

Effet de la tâche sur le débit articulatoire d'enfants et adolescents avec et sans trouble du spectre de l'autisme en français.

Cwiosna Roques¹, Fanny Guitart-Ivent¹, Christelle Dodane², Fabrice Hirsch¹

(1) Praxiling UMR 5267, 34 000 Montpellier, France

(2) Clesthia EA 7345, 75 005 Paris, France

cwiosna.roques@univ-montp3.fr, fanny.guitart-ivent@univ-montp3.fr, christelle.dodane@sorbonne-nouvelle.fr, fabrice.hirsch@univ-montp3.fr

RESUME

Cette étude comparative propose d'observer le débit de parole de 8 enfants de 10 à 16 ans avec un trouble du spectre de l'autisme (TSA), et celui de 8 enfants tout-venants appariés, dans deux activités extraites du module 3 de l'ADOS-2, la première consistant à raconter une histoire à partir d'images puis de la mimer, la seconde, à parler librement sur le thème de l'amitié. Nos résultats montrent que les enfants avec TSA parlent plus lentement que les locuteurs contrôles appariés, dans les deux tâches et qu'ils parlent davantage entre deux pauses en parole libre qu'en description d'histoire.

ABSTRACT

Effect of task on articulatory speed of children and adolescents with and without autism spectrum disorder in French.

This comparative study observes the speech rate of 8 children aged 10 to 16 with an autism spectrum disorder (ASD), and that of 8 matched normal children, in two activities extracted from module 3 of the ADOS-2. The first task consists in telling a story from pictures and then miming it, the second consists in free speech on the theme of friendship. Our results show that children with ASD speak more slowly than matched control speakers in both experimental contexts, and that they speak more between pauses in free speech than in story description.

MOTS-CLES : Trouble neurodéveloppemental, autisme, enfants, adolescents, débit, parole, motricité verbale.

KEYWORDS: Neurodevelopmental disorder, autism, children, adolescents, flow, speech, verbal motor skills.

1 Introduction

Le Trouble du Spectre de l'Autisme (TSA) est un Trouble du Neurodéveloppement (TND) dont les marqueurs diagnostiques se répartissent selon deux groupes de symptômes : des niveaux d'altération de la communication et des interactions sociales d'un côté, et des stéréotypies, qui se manifestent par des centres d'intérêts et d'activités restreints de l'autre (DSM-5, 2013 ; ICD-11, World Health Organization, 2022). De nombreuses recherches ont été menées afin de tenter de définir les comportements de communication propres à l'autisme. Certaines d'entre elles ont

retenu, sur l'ensemble du spectre, des atypicités prosodiques pouvant constituer un élément sémiologique et donc participer au diagnostic. Celles-ci apparaissent autour des 3 ans et se manifestent par une accentuation et un rythme inaccoutumé (Peeters, 1996), un timbre marqué par une voix nasale ou enrouée, une intonation (Frith, 1989) souvent qualifiée de « monotone » (Perrin & Maffre, 2013), notamment car la personne avec TSA a du mal à percevoir (Baltaxe & Gutbrie, 1987) et à reproduire la prosodie émotionnelle, à découper les mots et à marquer l'accentuation d'emphase (Paul et al., 2008). D'autres chercheurs relèvent également des variations d'intensité atypiques (avec des cris et/ou des chuchotements sans lien avec le contenu sémantique de l'énoncé) et un débit de parole trop rapide ou trop lent (Globerson et al., 2015 ; Loveall et al., 2021). Parmi ces différents phénomènes, nous allons nous focaliser sur les aspects temporels de la parole. Le débit est particulièrement intéressant à étudier chez des enfants avec TSA car il est lié non seulement à la structure rythmique et phonotactique des langues (Rouas et al. 2004), mais également au traitement cognitif. Ainsi, selon certains auteurs, la parole spontanée serait plus exigeante sur le plan cognitif que la parole lue en raison d'efforts de planification plus importants (Tasko et McLean, 2004 ; Van-Lancker-Sidtis et Rallong, 2004). Une autre étude (O'Keefe et al., 2022) échoue à montrer des différences significatives entre des tâches de parole spontanée et de parole lue, mais montre en revanche des différences en fonction de la vitesse de traitement de l'information et des fonctions exécutives.

La nature de la tâche langagière paraît donc affecter les aspects temporels (parole spontanée, description d'images, etc.) et selon sa nature, le débit peut varier de façon conséquente (Colletta et al., 2016). Ainsi, on relève de nombreuses variations de résultats obtenus sur des mesures de débit en fonction des méthodes adoptées comme des tâches proposées. Dans l'étude de Colletta et al. (2016), les résultats varient en fonction de l'âge et de la tâche. Dans la tâche narrative, le débit passe de 3,8 syll/sec. chez les enfants de 3-4 ans à 4,10 syll/sec. chez les enfants de 9-10 ans et dans la tâche explicative, de 3,61 syll/sec. chez les enfants de 3-4 ans à 4,40 syll/sec. chez les enfants de 9-10 ans. Les auteurs observent bien une augmentation du débit de parole liée à l'âge dans les deux tâches, mais cette progression n'est pas statistiquement significative. La plupart des études relève également une augmentation régulière du débit de parole des enfants en fonction de l'âge (Martins et al., 2007), même s'ils parlent plus lentement que des adultes (Koopmans-van Beinum, 1993 ; Colletta et al., 2016), dont le débit moyen est de 5 à 7 syll/sec. (Koopmans-van Beinum, 1993). Chez des enfants et adolescents de 5 à 17 ans dans une tâche narrative, Martins et al. (2007) trouvent une moyenne de 91,2 mots par minute avec peu de pauses.

Bien que des atypicités prosodiques aient été signalées depuis les premières observations de TSA par Kanner et Asperger (Asperger et Frith, 1991 ; Kanner, 1943), la méta-analyse de McCann et Peppé (2003) portant sur 16 recherches menées sur la prosodie chez des personnes avec un TSA a révélé de nombreux résultats non significatifs ou contradictoires. C'est notamment le cas pour les études sur le débit de parole, avec soit une augmentation, soit une diminution chez les sujets TSA en comparaison des sujets neurotypiques ou tout-venants (Baron-Cohen et Staunton, 1994 ; Shriberg et al., 2001 ; Patel et al., 2020). La variabilité de ces résultats s'expliquerait par la taille insuffisante des échantillons de population étudiés, un faible nombre de données sur les locuteurs contrôles, une absence de protocole standardisé et des méthodologies non détaillées (MacCann et Peppé, 2003 ; Patel et al., 2020). En outre, la plupart de ces recherches a utilisé des mesures subjectives (c'est-à-dire des jugements perceptifs) qui, bien que valables sur le plan clinique, n'offrent pas de catégorisation fine et précise des différences entre les groupes de sujets. Des travaux plus récents ont cependant apporté des éléments de réponse au sujet de l'atypicité prosodique des sujets avec un TSA en fonction des situations et notamment lors d'une tâche consistant à raconter une histoire émotionnelle (Edelson et al., 2007 ; Patel et al., 2020). Seule l'étude de Patel et al. (2020) fait des mesures de débit de parole en activité de narration et obtient une vitesse articulaire (en syllabes par secondes) plus lente chez les sujets avec TSA (hommes et

femmes confondus) que les sujets contrôles, mais sans comparaison avec une activité de conversation libre. Notre objectif est donc de rechercher si la tâche de narration a un effet sur la vitesse articulatoire avant de pouvoir déterminer si les sujets avec TSA parlent plus lentement que leurs pairs contrôles sans que ce résultat ne soit la conséquence de cette tâche narrative.

Le débit reste cependant relativement peu étudié chez les enfants avec TSA et les résultats tendent à se contredire entre eux. Pour Patel et al. (2020), il serait significativement plus faible que chez l'enfant apparié neurotypique, tandis que deux autres études n'aboutissent pas à des écarts significatifs (Nadig et Shaw, 2012 ; Ochi et al. 2019). Par ailleurs, il existe très peu de travaux menés en français. De plus, chez les enfants avec TSA, les troubles fonctionnels de la motricité sont décrits depuis longtemps (Morange-Majoux et Adrien, 2016) et l'habileté concernant les mouvements orofaciaux reste, parmi les trois habiletés motrices souvent traitées dans les batteries de test (les deux autres étant les actions sur les objets d'un côté, les gestes des mains et la posture globale de l'autre), souvent la plus sévèrement altérée, notamment en situation d'imitation (Rogers et Benetto, 2002). Partant de ces éléments, notre étude a pour objectif d'apporter des connaissances supplémentaires sur le débit de parole des enfants avec un TSA. Notre hypothèse est que le débit est ralenti chez l'enfant autiste en raison d'une motricité orofaciale dysfonctionnelle. De même, nous postulons que le débit est plus diminué lorsque l'enfant doit élaborer seul son propos, sans pouvoir se reposer sur de l'observation.

Outre le débit articulatoire, nous avons également choisi d'étudier la longueur des unités inter-pausales (désormais IPU) qui sont des blocs de parole encadrés par des pauses silencieuses d'un minimum de 200 ms en français (Bertrand et al., 2008). En effet, certains travaux (Georgeton et Meunier, 2015) ont montré que les IPU étaient intéressantes à étudier dans le cadre d'une comparaison entre sujets typiques et atypiques, en l'occurrence chez des malades de Parkinson. Par ailleurs, leur caractère objectif, formel et identifiable automatiquement (Koiso et al., 1998) facilite le découpage du signal de parole et la transcription de grands corpus, comme celui de la thèse en cours dont l'échantillon de cette étude est extrait. Nous avons ainsi décidé de comparer le débit et la durée des IPU chez une population de 8 enfants avec TSA et une population de 8 enfants contrôles appariés en sexe et en âge lors de deux tâches langagières, une tâche de parole spontanée et une tâche de description d'une histoire présentée sous forme d'une suite d'images. Nous postulons que les sujets avec TSA parlent plus entre deux pauses dans la tâche de description, car celle-ci est plus coûteuse cognitivement sur le plan de l'élaboration, de la planification.

2 Méthodologie

Notre corpus est composé de 16 entretiens audiovisuels (8 enfants avec TSA âgés de 10 à 16 ans et 8 enfants contrôles appariés) de l'ADOS-2, l'échelle diagnostique internationale de référence dans la détection des TSA. L'ADOS-2 se divise en 4 modules distincts, avec une évolution graduelle adaptée au niveau de communication et à l'âge du sujet. Nous travaillons à partir d'extraits du module 3, qui concerne des enfants et adolescents avec TSA ou suspicion de TSA, au langage verbal fluide ou plutôt fluide. Ce module se décompose en 14 thèmes et activités, parmi lesquels nous avons sélectionné un extrait de conversation spontanée sur le thème de l'amitié (parole libre : PL) et une activité dont la consigne est de décrire une histoire à partir d'images (DI).

Les enfants du groupe TSA ont été diagnostiqués au CHU Lapeyronie de Montpellier et sont intégrés à la cohorte de recherche sur les TSA nommée ELENA¹. Le groupe TSA sélectionné pour notre étude est constitué de 5 garçons et 3 filles, pour un âge moyen de 12,5 ans (avec un écart

¹ Cohorte ELENA du CeAND de Montpellier (Baghdadli et al., 2018)

type de 1,9). La durée moyenne des extraits de PL est de 247 sec. et celle des extraits de DI de 135,25 sec.

Le groupe contrôle (CTRL), recruté au laboratoire Praxiling UMR 5267 CNRS comprend 6 garçons et 2 filles, pour un âge moyen de 12,8 ans (avec un écart-type de 1,8). La durée moyenne des extraits de PL est de 135,8 sec. et celle des extraits de DI de 244,5 sec.

Afin d'analyser les paramètres de débit articulaire des sujets du corpus, les données ont d'abord été exportées au format .wav pour permettre la transcription orthographique manuelle sur Praat (Boerma et Weenink, 2018). Ensuite la transcription a été segmentée de manière automatique avec le script EasyAlign (Goldman, 2011), de façon à obtenir 3 niveaux de plus que celui de la transcription orthographique des énoncés préalablement réalisée : une segmentation phonétique, par mots et par syllabes. L'alignement des énoncés a ensuite été vérifié manuellement et les erreurs de transcription automatique en SAMPA ont été rectifiées.

Nous avons extrait le nombre de syllabes et la durée (en secondes) des IPU en fixant un seuil de pause silencieuse à 200 ms, selon les critères utilisés par Campione et Veronis (2002) parmi d'autres. À partir de ces mesures, nous avons calculé le débit articulaire en nombre de syllabes par seconde (pauses exclues). A partir d'une base de 1232 IPU, nous avons écarté celles de moins de quatre syllabes pouvant contenir des marques d'hésitation, des pauses pleines et des éléments constitués d'un seul mot. Finalement, nous avons analysé le débit à partir de 812 observations dont la répartition entre nos Groupes de sujets (TSA vs. CTRL) et Tâches (PL vs. DI) est donnée dans le Tableau 1.

	TSA	CTRL
PL	298 (37%)	203 (25%)
DI	114 (14%)	197 (24%)

TABLEAU 1 : Effectifs de nos deux groupes de sujets pour chaque Tâche de parole.

Afin de comparer le débit des enfants avec TSA avec celui du groupe CTRL dans nos deux tâches de parole, un modèle mixte a été conduit sur R (R Core Team, 2008) avec la fonction *lmer* du package *lme4* (Bate et al., 2015). Ainsi nous avons testé les relations entre le débit articulaire et le groupe de sujet (TSA vs. CTRL) en interaction avec la tâche (PL vs. DI). Un intercept aléatoire par sujet a été modélisé ainsi qu'une pente aléatoire par locuteur pour le facteur Tâche. Un modèle similaire a été effectué sur la durée des IPU sans inclure de pente aléatoire pour des raisons de convergences. Les valeurs de p ont été obtenues par approximations de type Satterthwaite à l'aide de la fonction *lmerTest*. Le seuil de référence a été fixé à $p < .05$. Les effets de chaque facteur fixe et de leur interaction ont été testés par comparaison de modèles avec la fonction *anova*. Les valeurs de R² associées à chaque modèle ont été obtenues à l'aide de la fonction *r.squaredGLMM* intégrée dans la bibliothèque 'MuMIn'. Enfin, l'analyse a posteriori des contrastes a été réalisée à l'aide de la fonction *lsmeans* de la bibliothèque "emmeans" (Lenth et al., 2018) avec des ajustements de la valeur p de Tukey.

3 Résultats

L'ensemble des analyses statistiques sont résumés dans le Tableau 2 (panel du haut : débit articulaire ; panel du bas : durée des IPU).

Facteurs & interactions	χ^2	Effet débit articulaire	β	SE	t
Groupe	6.48*	CTRL > TSA	-0.90	0.31	-2.92
Tâche	0.48 ^{ns}	PL = DI	-0.02	0.17	-0.14
Groupe*Tâche	1.02 ^{ns}	-	0.26	0.25	1.06
Facteurs & interactions	χ^2	Effet durée d'IPU	β	SE	t
Groupe	2.04 ^{ns}	TSA = CTRL	0.48	0.23	2.12
Tâche	24.07***	PL > DI	-0.27	0.12	-2.27
Groupe*Tâche	4.64*	TSA PL > TSA DI	-0.39	0.18	-2.16

TABLEAU 2. Test du rapport de vraisemblance des modèles linéaires mixtes testant les effets principaux des prédicteurs Groupe et Tâche et leurs interactions sur le débit articulaire (haut) et la durée des IPU (bas). Les valeurs χ^2 (avec un degré de liberté) sont indiquées comme estimations de l'ampleur de l'effet ($p < .05 = *$, $p < .001 = **$, $p < .0001 = ***$). Estimations : les β -coefficients, les erreurs standard (SE) et les valeurs t du modèle sont également rapportés.

3.1 Analyse du débit

Le modèle mixte ($R^2_m = 0.01$, $R^2_c = 0.28$) révèle un effet du Groupe sur le débit articulaire. En revanche, aucun effet de la Tâche, ni d'interaction entre le Groupe et la Tâche ne ressort. Comme nous pouvons le voir Figure 1, les sujets CTRL ont un débit articulaire plus élevé que les sujets avec TSA ($\beta = 0.93$, $p = 0.02$) quelle que soit la Tâche de parole.

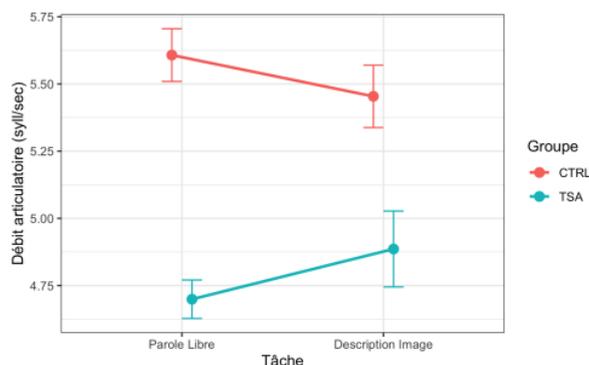


Figure 1. Débit articulatoire (syll./sec) de nos de groupes de sujets (TSA et CTRL) pour chaque Tâche (PL et DI).

3.2 Analyse de la durée d'IPU

Concernant la durée d'IPU, le modèle mixte ($R^2_m = 0.06$, $R^2_c = 0.16$) ne révèle pas d'effet du Groupe mais un effet de la Tâche ainsi qu'une interaction entre nos deux facteurs Groupe et Tâche. Ainsi, en PL, les IPU sont plus longues qu'en DI ($\beta = 0.44$, $p < 0.0001$) et cette différence est significative uniquement pour les sujets avec TSA ($\beta = 0.66$, $p < 0.0001$) comme illustré sur la Figure 2.

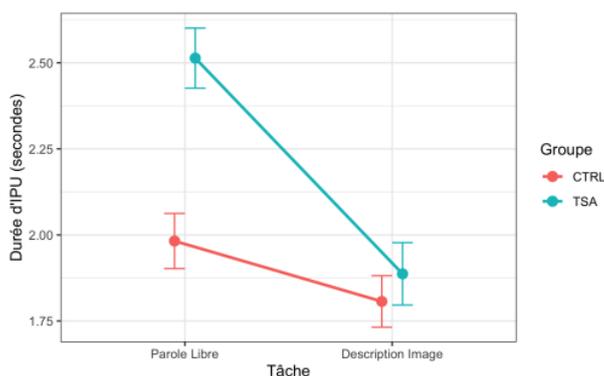


Figure 2. Durée des IPU en secondes de nos groupes de sujets (TSA et CTRL) pour chaque tâche de parole (PL et DI).

4 Discussion et conclusion

Cette étude examine le débit articulatoire d'enfants avec un TSA en parole libre et en activité semi-contrôlée de narration d'histoire courte à partir d'images, en comparant les résultats à ceux d'enfants contrôles appariés ayant suivi le même protocole de l'ADOS-2. Nos résultats révèlent que les enfants avec TSA parlent avec un débit articulatoire plus lent que leurs pairs contrôles, en DI comme en PL. Les données traitées n'ont pas permis d'observer de variations intra-groupes significatives en fonction de la tâche.

Ces résultats confirment ceux de l'étude menée par Patel et al. (2020) et pourraient donc indiquer que les enfants avec TSA parlent plus lentement que les enfants tout-venant. Il faudrait néanmoins augmenter la taille l'échantillon de la population pour affiner cette observation, ce qui est en cours dans le cadre de la thèse menée sur les données utilisées dans cet article. Si ces résultats se maintiennent en agrandissant le corpus de travail, cela pourrait nous amener à nous interroger sur les habiletés motrices oro-bucco-faciales chez les enfants autistes, et sur leur implication dans le débit articulatoire. Des habiletés réduites pourraient notamment être à l'origine de la réduction du débit articulatoire.

L'étude perceptive menée par Redford et al. (2018) postulait déjà que l'intelligibilité de la parole des personnes autistes était affectée par ce que les auditeurs percevaient comme des troubles de l'élocution. Nos résultats pourraient également révéler des difficultés d'élaboration du discours dans la mesure où des recherches antérieures sur des populations typiques ont montré un lien direct

entre une charge cognitive accrue et une baisse de la vitesse d'élocution (Griffin et Williams, 1987 ; Huttunen et al., 2011).

Concernant la durée des IPU, nous observons que celles-ci sont plus longues dans la tâche DI par rapport à la tâche PL chez les deux groupes d'enfants. Notons que cette différence est particulièrement significative dans le groupe TSA, dont les sujets ont tendance à parler davantage entre deux pauses dans le cas de la tâche narrative que dans la parole spontanée. Ceci tend à confirmer l'hypothèse qu'un effort cognitif supplémentaire a un impact sur le débit articulatoire, comme indiqué supra. L'élaboration en situation contrôlée serait plus coûteuse qu'en situation spontanée chez les enfants avec un TSA.

En résumé, ce travail a révélé des différences de débit articulatoire et de longueur d'IPU entre les sujets avec un TSA et les sujets contrôles, en utilisant des mesures acoustiques. Il semblerait que les enfants avec un TSA parlent plus lentement que les contrôles et que l'activité leur coûte un effort de communication supplémentaire. Le débit de parole étant un élément majeur d'identification de modèles de parole atypique, des analyses complémentaires sur un plus vaste corpus de données permettraient de confirmer ces résultats et d'approfondir la question de la cause (neurologique et/ou motrice).

Des recherches supplémentaires sont nécessaires pour comprendre les différents facteurs cognitifs et socio-pragmatiques qui peuvent influencer le débit de parole chez les enfants et préadolescents avec un TSA. Il serait notamment intéressant d'observer comment le débit interagit avec d'autres caractéristiques prosodiques décrites dans la littérature comme atypiques, telles que la variation de la fréquence fondamentale ou l'étendue vocale (Paul et al., 2008), et de créer des sous-groupes par âge afin d'obtenir des profils prosodiques plus précis et plus complets.

Dans l'ensemble, ces résultats soulignent l'importance de cibler la vitesse articulatoire dans les interventions orthophoniques et le fait que de telles interventions pourraient être bénéfiques pour les capacités langagières pragmatiques globales. Pourtant, il existe peu d'interventions basées sur la prosodie pour les personnes avec un TSA (Diehl et Paul, 2009), bien que celles-ci tendent à se développer depuis les dernières années (Sicard et Menin-Sicard, 2021). En effet, les différences relevées dans la présente étude peuvent servir de repères importants pour les intervenants en orthophonie, ce qui souligne l'importance d'une collaboration entre les cliniciens et les chercheurs dans ce domaine.

Références

- AMERICAN PSYCHIATRIC ASSOCIATION. (2013). Diagnostic and statistical manual of mental disorders (5th ed.). Arlington, VA: American Psychiatric Publishing.
- ASPERGER, H., & FRITH, U. (1991). "Autistic psychopathy" in childhood. In *Autism and Asperger syndrome* (pp. 37–92). Cambridge: Cambridge University Press.
- BAGHDADLI, A., MIOT, S., RATTAZ C., et al. (2019). Investigating the natural history and prognostic factors of ASD in children: the multicentric Longitudinal study of childrEN with ASD - the ELENA study protocol. *BMJ Open*, 9:e026286. doi:10.1136/bmjopen-2018-026286.
- BALTAXE, C., Use of contrastive stress in normal, aphasic, and autistic children, *Journal of speech and Hearing Research*, 27(1), 1984, 97-105.
- BALTAXE, C., GUTHRIE, D., The use of primary sentence stress by normal, aphasic, and autistic children, *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 17(2), 1987, 255-271

- BARON-COHEN, S., & STAUNTON, R. (1994). Do children with autism acquire the phonology of their peers? An examination of group identification through the window of bilingualism. *First Language*, 14(42–43), 241–248. <https://doi.org/10.1177/014272379401404216>.
- BATES, D., MÄCHLER, M., BOLKER, B., & WALKER, S. (2014). Fitting linear mixed-effects models using lme4. *ArXiv Preprint ArXiv:1406.5823*.
- BERTRAND, R., BLACHE, P., ESPESSER, R., FERRE, G., MEUNIER, C. et al. (2008). Le CID - Corpus of Interactional Data - Annotation et Exploitation Multimodale de Parole Conversationnelle. *Revue TAL : traitement automatique des langues*, 2008, 49 (3), pp.105-134. hal-00349893.
- CAMPIONE, E., VERONIS, J. Pauses et hésitations en français spontané. *JEP 2004. Actes des XXVe Journées d'Etudes sur la Parole*, Fès, Maroc, 19-22 avril, 2004.
- COLLETTA, J. M., PELLENQ, C., ROUSSET, I. Evolution du débit de parole chez l'enfant francophone dans des tâches narrative et conversationnelle. 27èmes Journées d'Etudes sur la Parole, Association Francophone de la Communication Parlée, Jun 2008, Avignon, France. hal-01292877
- DIEHL, J. J., & PAUL, R. (2009). The assessment and treatment of prosodic disorders and neurological theories of prosody. *International Journal of Speech-Language Pathology*, 11(4), 287–292. <https://doi.org/10.1080/17549500902971887>
- DUEZ, D. & NISHINUMA, Y. (1985). Le rythme en français. *Travaux de l'Institut de Phonétique d'Aix*, 10, 151-169.
- EDELSON, L., GROSSMAN, R., & TAGER-FLUSBERG, H. (2007). Emotional prosody in children and adolescents with autism. Poster session presented at the annual international meeting for Autism Research, Seattle, WA.
- FRITH, U., A new look at language and communication in autism, *International Journal of Language & Communication Disorders*, 24, 1989, 123-150. Globerson et al., 2015
- GEORGETON, L. & MEUNIER, C. (2015). Spontaneous speech production by dysarthric and healthy speakers: temporal organization and speaking rate. *ICPHs 2015*, 310.
- GRIFFIN, G. R., & WILLIAMS, C. E. (1987). The effects of different levels of task complexity on three vocal measures. *Aviation, Space and Environmental Medicine*, 58(12), 1165–1170.
- GROSJEAN, F. ET DESCHAMPS, A. (1975). Analyse contrastive des variables temporelles de l'anglais et du français : vitesse de parole et variables composantes, phénomènes d'hésitation. *Phonetica*, 31, 144-184.
- HUTTUNEN, K. H., KERÄNEN, H. I., PÄÄKKÖNEN, R. J., PÄIVIKKI ESKELINEN-RÖNKÄ, R., & LEINO, T. K. (2011). Effect of cognitive load on articulation rate and formant frequencies during simulator flights. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 129(3), 1580–1593. <https://doi.org/10.1121/1.3543948>.
- ICD-11 : International Classification of Diseases, World Health Organization, 2022
- KANNER, L. (1943). Autistic disturbances of affective contact. *Nervous Child*, 35(2), 217–250. <https://doi.org/10.1105/tpc.11.5.949>.
- KOISO, H. ; HORIUCHI, Y. ; ICHIKAWA, A. & DEN, Y. (1998). An analysis of turn-taking and backchannels based on prosodic and syntactic features in Japanese map task dialogs, *Language and Speech*, 41, p. 295–321.
- F.J. KOOPMANS-VAN BEINUM. Cyclic effects of infant speech perception, early sound production, and maternal speech. *IFA (Institut de Phonétique d'Amsterdam) Proceedings*, 17 : 65-78, 1993.
- LENTH, R., LOVE, J., & LENTH, M. R. (2018). Package 'lsmeans'. *The American Statistician*, 34(4), 216-221.
- LORD, C., RUTTER, M., DILAVORE, P., et al., ADOS, Autism diagnostic observation schedule. Manual. Los Angeles: WPS, 1999.
- LOVEALL, S-J., HAWTHORNE, K., GAINES, M., A meta-analysis of prosody in autism, Williams syndrome, and Down syndrome, *Journal of Communication Disorders*, Volume 89, 2021

- MAFFRE, T., PERRIN, J., Autisme et psychomotricité, De Boeck-Solal, 2013.
- Martins IP, Vieira R, Loureiro C, Santos ME. Speech rate and fluency in children and adolescents. *Child Neuropsychol.* 2007 Jul;13(4):319-32. doi: 10.1080/09297040600837370. PMID: 17564849.
- MCCANN, J., PEPPE, S., Prosody in autism spectrum disorders: a critical review, *International Journal of Language and Communication Disorders*, 38, 2003, 235-350.
- MORANGE-MAJOUX Françoise, ADRIEN Jean-Louis, « Motricité et préférence manuelle chez les enfants avec troubles du spectre de l'autisme : une nouvelle voie d'exploration des troubles, à partir d'une revue de la littérature », *Devenir*, 2016/4 (Vol. 28), p. 213-227. DOI : 10.3917/dev.164.0213. URL : <https://www.cairn.info/revue-devenir-2016-4-page-213.htm>
- NADIG, A., & SHAW, H. (2012). Acoustic and perceptual measurement of expressive prosody in high-functioning autism: Increased pitch range and what it means to listeners. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 42(4), 499–511.
- O'KEEFFE C, YAP SM, DAVENPORT L, COGLEY C, CRADDOCK F, KENNEDY A, TUBRIDY N, LOOZE C, SULEYMAN N, O'KEEFFE F, REILLY RB, MCGUIGAN C. (2002) Association between speech rate measures and cognitive function in people with relapsing and progressive multiple sclerosis. doi: 10.1177/20552173221119813. PMID: 36003923; PMCID: PMC9393591.
- OCHI, K. et al. Quantification of speech and synchrony in the conversation of adults with autism spectrum disorder. *PLoS ONE* 14, e0225377. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0225377> (2019).
- PATEL, S.P., NAYAR, K., MARTIN, G.E. et al. An Acoustic Characterization of Prosodic Differences in Autism Spectrum Disorder and First-Degree Relatives. *J Autism Dev Disord* 50, 3032–3045 (2020). <https://doi.org/10.1007/s10803-020-04392-9>
- PAUL, R., BIANCHI, N., AUGUSTYN, A., KLIN, A., VOLKMAR, F., Production of syllable stress in speakers with autism spectrum disorders, *Research in Autism Spectrum Disorders*, 2(1), 2008, 110–124.
- PEETERS, T., ROGÉ, B., FRANCO, G., *L'autisme: de la compréhension à l'intervention*, Dunod, 1996.
- R CORE TEAM (2012). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org/>
- REDFORD, M. A., KAPATSINSKI, V., & CORNELL-FABIANO, J. (2018). Lay listener classification and evaluation of typical and atypical children's speech. *Language and Speech*, 61(2), 277–302. <https://doi.org/10.1177/0023830917717758>.
- ROGERS, S., BENETTO, L., Le fonctionnement moteur dans le cas de l'autisme, *Enfance*, 2002/1 (Vol. 54). DOI : 10.3917/enf541.0063.
- ROQUES, C. (en cours) Description et évaluation de la prosodie et de la gestualité chez des enfants et adolescents au langage fluide avec un Trouble du Spectre de l'Autisme (TSA). Université Paul-Valéry Montpellier 3.
- ROUAS, J.L., FARINAS, J. & PELLEGRINO, F. (2004). Évaluation automatique du débit de la parole sur des données multilingues spontanées/ XVèmes Journées d'Études sur la Parole, 437-440.
- SHRIBERG, L., PAUL, R., MCSWEENEY, J., KLIN, A., & VOLKMAR, F. R. (2001). Speech and prosody characteristics of adolescents and adults with high-functioning autism and Asperger syndrome. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 44(5), 1097–1115.
- SICARD, E., MENIN-SICARD, A., Analyse acoustique de la prosodie dans le cadre de la clinique orthophonique. 2021. (hal-03177645)
- TASKO, SM, MCCLEAN, MD (2004). Variations in articulatory movement with changes in speech task. *J Speech Lang Hear Res*, 47, 85–100.
- VAN LANCKER-SIDTIS D. & RALLON, G. (2004). Tracking the incidence of formulaic expressions in everyday speech: Methods for classification and verification. *Lang Commun*, 24: 207–240.