



Université Sorbonne Nouvelle - CNRS
École Doctorale 622 : Sciences du Langage
UMR7018 / Laboratoire de Phonétique et Phonologie

Résumé substantiel de thèse
en vue de l'obtention du grade de docteur en phonétique

Présentée par

Daria D'Alessandro

**Interspeaker variations in V-to-V coarticulation:
effects of Motor Speech Disorders, age, speech
tempo changes, and boundary type.**

Sous la direction de

Mme Cécile Fougeron

Soutenue à Paris le 15 décembre 2022 devant le jury composé de :

Pascal Perrier (Rapporteur) Professeur, Grenoble-INP, GIPSA-lab

Douglas H. Whalen (Rapporteur) Professeur, CUNY, Haskins Laboratories

Véronique Delvaux (Examinatrice) Chercheur qualifié FNRS, UMONS

Anne Hermes (Examinatrice) Chargée de recherche CNRS, LPP

Cécile Fougeron (Directrice de thèse) Directeur de recherche CNRS, LPP

Variations individuelles dans la coarticulation anticipatoire V-à-V : effets des Troubles Moteurs de la Parole, de l'âge, de changements de tempo et du type de frontière.

La coarticulation anticipatoire se réfère à l'anticipation des mouvements articulatoires pour la réalisation de cibles de parole à venir et peut être considérée comme un indice de planification. Dans quatre études, la coarticulation anticipatoire V-à-V est étudiée dans différents Troubles Moteurs de la Parole, i.e. Apraxie de la Parole et Dysarthrie associée à la SLA, la maladie de Wilson, et la maladie de Parkinson (et comparée à la coarticulation C-à-V), chez des adultes âgés de 20 à 93 ans, et dans un groupe restreint de locutrices dans différentes conditions de parole : tempo lent, rapide et normal, dans un mot, à travers une frontière de mot et de proposition relative.

Les résultats montrent une réduction de la coarticulation V-à-V dans l'Apraxie de la Parole et la Dysarthrie, qui pourrait être expliquée par des déficits spécifiques à ces pathologies. Une réduction non-linéaire de la coarticulation avec l'âge semble liée à un ralentissement du débit jusqu'à 70 ans, alors qu'une relation directe n'est pas trouvée pour les locuteurs plus âgés. Les différences inter-individuelles de coarticulation en réponse aux changements de tempo suggèrent que la relation entre la coarticulation et le débit articulatoire est spécifique au locuteur. Des variations inter-individuelles de coarticulation sont trouvées aussi en fonction du type de frontière et ne sont que partiellement expliquées par le phrasé prosodique.

Ces résultats sont discutés selon deux axes, l'un traitant de la taille des unités de planification motrice dans la parole, et l'autre discutant comment peuvent être modélisées les variations de coarticulation en fonction du locuteur et de la population.

Mot clés : coarticulation, AoS, Dysarthrie, âge, planification motrice, débit

Interspeaker variations in V-to-V coarticulation: effects of Motor Speech Disorders, age, speech tempo changes, and boundary type.

Anticipatory coarticulation refers to the anticipation of articulatory movements for the achievement of forthcoming speech goals and can be considered an index of planning in speech. In four investigations, anticipatory V-to-V coarticulation is investigated in different Motor Speech Disorders, i.e. AoS and Dysarthria associated with ALS, Wilson Disease, and Parkinson's Disease (and compared to C-to-V coarticulation), in adults spanning 20 to 93 years old, and in a small set of speakers in different conditions: at a slow, fast, and habitual speech tempo, and within a word, across word boundary, and across clause boundary.

The results show a reduction of V-to-V coarticulation in AoS and Dysarthria, which could be accounted for by disorder-specific impairment. A non-linear reduction of coarticulation is found with age. If this reduction can be seen in relation to a slowing of speech in speakers aged 20 to 70, with age-specific patterns of covariation, a relationship between these two factors is not found after 70 y.o.a. Individual responses to changes in speech tempo suggest that the relationship between coarticulation and articulation rate is speaker-specific. Interspeaker variations in V-to-V coarticulation are found also depending on boundary type and are only partially explained by specificities in the prosodic phrasing.

These results are discussed along two axes, one discussing the size of the planning units in speech, i.e. units over which the movements for the achievement of a string of speech targets are planned, and the other discussing how speaker-specific and population-specific variations in coarticulation can be modeled in a coproduction account of coarticulation.

Keywords: coarticulation, AoS, Dysarthria, age, motor planning, rate

Introduction

Le terme coarticulation fait référence à un processus sous-jacent à l'articulation des sons de la parole et en même temps à la sortie de ce processus. Dans la parole, les mouvements réalisés par les articulateurs pour produire des segments se chevauchent et interagissent les uns avec les autres. Par conséquent, les caractéristiques acoustiques et articulatoires d'un segment sont influencées par les caractéristiques des segments adjacents et non adjacents.

La coarticulation, et en particulier la coarticulation anticipatoire, c'est-à-dire l'influence d'un segment sur un segment précédent, a longtemps servi à étudier les processus de planification et d'exécution dans la parole. En effet, si un but de parole est anticipé et visible sur un précédent, les mouvements pour le produire ont commencé en même temps que le précédent, ou au moins pendant sa production. La question qui a été longtemps abordée est de savoir si la coarticulation reflète la planification des mouvements nécessaires à la réalisation des objectifs de parole ultérieurs au sein d'un plan de parole, ou si elle est simplement la conséquence naturelle de l'exécution de plans de parole successifs de manière rapide et fluide, conduisant à un chevauchement non planifié. En d'autres termes, le chevauchement entre les segments est-il contrôlé ou non ?

Des arguments en faveur d'une coarticulation anticipatoire planifiée ont été fournis par une série d'études expérimentales, qui ont souvent étudié l'anticipation d'une voyelle dans une voyelle précédente, à travers une ou plusieurs consonnes, un phénomène communément appelé coarticulation voyelle-à-voyelle (ci-après V-à-V). Ces arguments vont du fait que, si les locuteurs n'ont pas le temps de la planifier, il n'y a pas de coarticulation anticipatoire V-à-V, au fait que la coarticulation anticipatoire V-à-V change en fonction des langues.

Dans cette thèse, nous nous sommes appuyés justement sur l'étude de la coarticulation extrasyllabique anticipatoire V-à-V, qui permet d'aborder le sujet de la

planification de la parole sur des unités plus grandes que la syllabe. Il a été proposé que les actions de parole visant la production de segments appartenant à la même syllabe présentent une cohésion particulière. Cependant, si une coarticulation anticipatoire V-à-V est planifiée, l'étendue et/ou la portée de l'influence coarticulatoire reflèterait la taille de l'unité sur laquelle les mouvements pour la production d'une cible sont anticipés, ici une unité englobant deux syllabes.

La notion de coarticulation de V-à-V comme un processus planifié et contrôlé comporte certaines implications et soulève certaines questions. En effet, bien que la portée précise de la coarticulation de V-à-V ne soit toujours pas claire, des preuves ont été apportées sur le fait que la coarticulation s'étende sur une longue série de segments et au-delà du niveau du mot, ce qui suggère que la coarticulation est contrôlée sur un vaste plan de parole. Cependant, l'étendue et le degré de coarticulation anticipatoire varient en fonction de facteurs dépendants du locuteur tels que l'identité des locuteurs ou l'âge, mais aussi en fonction de facteurs dépendants de la production, comme le débit de parole ou la prosodie.

Quelles sont les implications de ces variations de la coarticulation pour la planification de la parole ? Quelle est la taille d'une unité sur laquelle la coarticulation est spécifiée ? Comment la coarticulation est-elle régulée au sein d'une telle unité ? Un changement de la coarticulation correspond-il à un changement de la taille de ces unités de planification ?

Dans cette thèse, nous avons tenté d'aborder ces questions en étudiant les variations entre locuteurs sur des indices acoustiques de la coarticulation extrasyllabique V-à-V en français. En particulier, les variations entre locuteurs sont analysées en fonction de la population, notamment en fonction du trouble moteur de la parole (MSD) et de l'âge ; et en fonction du débit de parole et de la frontière prosodique chez cinq locuteurs.

Dans toutes les études, la linéarité de la relation entre la coarticulation et les caractéristiques liées à l'organisation temporelle de la parole telles que la longueur des voyelles, le décalage voyelle-voyelle, ou le débit de parole est également explorée. En

effet, un changement dans la dimension temporelle de la parole, qui peut aller de pair avec d'autres facteurs de variations, pourrait entraîner un changement dans le degré de chevauchement entre les segments, et donc un changement dans le degré de coarticulation.

Questions de recherche

Dans cette thèse, les variations de la coarticulation anticipatoire V-à-V en fonction de facteurs spécifiques à la population, tels que la pathologie et l'âge, et du locuteur en fonction des conditions de parole, telles que le tempo de la parole et le type de frontière, sont étudiées.

Les effets spécifiques à la population sur la coarticulation sont étudiés dans deux études. Dans la première étude (**étude 1**, chapitre 5), la coarticulation anticipatoire V-à-V est examinée chez des locuteurs affectés par différents types de troubles moteurs de la parole (TMP), à savoir l'apraxie de la parole et la dysarthrie associées à la sclérose latérale amyotrophique, la maladie de Wilson et la maladie de Parkinson, ainsi que chez des témoins neurotypiques, et elle est comparée à la coarticulation perseveratrice C-à-V. Dans la deuxième étude (**étude 2**, chapitre 6), la relation entre le degré de coarticulation anticipatoire V-à-V et le débit articulaire est étudiée dans une population âgée de 20 à 93 ans.

Dans deux autres études, les réponses individuelles de cinq locuteurs à différentes conditions de parole sont étudiées. Dans la troisième étude (**étude 3**, chapitre 7), les variations entre locuteurs de la coarticulation V-à-V sont examinées sur trois tempos différents, un tempo confortable, lent et rapide. Dans la quatrième étude (**étude 4**, chapitre 8), les variations inter et intra locuteur de la coarticulation V-à-V sont examinées à travers trois types de frontières différentes, la frontière de la syllabe dans un mot, la frontière du mot et la frontière de la clause, sur 45 répétitions.

Dans son ensemble, cette thèse vise à répondre à deux questions principales.

La première question principale de cette thèse est la suivante :

- Dans quelle mesure la coarticulation V-à-V covarie-t-elle avec le débit articulaire?

Si la coarticulation est considérée comme le chevauchement entre des unités définies spatio-temporellement, la coarticulation et le débit articulaire devraient être les deux faces d'une même pièce. En effet, un changement dans la coarticulation peut être considéré comme un changement dans le déroulement temporel des unités de parole et comme un changement conséquent du débit. Dans la littérature, cette question a été principalement abordée par des études qui ont suscité soit une augmentation du débit, soit une diminution du débit, dans le cadre du protocole. Ces études, en particulier celles qui ont analysé la coarticulation V-à-V, ne montrent pas une corrélation directe entre la coarticulation V-à-V et le débit de la parole, surtout à un débit lent. De plus, une certaine variation entre les locuteurs émerge.

Cette question est abordée ici de deux manières. D'une part, la relation entre la coarticulation et le débit est étudiée dans la parole de locuteurs qui présentent naturellement des différences dans leur débit, c'est-à-dire des locuteurs affectés par des troubles moteurs de la parole comparés à des locuteurs neurotypiques, et des locuteurs neurotypiques d'âge variable, afin d'étudier si le débit et la coarticulation sont liés dans un cadre "non-artificiel". En termes simples, cela permettra de répondre à la question suivante : les locuteurs qui parlent naturellement plus lentement coarticulent-ils moins que les locuteurs qui parlent naturellement plus vite (et vice-versa) ?

D'autre part, la relation entre la coarticulation et le débit est étudiée dans les réponses individuelles d'un petit groupe de locuteurs à une manipulation du tempo de la parole, afin d'isoler l'effet du débit sur la coarticulation et d'explorer les variations entre locuteurs dans la façon dont les locuteurs "gèrent" leur coarticulation à un débit lent et rapide. De plus, une question soulevée par les études traitant de la relation entre le débit et la cinématique est de savoir si une augmentation et une diminution du débit

de la parole reposent sur le même mécanisme. Si les études précédentes sur les effets des changements de débit sur la coarticulation V-à-V ont montré certains effets dépendants du locuteur, en particulier ne rapportant aucun effet du débit sur la coarticulation pour certains locuteurs, elles ont principalement étudié les changements de débit dans une seule direction, soit vers le haut soit vers le bas. L'étude des effets d'un ralentissement de la vitesse et d'une accélération de la vitesse pour un même locuteur permettra de répondre à cette question.

La deuxième question de recherche principale de cette thèse est la suivante :

- Quelles sont les unités de discours sur lesquelles les mouvements d'une chaîne de cibles de discours sont planifiés ?

Dans une perspective de coproduction, la coarticulation peut être planifiée/contrôlée ou peut être le résultat d'un chevauchement aléatoire incontrôlé entre les gestes de parole. Le degré de coarticulation et la stabilité de la coarticulation pourraient être un indice de cohésion au sein de l'unité, indiquant ainsi si une coarticulation particulière reflète la coordination entre des éléments appartenant à la même unité. En d'autres termes, l'étendue, la portée et la stabilité de l'influence coarticulatoire reflèteraient la taille de l'unité sur laquelle les mouvements pour une chaîne de cibles vocales sont anticipés.

La coarticulation est étudiée entre deux mots et deux clauses plutôt qu'entre deux syllabes à l'intérieur d'un mot afin d'étudier quelles sont les unités sur lesquelles la coarticulation est planifiée en français. Les études qui ont étudié la coarticulation à travers les frontières prosodiques ont généralement comparé la coarticulation entre mots à la coarticulation à travers des frontières de force croissante. Par conséquent, la question de savoir si la coarticulation V-à-V à l'intérieur d'un mot diffère de la coarticulation V-à-V entre deux mots reste ouverte. De plus, des variations interlocuteurs de la coarticulation à travers les frontières prosodiques ont déjà été constatées. Nous cherchons en particulier à savoir si la coarticulation à l'intérieur d'un

mot diffère de la coarticulation entre deux mots, afin de tester le statut du mot en tant qu'unité sur laquelle la coarticulation est planifiée ; et si les variations de la coarticulation entre locuteurs sont liées aux spécificités du phrasé prosodique, afin d'étudier comment les unités où la coarticulation est planifiée interagissent avec les unités prosodiques, c'est-à-dire les unités où d'autres détails phonétiques et le rythme de l'énoncé sont organisés.

De plus, les unités de planification dans la parole pourraient varier en fonction du locuteur ou de la pathologie. En effet, une réduction de la coarticulation en AoS a été attribuée à une déficience de la planification de la parole. La coarticulation extrasyllabique V-à-V est comparée à la coarticulation intrasyllabique CV chez les locuteurs pathologiques afin de déterminer si les locuteurs AoS planifient sur des unités plus petites que les locuteurs neurotypiques.

Méthode générale

La coarticulation V2-à-V1 a été analysée comme l'influence de V2 /i/ sur V1 /a/ dans les séquences /papi/ ([a]i) tandis que V1 /a/ dans les séquences /papa/ ([a]a) a été utilisé comme contexte de contrôle.

La coarticulation C-à-V a été analysée dans l'étude 1 comme l'influence de C /ʃ/ sur V2 /a/ dans le mot monosyllabique /ʃa/, chat, tandis que V2 /a/ dans /papa/ a été utilisé comme contexte de contrôle.

Les séquences cibles étaient intégrées dans des phrases qui étaient lues par les locuteurs dans une tâche de lecture. Le corpus variait selon l'étude.

Etude 1. Les éléments cibles étaient les mots français papi "grand-père", papa "papa", et, chat "chat" intégrés dans des phrases formant une courte histoire. Il y avait 6 occurrences de chaque élément cible dans le texte.

Étude 2. L'élément cible était les mots français intégrés dans des phrases formant une histoire courte (identique à l'étude MSD). Il y avait 6 occurrences de chaque élément cible dans le texte.

Étude 3. Les éléments cibles étaient les mots français *papi* et *papa*, intégrés dans deux phrases différentes. Le participant a lu les phrases à un rythme confortable, à un rythme lent et à un rythme rapide. Chaque phrase a été répétée 20 fois dans chaque condition, pour un total de 20 occurrences de chaque élément.

Étude 4. Les items cibles étaient les séquences bisyllabiques /*papi*/ et /*papa*/, enchâssées dans des phrases significatives. La frontière entre les deux syllabes a été manipulée, de la frontière de la syllabe à l'intérieur d'un mot (condition de l'intérieur du mot) à la frontière du mot (condition de la frontière du mot) en passant par la frontière de la clause (condition de la frontière de la clause). Pour chaque condition, il y avait 45 occurrences des éléments cibles. Dans la condition du mot intérieur, les séquences cibles étaient les mots *papa* et *papi*. Dans la condition de frontière de mot, les séquences cibles étaient *pa#pi*, dans la phrase *papa pilote...* "*papa pilote...*", et *pa#pa*, dans la phrase *papa passe...* "*papa passe...*". Dans la condition de frontière de proposition relative, les séquences cibles étaient *pa##pi*, dans la phrase *papa, pilote à...* "*papa, pilote à...*", et *pa##pa*, dans la phrase *papa, passant par...* "*papa, passant par...*". Les mots et phrases cibles étaient intégrés dans des phrases plus longues.

Puisque l'influence de /*i*/ sur /*a*/ se traduit par une baisse de F1 et une hausse de F2, [*a*]i tend à être moins compact que [*a*]a. Pour capturer cet effet multidimensionnel, une mesure composite de la compacité F2-F1 est prise sur V1 [*a*]a et [*a*]i et sur V2 /*i*/, et utilisée pour calculer deux mesures différentes de la coarticulation, un indice de différence contextuelle (comparaison entre la compacité de [*a*]a et la compacité de [*a*]i, et un indice d'assimilation acoustique (différence entre la compacité de [*a*]i et la compacité de /*i*/ sur la compacité de /*i*/).

La coarticulation C-à-V est mesurée comme la différence contextuelle entre $J[a]$ et $p[a]$, mesurée sur la compacité F2-F1.

Mesures de l'organisation temporelle :

Dans les études MSD, âge et tempo, la relation entre la coarticulation et l'organisation temporelle de la parole est étudiée. Pour ce faire, différentes mesures du débit articulatoire sont prises en fonction de l'étude.

Etude 1 : Coarticulation anticipatoire V-à-V et coarticulation persévératrice C-à-V dans différents troubles moteurs de la parole.

Objectifs de l'étude

Dans cette étude, la coarticulation V-à-V extrasyllabique et la coarticulation C-à-V sont comparées dans la production de quatre groupes de locuteurs atteints d'Apraxie de la parole (AoS) et par trois différents types de dysarthrie associés à la maladie de Parkinson, la sclérose latérale amyotrophique (ALS) et la maladie de Wilson, par rapport à la production d'un groupe de témoins neurotypiques. De plus, nous cherchons à savoir si les différences de degré de coarticulation entre les locuteurs MSD et les locuteurs témoins peuvent être expliquées par des différences de durées segmentales.

Le premier objectif de cette étude est d'examiner si les locuteurs AoS et les locuteurs dysarthriques présentent des schémas différents de coarticulation anticipatoire V-à-V et persévératrice C-à-V. L'intérêt de comparer ces deux types de coarticulation est double. En effet, il a été avancé que la coarticulation anticipatoire et la coarticulation persévératrice peuvent reposer sur deux mécanismes différents : si la coarticulation anticipatoire est considérée comme planifiée, la coarticulation persévératrice n'est pas toujours considérée comme résultant de la planification. De plus, la coarticulation extrasyllabique V-à-V et la coarticulation intrasyllabique C-à-V diffèrent dans le contexte mot vs syllabe.

Des prédictions différentes peuvent être faites concernant les schémas coarticulaires des locuteurs AoS et dysarthriques. Chez les AoS, nous pourrions nous attendre à ce que la coarticulation extrasyllabique anticipatoire de V-à-V soit altérée, tandis que la coarticulation intrasyllabique perseveratrice C-à-V pourrait être préservée. Une déficience de la coarticulation V-à-V chez les locuteurs AoS, qui a été rapportée dans la littérature, peut être considérée comme résultant d'une déficience de la planification motrice et peut expliquer une autre caractéristique de la parole AoS, à savoir la ségrégation des syllabes. Puisque la coarticulation intrasyllabique perseveratrice pourrait se présenter différemment du V-à-V anticipatoire, si la coordination entre les éléments de la parole n'est pas affectée au niveau de la syllabe pour les locuteurs AoS, elle pourrait ne pas être affectée.

Puisque la déficience des locuteurs dysarthriques ne se situe pas au niveau de la planification motrice, mais au niveau de l'exécution, nous pourrions nous attendre à ce qu'un certain degré de coarticulation V-à-V soit préservé chez ces locuteurs, tandis que la coarticulation C-à-V pourrait être plus affectée.

Ces prédictions sont en accord avec des études précédentes montrant une réduction de la coarticulation anticipatoire V-à-V pour les locuteurs AoS mais une coarticulation V-à-V non altérée pour les locuteurs dysarthriques

Cependant, l'AoS et la dysarthrie, bien que différentes en termes de pathomécanisme, sont toutes les deux caractérisées par un déficit de l'organisation temporelle de la parole. Des mouvements plus lents et des durées segmentales plus longues sont présents dans l'AoS, ainsi que dans la dysarthrie flasque et spastique, tandis que la ségrégation des syllabes, avec des intervalles intersyllabiques silencieux plus longs, est rapportée pour les locuteurs AoS. Pour cette raison, le second objectif de cette étude est d'examiner si les différences dans les modèles de coarticulation entre les contrôles sains et les patients atteints de MSD peuvent être expliquées par des différences dans les caractéristiques temporelles de la parole. À cette fin, des mesures des durées

segmentales ont été prises sur les éléments cibles pour la coarticulation V-à-V et C-à-V afin de rechercher des différences entre les groupes.

De plus, afin de vérifier si la déficience de la coarticulation V-à-V chez les locuteurs atteints de MSD peut être liée à l'organisation temporelle de leur discours, indépendamment de la pathologie sous-jacente, la relation entre le degré de coarticulation V-à-V, la durée des voyelles, le degré de coarticulation V-à-V et les distances entre voyelles (V-à-V lag) est examinée dans le groupe MSD, toutes pathologies confondues, et dans le groupe témoin.

Sujets

Les productions de quarante locuteurs atteints de troubles moteurs de la parole âgés de 24 à 93 ans (17 F, 23 M) et de quarante locuteurs neurotypiques âgés de 25 à 83 ans (16 F, 24 M) ont été sélectionnées pour cette étude. Les quarante locuteurs atteints de TMS ont été répartis de manière égale en quatre groupes selon la pathologie : Apraxie de la parole post-AVC (AoS), dysarthrie spastique-flasque associée à la Sclérose Latérale Amyotrophique (D-ALS), dysarthrie hypo- et hyperkinétique associée à la maladie de Wilson (D-WI) et dysarthrie hypokinétique associée à la maladie de Parkinson (D-Park). Chaque groupe est constitué de 10 locuteurs. Tous les patients présentaient un niveau de sévérité allant de léger à modéré, à l'exception d'un patient AoS qui pouvait être classé comme sévère.

Résultats

Le principal résultat de cette étude est une réduction de la coarticulation V-à-V dans tous les groupes TMS par rapport aux contrôles sains. En effet, l'analyse de la compacité V1 /a/ montre une coarticulation, mesurée comme différence contextuelle, pour tous les groupes de locuteurs ; mais cette différence est réduite pour les quatre groupes de MSD par rapport aux contrôles. L'assimilation acoustique de [a]i à /i/ dans papi est significativement réduite pour les groupes AoS, ALS et maladie de Wilson par rapport au groupe témoin. La réduction de l'assimilation acoustique chez les locuteurs

de la maladie de Parkinson n'est pas significative ; cependant, ceci pourrait être vu comme le résultat d'une hypoarticulation des voyelles, et ne doit pas être interprété comme le fait que ces locuteurs présentent un degré de coarticulation comparable aux locuteurs témoins. En effet, l'indice d'assimilation capture la distance entre V1 /a/ et V2 /i/ dans le même item : une réduction de l'espace vocalique par ces locuteurs pourrait conduire à un degré plus élevé d'assimilation acoustique. En considérant que les locuteurs de la maladie de Parkinson présentent une réduction de la différence contextuelle entre V1 /a/ dans les deux contextes, on considère que ce groupe réduit la coarticulation comme les autres groupes de MSD.

Un deuxième résultat de cette étude est que, dans le groupe MSD, le degré d'assimilation acoustique est négativement corrélé à la longueur de la voyelle, avec une diminution du degré d'assimilation lors de l'augmentation de la durée de la voyelle. Une analyse descriptive des durées de V1 montre qu'une augmentation de la durée de la voyelle est particulièrement prononcée chez les locuteurs de la maladie de Wilson, suivie par les AoS et les ALS. Chez les locuteurs de la maladie de Parkinson, la durée des voyelles est comparable à celle des locuteurs témoins. Une diminution de l'assimilation acoustique lors de l'augmentation de la longueur de la voyelle est également constatée chez les témoins sains, mais l'effet est marginal. En revanche, aucun groupe ne présente de relation entre le degré d'assimilation acoustique et la distance entre les deux voyelles, mesurée par le V-à-V lag.

Enfin, la coarticulation perseveratrice C-à-V ne présente aucune altération dans les groupes MSD. En effet, l'analyse sur la compacité V2 /a/ montre une coarticulation, mesurée par la différence contextuelle similaire pour tous les groupes. Puisque les locuteurs AoS, les locuteurs ALS et les locuteurs de la maladie de Wilson présentent des voyelles plus longues, mais aucune réduction de la coarticulation, nous supposons que la longueur de la voyelle n'affecte pas la coarticulation locale perseveratrice.

Étude 2 : Changements dans la coarticulation V-à-V à l'âge adulte

Objectifs de l'étude

Dans cette étude, la coarticulation anticipatoire V-à-V et sa relation avec le débit de parole sont examinés chez 246 adultes âgés de 20 à 93 ans. En effet, les changements de la coarticulation avec l'âge sont attestés dans les études sur le développement de l'enfant, où les schémas de coarticulation des enfants sont comparés aux schémas de coarticulation des jeunes adultes, considérés comme la référence pour la coarticulation "adulte". Cependant, des changements dans la parole à l'âge adulte sont attestés dans la littérature. En particulier, un ralentissement du débit de parole et des durées segmentales plus longues. Cela a été principalement démontré pour des groupes de locuteurs plus âgés par rapport à des groupes de locuteurs plus jeunes.

Les principaux objectifs de cette étude sont d'examiner si la coarticulation continue de changer au cours de la vie et si une variation du degré de coarticulation pourrait découler de la diminution attestée du débit de parole avec l'âge.

Un autre objectif de cette étude est d'examiner si un changement dans le débit et la coarticulation V-à-V avec l'âge et la relation entre ces facteurs, est linéaire. En effet, la majorité des études sur les effets de l'âge sur la parole ont comparé des groupes d'âge de compositions différentes, ce qui rend plus difficile la comparaison des résultats de la littérature. Une question encore ouverte est de savoir s'il est possible d'identifier approximativement un âge critique pour les changements dans la parole. La relation entre la coarticulation V-à-V, le débit articulatoire et l'âge comme facteur continu est analysée par une régression non linéaire avec MARS (voir paragraphe 2.4.2 des méthodes générales), afin de tester les non-linéarités dans les changements de la coarticulation et du débit avec l'âge.

Sujets

Les productions de 246 locuteurs natifs français (123 femmes et 123 hommes) âgés de 20 à 93 ans ont été sélectionnées pour cette étude. Les participants ont été enregistrés dans trois villes de différents pays francophones : Paris, en France (42 femmes et 42

hommes), Genève, en Suisse (42 femmes et 42 hommes), et Mons, en Belgique (39 femmes et 39 hommes).

Résultats

Comme prévu, nous constatons que la parole ralentit avec l'âge. Les résultats montrent une diminution continue du débit de parole avec l'âge, avec une diminution plus forte pour les locuteurs après l'âge moyen.

La principale conclusion de cette étude est que la coarticulation varie également avec l'âge dans la parole adulte, et que cette variation n'est pas nécessairement liée à une variation du débit de parole. En effet, la quantité de coarticulation anticipatoire V-à-V, mesurée comme une assimilation acoustique, diminue continuellement avec l'âge. De plus, les résultats montrent que la diminution du degré d'assimilation acoustique n'est pas linéaire. Trois étapes peuvent être grossièrement identifiées : la coarticulation diminue progressivement avec l'âge pour les locuteurs entre 20 ans et l'âge moyen, puis chute brusquement avec l'âge pour les locuteurs de plus de 70 ans. Pour les locuteurs entre ces deux âges (50-60 ans), une grande diversité d'indices d'assimilation est trouvée, ce qui pourrait être dû aux modèles spécifiques des locuteurs et/ou des tokens.

Si la coarticulation et le débit de parole ont tendance à covarier, cette relation n'est pas la même à tous les âges. Jusqu'au milieu de la cinquantaine, les locuteurs présentent généralement des débits d'élocution plus élevés et il existe une forte covariation entre le débit et la coarticulation, les locuteurs plus rapides (par rapport à "seuil" observé à environ 12 ph/s.) coarticulant davantage que leurs pairs plus lents. Entre le milieu de la cinquantaine et 70 ans, le débit de parole diminue globalement et les locuteurs présentent un large éventail de profils de coarticulation, allant de degrés de coarticulation faibles à élevés. Pour ces locuteurs, la coarticulation covarie également avec le débit, mais le débit « seuil » à partir duquel la coarticulation se rapproche de celle des locuteurs plus jeunes est plus élevé (environ 14 ph/s). A des

débats inférieurs à ce seuil, les locuteurs d'âge moyen présentent toujours globalement moins de coarticulation que les locuteurs plus jeunes au même débit. Un changement plus important dans la relation entre le débit et la coarticulation est observable pour les locuteurs de plus de 70 ans. Ils présentent un degré de coarticulation globalement plus faible, des débits inférieurs à 14 ph/s. et aucune variation du degré de coarticulation en fonction du débit, sauf pour les quelques locuteurs les plus rapides.

Etude 3 : Variations individuelles de la coarticulation V-à-V en fonction des changements de tempo de la parole

Objectifs de cette étude

Dans cette étude, les variations individuelles des modèles de coarticulation V-à-V de cinq locuteurs sont étudiées dans trois conditions de tempo : un tempo confortable à un rythme propre, qui a servi de référence pour chaque locuteur, un tempo lent et un tempo rapide.

L'objectif principal de cette étude est d'approfondir la relation entre la coarticulation V-à-V et le débit de parole. Dans l'étude précédente sur l'âge (étude 2), cette question a été étudiée dans une population qui variait en termes de débit de parole. Dans nos résultats, nous avons trouvé une variation importante entre locuteurs dans la relation entre le degré de coarticulation et le débit. Dans cette étude, nous cherchons à isoler l'effet du débit sur la coarticulation en provoquant une diminution et une augmentation du tempo de la parole dans la production de locuteurs de la même tranche d'âge.

Les variations de la coarticulation entre locuteurs sont explicitement étudiées. Effectivement, l'effet dépendant du locuteur des changements de rythme instruits a été rapporté dans la littérature traitant des effets des manipulations de rythme sur la coarticulation V-à-V et sur la cinématique. Dans cette étude, les modèles de changements dans la coarticulation dans les différentes conditions de tempo sont comparés entre les locuteurs.

Les conditions lente et rapide étaient rythmées par une barre mobile sur l'écran. Le rythme a été fixé à 1,4 syll/sec pour la parole lente et à 6 syll/sec pour la parole rapide, afin de créer des conditions qui puissent être comparées entre les locuteurs.

Sujets

Cinq locutrices âgées d'une vingtaine d'années (22 < 28) ont participé à l'expérience. Toutes les locutrices vivaient dans la région Ile de France au moment des enregistrements, mais elles étaient originaires de régions différentes : Speaker1 et Speaker3 d'Ile de France, Speaker2 et Speaker5 d'Alsace, Speaker4 d'Auvergne-Rhône-Alpes. Cependant, aucun locuteur n'a présenté d'accent régional.

Résultats

Les deux analyses sur la coarticulation diffèrent dans les résultats individuels sur la condition lente. En effet, l'analyse sur la compacité F2-F1 révèle une réduction de la coarticulation en condition lente pour trois locuteurs, Speaker4 et Speaker5 ne présentant pas de réduction de la différence contextuelle. D'autre part, une réduction de l'indice d'assimilation acoustique au tempo lent est trouvée pour quatre locuteurs, seul le Speaker5 présentant le même degré d'assimilation acoustique dans la ligne de base et au tempo lent. L'observation des données montre que pour le Speaker4, les résultats sur l'assimilation acoustique reflètent la production d'une voyelle /a/ plus ouverte, qui reste plus distincte du /i/. Cependant, ce locuteur présente toujours une différence contextuelle claire entre les deux voyelles cibles [a]i et [a]a dans cette condition sur F2, comme le révèlent les observations des formants.

En parole rapide, deux locuteurs sur quatre augmentent le débit et présentent un plus grand degré de coarticulation. En effet, seuls les locuteurs 4 et 5 présentent une augmentation de la différence contextuelle entre la compacité de [a]i et [a]a et un indice d'assimilation acoustique plus élevé dans la condition rapide. Les locuteurs 1 et 2, bien qu'augmentant le débit dans la condition de tempo rapide, présentent le même degré

de coarticulation que le débit confortable. Le locuteur 3 n'augmente pas son débit dans cette condition, ne réussissant pas à accomplir la tâche.

Etude 4 : Variations individuelles de la coarticulation en fonction du type de frontière

Objectifs de cette étude

Dans cette étude, les variations inter et intra locuteur de la coarticulation V-à-V sont étudiées en fonction de trois types de frontières différentes. L'influence de V2 sur V1 est examinée à travers la frontière de la syllabe dans un mot, à travers la frontière du mot et à travers la frontière de la proposition relative dans 45 répétitions par locuteur et par condition.

Le premier objectif de cette étude est d'étudier la nature des unités sur lesquelles les mouvements pour la réalisation d'une cible vocale peuvent être planifiés, c'est-à-dire le domaine de planification de la coarticulation. À cette fin, le degré de coarticulation et la variabilité de la coarticulation au sein d'un mot, à travers une frontière de mot et à travers une frontière de proposition relative sont comparés. Un degré plus élevé de variabilité de la coarticulation et un degré plus faible de coarticulation entre deux syllabes appartenant à des mots ou des propositions relatives différentes pourraient indiquer que les deux syllabes ne sont pas planifiées ensemble. En effet, si deux gestes ne sont pas coordonnés entre eux, on peut s'attendre à une plus grande variabilité dans le degré de chevauchement des deux gestes et à une coarticulation d'autant plus faible que les gestes sont éloignés l'un de l'autre.

Nous partons de l'hypothèse que la coarticulation est planifiée à l'intérieur d'un mot, et que la coarticulation n'est pas planifiée entre deux propositions relatives séparées par une pause. Par conséquent, nous nous attendons à moins de coarticulation et à plus de variabilité entre les frontières des propositions relatives. Cependant, la coarticulation est-elle planifiée entre deux mots ? Un mot a-t-il un "statut spécial" en tant que domaine sur lequel la coarticulation est planifiée ?

Le deuxième objectif de cette étude est d'examiner si les variations inter et intraspécifiques du degré de coarticulation dépendent des spécificités de la prosodie. En effet, le chevauchement entre les gestes est supposé diminuer lors de l'augmentation de la frontière prosodique (voir paragraphe 1.4.1 de l'introduction). Des études précédentes ont montré des effets dépendants du locuteur dans la coarticulation à travers les types de frontières. Nous testons la possibilité que les variations individuelles de la coarticulation en fonction des conditions de frontière soient expliquées par des différences entre locuteurs et entre token dans le phrasé prosodique. Deux analyses sont effectuées dans ce but. Les différences entre locuteurs dans la mise en œuvre prosodique des conditions de frontière de mot et de proposition relative sont mesurées sur trois paramètres acoustiques de la prosodie : la fréquence fondamentale, la durée des voyelles et la distance entre les deux voyelles (utilisée pour détecter une pause). Les variations intralocuteurs (intertoken) de la force de la frontière dans les conditions de frontière de mot et de proposition relative sont mesurées perceptivement comme le degré de séparation entre les deux mots jugés par six auditeurs.

Sujets

Les cinq mêmes participantes qui ont participé à l'étude tempo ont participé à cette étude.

Résultats

Le résultat principal de cette étude concerne les différences entre locuteurs dans les modèles de coarticulation dans la condition de frontière de mot. Si quatre locuteurs réduisent la coarticulation à la frontière du mot par rapport à celle à l'intérieur du mot, le locuteur5 présente le même degré de coarticulation dans les deux conditions. Pour trois des quatre locuteurs qui réduisent la coarticulation entre les mots, cette réduction se traduit à la fois par une réduction de la différence contextuelle entre [a]i et [a]a mesurée avec la compacité F2-F1 et par une diminution de l'indice d'assimilation

acoustique ; pour le locuteur³, la réduction de la coarticulation est mieux rendue par la différence contextuelle.

Ces différences entre locuteurs peuvent-elles être expliquées par les résultats sur F0 ? Tous les locuteurs ont augmenté F0 dans la condition de frontière de mot par rapport à l'intérieur du mot, produisant soit un accent H* soit un accent Hi associé à la deuxième syllabe de papa dans papa pilote. Cependant, le locuteur 5, qui ne présente aucune réduction de la coarticulation dans cette condition, augmente sa F0 dans une moindre mesure, par rapport aux modèles présentés par les autres locuteurs. Puisque les deux mesures de coarticulation utilisées dans cette analyse sont en partie basées sur F1, la hauteur de F0 pourrait avoir une influence indirecte sur la mesure de coarticulation. En effet, un F0 plus élevé aurait tendance à augmenter la valeur de F1, entraînant une distance moindre entre F2-F1, et donc une voyelle moins compacte. Cet effet de F0 sur F1 contrecarrerait l'influence de V2 /i/ sur V1 /a/. Pour tester cette hypothèse, une corrélation de Pearson est effectuée entre la F0 et l'indice de coarticulation, tous locuteurs et conditions confondus. Les deux facteurs étant faiblement corrélés ($r=-0.33$), il est raisonnable d'exclure que les changements du degré de coarticulation, tels que mesurés dans cette étude, dépendent de la hauteur de F0. Les différences prosodiques ne peuvent expliquer que partiellement les différences dans les schémas de coarticulation entre les locuteurs.

Un deuxième résultat concerne les résultats sur la condition de frontière de proposition relative. Si, comme prévu, tous les locuteurs montrent moins de coarticulation entre les propositions relatives qu'entre ou à l'intérieur des mots, un certain degré de coarticulation est trouvé pour quatre locuteurs. En effet, l'analyse de la compacité F2-F1 de [a]i et [a]a montre que le locuteur 2 est le seul locuteur qui ne présente pas de différence significative entre la voyelle /a/ dans les deux contextes. Les autres locuteurs coarticulent à des degrés différents.

La relation entre le degré d'assimilation acoustique et la force de la frontière prosodique dépend également du locuteur. En effet, seul le locuteur 1 montre une réduction de l'indice d'assimilation acoustique lors de l'augmentation de la force perçue de la frontière. Pour les autres locuteurs, soit il n'y a pas de relation entre ces deux facteurs, soit elle ne vaut que pour certaines répétitions.

Enfin, le dernier résultat de cette étude concerne la variabilité de la coarticulation. Contrairement aux attentes, on ne trouve pas plus de variabilité dans le degré d'assimilation acoustique de [a]i en /i/ mesuré par l'indice de variabilité de l'assimilation à travers les frontières du mot qu'à l'intérieur du mot. Deux locuteurs, Speaker1 et Speaker4, présentent un indice de variabilité d'assimilation plus élevé à travers la frontière de la proposition relative que dans les autres conditions.

Résumé des résultats principaux de la thèse

Dans quatre études, les variations du degré de coarticulation anticipée de V à V ont été étudiées en fonction de la population, dans différents troubles moteurs de la parole (SLA et dysarthrie associées à la SLA, la maladie de Wilson, la maladie de Parkinson) et chez des adultes âgés de 20 à 93 ans ; et en fonction de la condition chez cinq locuteurs : dans un tempo lent et rapide comparé au tempo habituel des locuteurs, et dans trois conditions de frontières différentes, frontière de syllabe dans un mot, frontière de mot et frontière de clause.

Dans l'ensemble, les variations du degré de coarticulation V-à-V dépendent de la population et du locuteur. La coarticulation V-à-V est réduite chez les locuteurs affectés à la fois par l'AoS et la dysarthrie, ce qui suggère qu'une déficience de la coarticulation V-à-V extrasyllabique peut être une caractéristique des troubles de la parole, indépendamment du type de pathologie.

Une réduction de la coarticulation V-à-V est également constatée avec l'âge chez les adultes neurotypiques et suit un modèle non linéaire : le degré de coarticulation diminue progressivement à partir de 20/30 ans jusqu'à environ 50 ans, avec une

diminution plus marquée après environ 70 ans. Les modèles de coarticulation sont plus variés chez les locuteurs d'âge moyen. Les résultats sur la relation entre la coarticulation et les durées segmentaires chez les TMS et entre la coarticulation et le taux d'articulation chez les adultes neurotypiques montrent que, s'il existe une tendance à la covariation de ces facteurs dans une certaine mesure, une relation directe ne peut être établie.

L'analyse des réponses individuelles aux manipulations du tempo montre des variations spécifiques au locuteur dans la coarticulation V-à-V en fonction du tempo de la parole. En effet, sur cinq locuteurs, trois à quatre locuteurs ont diminué la coarticulation en parlant plus lentement. En parlant plus vite, seuls deux locuteurs ont augmenté leur degré de coarticulation.

Des variations entre locuteurs apparaissent également dans l'analyse des modèles de coarticulation V-à-V en fonction du type de frontière. En effet, à la frontière du mot, quatre locuteurs sur cinq réduisent le degré de coarticulation par rapport à la coarticulation à l'intérieur du mot, tandis qu'un locuteur présente le même degré de coarticulation dans les deux conditions. À la frontière de la clause, quatre locuteurs sur cinq coarticulent dans des proportions différentes, tandis qu'un seul locuteur ne présente pas de coarticulation entre les clauses. On ne trouve pas plus de variabilité dans la condition de frontière de mot que dans la condition de frontière de mot, alors qu'on trouve plus de variabilité pour deux locuteurs dans la condition de frontière de clause par rapport aux deux autres conditions de frontière. La variation inter et intra locuteur du degré de coarticulation n'est pas entièrement imputable à la prosodie, du moins pour quatre locuteurs sur cinq.

Variations individuelles dans la coarticulation anticipatoire V-à-V : effet des Troubles Moteurs de la Parole, de l'âge, de changements de tempo et du type de frontière.

La coarticulation anticipatoire se réfère à l'anticipation des mouvements articulatoires pour la réalisation de cibles de parole à venir et peut être considérée comme un indice de planification. Dans quatre études, la coarticulation anticipatoire V-à-V est étudiée dans différents Troubles Moteurs de la Parole, i.e. Apraxie de la Parole et Dysarthrie associée à la SLA, la maladie de Wilson, et la maladie de Parkinson (et comparée à la coarticulation C-à-V), chez des adultes âgés de 20 à 93 ans, et dans un groupe restreint de locutrices dans différentes conditions de parole : tempo lent, rapide et normal, dans un mot, à travers une frontière de mot et de proposition relative. Les résultats montrent une réduction de la coarticulation V-à-V dans l'Apraxie de la Parole et la Dysarthrie, qui pourrait être expliquée par des déficits spécifiques à ces pathologies. Une réduction non-linéaire de la coarticulation avec l'âge semble liée à un ralentissement du débit jusqu'à 70 ans, alors qu'une relation directe n'est pas trouvée pour les locuteurs plus âgés. Les différences inter-individuelles de coarticulation en réponse aux changements de tempo suggèrent que la relation entre la coarticulation et le débit articulatoire est spécifique au locuteur. Des variations inter-individuelles de coarticulation sont trouvées aussi en fonction du type de frontière et ne sont que partiellement expliquées par le phrasé prosodique. Ces résultats sont discutés selon deux axes, l'un traitant de la taille des unités de planification motrice dans la parole, et l'autre discutant comment peuvent être modélisées les variations de coarticulation en fonction du locuteur et de la population.

Mot clés : coarticulation, AoS, Dysarthrie, âge, planification motrice, débit

Interspeaker variations in V-to-V coarticulation: effects of Motor Speech Disorders, age, speech tempo changes, and boundary type.

Anticipatory coarticulation refers to the anticipation of articulatory movements for the achievement of forthcoming speech goals and can be considered an index of planning in speech. In four investigations, anticipatory V-to-V coarticulation is investigated in different Motor Speech Disorders, i.e. AoS and Dysarthria associated with ALS, Wilson Disease, and Parkinson's Disease (and compared to C-to-V coarticulation), in adults spanning 20 to 93 years old, and in a small set of speakers in different conditions: at a slow, fast, and habitual speech tempo, and within a word, across word boundary, and across clause boundary. The results show a reduction of V-to-V coarticulation in AoS and Dysarthria, which could be accounted for by disorder-specific impairment. A non-linear reduction of coarticulation is found with age. If this reduction can be seen in relation to a slowing of speech in speakers aged 20 to 70, with age-specific patterns of covariation, a relationship between these two factors is not found after 70 y.o.a. Individual responses to changes in speech tempo suggest that the relationship between coarticulation and articulation rate is speaker-specific. Interspeaker variations in V-to-V coarticulation are found also depending on boundary type and are only partially explained by specificities in the prosodic phrasing. These results are discussed along two axes, one discussing the size of the planning units in speech, i.e. units over which the movements for the achievement of a string of speech targets are planned, and the other discussing how speaker-specific and population-specific variations in coarticulation can be modeled in a coproduction account of coarticulation.

Keywords: coarticulation, AoS, Dysarthria, age, motor planning, rate

Université Sorbonne Nouvelle, Ecole doctorale 622 – Sciences du Langage

Maison de la Recherche, 4 rue des Irlandais, 75005 Paris