits dans les deux fluences alternées. En effet, contrairement aux deux fluences formelles du protocole, les scores quantitatifs dans les deux tâches P/Animaux et R/Vêtements sont proches. Quand un sujet émet un nombre important d'items dans une fluence alternée, il en émet également un nombre élevé dans l'autre.

Par conséquent, le fait que les scores en fluence alternée soient toujours plus bas que ceux en fluence sémantique et formelle, qu'il existe une corrélation négative très significative avec les tests du Stroop et du TMT, que les scores des deux fluences alternées soient très proches alors même qu'ils sont corrélés de façon très significative, nous permet d'affirmer que **ces épreuves sont plus sensibles que les autres fluences aux processus exécutifs nécessaires à la réalisation de la tâche**. Selon ces résultats et les corrélations avec les épreuves exécutives standard, les tâches de fluence alternée peuvent être considérées, moins comme un indice de l'accès au lexique, même si elles le restent, que comme un précieux indicateur du fonctionnement exécutif du sujet, et notamment de ses capacités d'inhibition et de flexibilité.

Cette affirmation est corroborée par les rappels éventuels d'items effectués au cours de la fluence P/Animaux venant après les items produits en fluence catégorielle Animaux et la fluence formelle en [P]. Nous ne relevons que très peu de rappels de mots entre les épreuves de début et de fin de protocole, et les items similaires sont essentiellement des items qui sont spontanément activés par la majorité des sujets dans les deux types de tâche « *chien, chat, cheval* » par exemple pour les Animaux, « *papa, pot, pain, père* » pour la lettre [P]. La recherche antérieure d'items selon des critères identiques ne facilite pas la production de mots en fluence alternée puisque d'une part, nous ne retrouvons pas les mêmes mots, et d'autre part le nombre de mots produits en fluence P/Animaux est inférieur à la fluence Animaux et à la fluence en [P].

Par contre, les sujets énoncent plus de verbes en fluence alternée que dans les fluences sémantique et formelles du début du protocole. Or, la fluence de verbes d'action précède immédiatement la fluence alternée P/Animaux. Il semble donc possible et plausible que l'activation des mots-verbes en fluence d'action ait un impact sur les productions ultérieures des sujets.

Enfin, nous remarquons également la présence de **persévérations** dans les fluences alternées. Ces persévérations ne sont pas des répétitions, mais des productions de mots commençant tous par la lettre [P] dans l'épreuve P/Animaux par exemple, ou l'évocation de noms appartenant tous à la catégorie des animaux, tout en alternant un mot commençant par [P] et un nom d'animal. Nous avons ainsi relevé des productions du type « *papi pigeon pirouette paresseux* » ou « *paon phacochère piranhas poisson* ». Ce phénomène n'est pas retrouvé dans la fluence R/Vêtements, sans doute en raison du peu de noms de vêtement

commençant par [R]. Une autre explication possible repose sur le fait que ces critères n'ayant pas été recrutés auparavant, ils produisent moins de parasitages.

L'éventualité d'une mauvaise compréhension de la consigne est toujours possible, mais ces persévérations sont présentes même chez des sujets pour lesquels nous avons fourni un exemple. Sauf de rares cas où les sujets se sont auto-corrigés, cela semble plutôt relever d'un défaut de contrôle exécutif, soit parce que le sujet ne parvient pas à inhiber un des deux critères, soit parce qu'il a du mal à passer totalement d'une consigne à l'autre en inhibant la précédente. Nous rappelons que les critères Animaux et [P] correspondent aux fluences où les sujets produisent le plus de mots, tous âges et tous niveaux confondus, et que contrairement aux fluences sémantiques et formelles, le niveau éducatif n'a pas d'effet significatif en fluence alternée chez les sujets les plus âgés. Par conséquent, le grand nombre d'items activés rend peut-être plus difficile une alternance parfaite entre les critères sémantique et formel, ainsi qu'une inhibition des items correspondant aux deux critères simultanément.

Ainsi, il semble manifeste que les épreuves de fluences alternées sollicitent plus fortement les capacités de flexibilité réactive et d'inhibition verbale que les autres fluences du protocole. Le coût cognitif de telles tâches ne semble pas être compensé par un niveau éducatif élevé, contrairement aux autres fluences. Sachant que tous les sujets de l'étude ont réussi les épreuves d'inclusion, évaluant notamment la mémoire et l'accès au lexique, tous les points abordés ci-dessus confirment que les fluences alternées sont un indicateur important du fonctionnement exécutif des participants. Elles apportent notamment des informations plus spécifiques sur les capacités d'inhibition et de flexibilité.

Ces épreuves sont donc une source de renseignements plus précis que les autres fluences pour évaluer les capacités de traitement exécutif des sujets. Néanmoins, même si les fluences alternées sont plus sensibles à un déficit exécutif que les fluences classiques, l'allongement du temps de réponse à l'ensemble des épreuves du protocole, ne nous permet pas d'exclure le rôle d'un ralentissement cognitif dans les moindres performances en fluences verbales.

3. Conclusions partielles

Au terme de cette présentation, il nous est possible d'avancer quelques éléments de conclusions relatifs au fonctionnement exécutif des participants que nous avons interrogés :

- les **fluences classiques, sémantiques et formelles**, sont sensibles à l'effet de l'âge et du niveau éducatif : les performances s'infléchissent nettement à partir de 80 ans mais de façon moins marquée pour les sujets de NE3. Les résultats des données qualitatives ne permettent pas de mettre en évidence un déclin des capacités d'inhibition et de flexibilité lié à l'âge. Nous notons des scores un peu surprenants chez les participants de 50-59 ans qui s'expliqueraient peut-être par la surcharge cognitive et la fatigue attentionnelle de sujets encore en activité professionnelle.

- les **fluences d'action** pour la tranche des 80-89 ans donnent des scores significativement moins élevés que dans les autres groupes d'âge. De plus, les effets du niveau éducatif y sont moins sensibles et ceci dès 70 ans. Les observations recueillies au moment de la passation nous amènent à penser que la part des facteurs environnementaux joue un rôle important dans les performances. En effet, les sujets qui produisaient le plus de mots dans cette épreuve étaient ceux qui avaient des activités variées et régulières. Les loisirs quotidiens, l'investissement dans des activités associatives, qu'elles soient sportives ou culturelles, semblent favoriser, plus que le niveau éducatif, les habiletés fluides. Il aurait été intéressant de mesurer plus précisément l'impact positif d'un environnement riche et varié sur les fonctions cognitives par un questionnaire détaillé en début de test.

- les **fluences alternées** sont, pour tous les sujets de notre échantillon, les plus difficiles à réaliser : le nombre de mots produits est nettement inférieur par rapport aux autres tâches. L'effet de l'âge est sensible dès 70 ans alors qu'il se situe à 80 ans pour les autres fluences. Comme pour les épreuves de verbes d'action, l'effet du niveau éducatif est atténué dès 70 ans. Les corrélations significatives entre ces épreuves et les tâches exécutives standard du protocole, semblent en faire des instruments de mesure plus sensibles que les autres fluences des processus exécutifs. Les moindres performances, l'augmentation des erreurs et des répétitions observées, lors de l'avancée en âge, pourraient être expliquées par une réduction de l'efficacité du contrôle exécutif avec un fléchissement des capacités de flexibilité et d'inhibition.

Ainsi, compte tenu de ces éléments, nous pouvons valider notre hypothèse de départ : au cours du vieillissement non pathologique, les performances aux épreuves de fluence sémantique et formelle d'une part, et aux épreuves de fluence de verbes d'action et de fluences alternées d'autre part sont modifiées.

Les performances en fluences verbales diminuent au cours du vieillissement, à la fois sous l'effet de l'âge et du niveau éducatif initial.

Le fait qu'il existe bien une différence entre les fluences classiques, sémantique et formelle d'une part, et les fluences d'action et alternées d'autre part, montre que la baisse des performances peut aussi être mise en relation avec les capacités d'inhibition et de flexibilité, sans exclure toutefois l'effet d'un ralentissement général.

Les fluences verbales alternées, fortement corrélées aux épreuves standards, constituent un indicateur très significatif des fonctions exécutives.

4. Limites de l'étude

La population

Bien que nous ayons recruté un nombre important de sujets, 164 au total, nous pensons que les analyses auraient été plus instructives avec des sous-groupes plus importants. Si les classes définies par tranche d'âge ou par niveau éducatif comportaient entre 35 et 59 sujets, les sous-groupes définis par âge et par niveau éducatif étaient en revanche trop petits pour refléter des phénomènes significatifs. A titre d'exemple, les sujets de 80/89 ans de niveau 3 étaient seulement 11, ce qui est assez faible pour un traitement statistique pertinent. Un échantillon plus large et des sous-groupes plus étoffés permettraient des observations sans doute plus homogènes, ce qui fournirait in fine des normes plus solides en fluences d'action et en fluences alternées.

Le matériel

Les différentes observations cliniques lors des passations, ainsi que les scores relativement bas des sujets de la tranche 50/59 ans ont particulièrement retenu notre attention. Nous pensons à posteriori qu'il aurait été pertinent de proposer un questionnaire s'adressant à chacun des sujets de l'étude et comprenant des questions sur les éventuels traitements

médicamenteux, pathologies antérieures ou en cours. Compte tenu du niveau élevé des scores d'inclusion, nous n'avons pas pris la mesure du retentissement cognitif de ces éléments, mais nous pensons que leur prise en compte aurait permis d'affiner notre analyse. De la même façon, un questionnaire sur les activités de loisirs (clubs, sports, voyages, etc) aurait pu nous offrir des pistes intéressantes pour mesurer la part de la routinisation dans le déclin cognitif lié à l'âge et/ou de l'effet compensateur sur les habiletés fluides des activités sociales, sportives et intellectuelles au cours du vieillissement.

Enfin, concernant les épreuves du protocole, les fluences alternées reposent sur une alternance mixte ou extra-dimensionnelle, entre un critère phonémique, P ou R, et un critère sémantique, Animaux ou Vêtement. Ce choix complexifie le changement permanent de critère induit par la consigne et nécessite le recrutement optimal des capacités de flexibilité et d'inhibition. Une comparaison avec des fluences alternées de type intra-dimensionnelle, c'est-à-dire reposant sur une alternance entre deux critères de même nature, sémantique ou phonologique, aurait fourni des éléments supplémentaires sur la sensibilité des fluences alternées.

L'analyse des données

Notre étude apporte des données relativement robustes pour l'analyse quantitative des performances des sujets recrutés. Cependant, nous n'avons pas enregistré les réponses par périodes de 15 secondes et nous ne sommes donc pas en mesure de proposer une analyse dynamique des productions. Or, cet élément peut apporter des précisions sur le fonctionnement exécutif, notamment sur l'initiation verbale ou la fatigue attentionnelle (Ortega, et Rémond Bésuchet, 1997 ; Tournier, 2010).

L'analyse qualitative que nous proposons ne comptabilise pas le nombre d'items par clusters et ne rend pas compte de la nature précise des différents regroupements, qu'ils soient sémantiques ou phonologiques. Par exemple, nous aurions pu examiner pour la fluence sémantique, le nombre d'items se rapportant aux animaux domestiques ou pour la fluence phonologique, le nombre de mots commençant par la syllabe "pa". L'étude lexicale s'en trouve forcément limitée. En outre, du fait de leur nombre très restreint, l'analyse des erreurs et des répétitions est essentiellement quantitative.

Enfin, en l'absence de normes et de règles consensuelles pour le calcul des clusters et des switches, nous avons dû faire des choix qui ne nous permettent pas de comparer de

manière très poussée nos résultats avec ceux d'autres études. De la même manière, le choix des niveaux éducatifs n'est pas toujours identique à ceux de la littérature et ne facilite pas la comparaison des résultats. Nous avions initialement prévu de reprendre les mêmes critères que Favier-Boumazza et Galley (2013), mais devant les difficultés pour recruter des sujets ayant seulement le certificat d'études, nous avons dû revoir notre méthode de répartition. L'allongement de la durée des études est un phénomène de société qui oblige à réactualiser les critères des niveaux éducatifs.

5. Perspectives

Les perspectives découlent des résultats et des limites de notre travail :

Il serait intéressant de poursuivre cette étude sur un échantillon de plus grande taille, en renforçant l'analyse qualitative des performances des sujets, et en recrutant davantage de participants de 90 à 100 ans. Nous pensons en effet qu'une étude complémentaire sur un temps de réalisation plus long permettrait d'obtenir des données plus précises et une analyse plus fine des performances et surtout des stratégies cognitives des sujets. En outre, l'analyse dynamique des fluences d'action et alternées pourrait aider à mieux comprendre les effets du vieillissement sur le fonctionnement exécutif. Enfin, il serait judicieux d'envisager une étude systématique des relations entre les performances, quantitatives et qualitatives, et les temps de réponse des sujets dans toutes les épreuves du protocole, pré-tests d'inclusion compris. En effet, une analyse précise de la chronométrie mentale des sujets pourraient apporter des informations supplémentaires précieuses sur les mécanismes de contrôle impliqués dans les tâches d'accès au lexique.

Une étude sur les aspects intra et extra-dimensionnels des fluences alternées pourrait également apporter des informations intéressantes sur les stratégies d'accès au lexique des sujets en fonction de la contrainte de la tâche. En effet, il est pertinent de s'interroger sur l'impact du type de critères choisis, selon que les deux critères sont intra-dimensionnels, i.e du même type, catégoriel ou phonologique, ou au contraire extra-dimensionnels, catégoriel et phonologique, comme dans notre étude. La comparaison entre les fluences alternées intra et extra-dimensionnelles, pourrait apporter des informations sur les relations entre accès au lexique et organisation du système sémantique.

Par ailleurs, il conviendrait d'approfondir sur une population pathologique et un groupe contrôle, l'étude des relations entre les fluences alternées et les fluences classiques reposant sur des critères identiques, par exemple la fluence P/Animaux et la fluence catégorielle Animaux et la fluence formelle [P]. Dans notre étude, les sujets se comportent en effet sensiblement de la même façon pour la fluence à critère alterné P/Animaux déjà entraîné en fluence simple auparavant avec la fluence formelle en [P] et la fluence Animaux, et pour celle qui suit, R/Vêtements, non activée précédemment. Des différences de productions et de stratégies pourraient cependant apparaître en pathologie.

Une étude des liens entre les performances en fluences verbales et les activités de la vie quotidienne chez les sujets matures et âgés permettrait de mieux mesurer le lien entre facteurs environnementaux et ressources cognitives.

Enfin, la poursuite de cette analyse sur une large population de sujets atteints de troubles cognitifs légers pourrait compléter cette étude. L'intégration de l'ensemble des résultats avec ceux de notre étude axée sur une population non pathologique, et ceux de l'étude Boumazza et Galley (2013) sur les sujets parkinsoniens, pourrait vraisemblablement fournir un outil valide et performant pour le dépistage précoce des troubles cognitifs légers.

CONCLUSION

Les processus exécutifs prennent une place de plus en plus importante dans la recherche actuelle. Les fluences verbales sont des épreuves simples et rapides qui permettent d'évaluer les capacités langagières ainsi que les stratégies d'accès aux mots en mémoire sémantique. Le niveau de connaissances mais aussi les capacités d'initiation verbale, d'inhibition et de flexibilité jouent un rôle important dans les productions. L'utilisation de telles épreuves, dont la durée est limitée à une minute, est donc particulièrement adaptée en pratique clinique à l'évaluation du fonctionnement exécutif des personnes âgées, plus fatigables.

L'investigation des processus exécutifs chez des sujets matures et âgés non pathologiques, au travers du protocole de fluences alternées permet de décrire le déclin cognitif, souvent rapporté dans la littérature, lié à l'avancée dans l'âge. En effet, les performances, en termes de productions de mots, baissent progressivement au cours du vieillissement. L'effet délétère de l'âge est significatif à 80 ans ou 70 ans selon le type de fluences.

Nos résultats montrent en effet des différences quantitatives et qualitatives selon le type de tâches. Les fluences sémantique et formelle avec la lettre [P] sont les plus réussies par tous les participants. Les fluences d'action et formelle avec la lettre [S], avec des résultats relativement proches, viennent en troisième et quatrième position. Les fluences alternées enfin, plus difficiles pour tous les sujets, sont particulièrement chutées pour les plus âgés, et entraînent aussi plus d'erreurs pour les dernières tranches d'âge. Ces épreuves font apparaître, plus nettement que les autres fluences, des déficits d'inhibition et de flexibilité dans les groupes les plus âgés. Par ailleurs, l'effet de compensation lié au niveau éducatif élevé joue moins dans ce dernier type de fluences de même que dans les fluences d'action.

Par conséquent, les observations relevées dans notre étude, significativement corrélées aux épreuves standards, concernant une population non pathologique, tendent à montrer l'intérêt d'utiliser les fluences alternées pour objectiver un déficit cognitif. Toutefois ce protocole doit être utilisé avec d'autres tests pour permettre au clinicien d'émettre des hypothèses précises sur la nature des déficits observés. De nombreuses pistes restent encore à explorer : éprouver la sensibilité des fluences alternées sur plusieurs types de populations pathologiques par exemple pourrait être un des futurs axes de la recherche.

BIBLIOGRAPHIE

Abwender, D. A., Swan, J. G., Bowerman, J. T., & Connolly, S. W. (2001). Qualitative analysis of verbal fluency output : review and comparison of several scoring methods. *Assessment*, 3, 323-338.

Alaphilippe, D., & Bailly, N. (2013). *Psychologie de l'adulte âgé*. Bruxelles : De Boeck.

Albinet, C.T., Boucard, G., Bouquet, C.A., et Audiffren, M. (2012). Processing speed and executive functions in cognitive aging : how to disentangle their mutual relationship ? *Brain and Cognition*, 79 (1), 1-11.

Aleman, A. (2014). *Le bel âge du cerveau*. Paris : Autrement.

Allain, H., Bentue-Ferrer, D., Belliard, S., Reymann, J.-M., Djemaï, M., & Merienne, M. (2009). Le déclin cognitif modéré ou le mild cognitive impairment (MCI) : perspectives thérapeutiques

Allain, P., & Le Gall, D. (2008). Approche théorique des fonctions exécutives. In Godefroy O. et le Grefex. *Fonctions exécutives et pathologies neurologiques et psychiatriques* (pp. 9–42). Marseille: Solal.

Allain, P., Kauffmann, M., Dubas, F., Berrut, G., & Le Gall, D. (2007). Fonctionnement exécutif et vieillissement normal : étude de la résolution de problèmes numériques (French). *Executive functioning and normal aging: a study of arithmetic word-problem-solving* (English), 5(4), 315-325.

Amieva, H., Belliard, S., & Salmon, É. (2014). *Les démences : aspects cliniques, neuropsychologiques, physiopathologiques et thérapeutiques*. Paris: De Boeck-Solal.

Andrès, P., & Van der Linden, M. (2000). Age-related differences in supervisory attentional system functions. *Journal of Gerontology : Psychological Sciences*.

Andrès, P. (2004). L'inhibition, une approche neuropsychologique et cognitive. In Meulemans, T., Collette, F., Van der Linden, M. (Eds). *Neuropsychologie des fonctions exécutives* (pp. 53 – 78). Marseille : Solal.

Baddeley, A.D. (1996). Exploring the central executive. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*.

Baddeley, A.D. (2000). The episodic buffer : a new component of working memory? *Trends in Cognitive Sciences*.

Baltes, P.B. (1993). The aging mind : potential limits. *Gerontologist*, 33, 580-94.

Bayles, K.A., Tomoeda, C.K., Boone, D.R. (1985). A view of age-related changes in language function. *Developmental Neuropsychology*, 1, 231-264.

Bayard, Sophie; Erkes, Jérôme; Moroni, Christine; Victoria Stroop Test: Normative Data in a Sample Group of Older People and the Study of Their Clinical Applications in the Assessment of Inhibition in Alzheimer's Disease (Journal Article) *Arch Clin Neuropsychol*, pp. acr053, 2011, ISSN: 0887-6177, 1873-5843.

Berthoz, A. (2003). *La décision*. Paris : Odile Jacob.

Bherer, L., Belleville, S., & Hudon, C. (2004). Le déclin des fonctions exécutives au cours du vieillissement normal, dans la maladie d'Alzheimer et dans la démence fronto-temporale. *Psychologie et neuropsychiatrie du vieillissement*, 2(3), 181-189.

Boulange, A., Martin, C. (2014). *Elaboration et normalisation d'épreuves de fluence verbale de verbes et de substantifs*. Lyon : Mémoire d'orthophonie.

Boulenger, V. (2006). *Le langage et l'action dynamique des liens fonctionnels unissant verbes d'action et contrôle moteur*. Thèse de doctorat de l'université Lumière Lyon II.

Boysson-Bardies, B. de. (1996). *Comment la parole vient aux enfants : de la naissance jusqu'à deux ans*. Paris: O. Jacob.

Brun, V., Azouvi, P., Pradat-Diehl, P., & Entretiens, de médecine physique et de réadaptation. (2006). *Fonctions exécutives et rééducation*. Paris : Masson.

Burgess, P.W., & Shallice, T. (1996). Response suppression, initiation and strategy use following frontal lobe lesions. *Neuropsychologia*.

Burgess, P.W., & Shallice, T. (1991). *Frontal Lobe Function and Dysfunction*. New-York : Oxford University Press.

Burke, D.M., Mac Kay, D.G., Worthley, J.S, & Wade, E. (1991). On the tip of the tongue : what causes word finding failures in young and older adults? *Journal of memory and language*.

Burke, D. M., MacKay, D.G. , James, L.E. (2000). Theoretical approaches to language and aging. In : Perfect, T., Maylor, E. (Eds.), *Models of cognitive aging*. Oxford University Press, Oxford, UK.

Burke, D.M., Shafto, M.A. (2008). Language and aging. In F.L.M. Craik & T.A. Salthouse (Eds.), *The handbook of aging and cognition*. Lawrence Erlbaum Associates.

Cabeza, R. (2002). Hemispheric asymmetry reduction in older adults : The Harold model. *Psychology and Aging*.

Camus, J.F. (1996). *La psychologie cognitive de l'attention*. Paris : Armand Colin

Canac Richard, C. (2005). La lexicalisation des actions chez le sujet aphasique. *Glossa*, 94, 22-35.

Capitani E., Laiacona M., Barbarotto R. (1999). Gender affects word retrieval of certain categories in semantic fluency tasks. *Cortex*, 35, 273–278

Cardebat, D., Doyon, B., Puel, M., Goulet, P. Joannette, Y. (1990). 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*, 90, 207-217

Caramazza, A., & Miozzo, M. (1997). The relation between syntactic and phonological knowledge in lexical access: evidence from the "tip-of-the-tongue" phenomenon. *Cognition*, 64, 309-343.'

Chaumont, E., & Vuille, J. (2010). Anomie catégorie-spécifique pour les substantifs et non pour les verbes : analyse neuropsycholinguistique. Lyon : mémoire d'orthophonie n°1525

Chevignard M, Taillefer C, Picq C, Poncet F, Pradat Diehl. (2006) Evaluation du syndrome dysexécutif en vie quotidienne. In Pradat-Diehl P, Peskine A. Evaluation des troubles neuropsychologiques en vie quotidienne. (47-65) Springer.

Clément, E. (2006). Approche de la flexibilité cognitive dans la problématique de la résolution de problème. *L'année psychologique*, 106, 415–434.

Collette, F. (2004). Exploration des fonctions exécutives par imagerie cérébrale. In *Neuropsychologie des fonctions exécutives* (p. p 25–52). Marseille: Solal.

Collette, F., Van der Linden, M., Laureys, S., Delfiore, G., Degueldre, C., Luxen, A., & Salmon, E. (2005). Exploring the unity and diversity of the neural substrates of executive functioning. *Human Brain Mapping*, 25(4), 409-423.

Collette, F., Germain, S., Hogge, M., and Van der Linden, M., (2009). Inhibitory control of memory in normal aging : Dissociation between impaired intentionnal and preserved unintentional processes. *Memory*, 17 (1), 104-122.

Collette, F., & Salmon, E. (2014). Les modifications du fonctionnement exécutif dans le vieillissement normal. *Psychologie Française*, 59(1), 41-58.

Collette, F., & Salmon, E. (2015). Fonctionnement exécutif et réseaux cérébraux. *Revue de neuropsychologie*, 6(4), 256-266.

Collins, A.M., & Loftus, E.F. (1975). A spreading-activation theory of semantic processing. *Psychological review*, 82, 407-428.

Collins, A.M; Quillian, M., (1969). "Retrieval time from semantic memory". *Journal of verbal learning and verbal behavior*, 8 (2): 240–248.

Connor, L.T., Spiro, A., Obler, L.K., & Albert, M.L. (2004). Change in object naming ability during adulthood. *Journal of Gerontology : Psychological sciences*.

- Damasio, A.R. (1994). *L'erreur de Descartes*. Paris : Odile Jacob.
- Darcourt, G., et Benoit, M. (2014). Vieillissement psychique. EMC-Psychiatrie, 11, (4), 1-7.
- De Jaeger, C., & Cherin, P. (2011). Les théories du vieillissement. Médecine et longévité, 3, 155-174.
- Delbeuck, X., Debachy, B. Pasquier, F. & Moroni, C. (2013). *Action and noun fluency testing to distinguish between Alzheimer's disease and dementia with Lewy bodies*. Journal of clinical and experimental neuropsychology, 35 (3), pp. 259–268, 2013, ISSN: 1380-3395.
- Dell, G.S. (1986). A spreading activation theory of retrieval in sentence production. *Psychological Review*.
- Dempster, F.N., & Corkill, A.J. (1999). Individual differences in susceptibility to interference and general cognitive ability. *Acta Psychologica*.
- De Ribaupierre, A., & Ludwig, C. (2003). Age differences and divided attention : Is there a general deficit, *Experimental Aging Research*. 29, 79-105.
- Derouesné, C. (1999). Vieillissement cérébral normal et fonctionnement psychique. In Psychiatrie du sujet âgé. Paris : Flammarion.
- Deville, Z., Meynier, J., & Plaza, M. (2014). *Inhibition et flexibilité langagières dans les gliomes de bas grade: évaluation pré-et postopératoire*. Paris, France: Université Pierre et Marie Curie. UFR de médecine Pierre et Marie Curie.
- Dorot, D. (2010). Vieillissement cognitif et accès au lexique : étude des processus d'activation et d'inhibition. Thèse pour le doctorat de l'Université Bordeaux 2. Mention: Psychologie. Option: Cognitive.
- Dujardin, K., Degreef, J. F., Rogelet, P., Defebvre, L., & Destee, A. (1999). Impairment of the supervisory attentional system in early untreated patients with Parkinson's disease. *Journal of Neurology*, 246, 783–788.
- Dujardin, K., Lemaire, P. (2008). *Neuropsychologie du vieillissement normal et pathologique*. Masson.
- Ergis, A.-M., & Gierski, F. (2004). Les fluences verbales : aspects théoriques et nouvelles approches. *L'année psychologique*, 104(2), 331-359.
- Eslinger, P.J., Grattan, L.M. (1993). Frontal lobe and frontal-striatal substrates for different forms of human cognitive flexibility. *Neuropsychologia*, 31, 17 – 28.
- Etienne, V., Marin-Lamellet, C., & Laurent, B. (2008). Évolution du contrôle exécutif au cours du vieillissement normal. *Revue Neurologique*, 164(12), 1010-1017.
- Eustache, F. (1993). Langage, vieillissement et démences. In F. Eustache & B. Lechevalier, Langage et aphasie (p. 205). Bruxelles : De Boeck Supérieur.

Favier-Boumaza, C., Galley, M., & Université, de M. 1. (2013). Processus exécutifs verbaux dans la maladie de Parkinson et le vieillissement non pathologique. Mémoire d'orthophonie.

Ferrand, L. (1998). Encodage phonologique et production de la parole. *L'année psychologique*.

Ferrand, L. (2001). La production du langage : une vue d'ensemble. *Psychologie Française*.

Foldi, N.S., Helm-Estabrooks, N., Redfield, J., & Nickel, D.G. (2001). Perseveration in normal aging : a comparison of perseveration rates on design fluency and verbal generative tasks. *Neuropsychology and cognition*.

Fournier, S., Larigauderie, P., & Ganoac'h, D. (2004). Exploring how the the central executive works : a search for independent components. *Psychologica Belgica*, 44 ("), 159-188.

Frauenfelder H, Nguyen N. (2003) Reconnaissance des mots parlés. In Rondal A, Seron X. *Troubles du langage : Bases théoriques, diagnostic et rééducation*. (213-240).

Friedman, N.P., Miyake, A. (2004). The relation among inhibition and interference cognitive functions: A latent variable analysis. *Journal of experimental Psychology: General*, 133, 101-135.

Friedman, N. P., Miyake, A., Robinson, J. L., & Hewitt, J. K. (2011). Developmental trajectories in toddlers' self-restraint predict individual differences in executive functions 14 years later: a behavioral genetic analysis. *Developmental Psychology*, 47(5), 1410-1430.

Gaeta, H., Friedman, D., Ritter, W., & Cheng, J. (2001). An event-related potential evaluation of involuntary attentional shifts in young and older adults. *Psychology and aging*.

Giambra, L.M., Quilter, RE (1988). Sustained attention in adulthood : A unique large-sample longitudinal multicohort analysis using the Mac worth Clock-test. *Psychology and Aging*.

Gil, R. (2010) *Neuropsychologie*. 4ème Edition. Paris : Masson.

Godefroy, O. (2009). Fonctions de contrôle frontales et syndromes dysexécutifs : quelles délimitations et quelles avancées ? *Revue de Neuropsychologie*, 1(1), 12–15.

Godefroy, O., & GREFEX (2008). Fonctions exécutives et pathologies neurologiques et psychiatriques : évaluation en pratique clinique. Marseille : Solal.

Godefroy, O., Jeannerod, M., Allain, P., & Le Gall, D. (2008). Lobe frontal, fonctions exécutives et contrôle cognitif. *Revue Neurologique*, 164,

Grady, C.L., Mc Intosh, A.R., Horwitz, B., Maisog, J.M., Ungerleider, L.G., Mentis, M.J., Pietrini, P., Schapiro, M.B., Haxby, J.V. (1995). Age-related reductions in human recognition memory due to impaired encoding. *Science*, 269 (5221), 218-21.

Grandjean, J., Collette, F. (2011). Capacités d'inhibition et vieillissement normal In D. Brouillet (Ed). *Le vieillissement cognitif normal*. Bruxelles : De Boeck.

Haras, E., Macia, C., Couillet, J., & Le Bornec, G. (2014). *Normalisation d'un test de fluences verbales privatives et de fluence non verbale*. Paris, France: Université Pierre et Marie Curie. UFR de médecine Pierre et Marie Curie.

Harlow, J.M., (1868). Recovery from the Passage of an Iron Bar Through the Head. In Publications of the Massachusetts Medical Society, 2, 327–347.

Hartman, M., & Hasher, L. (1991). Aging and suppression : Memory for previously relevant information. *Psychology and aging*.

Hedden, T., Lautenschlager, G., & Park, D.C. (2005). Contributions of processing ability and knowledge to verbal memory task across the adult life-span. *The Quaterly Journal of Experimental Psychology*.

Henry, J. D., & Crawford, J. R. (2004). Verbal fluency deficits in Parkinson's disease: a meta-analysis. *Journal of the International Neuropsychological Society: JINS*, 10(4), 608-622. <http://doi.org/10.1017/S1355617704104141>

Henry JD, Beatty WW. (2006). Verbal fluency deficits in multiple sclerosis. *Neuropsychologia* 44(7):1166-74.

Henry, J.D., & Philipps, L.H. (2006). Covaries of production and perseveration on tests of phonemeic, semantic and alternating fluency in normal aging. *Aging. Neuropsychology and Cognition*.

Hillis, A. E., Oh, S. & Ken, L. (2004). Deterioration of naming nouns versus verbes in primary progressive aphasia. *Annals of Neurology*, 55, 268-275.

Hogge, M., Salmon, E., Collette, F. (2008). Interference and negative priming in normal aging and in the mild Alzheimer's disease. *Psychologica Belgica*.

Houdé, O. (1999). Attention sélective, développement cognitif et contrôle inhibiteur de l'information. In Netchine-Grynberg, G. (Eds), Développement et fonctionnements cognitifs : vers une intégration (pp. 181 – 195). Paris : P.U.F.

Hupet, M., & Nef, F. (1994). Vieillissement cognitif et langage. In M. Van der Linden, M. Hupet, Le vieillissement cognitif. Paris : Presses Universitaires de France.

Hupet, M., & Schelstraete, M.A. (2000). Vieillissement langagier. In A. Rondal, & X. Seron (Eds), troubles du langage. Bases théoriques, diagnostic et rééducation. Belgique : Mardaga.

James, L.E., & Burke, D.M. (2000). Phonological priming effects on word retrieval and tip-of-the-tongue experiences in young and other adults. *Journal of Experimental Psychology : learnin , Memory and Cognition*.

Kieley , J.M., & Harley, A.A. (1997). Age-related aquivalence of identity suppression in the Stroop color-word task. *Psychology and Aging*.

- Koren, Kofman, & Berger, (2005). Analysis of word clustering in verbal fluency of school-aged children. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 20, 1087–1104.
- Kray, J., Li, K.Z., & Lindenberger, U. (2002). Age-related changes in task switching components : The role of task uncertainty. *Brain and Cognition*.
- Kray, J., Eber, J., & Lindenberger, U. (2004). Age differences in executive functioning across the life span : The role of verbalization in task preparation. *Acta Psychologica*.
- Krolak-Salmon, P., Thomas-Antérion, C. (2010). Fonctions exécutives, attention et mémoire de travail au cours du vieillissement. *Revue de neuropsychologie*, 2, 3-6.
- Laisney, M. (2011). L'évaluation et l'organisation de la mémoire sémantique. *Revue de neuropsychologie*. Vol 3 p. 176-180.
- Laver, G.D., & Burke, D.M. (1993). Why do semantic priming effects increase in old age? A meta-analysis. *Psychology and Aging*.
- Lecardeur, L., Giffard, B., Eustache, F., & Dollfus, S. (2006). Schizophrénie et effets d'amorçage sémantique. *L'Encéphale*, 32(Cahier 1), 75–82.
- Lechevalier, B., Eustache, F., Viader, F. (2008). *Traité de neuropsychologie clinique*, Bruxelles : De Boeck, 344–349.
- Lee, H., Bres, J., Université, P. V., École, doctorale 58, Langues, Littératures, Cultures, civilisations, & Praxiling. (2012). Langage et maladie d'Alzheimer : analyse multidimensionnelle d'un discours pathologique.
- Lemaire, P., & Bherer, L. (2005). *Psychologie du vieillissement, une perspective cognitive*. Bruxelles : De Boeck.
- Levelt, W.J.M., Schriefers, H., Vorberg, D., Meyer, A.S., Peachmann, T., & Havinga, J. (1991). the time course of lexical access in speech production : A study of picture naming. *Psychological Review*, 98, 122-142.
- Lindenberger, U., Baltes, P. (1994). Sensory functionary and intelligence in old age : a strong connection. *Psychology and aging*. 9 (3), 339-355.
- Lindenberger, U., & Baltes, P.B. (1997). Intellectual functioning in old age and very old age : gauging the evidence for a common cause. *Psychology and Aging*.
- Luo, L., & Craik, F.I.M. (2008). Aging and memory : a cognitive approach. *Canadian Journal Of Psychiatry*.
- Luria AR. (1966). *Higher Cortical Functions in Man*. Basic Books Inc Publishers. New York.
- Mac Kay, A.L., Connor, L.T., Albert, M.L., & Obler, L.K. (2002). Noun and verb retrieval in healthy aging. *Journal of the international neuropsychological society*.

- Mathey, S., & Postal V. (2008) Le langage. In Dujardin K, Lemaire P. Neuropsychologie du vieillissement normal et pathologique. (80-102). Issy-les-Moulineaux : Elsevier Masson.
- Mattay, V.S, Fera, F., Tessitore, A., Hariri, A.R., Berman, K.F., Das, S., Meyer-Lindenberg, A., Goldberg, T.E., Callicot, J.H. & Weinberger, D.R. (2006). Neurophysiological correlates of age-related changes in working memory capacity. *Neuroscience Letters.*, 392 (1-2), 32-7.
- Mätzig, S., Druks, J., Masterson, J., Vigliocco, G. (2009). Noun and verb differences in picture naming : past studies and new evidence. *Cortex*, 45, 738-758.
- Meulemans, T. (2006). Les fonctions exécutives : Approche théorique. In Pradat-Diehl P, Azouvi P, Brun V. Fonctions exécutives et rééducation. (1-10). Paris : Masson.
- Miyake, A., Friedman, N.-P., Emerson, M.-J, Witzki, A.-H., Howeter, A. (2000). The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex ‘Frontal Lobe’ tasks : a latent variable analysis. *Cognitive Psychology*, 41(1), 49–100.
- Moritz-Gasser, S., Herbet, G., Menjot De Champfleur, N., Le Bars, E., Bonafe, A., & Duffau, H. (2013). Fonctions exécutives et traitement sémantique du langage. *Revue Neurologique*, 169, A236.
- Nicholas, M., Obler, L.K., Albert, M.L., & Goodglass, H. (1985). Lexical retrieval in healthy aging. *Cortex*.
- New B., Pallier C., Ferrand L., Matos R. (2001) Une base de données lexicales du français contemporain sur internet: LEXIQUE, L'Année Psychologique, 101, 447-462. <http://www.lexique.org>
- Norman, D.A., & Shallice, T. (1980). Attention to action : willed and automatic control of behavior. Reprinted in revised form. In Davidson, R.J., Schwartz, G.E., Shapiro, D. (Eds.), *Consciousness and Self-regulation: Advances in research and Theory*, (1986). New-York : Plenum Press.
- Ortega, J., Rémond-Bésuchet, C. (2007). Fluence verbale : de 60 à 89 ans, une épreuve rapide standardisée en fonction du niveau d'étude. *Glossa*, 101, 42 – 59.
- Penke, L., Valdez Hernandez , M.C., Clayden, J.D., Starr, J.M., Bastin, M.E., Deary, I.J. (2010). A general factor of brain white matter integrity predicts information processing speed in healthy older people. *The journal of neuroscience*, 30 (22).
- Perret, E. (1974). The left frontal lobe of man and the suppression of habitual responses in verbal categorical behaviour. *Neuropsychologia*, 12(3), 323-330.
- Perret, P. (2003). Contrôle inhibiteur et développement cognitif : perspectives actuelles. *Revue de Neuropsychologie*, vol. 13, 3, 347 – 375.

Peter, G., (2010). Développement des processus d'inhibition et de flexibilité du système superviseur attentionnel. Mémoire doctoral en psychologie pour l'obtention du grade de Docteur en psychologie. Québec : Université de Laval.

Philipps, L. H., Henry, J. D. (2008). Adult aging and executive functioning. In V. Anderson and al. (Eds), *Executive functions and the frontal lobes : A lifespan perspective*. New York : Taylor, Francis.

Piatt, AL., Fields, JA., Paolo, AM. & al. (2004). *Action verbal fluency normative data for the elderly*. Brain and Language, 89, 580-583

Postal, V., & Mathey, S. (2007). Différences liées à l'âge lors de la lecture de phrases : étude des processus d'activation et d'inhibition. *Revue européenne de psychologie appliquée*, 57; 91-100.

Pradat-Diehl, P., Azouvi, P., Brun, M. (2006). Fonctions exécutives et rééducation. Paris : Masson.

Rabbitt, P. (1997). Introduction: Methodologies and models in the study of executive function. In P. Rabbitt (Ed.), *Methodology of frontal and executive function* (pp. 1-38). Hove: Psychology Press.

Raoux, N., Le Goff, M., Auriacombe, S., Dartigues, J.-F., & Amieva, H. (2010). Fluences verbales sémantiques et littérales : normes en population générale chez des sujets âgés de 70 ans et plus issus de la cohorte PAQUID. *Revue Neurologique*, 166(6-7), 594-605.

Ratcliff, G., Ganguli, M., Chandra, V., Sharma, S., Belle, S., Seaberg, E., Pandav, R. (1998). Effects of literacy and education on measures of word fluency. *Brain and Language*, 61, 115–122.

Reuter-Lorenz, P.A., Jonides, J., Smith, E., Harley, A., Miller, A., Marshuetz, C. & Keoppe, R. (2000). Age differences in the Frontal Lateralization of Verbal and Spatial Working Memory Revealed by PET. *Journal Cognitive Neuroscience*, 12 (1), 174-187.

Rondal, J.A. (2000). Langage oral. In J.A. Rondal, & X. Seron, (Eds), *Troubles du langage. Bases théoriques, diagnostic et rééducation*. Belgique : Mardaga.

Roussel, M., Routier, A., Tourbier, V., Couvillers, F., Fourré, F., Wannepain, S. & Godefroy, O. (2009). Pour la pratique clinique. *Neuropsychologie*, 1 (1) 79 – 83.

Rowe, J.W., & Kahn, R.L. (1987). *Successful aging*. New York : Pantheon Books.

Salicé, G. & Juhel, J. (2005). Effets du vieillissement normal sur les composantes « réactive » et « auto-générée » de la flexibilité cognitive. In L. Taconnat, D. Clarys, S. Vanneste & M. Isingrini (Eds.). *Manifestations cognitives du vieillissement psychologique* (pp. 399-418). Paris: Editions Publibook Université.

Salthouse, T.A. (1996). The processing -speed theory of adult age difference in cognition. *Psychological Review*.

Salthouse, T.A., Fristoe, N. M., Lineweaver, T.T., and Coon, V.E. (1995). Aging of attention : Does the ability to divide decline ? *Memory and Cognition*, 23, 59-71.

Salthouse, T.A., Fristoe, E., Mc Guthry, K.E., & Hambrick, D.Z. (1998). Relation of task switching to speed age and fluid intelligence. *Psychology and Aging*.

Salthouse, T.A., Toth, J., Daniels, K., Parks, C., pak, R., Wolbrette, M., & al. (2000). Effects of aging on efficiency of task switching in a variant of the trail making test. *Neuropsychology*.

Segui, J. (1991). La reconnaissance visuelle des mots. In R. Kolinshi, J. Morais & J. Segui (Eds), La reconnaissance des mots dans les différentes modalités sensorielles : études de psycholinguistique cognitive. Paris : PUF.

Seron X., Van der Linden, M., Andres, P. (1999). Le lobe frontal : A la recherche de ses spécificités fonctionnelles. In M. Van der Linden, X. Seron, D. Le Gall, P. Andrès, (Eds.), Neuropsychologie des lobes frontaux (pp. 33-88). Marseille: Solal.

Seron, X. (2009). L'individualisation des fonctions exécutives: historique et repères. *Revue de Neuropsychologie*, 1(1), 16–23.

Shafro, M. A., Burke, D. M., Stamakis, E.A., Tam, P. P., Tyler, L.K.(2007). On the tip-of-the-tongue : neural correlates of increased word-finding failures in normal aging. *Journal of cognitive Neuroscience*. 19, 2060-2070.

Sieroff E., Piquard A., (2004). Attention et vieillissement. *Psychol NeuroPsychiatr Vieillesse*, vol. 2, n° 4 p. 257-69.

Signorini, M., Volpato, C. (2006). Action fluency in Parkinson's disease: a follow-up study. *Movement disorders*, 21, (4), 467-472.

Singer, T., Verhaegen, P., Ghisletta, P., Lindenberger, U., & Baltes, P.B. (2003). The fate of cognition in very old age : Six-year longitudinal findings in the Berlin Aging Study (BASE). *Psychology and Aging*.

Ska, B., Schroeder, N., Poissant, A., Joanne, Y. (2000). Effet du vieillissement normal et de la scolarité sur la dénomination d'images. In D. Brouillet et A. Syssau (Eds.), le vieillissement cognitif normal. Vers un modèle explicatif du vieillissement. Bruxelles : De Boeck.

Ska, B., Martin, C.O., Demers, C., Kahlaoui, K. (2011). Vieillesse normale et plasticité cérébrale pour le langage : données de la neuroimagerie fonctionnelle. In Le vieillissement cognitif normal. Bruxelles : De Boeck.

Somberg, B.L., & Salthouse, T.A. (1982). Divided attention abilities in young and old adults. *Journal of Experimental Psychology : Human Perception and Performance*.

Sorel, O., & Pennequin V. (2008). Aging of the planning process : The role of the executive functioning. *Brain and Cognition*.

Sörös, P., Cornelissen, K., Laine, M. & Salmelin, R. (2003). Naming actions and objects : cortical dynamics in healthy adults and in an anomic patient with a dissociation in action/object naming. *NeuroImage*, 19, 1787-1801

Taconnat, L., & Lemaire, P. (2014). Fonctions exécutives, vieillissement cognitif et variations stratégiques. *Psychologie Française*, 59(1), 89-100.

Thuillard F., Assal, G. (1991). Données neuropsychologiques chez le sujet âgé normal. In Habib, M., Joannette, Y., Puel, M., Démences et syndromes démentiels, approche neuropsychologique, 125-133. Paris: Masson

Tipper, S.P. (1985). The negative priming effect: Inhibitory priming by ignored objects. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 37, 571 – 590.

Tournier, I. (2010). Adaptation cognitive et vieillissement : entre automatisme et flexibilité. Thèse en psychologie. Université Bordeaux 2.

Tröster, A. I., Salmon, D. P., McCullough, D., & Butters, N. (1989). A comparison of the category fluency deficits associated with Alzheimer's and Huntington's disease. *Brain and Language*, 37(3), 500-513.

Troyer, A. K., Moscovitch, M., and Winocur, G. (1997). Clustering and switching as two components of verbal fluency: Evidence from younger and older healthy adults. *Neuropsychology*, 11 (1), 138-146.

Troyer, A. K., Moscovitch, M., Winocur, G., Alexander, M. P., & Stuss, D. (1998). Clustering and switching on verbal fluency: the effects of focal frontal- and temporal-lobe lesions. *Neuropsychologia*, 36(6), 499-504.

Turner, G.R., & Spreng, R.N. (2012). Executive function and neurocognitive aging : dissociable patterns of brain activity. *Neurobiology of Aging*, 33, 821-826..

Van der Linden, M., & Hupet, M. (1994). Le vieillissement cognitif. Paris : Presses Universitaires de France.

Van der Linden, M., Meulemans, T., Seron X., Colette F., Andrès P., Prairial C. (2000). L'évaluation des fonctions exécutives. In X. Seron, M. Van der Linden (Eds.), *Traité de Neuropsychologie clinique*, Tome 1 (pp. 275-300). Marseille : Solal.

Van Zomeren, A.H., Brouwer, W.H. (1994). *Clinical neuropsychology of attention*. New-York : Oxford University Press.

Verhaegen, P., Steitz, D.W., Sliwinski, M.J., & Cerella, J. (2003). Aging and dual-task performance: A meta-analysis. *Psychology and Aging*, 18 (3), 441-460.

Verhaegen, P., & De Meersmann, L. (1998). Aging and the Stroop effect : A meta analysis. *Psychology and aging*.

Wasylyshyn, C.V., Sliwinski, P., & martin, J. (2011). Aging and task switching : a meta-analysis. *Psychology and Aging*.

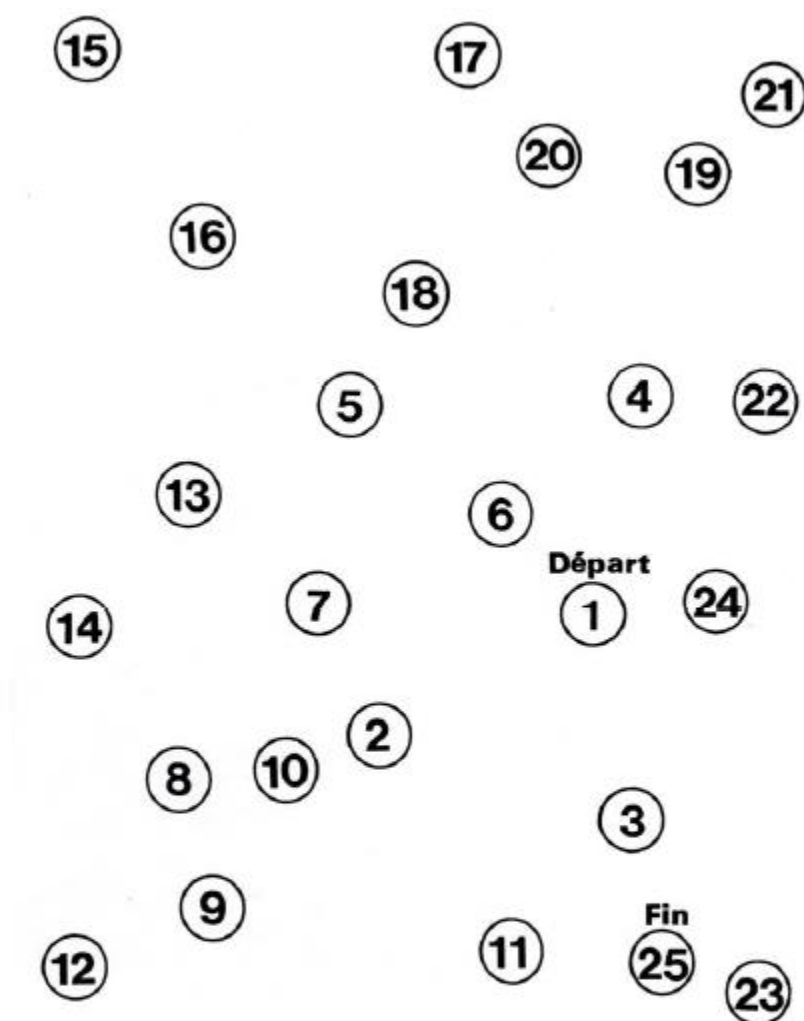
Zellner-Keller, B. (2007). "Comment est-ce qu'on dit?" Vieillissement et manque du mot en conversation. *Cahier de linguistique française*.

Zheng Ye., Xialin Zhou. Executive control in language processing. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 2009, 33, 1168 - 1177.

ANNEXES

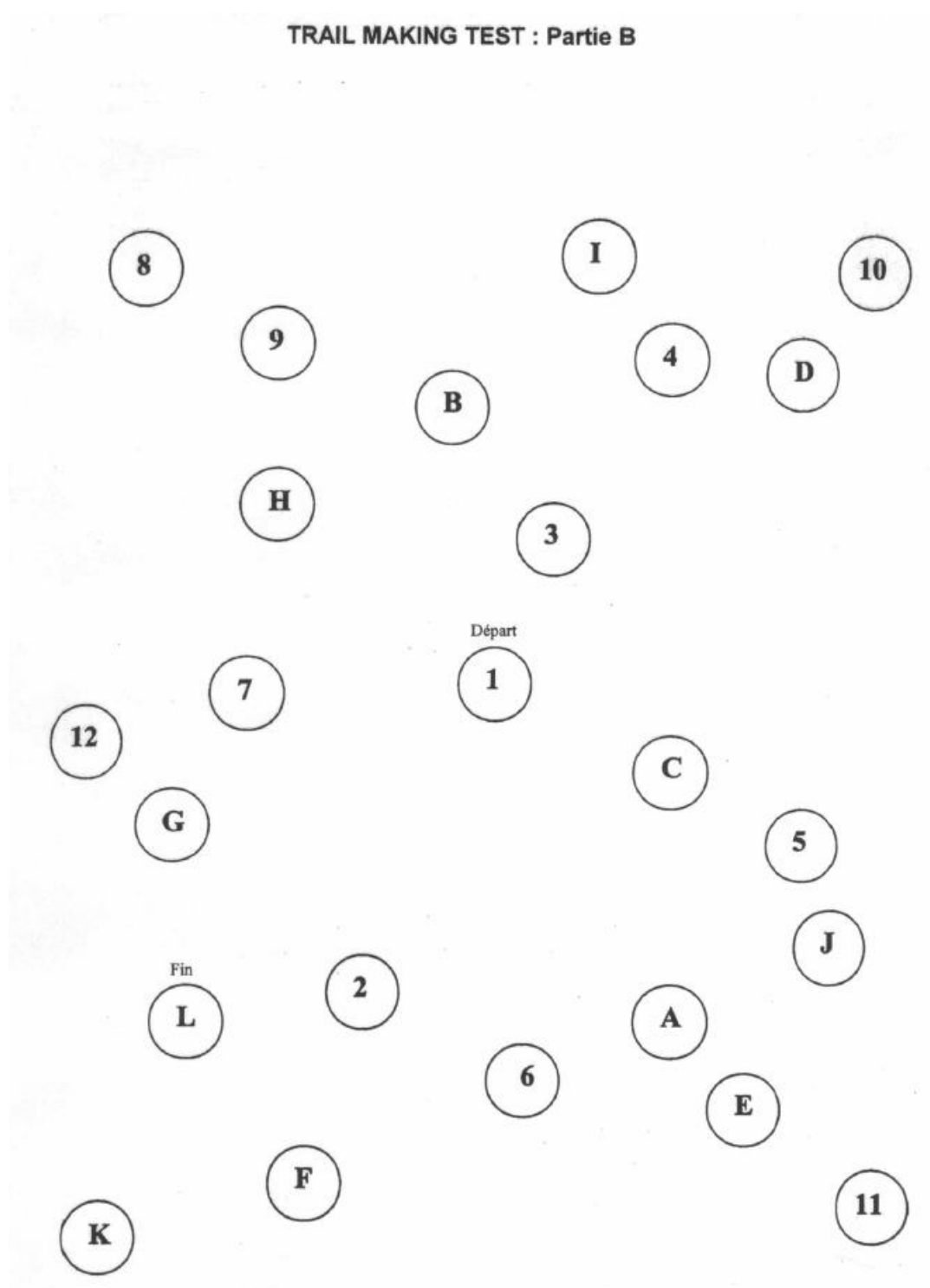
ANNEXE 1 : Planche A du Trail Making Test (TMT)

Consigne : Reliez sans lever le crayon, aussi vite que possible et dans l'ordre croissant la série des nombres.



ANNEXE 2 : Planche B du Trail Making Test (TMT)

Consigne : Reliez aussi vite que possible alternativement une lettre et un nombre en respectant l'ordre alphabétique pour les lettres et l'ordre croissant pour les nombres.



ANNEXE 3 : STROOP VICTORIA

Consigne planche 1 - Couleurs :

Voici une feuille sur laquelle sont représentés des points de couleur. Nous allons commencer par la ligne d'exemple où je vais vous demander de nommer la couleur des points, de gauche à droite, le plus rapidement possible et sans vous tromper. Vous commencerez lorsque je vous dirai « partez ». Partez.

En cas de production d'une ou plusieurs erreurs, deux autres essais au maximum peuvent être proposés (avec la ligne d'exemple). Si une ou plusieurs erreurs sont produites au troisième essai, l'épreuve débute quand même. Ne pas chronométrer l'exemple.

Dans la suite de l'épreuve, la consigne demeure identique. Je vous rappelle que vous devez essayer de nommer la couleur des points, de gauche à droite, le plus rapidement possible et sans vous tromper. Vous commencerez lorsque je vous dirai partez. Prêt, partez.

EXEMPLE :

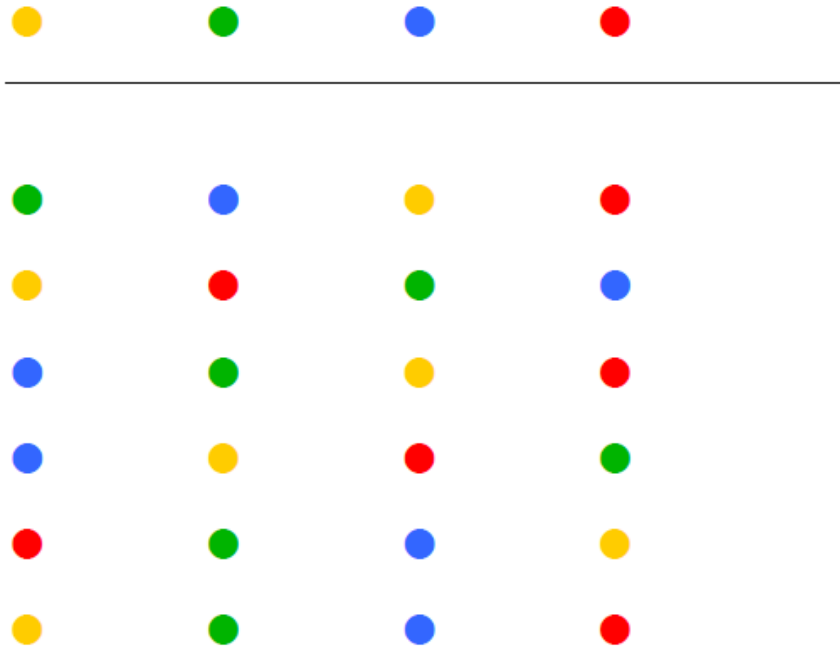


Planche : 1 – Couleurs (C)

Consigne Planche 2 - Mots :

Voici une feuille sur laquelle sont représentés des mots écrits dans différentes couleurs. Nous allons commencer par la ligne d'exemple où je vais vous demander de ne pas lire ces mots mais de nommer la couleur de l'encre dans laquelle ils sont écrits, de gauche à droite, le plus rapidement possible et sans vous tromper. Vous commencerez lorsque je vous direz partez. « Prêt, partez ».

En cas de production d'une ou plusieurs erreurs, deux autres essais au maximum peuvent être proposés (avec la ligne d'exemple). Si une ou plusieurs erreurs sont produites au troisième essai, l'épreuve débute quand même. Ne pas chronométrer l'exemple.

Dans la suite de l'épreuve, la consigne demeure identique. Je vous rappelle que vous devez essayer de nommer la couleur de l'encre dans laquelle sont écrits les mots, de gauche à droite, le plus rapidement possible et sans vous tromper. Vous commencerez lorsque je vous direz partez. « Prêt, partez ».

EXEMPLE :

MAIS POUR DONC QUAND

QUAND MAIS POUR DONC

DONC QUAND MAIS POUR

DONC POUR QUAND MAIS

POUR DONC MAIS QUAND

MAIS POUR DONC QUAND

POUR QUAND MAIS DONC

Planche : 2 – Mots (M)

Consigne planche 3 - Interférence :

Pour terminer, voici une feuille sur laquelle sont représentés des mots de couleur écrits dans différentes couleurs. Nous allons commencer par la ligne d'exemple où je vais vous demander de ne pas lire ces mots de couleur mais de nommer la couleur de l'encre dans laquelle ils sont écrits, de gauche à droite, le plus rapidement possible et sans vous tromper. Vous commencerez lorsque je vous dirai « partez ». Prêt, partez.

En cas de production d'une ou plusieurs erreurs, deux autres essais au maximum peuvent être proposés (avec la ligne d'exemple). Si une ou plusieurs erreurs sont produites au troisième essai, l'épreuve débute quand même. Ne pas chronométrer l'exemple.

Dans la suite de l'épreuve, la consigne demeure identique. Je vous rappelle que vous devez essayer de nommer la couleur de l'encre dans laquelle ces mots de couleur sont écrits, de gauche à droite, le plus rapidement possible et sans vous tromper. Vous commencerez lorsque je vous dirai « partez ». Prêt, partez.

EXEMPLE :

JAUNE ROUGE VERT BLEU

BLEU JAUNE ROUGE VERT

VERT BLEU JAUNE ROUGE

VERT ROUGE BLEU JAUNE

ROUGE VERT JAUNE BLEU

JAUNE ROUGE VERT BLEU

ROUGE BLEU JAUNE VERT

ANNEXE 4 : Consignes de passation des fluences verbales.

Les consignes ont été énoncées et présentées comme suit :

- Epreuve de fluence sémantique : *Dites le plus de noms d'animaux possible.*
- Epreuve de fluence formelle en [P] : *Dites le plus de mots commençant par la lettre P.*
- Epreuve de fluence formelle en [S] : *Dites le plus de mots commençant par la lettre S.*
- Epreuve de fluence de verbes d'action : *Dites le plus de verbes d'action possible.*
- Epreuve de fluences alternées : *Dites le plus de mots possible en alternant un mot commençant par P et un mot désignant un animal.*
- Epreuve de fluences alternées : *Dites le plus de mots possible en alternant un mot commençant par R et un mot désignant un vêtement.*

Le temps de passation est limité à 1 minute pour chaque item. Les consignes sont données oralement et par écrit, puis sont cachées avant le début de l'épreuve. Si nécessaire, une explication complémentaire, voire un exemple, sont donnés. Chaque épreuve est chronométrée.

DITES LE PLUS DE
NOMS D'ANIMAUX
POSSIBLE.

ANNEXE 6 : Tableaux et feuilles de résultats

Tableau de bord : nombre de mots dits en fonction de l'âge

Tranche		Animaux	P	S	VA	P/Ax	R/Vet
50/59	Moyenne	23,95	17,71	15,07	17,80	15,40	15,42
	Ecart-type	5,85	4,94	4,38	4,79	3,67	4,20
	N = 42						
60/69	Moyenne	23,02	18,56	15,15	16,32	15,50	15,39
	Ecart-type	4,46	4,47	4,49	4,23	3,75	3,65
	N = 46						
70/79	Moyenne	21,97	16,36	13,46	14,58	13,65	14,58
	Ecart-type	4,78	4,80	3,56	3,74	2,52	3,02
	N = 41	41	41	41	41	41	41
80/89	Moyenne	19,11	14,08	11,77	12,42	11,71	11,20
	Ecart-type	4,06	3,78	3,36	3,81	2,76	2,49
	N = 35						
Total	Moyenne	22,16	16,84	13,98	15,43	14,20	14,30
	Ecart-type	5,12	4,80	4,20	4,58	3,56	3,79
	N = 164						

Tableau 79 : Moyennes et écart-types du nombre de mots dits en fluences verbales par tranche d'âge

Tableau de bord : nombre de mots dits en fonction du niveau éducatif

NEI		Animaux	P	S	VA	P/Ax	R/Vet
1	Moyenne	20,00	14,59	12,37	13,77	12,83	13,16
	Ecart-type	4,78	4,07	4,18	3,77	3,30	3,30
	N = 59						
2	Moyenne	21,81	16,46	13,64	15,72	14,59	14,50
	Ecart-type	4,94	4,51	3,61	4,06	3,31	3,54
	N = 54						
3	Moyenne	25,03	19,84	16,21	17,05	15,39	15,41
	Ecart-type	4,35	4,35	3,90	5,33	3,64	4,26
	N = 51						
Total	Moyenne	22,16	16,84	13,98	15,43	14,20	14,30
	Ecart-type	5,12	4,80	4,20	4,58	3,56	3,79
	N = 164						

Tableau 80 : Moyennes et écart-types du nombre de mots dits en fluences verbales par niveau éducatif

Tableau de bord : nombre de répétitions en fonction de l'âge							
Tranche		AX répétitions	P répétitions	S répétitions	VA répétitions	P/ax Répétitions	R/Vêt Répétitions
50/59	Moyenne	,54	,2143	,33	,66	,30	,35
	Ecart-type	,96	,47	,72	1,02	,51	,57
	N = 42						
60/69	Moyenne	,32	,36	,26	,36	,39	,30
	Ecart-type	,59	1,04	,68	,71	,77	,75
	N = 46						
70/79	Moyenne	,29	,19	,12	,12	,09	,14
	Ecart-type	,46	,40	,33	,33	,300	,52
	N = 41						
80/89	Moyenne	,60	,17	,17	,14	,17	,17
	Ecart-type	,91	,38	,45	,35	,38	,45
	N = 35						
Total	Moyenne	,43	,24	,22	,33	,25	,25
	Ecart-type	,76	,65	,57	,71	,54	,60
	N = 164						

Tableau 81 : Moyennes et écart-types du nombre de répétitions en fluences verbales par tranche d'âge

Tableau de bord : nombre répétitions en fonction du niveau éducatif							
NEI		Ax répétitions	P répétitions	S répétitions	VA Repétitions	P/Ax Répétitions	R/Vet Répétitions
1	Moyenne	,61	,25	,15	,32	,20	,25
	Ecart-type	,94	,86	,55	,68	,60	,70
	N = 59						
2	Moyenne	,27	,31	,14	,29	,25	,22
	Ecart-type	,49	,54	,35	,57	,52	,50
	N = 54						
3	Moyenne	,39	,15	,39	,3922	,29	,27
	Ecart-type	,72	,46	,75	,87	,50	,56
	N = 51						
Total	Moyenne	,43	,24	,22	,33	,25	,25
	Ecart-type	,76	,65	,57	,71	,54	,60
	N = 164						

Tableau 82 : Moyennes et écart-types du nombre de répétitions en fluences verbales par niveau éducatif

Tableau de bord : nombre de clusters sémantiques en fonction de l'âge							
Tranche		AX cluster S	P cluster S	S cluster S	VA cluster S	P/Ax Cluster S	R/Vet Cluster S
50/59	Moyenne	4,7	,92	,64	2,85	1,16	,19
	Ecart-type	1,64	1,11	,85	1,92	1,14	,45
	N = 42						
60/69	Moyenne	4,41	,97	,58	2,63	1,43	,30
	Ecart-type	1,49	,99	,74	1,90	1,36	,55
	N = 46						
70/79	Moyenne	4,02	,78	,39	2,46	1,04	,43
	Ecart-type	1,40	,85	,54	1,81	1,07	,63
	N = 41						
80/89	Moyenne	3,34	,60	,45	1,42	,74	,17
	Ecart-type	1,32	,77	,70	1,14	,98	,38
	N = 35						
Total	Moyenne	4,16	,83	,52	2,39	1,12	,28
	Ecart-type	1,54	,95	,72	1,81	1,17	,52
	N = 164						

Tableau 83 : Moyennes et écart-types du nombre de clusters sémantiques en fluences verbales par tranche d'âge

Tableau de bord : nombre de clusters sémantiques en fonction du niveau éducatif							
NEI		AX cluster S	P cluster S	S cluster S	VA cluster S	Pax Cluster S	RVet Cluster S
1	Moyenne	3,72	,61	,44	2,00	,83	,33
	Ecart-type	1,58	,71	,67	1,45	,96	,54
	N						
2	Moyenne	4,24	1,01	,50	2,68	1,37	,35
	Ecart-type	1,50	1,12	,66	1,66	1,30	,58
	N						
3	Moyenne	4,58	,90	,64	2,52	1,19	,13
	Ecart-type	1,44	,96	,82	2,23	1,20	,40
	N						
Total	Moyenne	4,16	,83	,52	2,39	1,12	,28
	Ecart-type	1,54	,95	,72	1,81	1,17	,52
	N						

Tableau 84 : Moyennes et écart-types du nombre de clusters sémantiques en fluences verbales par niveau éducatif

Tableau de bord : nombre de clusters phonologiques en fonction de l'âge							
Tranche		AX cluster P	P cluster P	S cluster P	VA cluster P	Pax Cluster P	RVet Cluster P
50/59	Moyenne	,45	2,33	2,16	,54	,73	,66
	Ecart-type	,77	1,60	1,65	,83	,85	,81
	N = 42						
60/69	Moyenne	,58	3,17	2,43	,84	1,58	1,43
	Ecart-type	1,00	2,18	1,78	1,17	1,12	1,18
	N						
70/79	Moyenne	,56	2,60	2,09	,82	,92	,87
	Ecart-type	,97	2,02	1,33	1,02	1,08	,84
	N						
80/89	Moyenne	,74	2,34	1,82	,77	,82	,77
	Ecart-type	1,19	1,57	1,15	1,00	,78	,68
	N						
Total	Moyenne	,57	2,64	2,15	,75	1,04	,95
	Ecart-type	,98	1,89	1,52	1,01	1,03	,96
	N						

Tableau 85 : Moyennes et écart-types du nombre de clusters phonologiques en fluences verbales par tranche d'âge

Tableau de bord : nombre de clusters phonologiques en fonction du niveau éducatif							
NEI		AX cluster P	P cluster P	S cluster P	VA cluster P	P/Ax Cluster P	R/Vet Cluster P
1	Moyenne	,33	2,08	1,86	,64	1,13	,88
	Ecart-type	,54	1,77	1,52	1,06	1,00	1,00
	N = 59						
2	Moyenne	,62	2,77	2,22	,70	1,03	,96
	Ecart-type	,89	2,03	1,40	,88	1,09	,97
	N = 54						
3	Moyenne	,80	3,13	2,41	,92	,94	1,03
	Ecart-type	1,35	1,75	1,61	1,09	1,00	,91
	N = 51						
Total	Moyenne	,57	2,64	2,15	,75	1,04	,957
	Ecart-type	,98	1,89	1,52	1,01	1,03	,96
	N = 164						

Tableau 86 : Moyennes et écart-types du nombre de clusters phonologiques en fluences verbales par niveau éducatif

Tableau de bord : nombre de switches en fonction de l'âge							
Tranche		AX switches	P switches	S switches	VA switches	P/Ax Switches	R/Vet Switches
50/59	Moyenne	3,90	1,95	1,64	1,95	,14	,00
	Ecart-type	1,943	1,92	1,63	1,91	,64	,00
	N = 42						
60/69	Moyenne	3,63	2,45	1,56	1,93	,91	,43
	Ecart-type	1,67	2,15	1,50	1,63	1,44	,88
	N = 46						
70/79	Moyenne	3,56	2,29	1,34	1,65	,48	,21
	Ecart-type	1,16	1,95	1,29	1,69	,95	,61
	N = 41						
80/89	Moyenne	2,88	1,97	1,28	1,00	,54	,20
	Ecart-type	1,38	1,68	1,07	1,05	,78	,47
	N = 35						
Total	Moyenne	3,52	2,18	1,46	1,67	,5305	,21
	Ecart-type	1,61	1,94	1,40	1,65	1,05	,61
	N = 164						

Tableau 87 : Moyennes et écart-types du nombre de switches en fluences verbales par tranche d'âge

Tableau de bord : nombre de switches en fonction du niveau éducatif							
NEI		AX switches	P switches	S switches	VA switches	P/Ax Switches	R/Vet Switches
1	Moyenne	3,00	1,61	1,22	1,30	,49	,33
	Ecart-type	1,54	1,69	1,35	1,51	,95	,82
	N = 59						
2	Moyenne	3,66	2,48	1,48	1,77	,53	,14
	Ecart-type	1,60	2,00	1,28	1,65	1,11	,45
	N = 54						
	Moyenne	3,98	2,52	1,74	1,98	,56	,15
	Ecart-type	1,55	2,04	1,54	1,76	1,11	,463
	N = 51						
Total	Moyenne	3,52	2,18	1,46	1,67	,53	,21
	Ecart-type	1,61	1,94	1,40	1,65	1,05	,61
	N = 164						

Tableau 88 : Moyennes et écart-types du nombre de switches en fluences verbales par tranche d'âge

Corrélations non paramétriques													
Rho de Spearman		TMT A tps	TMT B tps	TMT B err	Stroop C tps	Stroop I tps	Stroop I err	Animaux	P	S	VA	P/Ax	R/Vet
TMT A tps	Coefficient de corrélation	1,000	,827**	,183*	,539**	,547**	,191*	-,327**	-,328**	-,288**	-,443**	-,364**	-,375**
	Sig. (bilatérale)	.	,000	,019	,000	,000	,014	,000	,000	,000	,000	,000	,000
TMT B tps	Coefficient de corrélation	,827**	1,000	,224**	,454**	,577**	,257**	-,258**	-,313**	-,280**	-,467**	-,395**	-,395**
	Sig. (bilatérale)	,000	.	,004	,000	,000	,001	,001	,000	,000	,000	,000	,000
TMT B err	Coefficient de corrélation	,183*	,224**	1,000	,259**	,238**	,306**	-,092	-,178*	-,165*	-,103	-,145	-,170*
	Sig. (bilatérale)	,019	,004	.	,001	,002	,000	,241	,023	,035	,190	,065	,029
Stroop C tps	Coefficient de corrélation	,539**	,454**	,259**	1,000	,564**	,202**	-,307**	-,240**	-,340**	-,329**	-,343**	-,259**
	Sig. (bilatérale)	,000	,000	,001	.	,000	,010	,000	,002	,000	,000	,000	,001
Stroop I tps	Coefficient de corrélation	,547**	,577**	,238**	,564**	1,000	,302**	-,409**	-,298**	-,352**	-,442**	-,388**	-,369**
	Sig. (bilatérale)	,000	,000	,002	,000	.	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000
Stroop I err	Coefficient de corrélation	,191*	,257**	,306**	,202**	,302**	1,000	-,138	-,148	-,239**	-,209**	-,233**	-,213**
	Sig. (bilatérale)	,014	,001	,000	,010	,000	.	,079	,058	,002	,007	,003	,006
Animaux	Coefficient de corrélation	-,327**	-,258**	-,092	-,307**	-,409**	-,138	1,000	,435**	,503**	,426**	,365**	,361**
	Sig. (bilatérale)	,000	,001	,241	,000	,000	,079	.	,000	,000	,000	,000	,000
P	Coefficient de corrélation	-,328**	-,313**	-,178*	-,240**	-,298**	-,148	,435**	1,000	,713**	,407**	,587**	,546**
	Sig. (bilatérale)	,000	,000	,023	,002	,000	,058	,000	.	,000	,000	,000	,000
S	Coefficient de corrélation	-,288**	-,280**	-,165*	-,340**	-,352**	-,239**	,503**	,713**	1,000	,415**	,602**	,509**
	Sig. (bilatérale)	,000	,000	,035	,000	,000	,002	,000	,000	.	,000	,000	,000
VA	Coefficient de corrélation	-,443**	-,467**	-,103	-,329**	-,442**	-,209**	,426**	,407**	,415**	1,000	,560**	,523**
	Sig. (bilatérale)	,000	,000	,190	,000	,000	,007	,000	,000	,000	.	,000	,000
PAx	Coefficient de corrélation	-,364**	-,395**	-,145	-,343**	-,388**	-,233**	,365**	,587**	,602**	,560**	1,000	,685**
	Sig. (bilatérale)	,000	,000	,065	,000	,000	,003	,000	,000	,000	,000	.	,000
RVet	Coefficient de corrélation	-,375**	-,395**	-,170*	-,259**	-,369**	-,213**	,361**	,546**	,509**	,523**	,685**	1,000
	Sig. (bilatérale)	,000	,000	,029	,001	,000	,006	,000	,000	,000	,000	,000	,000
N		164	164	164	164	164	164	164	164	164	164	164	164

** . La corrélation est significative au niveau 0,01 (bilatéral).

* . La corrélation est significative au niveau 0,05 (bilatéral).

FLUENCES VERBALES SELON L'ÂGE ET LE NIVEAU EDUCATIF

Tranche d'âge		50/59			60/69			70/79			80/89		
Niveau éducatif		1	2	3	1	2	3	1	2	2	1	2	3
Animaux	Moy.	20.66	24.14	26.25	22.52	21.81	25.15	18.76	23.38	25.27	17.69	17.00	22.90
	Ecart-type	5.98	5.80	4.89	3.82	4.54	4.70	4.33	3.25	4.07	3.94	2.40	2.87
Lettre P	Moy.	14.75	16.85	20.68	16.11	19.43	20.69	15.11	15.30	19.54	11.76	13.00	17.90
	Ecart-type	2.80	5.68	3.97	4.13	3.77	4.47	4.79	3.22	5.27	2.68	1.73	3.56
Lettre S	Moy.	12.75	14.71	17.12	13.76	14.62	17.61	12.35	13.61	15.00	10.23	10.90	14.45
	Ecart-type	3.25	4.35	4.39	4.94	4.09	3.54	4.16	2.21	3.52	3.34	1.51	3.29
Verbes d'action	Moy.	16.00	17.92	19.06	14.82	16.43	18.15	13.29	15.61	15.36	11.00	12.00	14.54
	Ecart-type	3.46	4.08	5.93	3.71	3.96	4.74	3.67	3.66	3.69	2.51	1.84	5.53
P/Animaux	Moy.	13.41	15.14	17.12	13.70	16.50	16.61	12.70	14.15	14.54	11.30	11.63	12.27
	Ecart-type	3.50	3.27	3.50	4.01	3.61	2.81	2.64	2.26	2.33	2.59	1.56	3.85
R/Vêtements	Moy.	13.50	15.21	17.06	13.88	15.68	17.00	14.05	15.07	14.81	10.76	11.18	11.72
	Ecart-type	3.06	4.45	4.28	3.62	2.84	4.04	3.28	2.92	2.85	2.04	1.72	3.55

Tableau 89 : Moyennes et écart-types du nombre de mots dits en fluences verbales en fonction de la tranche d'âge et du niveau éducatif initial

RESUME

Mots clés : vieillissement non pathologique-fluences verbales alternées-fonctions exécutives

Le vieillissement non pathologique est communément associé à un déclin des processus exécutifs. Les fluences verbales permettent d'évaluer l'intégrité du stock lexico-sémantique mais aussi les processus stratégiques de récupération des mots en mémoire à long terme. Ces épreuves peuvent donc fournir des indications sur le fonctionnement exécutif et les productions langagières des sujets testés. Les tâches les plus souvent utilisées en clinique sont les fluences sémantiques et formelles. Or, les fluences d'action et les fluences alternées solliciteraient davantage le fonctionnement exécutif. Les études à leur sujet restent toutefois rares et nous ne disposons pas de normes. Le présent travail vise à mesurer les effets du vieillissement sur un protocole de fluences verbales : une fluence sémantique, deux fluences formelles, une fluence d'action et deux fluences alternées. Nous recrutons un échantillon de 164 adultes de langue française non pathologiques, âgés de 50 à 89 ans, répartis en quatre groupes d'âge et trois niveaux socio-éducatifs. Nous nous assurons de l'absence de troubles cognitifs des sujets en leur faisant passer une série de pré-tests cognitifs. Les résultats obtenus en une minute pour chaque fluence sont ensuite comparés à d'autres épreuves exécutives, le Stroop Victoria et le TMTB. Les scores en fluences alternées chez tous les sujets sont nettement inférieurs à ceux des autres épreuves. L'analyse statistique des performances montre un effet significatif de l'âge à partir de 80 ans pour les fluences sémantique et formelles, à partir de 70 ans pour les fluences alternées. L'effet du niveau éducatif qui atténue l'impact délétère de l'âge pour les fluences classiques, est gommé pour les fluences d'action et alternées dès 70 ans. Les moyennes recueillies par tranche d'âge et par niveau éducatif, sans être des normes, peuvent néanmoins servir de repères aux professionnels pour évaluer le langage et les fonctions exécutives

ABSTRACT

Key words : normal aging/ alternating fluence/ executive functions

The executive process is usually less efficient in healthy aging people. Verbal fluency tasks are frequently used to assess the integrity of semantic retention as well as retrieval of strategic words from long memory. These tasks can be an indicator of executive functions and verbal abilities. More specifically, noun fluency (semantic and formal) are used in neuropsychological examination. Action and alternating fluency seem however to require greater executive involvement than noun fluency does. Further research is required as there are no standardised tables for these tasks. The aim of the current work is to study the consequence of normal aging in different verbal fluency tasks : 2 noun fluency (semantic and formal), 1 action fluency and 2 alternating fluency. During the studies, 164 healthy adult volunteers (from 50 to 89 years old) were recruited. All participants were native French speakers with normal global cognitive function. They were grouped in 4 age groups and 3 educational levels. The participants were subjected to verbal fluency tasks, each task allocated a one minute test period. The data were correlated to 2 other executive tests : the Stroop Victoria and the TMTB. All participants gave less words in the alternating fluency. The statistical analysis showed the effect of age on all the fluency scores. The age effect was significant at 80 years old for the noun fluency and at 70 years for the action and alternating fluency. A significant effect of educational level was noted in noun fluency. In action and alternating fluency, the influence level was less important. Even if we don't provide standardised tables, the normative data of our study can be used by practitioners to estimate language and executive functions.