

Débit et réduction vocalique : effets de la tâche de parole et du locuteur.

Angéline Bourbon, Daria D'Alessandro, Cécile Fougeron

Laboratoire de Phonétique et Phonologie, 19, rue des Bernardins, 75005 Paris, France
angelina.bourbon@sorbonne-nouvelle.fr, daria.dalessandro@sorbonne-nouvelle.fr, cecile.fougeron@sorbonne-nouvelle.fr

RESUME

Dans cette étude nous examinons, sur un groupe varié de 29 locuteurs, les différences de réponses entre locuteur à une demande explicite de modification du débit tout d'abord dans une tâche de répétition rapide, puis entre une tâche de lecture et une tâche de répétition confortable. Ces réponses sont évaluées en termes de débit articulatoire et de réduction vocalique (temporelle et/ou spectrale). Les résultats montrent différents profils de réponses dans la tâche de répétition rapide par rapport à la même tâche sans contrainte temporelle, et on voit que le débit peut être augmenté avec ou sans réduction spectrale. On montre également une forte variation dans les réponses des locuteurs à une tâche de répétition confortable par rapport à de la lecture, avec pour certains locuteurs des différences nettes d'organisation spectro-temporelle. Dans cette tâche assez artificielle de répétition, sans instruction précise, davantage de différences individuelles émergent.

ABSTRACT

Rate and vowel reduction : effects of speech task and speaker.

We investigated on a wide variety of speakers, speaker-dependent responses to an explicit demand of speech rate increase in a fast repetition task, and between a reading and a self-paced repetition task. Responses are tested in terms of articulation rate and temporal and/or spectral vowel reduction. Results show different patterns of response in the fast repetition task compared to the same task without a temporal constraint, and we observe that rate can be increased with or without spectral reduction. Inter-speakers variation in responses to a self-paced repetition task compared to reading is equally showed, with clear-cut differences in the spectro-temporal organization between the two tasks for some speakers. In the absence of precise instruction, more individual differences emerge in this quite artificial task.

MOTS-CLES : variations interlocuteurs ; phonétique acoustique ; débit articulatoire ; réduction vocalique ;

KEYWORDS: interspeaker variation ; acoustic phonetics ; articulation rate ; vowel reduction ;

1 Introduction

Le débit de la parole peut être vu comme un aspect variant de la parole, mais aussi comme un facteur de variation, puisqu'il influe sur la précision articulatoire, c'est-à-dire la façon de gérer ses mouvements articulatoires dans le temps et dans l'espace. Nous savons que le débit de la parole varie intrinsèquement entre les individus, les locuteurs adoptent un débit qui leur est propre (Tsao & Weismer, 2006) et celui-ci peut véhiculer des informations sur le locuteur, comme son âge ou son sexe (Jacewicz, 2010) ou sur la présence de certains troubles moteurs de la parole (Weismer, 1995). Nous savons aussi que le débit varie en fonction de la tâche de parole, le débit de parole étant, par exemple, moins rapide dans une tâche contrôlée comme celle de lecture qu'en parole spontanée (Crystal & House, 1988 ; Hirose & Kawanami, 2002). La littérature a montré qu'il peut exister différentes stratégies pour augmenter le débit de la parole et qu'elles peuvent varier en fonction des locuteurs et/ou des tâches ou style de parole (Klatt, 1975; Gay, 1978; Berry, 2011; Rosen, 2011). L'un des effets du débit le plus documenté est la réduction temporelle impliquant une réduction des mouvements, avec un possible *undershoot* des cibles articulatoires et acoustiques (Lindblom, 1963; Moon & Lindblom, 1989; Fourakis, 1991), mais il peut être aussi possible d'augmenter la vélocité des gestes articulatoires pour parvenir à atteindre les cibles articulatoires et/ou acoustiques dans un temps réduit (Kelso, 1987).

Cependant il n'est pas acquis que ces observations dans des tâches de parole ou de 'pseudo-parole' variées, employées dans les différentes études en phonétique tout comme en clinique, soient comparables car pour faire varier la parole des locuteurs en situation expérimentale divers moyens peuvent être utilisés : instructions explicites (ex. demander de parler plus vite/lentement/clairement), de contenu (ex. une phrase, une syllabe, des non-mots) et de complexité (ex. structure syllabique, nombre de répétitions). Dans le cas de la tâche de répétition maximale/rapide de parole, elle s'inspire généralement de la tâche clinique de diadococinésie, impliquant la répétition rapide de mouvements alternants (de la main par exemple). L'adaptation à la parole se fait en demandant au locuteur de répéter le plus rapidement possible une syllabe (ex. /pa/) ou une séquence de syllabes (ex. /pataka/) pendant un laps de temps défini. Outre l'instruction explicite d'augmenter son débit, on cherche à s'assurer que les gestes articulatoires ne soient pas réduits en demandant de préserver une parole intelligible ou une bonne précision articulatoire (par ex. Duffy, 2005). Du fait des nombreux débats existant quant à l'utilisation de ces tâches comme moyen d'évaluation de la 'parole', en raison de leur caractère peu naturel, on préfère les qualifier de tâches de 'performance maximale' (Ziegler, 2003 ; Maas, 2017). Les réponses à cette tâche dans les troubles moteurs de la parole sont variées: ralentissement, compensation sur d'autres dimensions, réduction de l'intelligibilité ou encore désorganisation du débit (Hustad, 2003; Yorkston, 2007; Blanchet & Snyder, 2010). On peut donc se demander si parler et 'performer' en réponse à une instruction est un acte similaire et/ou si tous les locuteurs mettent en place des stratégies similaires face à ce type de tâche expérimentale peu naturelle.

Ainsi, pour mieux comprendre ces variations, cette étude cherche à appréhender les différences dans la gestion spectro-temporelle de la parole en fonction des locuteurs, mais aussi en fonction des tâches. Pour ce faire, nous analysons les réponses d'un groupe varié de locuteurs sur trois tâches de paroles, à savoir la lecture de phrases et la répétition continue d'une phrase, avec ou sans instruction explicite d'augmentation du débit. On regardera comment les locuteurs adaptent

leur débit mais aussi leur ‘précision articulatoire’ en termes de réduction ou non des caractéristiques spectro-temporelles d’une cible vocalique définie.

2 Méthode

Notre objectif étant de capturer de la variabilité dans les réponses à différentes tâches de parole, nous avons sélectionné une population variée en termes de débit intrinsèque car elle inclue : des locuteurs d’âges très différents, des systèmes vocaliques différents puisqu’elle mélange des hommes et des femmes, pas de contrôle de la variété régionale et probablement une façon différente de réagir à un paradigme expérimental puisque certains locuteurs sont des étudiants aguerris à la parole de laboratoire et d’autres sont des retraités n’ayant jamais fréquenté l’université. Cette population se compose donc de **29 locuteurs francophones natifs**, 10 hommes et 19 femmes, âgés entre 23 et 90 ans (*moy.* = 58,4 (\pm 23,7)). Ils ont été enregistrés sur **trois tâches de parole** dans le cadre d’une collecte de données plus large. Une tâche de **Lecture** où les participants doivent lire 8 phrases différentes constituant une histoire et contenant toutes au moins une fois le mot ‘*Papa*’. Chaque phrase se répète 3 fois dans un ordre pseudo-aléatoire, soit 24 phrases au total. Deux tâches de répétition où les participants doivent répéter une phrase (*‘Papi et Papa papotaient constamment’*) de façon continue durant 15 secondes : tout d’abord, aussi vite que possible en restant le plus précis possible (**RepetMax**), puis à un débit confortable et naturel déterminé par le participant (**RepetConfo**).

Les réponses des locuteurs à la tâche sont évaluées sur la production de la voyelle /a/ dans la première syllabe du mot ‘*papa*’, en termes de variations pouvant être liées à une réduction de la cible vocalique : réduction de durée acoustique et/ou réduction spectrale. La durée totale de la voyelle est mesurée en ms à partir d’une segmentation manuelle (**durée V**) et le **F1** est estimé à partir de la moyenne des valeurs (en Hz) prises sur la portion centrale de la voyelle (au 40-50-60% de la durée totale). Il y a 13 occurrences de /a/ dans la tâche de Lecture et respectivement 4 à 10 et 4 à 13 occurrences dans les tâches RepetConfo et RepetMax, en fonction du nombre de phrases produites par chaque locuteur durant les 15 secondes de répétition demandées. Les productions des locuteurs dans les trois tâches sont aussi comparées en terme de **débit articulatoire**, calculé par le nombre de syllabes produites sur la durée de chaque phrase (pauses exclues). Deux analyses ont été effectuées : l’une comparant les productions des locuteurs entre les tâches RepetConfo et RepetMax pour tester les effets d’une instruction explicite d’augmentation du débit, et l’autre, entre les tâches de Lecture et de RepetConfo pour comparer la répétition (sans contrainte temporelle) à de la parole lue. Les effets de la TACHE (RepetConfo vs RepetMax, puis Lecture vs RepetConfo) et du LOCUTEUR et l’interaction entre TACHE et LOCUTEUR ont été testés avec une série de modèles linéaires mixtes, avec une pente aléatoire par ITEM, sur les variables DEBIT, DUREE V, F1 de /a/. L’effet de chaque facteur et des interactions a été testé en comparant le modèle incluant un certain facteur avec un modèle excluant ce même facteur en effectuant manuellement le Likelihood ratio test (fonction anova()). Des corrélations de pearson entre DEBIT, DUREE V, et F1, ont également été effectuées.

3 Résultats

Un résumé des effets principaux et des interactions est présenté en Table 1. Dans notre première analyse, sur les deux tâches de répétition, nous observons tout d'abord que le débit articulaire varie en fonction du LOCUTEUR, comme attendu, et aussi en fonction de la TACHE. Toutefois, l'interaction entre les deux facteurs montre que l'augmentation globale de débit dans la tâche RepetMax, illustrée sur la Figure 1, dépend du locuteur. Deuxièmement, nous testons la variabilité des indicateurs de réduction (temporelle et spectrale) de la voyelle /a/ en fonction de la tâche et du locuteur. Sur F1 il y a un effet du LOCUTEUR et une interaction significative entre LOCUTEUR et TACHE. Pour DUREE V, il y a un effet de la TACHE et du LOCUTEUR, ainsi qu'une interaction entre les deux facteurs. Globalement, en RepetMax il y a une tendance à une réduction des voyelles, avec des /a/ plus courts et avec des F1 réduits, mais ces modifications dépendent du locuteur. D'autre part, la réduction sur F1 et la réduction de durée sont modérément corrélées ($r = .5$) comme montré Figure 2. La réduction spectrale de F1 n'est donc qu'en partie liée à la réduction de la durée de la voyelle. De plus, on remarque une corrélation partielle ($r = -0.7$) entre la durée des /a/ et le débit articulaire global sur les phrases. Ceci suggère que les variations de débit ne se manifestent qu'en partie par des variations sur la durée du /a/.

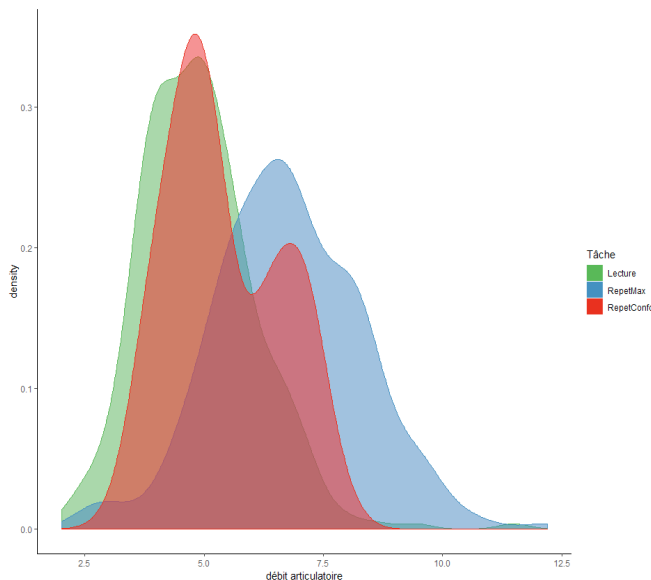


FIG.1 – Distribution du débit articulaire dans les trois tâches : RepetConfo (rouge), RepetMax (bleue), Lecture (vert).

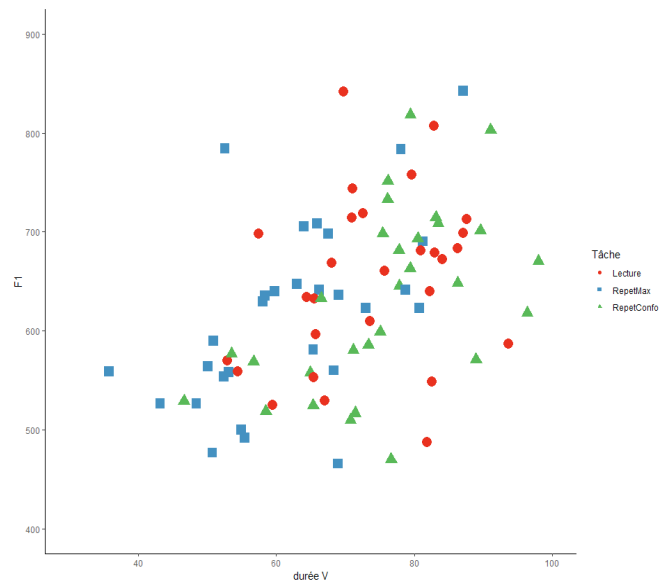


FIG.2 – Représentation par locuteur de la relation entre F1 (y) et durée (x) (moyens par loc.) dans les trois tâches : RepetConfo (ronds), RepetMax (carrés) et Lecture (triangles).

Pris dans leur ensemble, ces résultats montrent donc que les locuteurs réagissent différemment à la demande de modification de la vitesse de la parole (avec maintien de la précision) dans la tâche RepetMax. L'examen des profils des 29 locuteurs fait ressortir trois patterns majeurs, illustrés en Fig.3 avec des locuteurs types. Le premier en (1), 11 locuteurs, présente une

augmentation de débit en RepetMax provoquant une réduction des /a/ au niveau de leur durée, mais pas de réduction spectrale. Le second en (2), 9 locuteurs, présente une augmentation du débit entraînant une réduction temporelle des /a/ et une réduction spectrale. Le troisième en (3), 9 locuteurs, montre une augmentation du débit articulatoire en RepetMax, mais qui n'affecte pas la voyelle /a/, ni dans sa durée, ni sur F1.

TABLE 1: Résumé des effets statistiques. (**= $p < .0001$, *= $p < .01$)

Analyse I : RepetConfo vs RepetMax			
	F1	DUREE V	DEBIT
TACHE	ns	$\chi^2(1)=26.192$ **	$\chi^2(1)=34.019$ **
LOCUTEUR	$\chi^2(28)=684.25$ **	$\chi^2(28)=356.9$ **	$(\chi^2(28)=503.2$ **
TACHE: LOCUTEUR	$\chi^2(28)=78.21$ **	$(\chi^2(28)=148.9$ **	$(\chi^2(28)=141.72$ **
Analyse II : Lecture vs RepetConfo			
	F1	DUREE V	DEBIT
TACHE	$\chi^2(1)=17.86$ **	ns	$\chi^2(1)=6.7$ *
LOCUTEUR	$\chi^2(28)=785.99$ **	$\chi^2(28)=459.02$ **	$\chi^2(28)=730.85$ *
TACHE: LOCUTEUR	$\chi^2(28)=107.22$ **	$\chi^2(28)=99.105$ **	$\chi^2(25)=279.39$ *

Dans la deuxième analyse, nous comparons la tâche de répétition à débit confortable (RepetConfo) à la tâche de lecture. La tâche de lecture pouvant être considérée plus proche de la parole naturelle, elle est considérée comme une sorte de *baseline*. Pour F1, les résultats montrent un effet de la TACHE, avec des voyelles globalement réduites dans RepetConfo, mais l'interaction avec LOCUTEUR nous montre que cette réduction ne se réalise pas pour tous les locuteurs. Alors que plusieurs locuteurs présentent des F1 plus bas en RepetConfo qu'en Lecture, d'autres ne montrent pas de différence entre les tâches et certains ont un F1 plus haut. Quant à la durée des voyelles, on voit qu'elle dépend du LOCUTEUR, en interaction avec la TACHE. Selon le locuteur, la durée de la voyelle en RepetConfo se présente comparable, plus courte ou plus longue qu'en lecture. Une corrélation modérée ($r = .4$) entre réduction spectrale et temporelle nous montre que la durée des voyelles n'explique que partiellement la baisse de leur F1. Enfin, on observe une variation de débit entre les deux tâches, avec une tendance à une augmentation du débit dans RepetConfo qui dépend du locuteur.

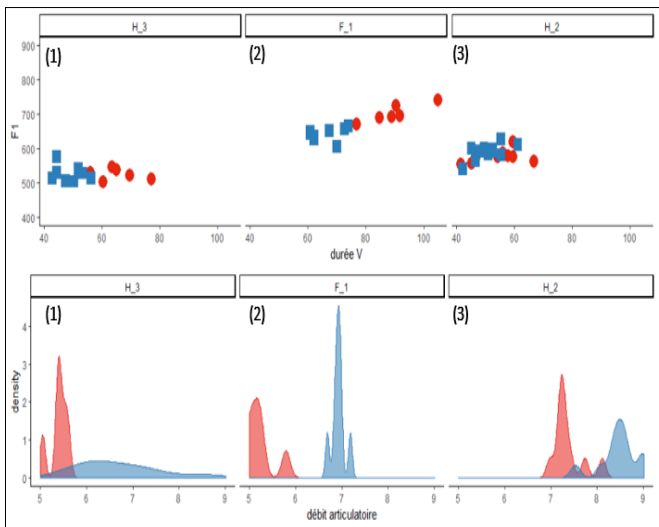


FIG.3 – Illustration sur trois locuteurs types (H_3, F_1 et H_2) des profils de modifications entre RepetConfo (rouge) et RepetMax (bleu). La relation entre F1 et durée de la voyelle /a/ est présentée en haut, et la distribution du débit selon les phrases en bas.

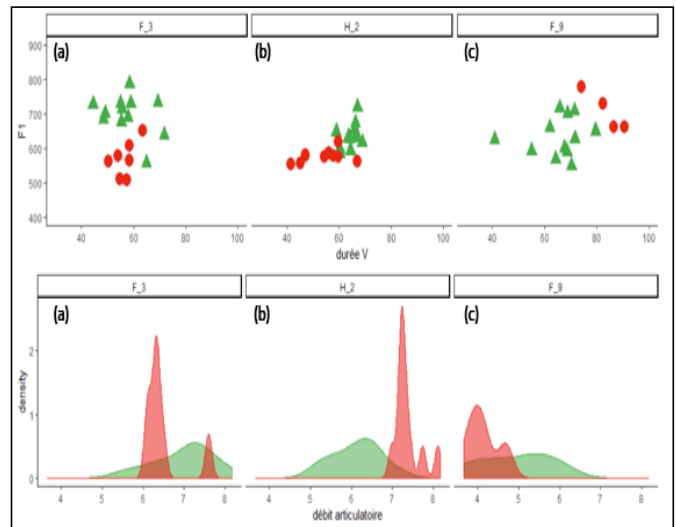


FIG.4 – Illustration sur trois locuteurs types (H_3, H_2 et F_9) des profils de modifications entre les tâches RepetConfo (rouge) et Lecture (vert). La relation entre F1 et durée de la voyelle /a/ est présentée en haut, et la distribution du débit selon les phrases en bas.

La variabilité observée dans les différences de débits adoptés, de durée et de F1 des /a/ entre RepetConfo et Lecture, rend plus difficile l'identification de patterns communs à plusieurs locuteurs. Toutefois, si on considère globalement les résultats sur ces trois variables, on peut dégager trois tendances, illustrées par des exemples individuels en Figure 4 : une tendance à une réduction spectrale de la voyelle, sans changement de durée ou débit en RepetConfo ((a) pour 9 locuteurs) ; une tendance à la réduction spectrale accompagnée d'une réduction temporelle et une augmentation de débit en RepetConfo ((b) pour 5 locuteurs) ; enfin, la tendance majoritaire, une cible vocalique inchangée ou une tendance à l'hyperarticulation avec des voyelles plus ouvertes (F1 plus haut) et plus longues, et un débit inchangé ou plus lent ((c) pour 15 locuteurs).

Discussion et conclusion

Dans cette étude, selon la tâche et le locuteur nous avons observé des changements de débit et de caractéristiques temporelles et spectrales des voyelles. Globalement, les résultats nous montrent que les locuteurs peuvent adopter des stratégies différentes pour répondre aux instructions d'une tâche.

Les résultats montrent que la relation entre réduction temporelle et spectrale pour augmenter le débit de parole dans la tâche de répétition rapide est très dépendante du locuteur comme montré par d'autres (Kuehn & Moll, 1976; Gay 1978; Van Son, 1992). Dans nos données, 9 locuteurs sur 29 suivent un pattern répondant à la description de l'*undershoot* de Lindblom (1963) où l'accélération du débit de parole se traduit par un raccourcissement de la voyelle s'accompagnant d'une réduction de F1. Avec un F1 plus bas, les /a/ sont moins ouverts et donc plus réduits. En

revanche, pour 11 locuteurs sur 29, le raccourcissement de la voyelle ne s'accompagne pas d'une réduction spectrale de la voyelle : les voyelles sont courtes mais leur cible acoustique, avec un F1 haut, est atteinte avec précision. Des analyses plus poussées nous permettront de voir en quoi ces deux profils de locuteurs diffèrent sur d'autres aspects de leur parole. Toutefois, il sera difficile de démontrer si ces deux groupes diffèrent dans leur gestion du compromis entre dimension temporelle et spatiale (ici spectrale) des cibles de parole, ou s'ils ne prennent pas en compte de la même façon l'instruction de la tâche, à savoir : augmenter leur débit tout en préservant la précision de leur articulation. Le troisième pattern observé est très intéressant car il ne correspond pas aux attentes : c'est celui des locuteurs qui augmentent leur débit dans la tâche de répétition rapide, mais qui ne modifient ni la durée, ni le F1 du /a/. Pour ce groupe de 9 locuteurs, il s'agira alors de voir comment l'augmentation de débit est portée par des réductions temporelles (voire spectrales) sur d'autres sons dans la phrase (voyelles et/ou consonnes).

Un second résultat important de cette étude est la différence entre une tâche de répétition à un débit confortable et une tâche de lecture. Le comportement différent dans ces deux tâches va dans le sens des discussions autour du caractère 'naturel' de la parole (Ziegler, 2013 ; Maas 2017). Bien qu'il s'agisse d'une phrase porteuse de sens, le comportement adopté dans la tâche de répétition indique probablement déjà un changement : le type de parole sollicité par le locuteur est moins 'naturel' que lors de la tâche de lecture. Un autre aspect à retenir est le contenu de la phrase à répéter qui comporte une succession de mouvements alternants /pV/. Il est possible que pour optimiser la répétition de ces séquences, même sans instruction de rapidité, les locuteurs bloquent leur mâchoire en position haute pour faciliter les occlusions bilabiales successives. Au contraire, dans la tâche de lecture, les phrases ont un contenu segmental plus varié et une modulation prosodique plus riche, nécessitant des mouvements articulatoires moins contraints. C'est donc une stratégie de 'performance' pour optimiser la répétition qui pourrait expliquer pourquoi dans la tâche RepetConfo, sans changement de durée, 9 locuteurs ont des /a/ spectralement réduits (profil (a)). L'augmentation du débit dans le profil (b) serait alors la conséquence indirecte de cette stratégie : les mouvements articulatoires /pV/ étant plus réduits, les locuteurs parlent plus vite.

Ces patterns pourraient aussi s'expliquer par l'ordre dans lequel les tâches de répétitions sont effectuées : les locuteurs répètent la phrase à débit confortable après la tâche de répétition maximale. Ils pourraient donc avoir reporté leur stratégie de performance mise en place dans RepetMax (augmentation du débit et/ou réduction des cibles) à la tâche de répétition sans contrainte temporelle, comme un *aftereffect*. De la même façon, l'hyperarticulation observée dans le profil (c) pourrait être un *aftereffect* de la consigne visant à un maintien de la précision articulatoire de la tâche RepetMax. En outre, nous pensons que la plus grande difficulté à trouver des patterns communs à plusieurs locuteurs dans la répétition confortable est aussi liée à l'absence de contrainte imposée par la consigne : sans instructions précises de débit et de précision, dans une tâche assez artificielle, les locuteurs adoptent des types de production plus variées que celles qu'ils ont pour la production d'une tâche de répétition avec instruction de débit et précision. Augmenter le nombre de locuteur pourrait apporter une définition plus claire des patterns. Enfin, ces différences dans les résultats montrent l'intérêt de continuer à étudier des tâches sur un continuum de production de la parole plus ou moins *speech-like*, en nuancant l'effet de la tâche par son contenu (phrases, mots, etc) et/ou par sa modalité (narration, répétition, vitesse).

Remerciements

Cette étude a été financée par le projet MoSpeeDi - CRSII5_173711/1 du Fond National Suisse de la Recherche Scientifique, par le programme "Investissements d'Avenir" ANR-10-LABX-0083 (Labex EFL) et par le projet Speech N' Co (ID-RCB: 2019-A02553-54).

Références

BERRY, J. (2011). Speaking rate effects on normal aspects of articulation: Outcomes and issues. *Perspectives on Speech Science and Orofacial Disorders*, 21(1), 15-26. DOI : [10.1044/ssod21.1.15](https://doi.org/10.1044/ssod21.1.15)

BLANCHET, P. G., & SNYDER, G. J. (2010). Speech rate treatments for individuals with dysarthria: A tutorial. *Perceptual and motor skills*, 110(3), 965-982. DOI : [10.2466/pms.110.3.965-982](https://doi.org/10.2466/pms.110.3.965-982)

CRYSTAL, T. H., & HOUSE, A. S. (1988). A note on the variability of timing control. *Journal of Speech and Hearing Research*, 31, 497-502. DOI : [10.1044/jshr.3103.497](https://doi.org/10.1044/jshr.3103.497)

DUFFY, J. R. (2005). *Motor Speech Disorders: Substrates, Differential Diagnosis, and Management*, 3rd Ed. Mosby, St Louis, MO.

FOURAKIS, M. (1991). Tempo, stress, and vowel reduction in American English. *Journal of the Acoustical Society of America*, 90, 1816-1827. DOI : [10.1121/1.401662](https://doi.org/10.1121/1.401662)

GAY, T. (1978). Effect of speaking rate on vowel formant movements. *The journal of the Acoustical society of America*, 63(1), 223-230. DOI : [10.1121/1.381717](https://doi.org/10.1121/1.381717)

HIROSE, K., & KAWANAMI, H. (2002). Temporal rate change of dialogue speech in prosodic units as compared to read speech. *Speech Communication*, 36(1-2), 97-111. DOI : [10.1016/S0167-6393\(01\)00028-0](https://doi.org/10.1016/S0167-6393(01)00028-0)

HUSTAD, K.C., JONES, T., DAILEY, S. (2003). Implementing speech supplementation strategies: effects on intelligibility and speech rate of individuals with chronic severe dysarthria. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 46(2), 462-74. DOI : [10.1044/1092-4388\(2003/er02\)](https://doi.org/10.1044/1092-4388(2003/er02))

JACEWICZ, E., FOX, R. A., & WEI, L. (2010). Between-speaker and within-speaker variation in speech tempo of American English. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 128(2), 839-850. DOI : [10.1121/1.3459842](https://doi.org/10.1121/1.3459842)

KELSO, J. A. S., & TULLER, B. (1987). Intrinsic time in speech production: Theory, methodology, and preliminary observations. In KELLER E. & GOPNIK M. Édés., *Motor and sensory processes of language*, chapitre 8, p. 203-222. Erlbaum. DOI : [10.4324/9780203767702](https://doi.org/10.4324/9780203767702)

- KUEHN, D. P., & MOLL, K. L. (1976). A cineradiographic study of VC and CV articulatory velocities. *Journal of phonetics*, 4(4), 303-320. DOI : [10.1016/S0095-4470\(19\)31257-4](https://doi.org/10.1016/S0095-4470(19)31257-4)
- KLATT, D. H., & COOPER, W. E. (1975). Perception of segment duration in sentence contexts. In COHEN A., NOOTEBOOM S. G. Éd.s., *Structure and process in speech perception* (pp. 69-89). Chapitre 2, p. 69-89, Springer, Berlin, Heidelberg. DOI : [10.1007/978-3-642-81000-8](https://doi.org/10.1007/978-3-642-81000-8)
- LINDBLOM, B. (1963). Spectrographic study of vowel reduction. *The Journal of the Acoustical society of America*, 35(11), 1773-1781. DOI : [10.1121/1.1918816](https://doi.org/10.1121/1.1918816)
- MAAS, E. (2017). Speech and nonspeech: What are we talking about? *International Journal of Speech-Language Pathology*, 19(4), 345-359. DOI : [10.1080/17549507.2016.1221995](https://doi.org/10.1080/17549507.2016.1221995)
- MOON, S. J., & LINDBLOM, B. (1994). Interaction between duration, context, and speaking style in English stressed vowels. *The Journal of the Acoustical society of America*, 96(1). DOI : 40-55. [10.1121/1.410492](https://doi.org/10.1121/1.410492)
- ROSEN, K. M., FOLKER, J. E., MURDOCH, B. E., VOGEL, A. P., CAHILL, L. M., DELATYCKI, M. B., & CORBEN, L. A. (2011). Measures of spectral change and their application to habitual, slow, and clear speaking modes. *International Journal of Speech-Language Pathology*, 13, 165-173. DOI : [10.3109/17549507.2011.529939](https://doi.org/10.3109/17549507.2011.529939)
- TSAO, Y. C., & WEISMER, G. (2006). Interspeaker variation in habitual speaking rate: Additional evidence. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 49, 1156-1164. DOI : [10.1044/1092-4388\(2006\)083](https://doi.org/10.1044/1092-4388(2006)083)
- VAN SON, R.J.J.H. & POLS, L.C.W. (1992). Formant movements of Dutch vowels in a text, read at normal and fast rate. *Journal of the Acoustical Society of America*, 92, 121-127. DOI : [10.1121/1.404277](https://doi.org/10.1121/1.404277)
- WEISMER, G., TJADEN, K., & KENT, R. D. (1995). Can articulatory behavior in motor speech disorders be accounted for by theories of normal speech production? *Journal of Phonetics*, 23(1-2), 149-164. DOI : [10.1016/S0095-4470\(95\)80039-5](https://doi.org/10.1016/S0095-4470(95)80039-5)
- YORKSTON, K. M., HAKEL, M., BEUKELMAN, D. R., & FAGER, S. (2007). Evidence for effectiveness of treatment of loudness, rate, or prosody in dysarthria: A systematic review. *Journal of Medical Speech-Language Pathology*, 15(2), 19-36.
- ZIEGLER, W. (2003). Speech motor control is task-specific: evidence form dysarthria and apraxia of speech. *Aphasiology*, 17, 3-36. DOI : [10.1080/729254892](https://doi.org/10.1080/729254892)
- ZIEGLER, W., & ACKERMANN, H. (2013). Neuromotor speech impairment: It's all in the talking. *Folia Phoniatica et Logopaedica*, 65(2), 55-67. DOI : [10.1159/000353855](https://doi.org/10.1159/000353855)