

L'organisation spatio-temporelle de la respiration chez l'enfant

Delphine Charuau^{1*}, Béatrice Vaxelaire¹, et Rudolph Sock^{1,2}

¹ Université de Strasbourg, UR 1339 Linguistique, Langues et Parole LiLPa, 22 rue René Descartes, 67084 Strasbourg, France

² Université Pavol Jozef Šafárik, Language, Information and Communication Laboratory, LICOLAB, Šrobárova 2, 04059 Košice, Slovaquie

Résumé. La respiration en parole est un phénomène complexe, interagissant en permanence avec la structure linguistique de la langue. Bien que largement étudié chez l'adulte, peu de travaux portent sur la relation entre l'organisation spatio-temporelle respiratoire et la structure linguistique chez l'enfant dont les modèles respiratoires n'ont pas encore atteint leur maturité. L'objectif de ce travail consiste à enrichir la description du développement des modèles respiratoires chez l'enfant et de comprendre la manière dont respiration et linguistique interagissent entre elles. À l'aide de la pléthysmographie respiratoire par inductance, nous avons mesuré la variation des périmètres thoracique et abdominal tout au long de la phonation, nous offrant la possibilité d'observer l'interaction respiration-syntaxe lors d'une production lue par 15 locuteurs âgés de 8 à 11 ans. Les résultats montrent que la majorité des pauses sont réalisées aux endroits prévus par la syntaxe. Par ailleurs, la plupart des pauses sont dédiées à la prise de souffle. Si la durée des pauses est sensible à la localisation syntaxique, la durée de l'inspiration n'est pas significativement impactée. Enfin, si elle est soumise à une forte variabilité inter et intra-individuelle, l'amplitude des mouvements inspiratoires est indépendante de la structure linguistique.

Abstract. **Spatiotemporal organization of speech breathing in children.** Speech breathing is a complex phenomenon, which is in constant interaction with the linguistic structure of the language. While being largely studied in adults, few studies on the structuring of pauses in speech have been carried out in children; hence, breathing patterns are yet to be fully understood. The goal of this work is to contribute to studies on breathing patterns and to better understand the connection between breathing and linguistic constraints by studying pauses in children's speech. By using a respiratory inductive plethysmography we were able to measure variability of the thorax and abdominal perimeters during speech, which offered us the possibility to observe the interaction between breathing and syntax during a reading production task carried out by 15 speakers from 8 to 11 years old. Results show that the majority of pauses appeared at moments governed by the syntactic structure of the text. Moreover, the majority of pauses are dedicated to breath taking. While the

* Corresponding author : delphine.charuau@etu.unistra.fr

duration of pauses depends on their syntactic localisation, inhaling duration is not significantly impacted. Finally, regardless of high inter and intra-individual variability, amplitude of breathing movements is independent of the linguistic structure.

1 Introduction

Bien qu'ayant fait l'objet de nombreuses études, la complexité de la relation entre l'organisation des patterns respiratoires et la structure linguistique du discours soulève encore diverses questions quant à la manière dont elles interagissent entre elles afin de répondre aux demandes l'une de l'autre.

Les pauses respiratoires sont réalisées aux endroits prévus par la syntaxe, participant ainsi à la structuration linguistique des énoncés et discours en réunissant les mots au sein de groupes selon les rapports logiques qu'ils entretiennent entre eux (Hirsch & Dodane, 2018). Toutefois, il convient de préciser que d'autres facteurs interviennent dans la démarcation des unités tels que la présence de pauses silencieuses non respiratoires ainsi que la prosodie (Di Cristo, 2013). L'étude des pauses chez l'enfant indique que la majorité des pauses produites en parole lue sont syntaxiques (Lalain *et al.*, 2012), reflétant la conscience des règles sous-jacentes de la langue chez l'enfant ainsi que son recours à la ponctuation pour segmenter les unités. Compte tenu de la forte interaction entre linguistique et respiration, la perturbation du système respiratoire pourrait avoir des conséquences sur la construction syntaxique des énoncés et l'intelligibilité du message (Hirsch & Dodane, 2018 ; Weston, 2019).

1.1 Fréquence des pauses selon leur localisation syntaxique

La fréquence des pauses dépend de leur position dans le discours. Selon Grosjean & Collins (1979), les pauses respiratoires sont généralement réalisées aux frontières syntaxiques majeures, à savoir en fin de phrase ou de proposition, tandis que les pauses silencieuses sont localisées aux frontières syntaxiques des unités mineures, correspondant aux syntagmes. Ces résultats sont confirmés par les travaux de Winkworth *et al.* (1994) qui précisent que les inspirations sont plus nombreuses aux extrémités des paragraphes, puis des phrases qu'à l'intérieur des syntagmes, aussi bien en lecture qu'en parole spontanée (Winkworth *et al.*, 1995).

Ces données tendent à prouver l'existence d'un modèle pausal au sein du discours. (Grosjean *et al.*, 1979) ont manipulé la fréquence des pauses de façon à tester la stabilité de ce modèle. Les participants à leur étude ont reçu pour consigne de lire des énoncés avec ou sans prise de souffle. Dans les deux cas, la structure pausale est quasiment identique, démontrant que la présence ou l'absence d'inspiration n'influence pas l'organisation des pauses. Par ailleurs, dans un contexte de parole perturbée par l'effort, les pauses non respiratoires disparaissent, sans pour autant réduire le nombre total de pauses (Fauth *et al.*, 2018; Weston, 2019). Il y a une réorganisation des pauses mobilisant la majorité ou la totalité des pauses initialement silencieuses pour la reprise d'air.

Dans un contexte de parole préparée, les pauses respiratoires non syntaxiques sont rares. Leur présence est souvent associée des disfluences (Wang *et al.*, 2010; Winkworth *et al.*, 1995).

1.2 Influence de la localisation syntaxique sur la durée des pauses

La distribution linguistique des pauses influe sur leur durée. En effet, les pauses les plus longues délimitent les constituants syntaxiques dits majeurs (Grosjean & Collins, 1979;

Grosman et *al.*, 2018). Comme le mettent en évidence Grosjean & Collins (1979), les pauses à ce niveau syntaxique sont généralement respiratoires et la présence d'une activité physiologique tend à allonger la durée de la pause. Cela peut aussi refléter la volonté par le locuteur de marquer la fin de la phrase ou du paragraphe par un intervalle silencieux plus long. Les faits similaires sont observés en parole lue chez les enfants (Esposito et *al.*, 2004) : la durée des pauses est plus importante lorsqu'elles sont situées en fin d'énoncé. Par ailleurs, les pauses non syntaxiques sont plus brèves que celles situées aux frontières d'unités syntaxiques, indépendamment de la catégorie de la pause (Lalain et *al.*, 2012; Grosman et *al.*, 2018).

1.3 Contribution respiratoire en fonction de la localisation syntaxique

À l'instar de la durée des pauses, les mouvements respiratoires sont sensibles à l'organisation linguistique des énoncés. Le contrôle de l'inspiration est influencé par la structure de surface du texte et la ponctuation le régissant (Conrad et *al.*, 1983). En effet, les volumes pulmonaires sont significativement plus élevés lorsque la reprise d'air est réalisée à la fin d'un énoncé ou d'un paragraphe (Winkworth et *al.*, 1994). Toutefois, il convient d'indiquer que la structure du texte n'est pas le seul facteur à influencer la contribution respiratoire. En effet, la profondeur et la durée de l'inspiration sont étroitement corrélées à la longueur de l'énoncé à venir (Fuchs et *al.*, 2013). Les volumes pulmonaires sont significativement plus importants avant un long énoncé, les besoins relatifs à l'étendue de l'énoncé étant anticipés dès l'inspiration.

Cependant, si la structure linguistique des énoncés est un bon prédicteur de la localisation des prises de souffle, cet indice n'est pas systématiquement utilisé par les locuteurs. Il semblerait que l'intervalle entre deux inspirations repose davantage sur la distance entre les mots, espaçant les deux pauses d'une dizaine de mots environ, et ce, malgré la présence d'une phrase comprenant deux mots (Winkworth et *al.*, 1995).

1.4 Spécificités respiratoires chez l'enfant

En raison de plus petites capacités pulmonaires, les enfants exploitent des stratégies respiratoires différentes de celles des adultes. En outre, s'ils s'affinent tout au long de l'enfance, les modèles respiratoires n'ont pas encore atteint une certaine maturité. Les jeunes locuteurs mobilisent une faible quantité de leur capacité vitale, nécessitant un plus grand nombre d'inspirations que l'adulte lors de la production d'un même texte (Russell & Stathopoulos, 1988). La gestion des volumes pulmonaires s'affine au cours de l'enfance jusqu'à se rapprocher du modèle adulte à partir de 10 ans (Hoit et *al.*, 1990).

La répartition des syllabes par groupe de souffle évolue avec l'âge (Hoit et *al.*, 1990; Boliek et *al.*, 2009). Les locuteurs les plus jeunes produisent un nombre de syllabes par groupe de souffle inférieur à celui des enfants plus âgés. La durée de l'inspiration et expiration en parole ne montrant pas de différence significative en fonction de l'âge (Boliek et *al.*, 2009), cette disparité serait davantage liée à la vitesse d'élocution des enfants qu'à la durée du groupe de souffle.

Si de nombreuses études ont été portées sur la structure des pauses et l'agencement de la respiration en parole, peu ont été effectuées sur l'organisation temporelle de la respiration et son incidence sur la structure linguistique du discours chez l'enfant dont les patterns sont en pleine maturation. L'objectif du travail que nous proposons est d'enrichir la description du développement des modèles respiratoires en parole chez l'enfant afin d'améliorer la compréhension du lien étroit existant entre la respiration et la linguistique.

2 Méthodologie

2.1 Locuteurs et corpus

Notre corpus d'étude est constitué d'enregistrements de 15 locuteurs, 8 garçons et 7 filles, tous âgés de 8 à 11 ans (un locuteur de 8 ans, trois locuteurs de 9 ans, neuf locuteurs de 10 ans et deux locuteurs de 11 ans). Ils ne présentent ni trouble d'élocution diagnostiqué, ni pathologie respiratoire. En outre, aucun ne présente de troubles de la lecture. La langue première de tous les participants est le français. Au sein de ce groupe, un locuteur joue d'un instrument à vent de manière régulière tandis que deux d'entre eux pratiquent la natation. Ces activités pouvant avoir une conséquence sur le comportement respiratoire, nous les avons prises en compte pour notre étude.

Il a été demandé aux locuteurs de lire la fable *La bise et le soleil* à haute voix, à un rythme et une intensité confortable. Cette tâche de lecture a été répétée une seconde fois dans les mêmes conditions. En amont de l'enregistrement, chaque participant disposait d'un temps afin de prendre connaissance du texte et dissiper d'éventuels doutes quant à la prononciation ou signification d'un mot. Les passations se sont déroulées au sein de l'établissement scolaire des participants, dans une pièce isolée et calme, mise à disposition pour l'occasion.

2.2 Recueil et traitement des données

Les mesures respiratoires ont été effectuées grâce au système Respirace ©, de la société ADInstrument. Constitué de deux ceintures électromagnétiques élastiques disposées sur le thorax et l'abdomen, ce dispositif permet de mesurer la variation des périmètres thoracique et abdominal en fonction du temps. Les données acoustiques, enregistrées par un microphone relié à un enregistreur numérique, ont été synchronisées avec les signaux respiratoires à partir de la station Powerlab (société ADInstrument). L'ensemble des données ont été collectées à partir du logiciel LabChart (ADInstrument, version 8.1.18400, 2021).

Afin d'observer les gestes respiratoires dans leur globalité, nous avons créé un nouveau signal en additionnant les courbes thoracique et abdominale (Hixon et al., 1973) : 1 thorax + 1 abdomen. À partir du signal obtenu, nous mesurons l'amplitude des gestes inspiratoires, définie comme étant la différence entre la valeur minimum et la valeur maximum du mouvement respiratoire (Rochet-Capellan & Fuchs, 2013), en fonction de la capacité vitale de chaque individu.

La calibration a été réalisée pour chaque locuteur au début de la passation. Cinq cycles respiratoires complets ont été enregistrés. La manœuvre a ensuite été répétée en respiration forcée. Les locuteurs avaient pour consigne de respirer aussi fort que possible. Cinq cycles respiratoires ont été enregistrés. Grâce à ces manœuvres, nous pouvons estimer le déplacement maximal thoraco-abdominal (Rochet-Capellan & Fuchs, 2013).

Les signaux respiratoires et acoustiques synchronisés ont été traités à l'aide du logiciel MatLab (The Matworks, version R2021b). Nous avons procédé à une analyse acoustique complémentaire avec le logiciel Praat (Boersma & Weenink, 2017) afin de réaliser des mesures temporelles plus précises. Dans un premier temps, le signal acoustique a été segmenté et annoté de manière semi-automatique grâce à l'extension EasyAlign (Goldman, 2011). Dans un second temps, nous avons procédé à une vérification manuelle. Les tires *+phon*, *+syll* et *+ortho* ont été conservées afin de mesurer le nombre de syllabes par groupe et d'identifier la position précise des pauses au sein de la structure linguistique.

2.3 Segmentation et annotation des pauses

Nous distinguons les pauses respiratoires (PR) des silencieuses (PS) (figures 1 & 2). Nous considérons comme pause respiratoire toute interruption de l’activité verbale associée à un accroissement des courbes respiratoires. Nous définissons les pauses dites silencieuses comme les intervalles correspondant à une réduction significative de l’activité acoustique ne présentant aucune croissance des courbes respiratoires.

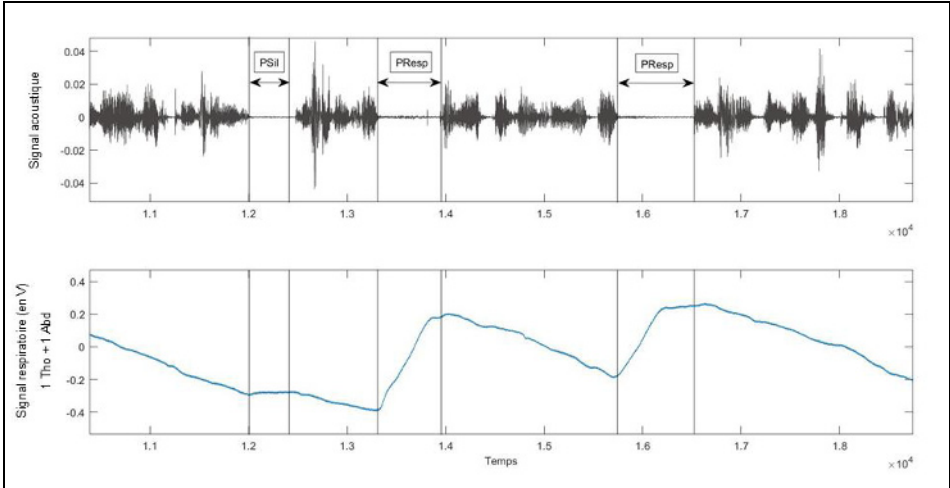


Fig. 1. Illustration des pauses respiratoires (PResp) et silencieuses (PSil) sur les signaux acoustique (en haut) et respiratoire (en bas) à l’aide du logiciel Matlab.

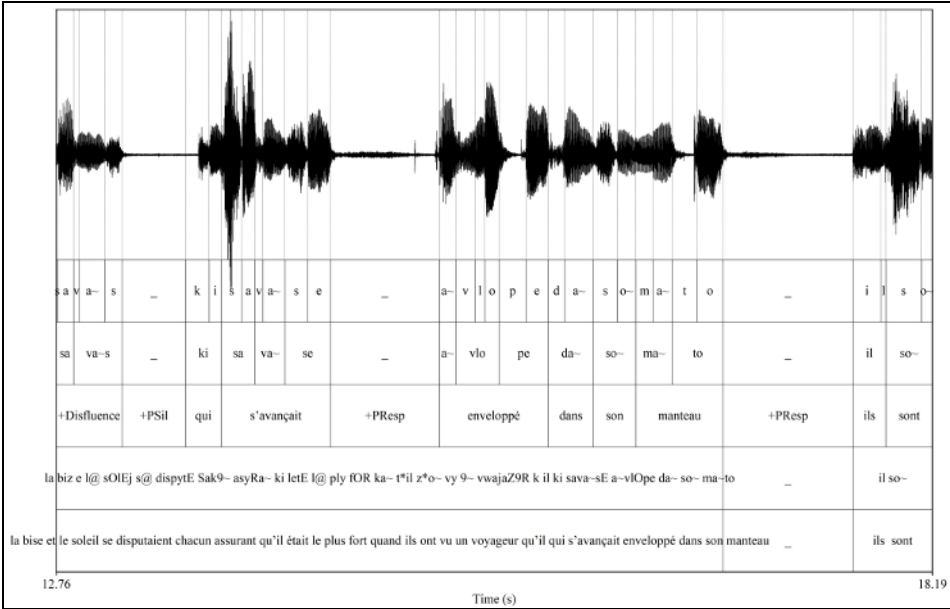


Fig. 2. Segmentation des pauses respiratoires (PResp) et silencieuses (PSil) à l’aide du logiciel Praat.

Nous avons annoté les disfluences. Sous ce terme, nous comprenons l’allongement vocalique des syllabes non accentuées, la présence d’éléments phrastiques tels que « euh » ou « hum », les répétitions de sons, de syllabes ou de mots, les faux-départs ou encore les phénomènes d’auto-correction (Pallaud & Bertrand, 2020). L’annotation des disfluences a été réalisée à titre informatif, afin d’étudier leur éventuelle cooccurrence avec les

inspirations. En conséquence, nous n'en tenons pas compte dans l'analyse de la fréquence et la durée des pauses.

En raison de la forte variabilité inter-individuelle, nous avons fait le choix de ne pas imposer de seuil minimum de durée des pauses. Toutefois, nous excluons la durée consonantique de nos analyses. Nous estimons cet intervalle temporel à partir de la durée du silence moyenne des occlusives intersegmentales produites par un même locuteur. Concernant les occlusives suivant directement la pause, nous déduisons la durée moyenne de la tenue consonantique de la durée totale de la pause.

Nous avons procédé à l'étiquetage syntaxique des pauses à partir de la méthode de Tanguy et *al.* (2012). Suivant sa méthodologie, nous avons ajouté aux tires déjà existante une nouvelle tire (+UR) sur laquelle nous avons segmenté les unités de rection. Nous considérons ces unités sous le nom de *constituants syntaxiques majeurs*. Au même niveau, nous avons délimité les marqueurs discursifs. Sur une nouvelle tire +*Séquence*, nous avons décomposé les unités majeures en séquences, catégorisées selon leur fonction : séquence sujet, séquence verbale, séquence objet et séquence régie. Nous les considérons comme les *constituants syntaxiques mineurs*. Les pauses internes aux constituants mineurs sont annotées sous l'étiquette *intra séquence*.

3 Résultats

Nous avons procédé aux analyses statistiques à l'aide du logiciel RStudio (version 3.5.1, 2018). Le seuil de significativité est : $p < 0,05$. L'indice de significativité des durées a été calculé à l'aide du U-test de Wilcoxon, ces variables ne suivant pas une loi normale. Afin d'étudier la variabilité des mouvements inspiratoires, nous avons mené une analyse de variance multiple (anova) selon les facteurs suivants : la localisation syntaxique et l'âge des locuteurs.

3.1 Analyse des pauses respiratoires

3.1.1 Cooccurrence des pauses respiratoires et silencieuses en fonction de leur localisation syntaxique

La première partie de notre travail est consacrée à la distribution syntaxique des pauses respiratoires et silencieuses ainsi qu'à leur fréquence d'occurrence.

Au regard de l'analyse de la distribution des pauses, tous locuteurs confondus, nous constatons que les pauses respiratoires (PR) sont significativement plus nombreuses que les intervalles silencieux (PS) (PR=68,49 % des pauses ; PS=31,51% des pauses).

Une certaine disparité apparaît quant à la fréquence des pauses en fonction de leur position syntaxique (voir figure 3 & tableau 1 plus bas). Les pauses situées aux frontières des constituants majeurs sont essentiellement respiratoires (PR=33,94%). À l'intérieur des segments, nous remarquons un plus grand nombre de pauses silencieuses que respiratoires (PR=5,63% et PS=11,11%). Ces pauses d'hésitation sont généralement liées à des erreurs de décodage (Lalain et *al.*, 2012). Parmi ces pauses, une a été identifiée à l'intérieur d'un mot. Nous remarquons également la présence de pauses respiratoires à l'intérieur des syntagmes. La majorité de ces pauses inter-séquences sont isolées (25,96%) tandis que 5,77% d'entre elles sont associées à une disfluente. En revanche, les silences ont tendance à être plus souvent associés à une disfluente (34,62%) qu'isolées (33,65%).

Si les silences constituent un nombre inférieur de pauses, nous constatons qu'ils sont plus présents aux frontières des constituants mineurs.

Un grand nombre de ces pauses est dédiée à la prise de souffle. Si les locuteurs ont recours à la pause uniquement pour marquer les unités syntaxiques, ils mobilisent généralement ces intervalles pour inspirer. L’incidence linguistique n’est pas majoritaire.

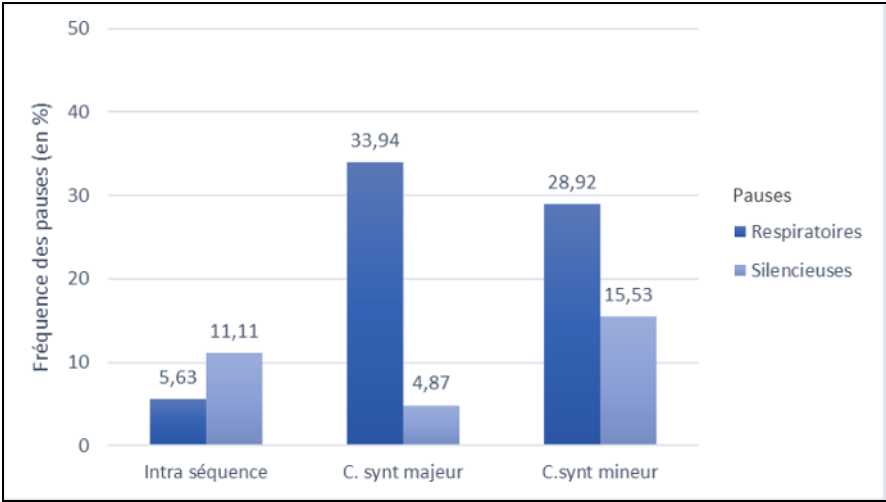


Fig. 3. Fréquence des pauses respiratoires et silencieuses en fonction de leur localisation syntaxique (en %).

Tableau 1. Nombre de pauses respiratoires et silencieuses en fonction de leur localisation syntaxique.

	Intra séquences	C. syntaxiques majeurs	C. syntaxiques mineurs	Total
Respiratoires	37	223	190	450
Silencieuses	73	32	102	207
Total	110	255	292	657

3.1.2 *Durée des pauses en fonction de la localisation syntaxique*

La figure 4 représente les durées des pauses respiratoires et silencieuses selon leur position au sein des énoncés et du discours.

Conformément aux données attestées dans la littérature, la durée moyenne des pauses respiratoires, tous locuteurs confondus, est significativement plus élevée que celle des intervalles silencieux, et ce, quelle que soit la localisation syntaxique ($p=0,00847$).

Les pauses respiratoires ont tendance à être plus longues lorsqu’elles sont situées aux extrémités des constituants majeurs (constituants majeurs=0,699 sec, constituants mineurs =0,514 sec). Nous remarquons également que les pauses respiratoires sont plus longues à l’intérieur des constituants (0,587 sec) qu’entre deux constituants mineurs, bien que cette différence ne soit pas significative ($p=0,543$). Cet allongement peut résulter d’une combinaison de la pause respiratoire à une hésitation nécessitant une activité de décodage.

La durée des pauses silencieuses reste relativement stable quelle que soit leur position par rapport aux unités syntaxiques (intra-syntagme=0,327 sec ; entre constituants majeurs=0,336 sec ; entre constituants mineurs=0,264 sec).

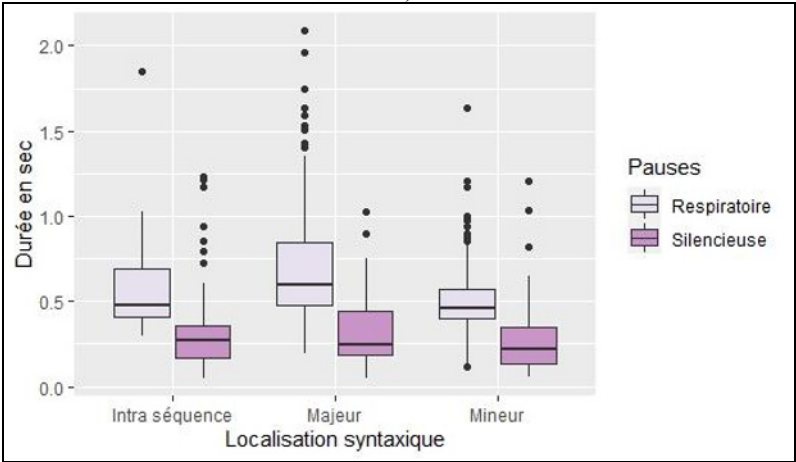


Fig. 4. La durée (en sec) des pauses respiratoires et silencieuses en fonction de la localisation syntaxique : nombre d’occurrence en intra-séquence : PResp = 37, PSil = 73 ; nombre d’occurrence en majeur : PResp = 223, PSil = 32 ; nombre d’occurrence en mineur = PResp = 190, PSil = 102.

Afin d’explorer l’organisation des mouvements respiratoires dans le discours, nous nous sommes intéressés à la durée des mouvements inspiratoires au sein des pauses respiratoires (figure 5). Nous tentons de voir si la structure syntaxique a une incidence sur l’organisation même des mouvements respiratoires.

Rappelons que la majorité des inspirations ont lieu aux frontières des constituants majeurs (223 pauses), 190 d’entre elles ont été recensées aux extrémités des constituants mineurs et 37 ont été réalisées à l’intérieur d’une séquence.

L’inspiration a tendance à être plus longue lorsqu’elle est réalisée aux frontières des unités majeures (0,479 sec) que celles produites entre des segments (0,282 sec) ou à l’intérieur de ces derniers (0,398 sec), bien que cette différence ne soit pas significative ($p=0,248$). Nous constatons également une variabilité plus importante de la durée inspiratoire entre deux unités de rection.

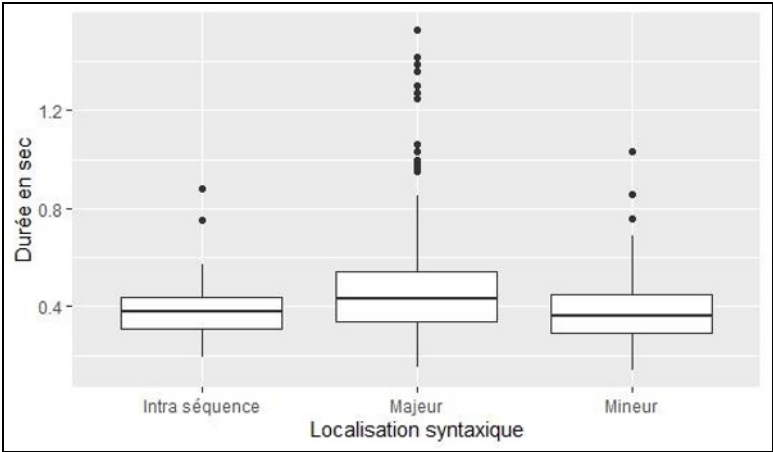


Fig. 5. La durée (en seconde) de l’inspiration durant les pauses respiratoires en fonction de leur localisation syntaxique.

3.1.3 Amplitude inspiratoire en fonction de la localisation syntaxique

L’amplitude des mouvements inspiratoires, tous locuteurs confondus, a tendance à être plus élevée lorsque la prise de souffle est localisée aux frontières des constituants majeurs (tableau 2). Nous observons une grande disparité de l’amplitude inspiratoire en fonction du déplacement maximal, quelle que soit sa localisation syntaxique. Cela résulte de la forte variabilité inter et intra-locuteurs (figure 6).

L’amplitude est moins élevée lorsqu’elle est située à l’intérieur des segments et présente un taux de variation moins important, pouvant s’expliquer par un nombre d’occurrences plus faible. Toutefois, la localisation syntaxique n’a pas d’incidence significative sur l’amplitude inspiratoire ($p=0,087$).

En outre, la variabilité de l’amplitude des prises de souffle observée n’est pas liée à l’âge des locuteurs ($p=0,552$).

Tableau 2. Valeurs des amplitudes inspiratoires moyennes, minimum et maximum en fonction de la localisation syntaxique, exprimées en %MD (pourcentage par rapport au déplacement maximal).

	Intra séquence	Constituants majeurs	Constituants mineurs
Amplitude moyenne	29.227 %MD	38.629 %MD	36.330 %MD
Amplitude minimum	3.110 %MD	1.599 %MD	3.845 %MD
Amplitude maximum	50.878 %MD	118.183%MD	84.169 %MD

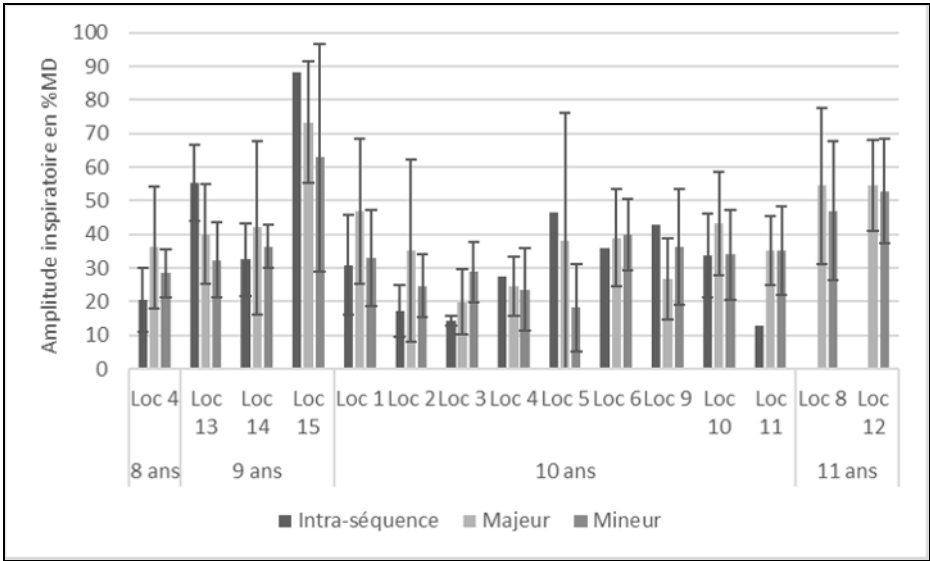


Fig. 6. Amplitude inspiratoire en pourcentage par rapport au déplacement maximal (%MD) en fonction de la localisation syntaxique et des locuteurs, répartis selon l’âge.

3.2 Description des groupes de souffle

Afin de mieux comprendre certains phénomènes inspiratoires, étant donné la relation étroite entre la gestion de la prise de souffle et de la longueur de l'énoncé suivant, nous allons procéder à une brève description des groupes de souffle.

La durée moyenne des groupes de souffle, tous locuteurs confondus, est de 2,44 sec. Toutefois, nous remarquons une certaine variabilité inter-individuelle. En revanche, les groupes de souffle intra-individuels sont généralement réguliers. Nous constatons que certains locuteurs débutent la lecture en réalisant un groupe de souffle assez long, d'une durée comprise entre 5 et 7 secondes, avant de revenir à des cycles respiratoires plus constants.

Nos participants produisent en moyenne 11,21 syllabes par groupe. Si nous ne constatons pas de grande disparité dans la répartition des syllabes selon les âges, le locuteur âgé de 8 ans réalise un nombre de syllabes significativement inférieur à la moyenne (7,75 syllabes par groupe). Cependant, cela semble davantage lié à des problèmes de fluences durant la lecture.

4 Discussion

L'analyse de différents événements respiratoires selon leur localisation syntaxique a permis de montrer certaines spécificités des patterns propres à l'enfant.

Tandis que l'adulte tend à produire plus de pauses silencieuses que de pauses respiratoires en lecture (Fauth et *al.*, 2018), le phénomène inverse est observé chez l'enfant. En effet, ces derniers exploitent majoritairement les pauses afin de reprendre leur souffle plus régulièrement. Le fait que ces pauses, respiratoires et silencieuses, soient en grande partie produites aux frontières de constituants syntaxiques indique qu'ils sont conscients de la structure sous-jacente de la langue et respectent la ponctuation et les relations logiques entre les différentes unités.

Les pauses non syntaxiques, situées à l'intérieur des constituants mineurs, ont suscité notre attention. Ces pauses, en principe peu présentes en parole lue, sont conséquentes à une erreur ou de décodage. Nous avons constaté que dans un grand nombre de cas, ces pauses internes aux constituants syntaxiques suivaient des disfluences. Dans notre étude, il s'agissait soit d'un faux-départ, soit d'une erreur suivie d'une auto-correction. La présence de ces pauses suivant la disfluence reflète l'activité cognitive consacrée au décodage de la suite de la chaîne parlée. Le fait que des inspirations puissent être localisées à cet endroit révèle que ce temps peut être exploité tant à des fins physiologiques que cognitives.

Nous remarquons la présence de pauses respiratoires à des endroits relativement inattendus, notamment entre le syntagme nominal sujet et le syntagme verbal, ou encore entre la préposition introduisant le syntagme prépositionnel et le syntagme nominal le composant.

Un comportement respiratoire « atypique » est observé chez trois de nos locuteurs. Ces derniers commencent leur lecture par un groupe de souffle assez long (entre 5 et 7 secondes ; durée moyenne des groupes de souffle=2,44 sec). Ce phénomène nous a interpellé dans la mesure où ce groupe comprend le titre du texte et le début de la première unité syntaxique maximale. Il est attendu que le locuteur marque une pause entre le titre et le premier énoncé du texte. Ce comportement a notamment été observé chez le locuteur pratiquant un instrument à vent.

Nous constatons chez l'un de nos locuteurs la présence d'inspirations allant au-delà du volume courant habituel. Ce dernier réalise des mouvements inspiratoires supérieurs au déplacement maximal estimé, puisant dans son volume de réserve inspiratoire (VRI). Il est intéressant de constater que ces inspirations correspondent aux frontières de constituants majeurs. Dans cette condition, elles sont suivies d'un groupe de souffle relativement long,

d'une durée de 7 à 9 secondes, contenant environ 32 syllabes alors que le nombre moyen de syllabes par groupe, tous locuteurs confondus, est de 11,21 syllabes. En outre, les unités syntaxiques comprises dans ces groupes sont marquées par des pauses silencieuses correspondant à la ponctuation du texte. Le locuteur a produit un effort important, puisant dans son volume de réserve, afin de produire un énoncé qui, par sa ponctuation, permettait la prise de souffle à intervalle régulier.

Nos résultats témoignent d'une forte variabilité inter et intra-individuelle de l'amplitude inspiratoire. Les variations interindividuelles pourraient être le résultat de stratégies individuelles différentes. Elles pourraient également être consécutives à des variations d'intensité tout au long de la phonation et entre les locuteurs, celle-ci ayant une tendance à être corrélée avec l'amplitude inspiratoire, comme nous avons pu l'observer dans une étude pilote que nous avons menée. Par ailleurs, la variabilité observée au sein des productions d'un même locuteur serait potentiellement induite par la nature des sons composant le groupe de souffle, conformément aux résultats de Russell & Stathopoulos (1988). L'incidence de ces facteurs sur l'amplitude respiratoire nécessiterait d'être davantage étudiée lors de la poursuite de ces travaux.

Nous relevons la présence de ce que Weston (2019) appelle *micro-inspiration*. Il s'agit d'inspiration dont les courbes respiratoires sont « inférieures ou égales à la moitié d'une inspiration complète ». Celles-ci apparaissent soit aux endroits prévus par la syntaxe, suivant les rapports logiques entre les unités du discours, ce qui représente la majeure partie des cas, soit après une disfluente. Lorsqu'elle est réalisée suivant la syntaxe, deux cas de figures ont émergé. Dans un premier temps, la micro-inspiration est isolée et, dans ce cas, elle sera suivie d'un groupe de souffle de courte durée. Il arrive parfois qu'elle soit réalisée à proximité d'une inspiration normale. Dans le second cas de figure, la micro-inspiration est suivie d'une ou plusieurs autres micro prises de souffle.

En conclusion, l'organisation temporelle de la respiration chez l'enfant s'adapte à la structure linguistique du texte, les pauses respiratoires correspondant majoritairement aux frontières de constituants syntaxiques. Si certaines pauses apparaissent au sein des syntagmes, cela résulte d'erreurs de décodage. L'absence de corrélation positive entre certains événements respiratoires et la localisation syntaxique tend à montrer que le modèle respiratoire chez l'enfant n'a pas encore atteint une certaine maturité. Par ailleurs, nous constatons une forte variabilité inter et intra-individuelle dans la gestion spatio-temporelle respiratoire.

Références bibliographiques

- Boersma, P., & Weenink, D. (2017). *Praat: Doing phonetics by computer* (6.0.36). [Computer software].
- Boliek, C.A., Hixon, T.J., Watson, P.J., & Jones, P.B. (2009). Refinement of Speech Breathing in Healthy 4- to 6-Year-Old Children. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 52(4), 900-1007.
- Conrad, B., Thalacker, S., & Schönle, P. (1983). Speech Respiration as an Indicator of Integrative Contextual Processing. *Folia Phoniatrica*, 35(5), 220-225.
- Di Cristo, A. (2013). *La prosodie de la parole*. Louvain-la-Neuve : De Boeck.
- Esposito, A., Marinaro, M., & Palombo, G. (2004). Children speech pauses as markers of different discourse structures and utterance information content. *From Sound to Sens: 50+ Years of Discoveries in Speech Communication*, MIT.
- Fauth, C., Duchemin, A., Vaxelaire, B., & Sock, R. (2018). Perturbations de l'organisation temporelle de la parole suite à un effort physique. *XXXII^{es} Journées d'Études sur la parole*, 240-248.

- Fuchs, S., Petrone, C., Krivokapić, J., & Hoole, P. (2013). Acoustic and respiratory evidence for utterance planning in German. *Journal of Phonetics*, 41(1), 29-47.
- Goldman, J.-P. (2011). EasyAlign : An automatic phonetic alignment tool under Praat. *Interspeech 2011*, 3233-3236.
- Grosjean, F., & Collins, M. (1979). Breathing, pausing and reading. *Phonetica*, 36(2), 98-114.
- Grosjean, F., Grosjean, L., & Lane, H. (1979). The patterns of silence : Performance structures in sentence production. *Cognitive Psychology*, 11(1), 58-81.
- Grosman, I., Simon, A.-C., & Degand, L. (2018). Variation des pauses silencieuses : Impact de la syntaxe, du style de parole et des disfluences. *Langages*, 211, 13-41.
- Hirsch, F., & Dodane, C. (Eds) (2018). Organisation spatiale et temporelle des pauses en parole et en discours. *Langages*, 211, Armand Colin.
- Hixon, T.J., Goldman, M.D., & Mead, J. (1973). Kinematics of the Chest Wall during Speech Production: Volume Displacements of the Rib Cage, Abdomen, and Lung. *Journal of Speech and Hearing Research*, 16(1), 78-115.
- Hoit, J.D., Hixon, T.J., Watson, P.J., & Morgan, W.J. (1990). Speech Breathing in Children and Adolescents. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 33(1), 51-69.
- Lalain, M., Mendonca-Alves, L., Espesser, R., Ghio, A., Looze, C.D., & Reis, C. (2012). Lecture et prosodie chez l'enfant dyslexique, le cas des pauses. *XXIX^{es} Journées d'Études sur la Parole*, 41-48.
- Pallaud, B., & Bertrand, R. (2020). Auto-interruptions et disfluente à l'oral. C'étaient euh tu vois complètement loufoque comme si ouais euh comme situation. *Manuel de pausologie, Recueil de recherches sur la parole et le discours*, Paris : L'Harmattan, 21-47.
- Rochet-Capellan, A., & Fuchs, S. (2013). Changes in breathing while listening to read speech: The effects of reader and speech mode. *Frontiers in Psychology*, 4, 906.
- Russel, N.K., & Stathopoulos, E. (1988). Lung volume changes in children and adults during speech production. *Journal of Speech and Hearing Research*, 31(2), 146-155.
- Tanguy, N., Van Damme, T., Degand, L., & Simon, A.-C. (2012). « Périphérie gauche des unités de discours »-Protocole de codage syntaxique. Document de travail.
- Wang, Y.-T., Green, J.R., Nip, I.S.B., Kent, R.D., & Kent, J.F. (2010). Breath Group Analysis for Reading and Spontaneous Speech in Healthy Adults. *Folia Phoniatrica*, 62(6), 297-302.
- Weston, H. (2019). Proposal for a novel analysis of the organization of breath pauses, silent pauses and speech intervals in spontaneous speech. *SEFOS 2019 – Breathing, Pausing, and Voice*, 41-43.
- Winkworth, A.L., Davis, P.J., Adams, R.D., & Ellis, E. (1995). Breathing Patterns During Spontaneous Speech. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 38(1), 124-144.
- Winkworth, A.L., Davis, P.J., Ellis, E., & Adams, R.D. (1994). Variability and Consistency in Speech Breathing During Reading. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 37(3), 535-556.