

Complexité phonétique et disflueance dans le vieillissement normal et dans la maladie d'Alzheimer

Lee, Hyeran, & Barkat-Defradas, Melissa

Praxiling UMR 5267 - CNRS & Université Montpellier 3
hyeranleejean@gmail.com, melissa.barakt@univ-montp3.fr

1 Introduction

1.1 Aspects phonétiques dans le vieillissement normal et dans la maladie d'Alzheimer

La maladie d'Alzheimer est une maladie neurodégénérative, caractérisée par l'affaiblissement progressif et irréversible des fonctions cognitives, dont le langage (Lee, 2012). Les déficits linguistiques dans cette pathologie sont fréquemment mis en relief dans le domaine lexico-sémantique, avec notamment le fréquent phénomène d'anomie, alors que les aspects phonético-phonologiques sont souvent considérés comme relativement bien préservés jusqu'au stade avancé de la maladie (Kertesz et al., 1988, Cohn et al., 1991, Patel et al., 1994, Romero et al., 1996). En effet, les études utilisant des batteries standardisées pour les patients aphasiques n'ont pas révélé de perturbations phonémiques et articulatoires chez les patients souffrant de la maladie d'Alzheimer (Appell et al., 1982, Murdoch et al., 1987, Rousseaux et al., 2010). Toutefois, les travaux récents portant sur le discours spontané révèlent que la parole des patients Alzheimer est moins fluente que celle des sujets âgés sains, avec plus de ruptures et d'hésitations (Singh et al., 2001, Ash et al., 2004, Hoffmann et al., 2010, Gayraud et al., 2011). De plus, un nombre croissant de recherches rapportent une présentation atypique de la maladie d'Alzheimer (Dubois et al., 2010) qui se caractérise par une détérioration de la capacité langagière, notamment les processus sémantiques et phonologiques, comme un signe d'entrée dans la pathologie (Greene et al., 1996, Croot et al., 2000, Galton et al., 2000, Davies et al., 2005). Ainsi, l'importance de conduire une étude approfondie dans ce domaine prend de plus en plus d'ampleur.

Les aspects phonético-phonologiques du langage des personnes âgées n'ont suscité que très peu d'études et ces dernières ont fourni des résultats quelque peu divergents. Certaines études ont montré que l'articulation et le débit de parole restent intacts chez les personnes âgées (Shewan et al., 1988, Penny et al., 1996), alors que d'autres études ont signalé que la production orale des sujets âgés comporte plus de disfluences, incluant de fréquentes hésitations, pauses, bégaiements, un débit de parole plus lent et une articulation moins précise que celle des sujets jeunes (Au et al., 1989, Bortfeld et al., 2001, Clark-Cotton et al., 2007, Zellner-Keller, 2007).

Si la majorité des études s'accordent à dire que l'augmentation des disfluences dans le vieillissement normal et dans la maladie d'Alzheimer est attribuable à la difficulté d'évocation de mot, Hupet et al. (1992) arguent que le phénomène de disfluence observé dans le vieillissement normal n'est pas le signe d'un accès lexical ralenti mais plutôt d'une élaboration linguistique fine, visant à la fluidité de l'échange et à l'adéquation de la situation, comme en témoigne le discours oral particulièrement élaboré, hiérarchisé et riche en détails des personnes âgées saines en comparaison à celui des sujets jeunes.

Le langage est la fonction cognitive la plus résistante au vieillissement normal (Mathey et al., 2008). De ce fait, l'étude comparative du discours des personnes âgées saines et celui des sujets atteints de la maladie d'Alzheimer permettrait de relever des variables pertinentes pour distinguer le vieillissement langagier normal et le vieillissement langagier pathologique. En outre, les informations issues des données pathologiques permettraient de mieux appréhender le fonctionnement normal du langage.

1.2 Disfluence

Le terme « fluence » est défini comme le flux ininterrompu de vocalisation dans lequel les mots sont séquencés harmonieusement pour former une phrase qui a du sens (Loebel et al., 1990). Le terme « disfluence » réfère quant à lui, à tous les traits de parole qui contrastent avec la fluidité (Wingate, 1987). La disfluence regroupe un ensemble de phénomènes temporeux et verbaux comme les pauses silencieuses, les pauses remplies, les hésitations, les allongements vocaliques, les paraphasies, les autocorrections, etc. (Pakhomov et al., 2010). Elle constitue une caractéristique particulière du discours spontané. En effet, pour plusieurs raisons, la production de la parole ne peut pas être continuellement exercée, y compris pour des raisons physiologiques telles que l'activité respiratoire et la planification cognitive (Kolk, 1997). Elle constitue également une part importante de la communication pour le locuteur et pour l'interlocuteur. Par exemple, les pauses permettent au locuteur de prendre le temps de formuler son énoncé et à l'interlocuteur de traiter cet énoncé (Campione et al., 2004). De plus, certaines pauses remplies peuvent être considérées comme une activité métacognitive adressée à l'interlocuteur (Duez, 1991, Clark et al., 2002). Au moment où un blocage de production survient, le locuteur peut utiliser les pauses sonores comme un outil d'occupation du terrain de l'interaction pour éviter d'être interrompu en affichant son intention de poursuivre l'énoncé (Maclay et al., 1959, Clark et al., 1977) ou comme un outil de coopération en signalant une demande d'aide pour résoudre conjointement le problème (Bortfeld et al., 2001).

De nombreuses études ont démontré que les facteurs linguistiques sont associés aux disfluences. Il a été observé que le taux de disfluences augmente avec les énoncés longs (Oviatt, 1995), en début d'énoncé (Shriberg, 1996), devant une information nouvelle (Arnold et al., 2000), devant les mots de cohésion faible (Grosjean et al., 1979), les mots de fréquence lexicale faible (Goldman-Eisler, 1967), les mots de densité de voisinage phonologique faible (Gayraud et al., 2012), ces facteurs linguistiques présumant un effort de planification important et demandant plus de ressources de traitement. Ainsi, avec l'augmentation de la complexité linguistique, l'on observe une augmentation des disfluences (Schlesinger, 1966).

1.3 Indice de complexité phonétique de Jakielski (2000)

Selon Glaudert (2011), « *On la [complexité] caractérise de prime abord par son opposition à la notion de simplicité. [...] Chaque système forme un tout composé de parties qui interagissent les unes avec les autres. C'est ce que l'on nomme l'organisation du système, c'est-à-dire les lois qui le régulent et le (co)ordonnent en un tout cohérent et structurellement descriptible. Parmi ces lois, certaines pourraient être omniprésentes et universelles, quels que soient le système et le domaine d'analyse : il s'agit de l'économie et l'efficacité. Les systèmes présentent en effet une tendance forte à la parcimonie et au « souci » de rentabilité, et ce dans l'optique d'atteindre un rendement profitable. L'ensemble des éléments régis par ces règles forme ce que l'on pourrait qualifier de norme. Lorsqu'un élément du système s'écarte de ces lois ou de l'une d'entre elles, il devient alors complexe, car inattendu et déviant par rapport à la norme. Notons que les éléments complexes n'existent qu'à la condition sine qua non que leurs contreparties simples existent aussi, alors que l'inverse n'est pas possible* » (pp. 20-21).

Ainsi, en mettant en opposition différents éléments appartenant à un même système, il est possible d'établir une hiérarchisation et une mesure de la complexité.

Au cours de ces dernières années, plusieurs mesures de complexité phonétique ont été proposées : *index of phonetic complexity* (Jakielski, 2000), *phonological mean length of utterance* (Ingram et al., 2001), *word complexity measure* (Stoel-Gammon, 2010), etc. Dans cette étude, nous nous intéresserons tout particulièrement à l'*index of phonetic complexity* (IPC) de Jakielski. En effet, l'IPC est une mesure complète qui permet de quantifier la complexité phonétique à travers plusieurs caractéristiques de la production langagière. Ainsi, il nous semblait intéressant d'examiner un large éventail de facteurs afin d'obtenir de plus amples informations. De plus, l'IPC a été utilisé dans divers domaines d'étude comme l'acquisition du langage (Charlier Bererd et al., 2007), la pathologie du langage telle que la dyslexie (Bose et al., 2011), le bégaiement (Howell et al., 2006, Lasalle et al., 2011), l'autisme (Ferré et al., 2013).

En outre, cet indice initialement conçu pour l'anglais a été utilisé dans différentes langues, par exemple en allemand (Dworzynski *et al.*, 2004) et en espagnol (Howell *et al.*, 2007).

L'IPC de Jakielski est basé sur la théorie de « cadre puis contenu » de MacNeilage et Davis (1990). Selon cette théorie, le développement vocal précoce est conditionné par la maturation physiologique et la maîtrise des habiletés motrices de l'appareil phonatoire, et ce de façon universelle. En effet, ces auteurs ont observé des caractéristiques régulières dans le babillage des enfants, par exemple l'apparition précoce des consonnes labiales ou coronales par rapport aux consonnes dorsales, ces dernières nécessitant un contrôle plus précis de l'appareil articulatoire. De même, avec la maîtrise de la variation de la forme du conduit vocal, les consonnes fricatives émergent dans le répertoire phonétique des enfants, après les consonnes occlusives. Enfin, avec l'accroissement de la capacité articulatoire, les enfants élargissent leur éventail de production des consonnes isolées aux groupes consonantiques. Ainsi, la théorie de « cadre puis contenu » possède un caractère prédictible.

À partir de l'observation de l'apparition précoce ou tardive de certaines caractéristiques dans le babillage des enfants (Jakielski, 1998), Jakielski a déterminé des éléments simples ou complexes à produire et a identifié 8 paramètres afin de calculer la complexité phonétique.

	Paramètres	Points non attribués	Points attribués
1	Lieu d'articulation des consonnes	Labiales, coronales, glottales	Dorsales
2	Mode d'articulation des consonnes	Occlusives, nasales, semi-consonnes	Fricatives, affriquées, liquides
3	Classe de voyelle	Monophthongues, diphtongues	Rhotiques
4	Final du mot	Se termine par une voyelle	Se termine par une consonne
5	Longueur de mot	Monosyllabique, bisyllabique	≥ 3 syllabes
6	Variation de lieu d'articulation des consonnes isolées	Rédupliquées	Variées
7	Groupe consonantique	Absence	Présence
8	Type de groupe consonantique	Homo-organique	Hétéro-organique

Tableau 1 : Index de complexité phonétique de Jakielski (2000)

Il existe peu d'outils permettant d'évaluer le contexte phonétique d'apparition des disfluences et peu de travaux ont été menés à ce sujet dans le vieillissement normal et dans le vieillissement pathologique de type Alzheimer. Par conséquent, nous nous intéresserons à identifier la relation entre la disfluente et la complexité phonétique à partir du discours oral francophone des sujets âgés sains et des sujets souffrant de la maladie d'Alzheimer.

2 Méthode

2.1 Participants

78 sujets ont participé à cette étude : 40 patients diagnostiqués cliniquement comme atteints de la maladie d'Alzheimer probable et 38 sujets âgés ne présentant aucune pathologie cognitive connue (score au MMSE, Folstein *et al.*, 1975, égal à 30 / 30).

Tous les sujets sont locuteurs natifs du français. Les deux groupes de sujets sont appariés en âge, sexe et niveau socioculturel (grille de Poitrenaud, Kalafat *et al.*, 2003). Cette étude est conforme au cadre juridique du CNRS et a été menée auprès de sujets volontaires. Un formulaire de consentement rappelant les objectifs de l'étude et les conditions expérimentales de l'enquête a fait l'objet de la signature du sujet, de leurs référents familiaux et/ou de leurs tuteurs légaux.

Le profil des sujets est récapitulé dans le tableau 2.

	Groupe de patients Alzheimer (n = 40)			Groupe de sujets âgés sains (n = 38)			<i>p-value</i>
	Moyen	Ecart-type	Etendue	Moyen	Ecart-type	Etendue	
Age	77.5	7.3	64-89	75.1	5.7	65-85	n.s
Niveau socioculturel	2.5	1.0	1-4	2.9	1.1	1-4	n.s
MMSE	21.6	2.8	16-26	30.0	0.0	30-30	p< .001

Tableau 2 : Profil des sujets

2.2 Procédure

Les données orales à partir desquelles nos analyses ont été effectuées proviennent d'une série d'entretiens individuels semi-dirigés. Les participants de notre étude ont été invités à raconter librement les événements marquants de leur vie. Tous les entretiens ont été enregistrés numériquement. Afin d'écartier tout effet lié à la longueur variable de nos corpus sur les résultats (Darley *et al.*, 1960), nous avons équilibré la taille du corpus entre le groupe des patients et celui des sujets âgés sains (25749 occurrences pour le groupe des patients Alzheimer et 27269 occurrences pour le groupe des personnes âgées saines, $t = -1.426$, $ddl = 76$, $p = .144$, n.s.). Ces enregistrements ont été transcrits manuellement et les séquences de parole ont été précisément segmentées à l'aide du logiciel *Praat* (Boersma *et al.*, 2009).

Dans un premier temps, nous avons codé les disfluences. Le tableau ci-dessous montre les types et les exemples de disfluences codées.

Type de disfluences	Description	Exemples
Pause d'hésitation	Les silences > 200 ms qui apparaissent à l'intérieur de la frontière syntaxique (Merlo et <i>al.</i> , 2010).	Angélique_76_F_2_20 : puis il a reçu la balle il a une <Pause d'hésitation = 270 ms> une cicatrice comme ça
Pause remplie	Les « euh » d'hésitation	Agathe_83_F_3_23 : j'ai eu euh <Pause remplie = 420 ms> <Pause d'hésitation = 1640 ms> euh <Pause remplie = 300 ms> <Pause d'hésitation = 210 ms> vous savez les les <Répétition d'hésitation> les césariennes
Allongement vocalique	Les allongements vocaliques > 180 ms (Candea, 2000)	Apolline_68_F_4_26 : j'ai dû rester à <Allongement vocalique = 810 ms> à l'hôpital
Répétition d'hésitation	Les occurrences successives d'un même segment de parole qui ne relèvent pas d'une stratégie stylistique (Merlo et <i>al.</i> , 2010).	Aicha_64_F_4_20 : j'ai des pertes de <Répétition d'hésitation> de mémoire quelque fois

Tableau 3 : Types et exemples de disfluences codées

Nous avons considéré ces disfluences comme un indicateur pertinent du problème d'évocation de mot (Zellner-Keller, 2007). Ainsi, dans un deuxième temps, nous avons relevé les occurrences problématiques (i.e. apparaissant après les disfluences) et les occurrences non problématiques. Ces dernières ont été sélectionnées aléatoirement. Du point de vue de leur catégorie grammaticale, les occurrences non problématiques sont strictement comparables aux occurrences problématiques relevées dans les productions des sujets / patients. Il s'agit d'un ensemble de mots de contenu, dont ont été exclus : les noms propres, les dates, les nombres et les auxiliaires. Au total 8536 occurrences ont été soumises à l'analyse de la complexité phonétique (1915 occurrences problématiques et 1915 occurrences non problématiques relevées dans le corpus de sujets contrôles ; 2353 occurrences problématiques et 2353 occurrences non problématiques relevées dans le corpus pathologique). Le tableau 4 montre un exemple de liste des occurrences problématiques et des occurrences non problématiques établie à partir de notre corpus.

Aicha_64_F_4_20 (Patient atteint de la maladie d'Alzheimer)		Carmen_66_F_4_30 (Sujet âgé sain)	
Occurrences non problématiques	Occurrences problématiques	Occurrences non problématiques	Occurrences problématiques
<i>angoisses</i>	<i>endroits</i>	<i>décès</i>	<i>administration</i>
<i>médecin</i>	<i>naissance</i>	<i>douleurs</i>	<i>chef</i>
<i>problème</i>	<i>nuit</i>	<i>enfant</i>	<i>élève</i>
<i>affolée</i>	<i>contente</i>	<i>franc-parler</i>	<i>collègue</i>

<i>extraordinaire</i>	<i>grandes</i>	<i>technique</i>	<i>couple</i>
<i>heureuse</i>	<i>mauvais</i>	<i>joie</i>	<i>fille</i>
<i>reconnaisais</i>	<i>marchais</i>	<i>agréable</i>	<i>bonne</i>
<i>soigner</i>	<i>remettrai</i>	<i>épouvantable</i>	<i>joyeux</i>
<i>tellement</i>	<i>évidemment</i>	<i>fatiguait</i>	<i>amuse</i>
<i>vraiment</i>	<i>longtemps</i>	<i>complètement</i>	<i>rapidement</i>

Tableau 4 : Exemples de liste des occurrences problématiques et des occurrences non problématiques

Dans un troisième temps, les occurrences problématiques et les occurrences non problématiques ont été soumises à l'analyse de complexité phonétique à l'aide de l'indice de complexité phonétique de Jakielski (2000). Un des paramètres de cette grille n'étant pas pertinent pour le français (i.e. présence de voyelle rhotique), il a été écarté dans notre étude. Ainsi, nous avons mesuré la complexité phonétique de notre corpus à travers les 7 critères suivants (Eldridge, 2006) :

- 1) Le lieu d'articulation de la consonne : 1 point était attribué à chaque présence d'une consonne dorsale [k], [g], [ŋ], [ŋ].
- 2) Le mode d'articulation de la consonne : 1 point était attribué pour chaque consonne fricative ou liquide [f], [v], [s], [z], [ʃ], [ʒ], [l], [ʁ].
- 3) La fin du mot : la présence d'une consonne en position finale de mot vaut 1 point.
- 4) La longueur du mot : un nombre de syllabes supérieur ou égale à 3 correspond à 1 point.
- 5) La variation de lieu d'articulation des consonnes isolées : lorsque les consonnes isolées du mot appartiennent à des lieux d'articulation différents (labiales : [p], [b], [m], [f], [v] ; coronales : [t], [d], [n], [l], [s], [z], [ʃ], [ʒ], [r] ; dorsales : [k], [g], [ŋ], [ŋ]), 1 point est octroyé.

Exemple : « Hôpital » → [opital] = 1 point. Ici, on observe la variation de lieu d'articulation des consonnes isolées de labiale [p] aux coronales [t] et [l].

En cas de présence de groupes consonantiques et d'une seule consonne isolée, ce paramètre n'est pas pris en compte.

Exemple : « Urgences » [yʁʒãs] = 0 point (groupe consonantique [ʁʒ] + consonne isolée [s]).

En cas de présence de groupes consonantiques et de deux consonnes isolées ou plus, la variation de lieu d'articulation est examinée entre les consonnes isolées.

Exemple : « Directrice » [dɪʁɛktʁis] = 1 point. Ici, on observe la variation de lieu d'articulation de coronale [d] à dorsale [ʁ], puis de dorsale [ʁ] à coronale [s] des consonnes isolées.

- 6) Le groupe consonantique : 1 point est attribué à chaque présence d'un groupe consonantique.

Les consonnes produites de façon consécutive sont considérées comme un groupe consonantique. Par exemple, dans « Conducteur » [kɔdyktœʁ], [kt] est considéré comme un groupe consonantique, même si [k] et [t] appartiennent à des syllabes différentes.

- 7) Enfin, 1 point est attribué à chaque groupe consonantique hétéro-organique, c'est-à-dire impliquant des consonnes articulées en des lieux distincts.

Le calcul de la complexité phonétique est détaillé dans le Tableau 5.

N°	Paramètres		Exemples
1	Lieu d'articulation de la consonne	Dorsale [k], [g], [x], [ŋ]	Aicha_64_F_4_20 : même si des fois ça me <Allongement vocalique = 550 ms> ça me <u>fatigue</u> [fatig] = 1 point
2	Mode d'articulation de la consonne	Fricatives [f], [v], [s], [z], [ʃ], [ʒ], [x] Liquide : [l]	Antoinette_67_F_4_25 : on arrête pas d'appeler de <Allongement vocalique = 420 ms> le des <u>urgences</u> [yʁʒãs] = 3 points
3	Final du mot	Consonne	Apolline_68_F_4_26 : j'ai dû rester à <Allongement vocalique = 810 ms> à l' <u>hôpital</u> [opital] = 1 point
4	Nombre de syllabe dans le mot	≥ 3	Angélique_76_F_2_20 : il a une <Pause d'hésitation = 270 ms> une <u>cicatrice</u> comme ça [si-ka-tʁis] = 1 point
5	Variation du lieu d'articulation entre les consonnes isolées du mot		Charlotte_82_F_4_30 : son <Allongement vocalique = 400 ms> <u>camarade</u> qui a plongé replongé [kamarad] = 1 point Dorsale [k] → labiale [m] → dorsale [x] → coronale [d]
6	Présence de groupes consonantiques		Antoinette_67_F_4_25 : j'ai dit à <Allongement vocalique = 550 ms> à la <u>directrice</u> du foyer [dirɛktris] = 1 point
7	Hétérogénéité du lieu d'articulation de groupe consonantique		Catherine_72_F_4_30 : c'était le <Allongement vocalique = 300 ms> le <u>cataclysme</u> de ma vie [kataklism] = 2 points Le lieu d'articulation des consonnes du groupe consonantique [kl] varie de dorsale [k] à coronale [l] et le lieu d'articulation des consonnes du groupe consonantique [sm] varie de coronale [s] à labiale [m]

Tableau 5 : Exemple d'analyse de la complexité phonétique de Jakielski (2000)

Le score total de l'indice de complexité phonétique correspond à l'addition des points obtenus à chacun de 7 paramètres. Plus la valeur de l'IPC est élevée, plus le mot est considéré comme complexe phonétiquement.

Enfin, nous avons cherché à comparer premièrement la valeur moyenne de complexité phonétique des occurrences problématiques et des occurrences non problématiques du groupe des patients Alzheimer et du groupe de sujets âgés sains, et deuxièmement nous avons analysé, à l'intérieur de chaque groupe, les liens entre complexité phonétique et types d'occurrences.

3 Résultats

L'analyse statistique *t de Student* montre que les patients Alzheimer ont tendance à produire des mots de complexité phonétique significativement plus faible que ceux des sujets âgés sains, que ce soit les occurrences problématiques ($t = -5.566$, $ddl = 76$, $p < .001$) ou les occurrences non problématiques ($t = -4.769$, $ddl = 76$, $p < .001$).

	Groupe de patients Alzheimer		Groupe de sujets âgés sains		<i>p-value</i>
	Moyenne	Ecart-type	Moyenne	Ecart-type	
Occurrences problématiques	4,7	0,8	5,9	1,0	$p < .001$
Occurrences non problématique	3,8	0,9	5,0	1,3	$p < .001$

Tableau 6 : Valeur de complexité phonétique sur les occurrences problématiques et les occurrences non problématiques en fonction de la population

Afin de comparer la complexité phonétique des occurrences problématiques et des occurrences non problématiques pour chacun des deux groupes de sujets, l'*ANOVA à un facteur de l'échantillon apparié* a été réalisée.

Il semble que la complexité phonétique joue un rôle important sur l'évocation des mots. En effet, les occurrences problématiques attestent toujours un degré de complexité phonétique plus élevé que les occurrences non problématiques. Ce résultat s'observe tant chez les patients MA ($t = 4.946$, $ddl = 38$, $p < .001$) que chez les sujets âgés sains ($t = -4.269$, $ddl = 36$, $p < .001$).

	Occurrences problématiques		Occurrences non problématiques		<i>p-value</i>
	Moyenne	Ecart-type	Moyenne	Ecart-type	
Groupe des patients Alzheimer	4,7	0,8	3,8	0,9	$p < .001$
Groupe des sujets âgés sains	5,9	1,0	5,0	1,3	$p < .001$

Tableau 7 : Valeur de complexité phonétique dans les groupes des patients Alzheimer et dans le groupe des sujets âgés sains

4 Conclusion et perspectives

Une étude récente a montré que la parole des patients atteints de la maladie d'Alzheimer se caractérise, par rapport à celle des sujets contrôles, par la présence de pauses d'hésitation plus fréquentes et plus longues (Lee, 2012). La présente étude a examiné la nature des occurrences qui font l'objet de difficulté ou non avec l'indice de complexité phonétique de Jakielski (2000). Les résultats montrent d'une part que l'IPC de Jakielski peut être utile pour distinguer le discours de la population atteinte de la maladie d'Alzheimer et celui de la population saine et d'autre part, la complexité phonétique est, en partie, responsable de disfluences dans le discours spontané de notre corpus. En effet, globalement, les patients atteints de la maladie d'Alzheimer recourent préférentiellement aux mots de complexité phonétique moindre par rapport au groupe de sujets sains, que ce soit pour les occurrences problématiques ou pour les occurrences non problématiques. Il semble ainsi que dans la maladie d'Alzheimer, les éléments complexes d'un point de vue phonétique sont sujets à plus de difficultés que les éléments qui ne le sont pas. De plus, il a été observé que les difficultés de récupération des mots ne sont pas indépendantes de la complexité phonétique. En effet, les occurrences problématiques ont un score de complexité phonétique significativement supérieur aux occurrences non problématiques chez les patients Alzheimer. Cependant, l'effet de la complexité phonétique n'est pas spécifique à la maladie d'Alzheimer car la même tendance est observée chez les personnes âgées saines.

L'indice de complexité phonétique de Jakielski présente de nombreux intérêts. Cette grille permet de quantifier objectivement la complexité phonétique d'un mot. De plus, organisé en 8 paramètres différents, l'IPC fournit l'information sur les facteurs majeurs de la complexité phonétique d'un mot analysé. Ainsi, une analyse détaillée pour chacun des paramètres pourrait sans doute conduire à une interprétation plus qualitative des résultats, permettant par exemple une intervention ciblée dans la rééducation orthophonique.

L'IPC part du postulat que le développement vocal précoce serait une manifestation des capacités mécaniques universelles de l'appareil phonatoire. Toutefois, pour un résultat fiable pour le corpus francophone, il nous semble nécessaire d'approfondir cette étude en adaptant la grille de Jakielski aux spécificités du français. Par exemple, en français, [ʁ] étant à la fois une consonne dorsale et fricative, elle est comptée deux fois (i.e. le paramètre 1, le lieu d'articulation et le paramètre 2, le mode d'articulation) pour le calcul de la complexité phonétique. De même, il semble important de trouver un équivalent du paramètre 3 de Jakielski (i.e. classe de voyelle) en français. Nous pensons que l'intégration des aspects phonologiques (Pellegrino, 2009) et l'élargissement du champ d'investigation, par exemple l'étude des données l'issue de l'acquisition du langage (e.g. l'ordre d'émergence des segments), du Français Langue Etrangère (e.g. la maîtrise de certaines unités), d'autres pathologies (e.g. difficulté de production et de perception), permettraient de dégager des éléments pertinents pour enrichir nos connaissances et notre compréhension de la complexité phonétique, permettant de mieux adapter l'indice de complexité phonétique de Jakielski aux particularités de la langue française.

Il est difficile de séparer les facteurs phonétiques des autres facteurs linguistiques du discours spontané (Bloodstein et al., 2008). Ainsi, il serait important de conduire une étude sur l'influence de la cooccurrence des facteurs linguistiques tels que la fréquence lexicale (Astell et al., 1996, Garrard et al., 2005), la complexité syntaxique (Lee et al., 2009), la voisinage phonologique (Gayraud et al., 2012), etc. afin de mieux isoler l'effet de la complexité phonétique.

Enfin, il serait intéressant de mener une étude complémentaire sur l'interaction entre la complexité phonétique et d'autres fonctions cognitives (e.g. la mémoire, les fonctions exécutives) afin de mieux élucider le lien entre la complexité du système linguistique et la complexité de traitement cognitif. Il nous semble que l'étude du langage dans la démence neurodégénérative, telle que la maladie d'Alzheimer, peut fournir des informations précieuses pour affiner la connaissance sur ce sujet.

Suite à cette étude, nous avons développé un outil de calcul automatique de la complexité phonétique de Jakielski *iPhocomp* (Lee et al., soumis) qui permet de fournir un résultat rapide et objectif. Ce logiciel est librement mis à la disposition de la communauté scientifique à l'adresse suivant : <http://igm.univ-mlv.fr/~gambette/iPhocomp/>

Les recherches antérieures ont montré que la complexité phonétique a une influence sur la planification et le maintien de la production de la parole fluide, l'augmentation de la complexité nécessitant un plus grand effort pour l'activation et l'organisation des structures phonologiques et la planification motrice (Howell, 2004, Coalson et *al.*, 2012). Contrôler cette variable est ainsi important dans les évaluations langagières ou de la mémoire utilisant des stimuli verbaux et elle peut apporter des éléments explicatifs à l'étude de la performance langagière des locuteurs. Nous espérons que la présente étude donnera un nouvel élan d'une part aux recherches fondamentales pour mieux appréhender les propriétés physiques et structurelles des unités sonores du langage et d'autre part aux études appliquées telles que la phonétique clinique, offrant aux orthophonistes la possibilité d'établir le profil de la capacité langagière des patients atteints de la maladie d'Alzheimer en prenant en compte le système phonologique et en identifiant le contexte des difficultés du langage de façon précise afin de mieux planifier une rééducation efficace et adaptée.

Références bibliographiques

- Appell, J., Kertesz, A., & Fisman, M. (1982). A study of language functioning in Alzheimer patients. *Brain and language*, 17, 73-91.
- Arnold, J., Wasow, T., Ginstrom, R., & Losongco, T. (2000). Heaviness vs. Newness : the effects of structural complexity and discourse status on constituent ordering. *Language*, 76, 28-55.
- Ash, S., Moore, P., Hauck, R., Antani, S., Katz, J., & Grossman, M. (2004). Quantitative analysis of impairments of phonology, grammar, and fluency in Alzheimer's disease and frontotemporal dementia. *Neurobiology*, 25(2), S126.
- Astell, A., & Harley, T. (1996). Tip-of-the-tongue states and lexical access in dementia. *Brain and language*, 54, 196-215.
- Au, R., Albert, M., & Obler, L. (1989). Language in normal aging : linguistic and neuropsychological factors. *Journal of neurolinguistics*, 5(3/4), 347-364.
- Bloodstein, O., & Bernstein Ratner, N. (2008). *A handbook on stuttering*. Boston, MA : Thompson Delmar Learning.
- Boersma, P., & Weenink, D. (2009). Praat : Doing phonetics by computer (version 5.1.20) [Computer program]. <http://www.praat.org/>.
- Bortfeld, H., Leon, S., Bloom, J., Schober, M., & Brennan, S. (2001). Disfluency rates in conversation : Effects of age, relationship, topic, role, and gender. *Language and Speech*, 44, 123-149.
- Bose, A., Colangelo, A., & Buchanan, L. (2011). Effect of phonetic complexity on word reading and repetition in deep dyslexia. *Journal of Neurolinguistics*, 24, 435-444.
- Campione, E. & Véronis, J. (2004). Pauses et hésitations en français spontané. Actes, 25^{ème} Journées d'Etude sur la Parole, Fès, Maroc.
- Candea, M. (2000). *Contribution à l'étude des pauses silencieuses et phénomènes dits « d'hésitation » en français oral spontané. Etude sur un corpus de récits en classe de français*. Thèse de doctorat, Université Paris III.
- Charlier Bererd, M., & Juhem, A. (2007). *Evolution de la complexité phonético-phonologique et sélection lexicale chez des enfants français entre 12 et 27 mois*. Mémoire d'orthophonie, Université Lyon 1.
- Clark, H., & Clark, E. (1977). *Psychology and language*. New York : Harcourt, Brace, Jovanovich.
- Clark, H., & Fox Tree, J. (2002). Using uh and um in spontaneous speaking. *Cognition*, 84(1), 73-111.
- Clark-Cotton, M., Williams, R., Goral, M., & Obler, L. (2007). Language and communication in aging. In J. E. Birren (Eds.), *Encyclopedia of gerontology: age, aging, and the aged* (pp. 1-8). London : Elsevier.
- Coalson, G., Byrd, C., & Davis, B. (2012). The influence of phonetic complexity on stuttered speech. *Clinical linguistics & phonetics*, 26(7), 646-659.
- Cohn, J., Wilcox, C., & Lerer, B. (1991). Development of an "early" detection battery for dementia of the Alzheimer type. *Progress in Neuropsychopharmacology and Biological Psychiatry*, 15, 433-479.

- Croot, K., Hodges, J., Xuereb, J., & Patterson, K. (2000). Phonological and articulatory impairment in Alzheimer's disease : a case series. *Brain and language*, 75, 277-309.
- Darley, F., & Moll, K., (1960). Reliability of language measures and size of language sample. *Journal of speech and hearing research*, 3, 166-173.
- Davies, R., Hodges, J., Kril, J., Patterson, K., Halliday, G., & Xuereb, H. (2005). The pathological basis of semantic dementia. *Brain*, 128, 1984-1995.
- Dubois, B., Feldman, H., Jacova, C., Cummings, J., DeKosky, S., Barberger-Gateau, P., Delacourte, A., Frisoni, G., Fox, N., Galasko, D., Gauthier, S., Hampel, H., Jicha, G., Meguro, K., O'Brien, J., Pasquier, F., Rober, P., Rossor, M., Salloway, S., Sarazin, M., de Souza, L., Stern, Y., Visser, P., & Scheltens, P. (2010). Revising the definition of Alzheimer's disease : a new lexicon. *Lancet neurology*, 9, 118-127.
- Duez, D. (1991). *La pause dans la parole de l'homme politique*. Paris : Editions du CNRS, collection Sons et Parole.
- Dworzynski, K., & Howell, P. (2004). Predicting stuttering from phonetic complexity in German. *Journal of fluency disorders*, 29, 149-173.
- Ferré, S., Dos Santos, C., & Bonnet-Brilhault, F. (2013). Phonological delay or phonological impairment in autism : an intergroup comparison. *International meeting for autism research*. San Sebastian, Espagne.
- Folstein, M., Folstein, S., & MacHugh, P. (1975). Mini Mental State : a practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician. *Journal of Psychiatric Research*, 12, 189-198.
- Galton, C., Patterson, K., Xuereb, J., & Hodges, J. (2000). Atypical and typical presentations of Alzheimer's disease : a clinical, neuropsychological, neuroimaging and pathological study of 13 cases. *Brain*, 123, 484-498.
- Garrad, P., Maloney, L., Hodges, J., & Patterson, K. (2005). The effects of very early Alzheimer's disease on the characteristics of writing by a renowned author. *Brain*, 128(2), 250-260.
- Gayraud, F., & Barkat-Defradas, M. (2012). Effet du voisinage phonologique sur l'accès lexical dans le discours spontané de patients Alzheimer. Actes, 29^{ème} Journées d'Etudes sur la Parole. Grenoble.
- Gayraud, F., Lee, H., & Barkat-Defradas, M. (2011). Syntactic and lexical context of pauses and hesitations in the discourse of Alzheimer patients and healthy elderly subjects. *Clinical linguistics & phonetics*, 25 (3), 198-209.
- Glaudert, N. (2011). *La complexité linguistique : Essai de théorisation et d'application dans un cadre comparatiste*. Thèse de doctorat, Université de La Réunion.
- Goldman-Eisler, F. (1967). Sequential temporal patterns and cognitive processes in speech. *Language and Speech*, 10, 122-132.
- Greene, J., Xuereb, J., Patterson, K., & Hodges, J. (1996). Alzheimer's disease presenting with nonfluent progressive aphasia. *Archives of Neurology*, 53, 1072-1078.
- Grosjean, F., Grosjean, L., & Lane, H. (1979). The patterns of silence : performance structures in sentence production. *Cognitive Psychology*, 11, 58-81.
- Hoffmann, I., Nemeth, D., Dye, C., Pakaski, M., Irinyi, T., & Kalman, J. (2010). Temporal parameters of spontaneous speech in Alzheimer's disease. *International journal of speech-language pathology*, 12(1), 29-34.
- Howell, P. (2004). Assessment of some contemporary theories of stuttering that apply to spontaneous speech. *Contemporary issues in communication science and disorders*, 31, 123-140.
- Howell, P., & Au-Yeung, J. (2007). Phonetic complexity and stuttering in Spanish. *Clinical linguistics & phonetics*, 21(2), 111-127.
- Howell, P., Au-Yeung, J., Scott Yaruss, J., & Eldridge, K. (2006). Phonetic difficulty and stuttering in English. *Clinical linguistics & phonetics*, 20(9), 703-716.
- Hupet, M., & Nef, F. (1992). Les manifestations du vieillissement normal dans le langage spontané oral et écrit. *L'année psychologique*, 92(3), 393-419.
- Ingram, D., & Ingram, K. (2001). A whole-word approach to phonological analysis and intervention. *Language, speech, and hearing services in schools*, 32, 271-283.

- Jakielski, K. (1998). *Motor organization in the acquisition of consonant clusters*. Thèse de doctorat, University of Texas at Austin.
- Jakielski, K. (2000). Quantifying phonetic complexity in words : An experimental index. *Annual Child Phonology Conference*, Cedar Falls, IA.
- Kalafat, M., Hugonot-Diener, L., & Poitrenaud, J. (2003). Étalonnage français du MMS version GRECO. *Revue de neuropsychologie*, 13(2), 209-236.
- Kertesz, A., & Kertesz, M. (1988). Memory deficit and language dissolution in Alzheimer's disease. *Journal of neurolinguistics*, 3(1), 103-114.
- Kolk, H., & Postma, A. (1997). Stuttering as a covert repair phenomenon. In R. Curlee & G. Siegel (Eds.), *Nature and treatment of stuttering : New directions* (pp.182-203). Boston : Allyn & Bacon.
- Lasalle, L., & Work, L. (2011). Stuttering, cluttering, and phonological complexity : case studies. *Journal of fluency disorders*, 36, 285-289.
- Lee, H. (2012). *Langage et Maladie d'Alzheimer : Analyse multidimensionnelle d'un discours pathologique*. Thèse de doctorat. Université Montpellier 3.
- Lee, H., Barkat-Defradas, M. & Gayraud, F. (2009). Le vieillissement normal et pathologique du langage : étude comparative des discours oraux. Actes, *Journées internationales de Linguistique de Corpus*. Lorient.
- Lee, H., & Gambette, P. (Soumis). iPhocomp : calcul automatique de l'indice de complexité phonétique de Jakielski. *Journées d'Etudes sur la Parole*, Le Mans.
- Loebel, J., Dager, S., Berg, G., & Hyde, T. (1990). Fluency of speech and self-awareness of memory deficits in Alzheimer's disease. *International journal of geriatric psychiatry*, 5, 41-45.
- Maclay, H., & Osgood, C. (1959). Hesitation phenomena in spontaneous English speech. *Word*, 15, 19-44.
- MacNeilage, P., & Davis, B. (1990). Acquisition of speech production : Frames, then content. In M. Jeannerod (Eds.), *Attention and performance XIII : Motor representation and control* (pp. 453-475). Hillsdale: Lawrence Erlbaum.
- Mathey, S., & Postal, V. (2008). Le langage. In K. Dujardin, & P. Lemaire (Eds.), *Neuropsychologie du vieillissement normal et pathologique* (pp. 79-102). Issy-les-Moulineaux, France : Elsevier Masson.
- Merlo, S., & Barbosa, P. (2010). Hesitation phenomena : a dynamical perspective. *Cognitive Processing*, 11, 251-261.
- Murdoch, B., Chenery, H., Wilks, V., & Boyle, R. (1987). Language disorders in dementia of the Alzheimer type. *Brain and language*, 31, 122-137.
- Oviatt, S. (1995). Predicting spoken disfluencies during human-computer interaction. *Computer Speech and Language*, 9, 19-35.
- Pakhomov, S., Smith, G., Marino, S., Birnbaum, A., Graff-Radford, N., Caselli, R., Boeve, B., & Knopman, D. (2010). A computerized technique to assess language use patterns in patients with frontotemporal dementia. *Journal of neurolinguistics*, 23, 127-144.
- Patel, P., & Satz, P. (1994). The language production system and senile dementia of Alzheimer's type : neuropathological implications. *Aphasiology*, 8(1), 1-18.
- Pellegrino, F. (2009). *De l'identification des langues à la complexité phonologique*. Habilitation à diriger des recherches, Université Lumière Lyon 2.
- Penny, L., Mitchell, S., Saunders, N., Hunwick, J., Mitchard, H., & Vrlic, M. (1996). Some aspects of speech and voice in healthy ageing people. Actes, *Sixth Australian International Conference on Speech Science and Technology*. Adelaïde, SA.
- Romero, B., & Kurz, A. (1996). Deterioration of spontaneous speech in AD patients during a 1-year follow-up : Homogeneity of profiles and factors associated with progression. *Dementia*, 7, 35-40.
- Rousseaux, M., Sève, A., Vallet, M., Pasquier, F., & Mackowiak-Cordoliani, M. (2010). An analysis of communication in conversation in patients with dementia. *Neuropsychologia*, 48, 3884-3890.

- Schlesinger, I., Melkman, R., & Levy, R. (1966). Word length and frequency as determinants of stuttering. *Psychonomic Science*, 6, 255-256.
- Shewan, C., & Henderson, V. (1988). Analysis of spontaneous in language in the older normal population. *Journal of communication disorders*, 21, 139-154.
- Shriberg, E. (1996). Disfluencies in Switchboard. Actes, *International Conference on Spoken Language Processing*. Philadelphia.
- Singh, S., Bucks, R., & Cuerden, J. (2001). An evaluation of an objective technique for analyzing temporal variables in DAT spontaneous speech. *Aphasiology*, 15 (6), 571-583.
- Stoel-gammon, C. (2010). The word complexity measure : description and application to developmental phonologic and disorders. *Clinical linguistics & phonetics*, 24, 271-282.
- Wingate, M. (1987). Fluency and disfluency ; illusion and identification. *Journal of Fluency Disorders*, 12, 79-101.
- Zellner-Keller, B. (2007). « Comment est-ce qu'on dit ? » Vieillesse et manque de mot en conversation. *Cahiers de linguistique française*, 28, 87-97.