



Université Lille 2
Droit et Santé



Institut d'Orthophonie
Gabriel DECROIX

MEMOIRE

En vue de l'obtention du
Certificat de Capacité d'Orthophonie
présenté par :

Guillemette du CREST et Marion CHEVIGNON

soutenu publiquement en juin 2014 :

**Etude de l'évolution, en fonction de l'âge, du
temps maximum phonatoire et du rapport
S/Z chez une population d'enfants âgés de
3 à 10 ans**

MEMOIRE dirigé par :

Marie ARNOLDI, Orthophoniste, CHRU Claude HURIEZ, LILLE

Lille – 2014

Remerciements

Nous tenons à remercier Madame Arnoldi d'avoir encadré notre mémoire ainsi que Madame Dumesnil, pour les précieux conseils qui nous ont été apportés.

Un grand merci également à l'Education Nationale et à ses représentants : Monsieur C. Wassenberg, Directeur académique des services de l'Éducation Nationale du Nord, Madame M.-A. Luciani et Monsieur J. Lagache, Inspecteurs de l'Éducation Nationale en charge de circonscriptions lilloises et Monsieur Quere, Inspecteur de l'Éducation Nationale en charge de la circonscription de Sartrouville, pour nous avoir autorisé à intervenir dans les écoles.

Madame Rastavan, Monsieur Walquemanne, Monsieur Lestamps et Monsieur Dernoncourt, respectivement directrice et directeurs des écoles maternelles et élémentaires André, Ampère, Jean Jaurès et Michelet à Lille et Madame Zanon et Madame Annot, directrices des écoles maternelles Danielle Casanova et Paul Langevin à Sartrouville, ainsi que le personnel enseignant, ont toute notre reconnaissance pour leur accueil et leur investissement.

Un merci tout particulier à tous les enfants, les petits comme les grands, qui ont accepté de jouer le jeu lors de nos interventions et à leurs parents pour avoir autorisé leur participation.

Tous nos remerciements vont également à Patricia et Pascaline pour leur investissement et leur aide dans les démarches et l'analyse au cours de cette année passée à travailler sur notre mémoire.

Enfin, un grand merci à tout notre entourage pour son soutien pendant la réalisation de ce mémoire.

Résumé :

Lors du bilan vocal de l'enfant, pour les épreuves du Temps Maximum Phonatoire et du rapport S/Z, on utilise l'étalonnage de l'adulte. Le but de notre étude a été de montrer que l'enfant n'est pas capable de produire les mêmes performances que l'adulte et donc qu'un étalonnage spécifique lui serait nécessaire. C'est pourquoi nous avons fait passer ces épreuves à 247 enfants français âgés de 3 à 10 ans qui ne présentaient pas de trouble vocal apparent. Pour cela nous avons enregistré le temps d'émission maximum des sons /a/, /s/ et /z/ à trois reprises et avec des consignes adaptées à leur âge. Les données obtenues ont montré une augmentation du Temps Maximum Phonatoire avec l'âge ainsi que des résultats moins élevés que chez l'adulte. En revanche, les résultats individuels observés pour le rapport S/Z ont été très hétérogènes. Au vu des différents résultats obtenus, on peut donc dire qu'il semble important de créer un étalonnage spécifique à l'enfant pour l'épreuve du Temps Maximum de Phonation, mais qu'étant donné les résultats peu analysables de l'épreuve du rapport S/Z, celle-ci ne semble pas être pertinente dans le bilan vocal de l'enfant.

Mots-clés :

Orthophonie – Voix – Recherche – Enfant (de 0 à 12 ans) – Temps Maximum Phonatoire – Rapport S/Z

Abstract :

In the child's vocal assessment, the professionals are used to take the adults' results as normative in regard of the Maximum Phonation Time and the S/Z ratio. The purpose of our study was to point the differences in the performances between children and adults and therefore the importance of a specific calibration for children. That's why we carried out these tests on 247 children aged from 3 to 10 years old without any apparent vocal disorder. In that purpose, we recorded the maximum phonation times of the sounds /a/, /s/ and /z/ (three times each) with instructions adapted to the children's age. The obtained data showed an increase in the Maximum Phonation Time with age and lower results than those from the adults. However, the S/Z ratio's individual results were very heterogeneous. In view of the different results, the establishment of a specific calibration for the children seems

evident for the Maximum Phonation Time. On the other hand, the results of the S/Z ratio are not analyzable enough, so it doesn't seem to be relevant in the child's vocal assessment.

Keywords :

Speech therapy – Voice – Study – Child – Maximum Phonation Time – S/Z ratio

Table des matières

Introduction	1
Contexte théorique, buts et hypothèses	3
1.Rappels anatomiques.....	4
1.1.La voix.....	4
1.2.Structures anatomiques de l'appareil vocal et mécanismes physiologiques de la voix chez l'adulte.....	4
1.2.1.L'appareil respiratoire.....	4
1.2.2.Le larynx.....	5
1.2.2.1.Structure anatomique.....	5
1.2.2.1.1.Squelette cartilagineux.....	6
1.2.2.1.2.Musculature.....	6
1.2.2.1.3.Les plis vocaux.....	8
1.2.2.1.4.Innervation et vascularisation.....	9
1.2.2.2.Physiologie du larynx.....	9
1.2.3.Les cavités de résonance.....	10
1.2.3.1.Le pharynx.....	10
1.2.3.2.La cavité buccale.....	11
1.3.Évolution des organes participant à la production vocale de la naissance à l'âge adulte.....	11
1.3.1.L'appareil respiratoire.....	11
1.3.2.Le larynx.....	12
1.3.2.1.Évolution topographique.....	12
1.3.2.2.Évolution morphologique.....	12
1.3.2.3.Évolution histologique.....	13
1.3.3.Les cavités de résonance.....	13
1.3.4.Autres éléments.....	14
1.4.Comparaison des structures anatomiques de l'appareil vocal chez l'adulte et chez l'enfant.....	14
1.4.1.L'appareil respiratoire.....	14
1.4.2.Le larynx.....	16
1.5.Les atteintes de la voix.....	16
2.Le bilan orthophonique de la voix.....	18
2.1.Généralités.....	18
2.1.1.L'anamnèse.....	18
2.1.2.L'analyse du geste vocal.....	18
2.1.3.Les épreuves et tâches proposées.....	19
2.1.3.1.Les épreuves subjectives.....	19
2.1.3.2.Les épreuves objectives.....	21
2.2.Le Temps Maximum Phonatoire (TMP).....	21
2.3.Le rendement vocal (ou rapport S/Z).....	22
3.Hypothèses.....	24
Sujets, matériel et méthode	25
1.Les démarches.....	26
1.1.Recrutement des sujets.....	26
1.2.Recherche de la méthode.....	26
2.La passation des épreuves.....	28
2.1.Les sujets.....	28
2.2.Le matériel.....	28
2.3.Les consignes de passation.....	29
Résultats	31

1.Rappels sur la population étudiée.....	32
2.Résultats de l'étude sur le temps maximum phonatoire (TMP).....	34
2.1.Répartition des résultats.....	34
2.2.Analyse en fonction du sexe.....	35
2.3.Analyse en fonction de l'âge.....	35
2.3.1.Analyse globale.....	35
2.3.2.Moyenne du TMP, écart-type et intervalle de confiance.....	36
2.3.2.1.Moyenne du Temps Maximum Phonatoire et écart-type.....	36
2.3.2.2.Intervalle de confiance.....	37
2.4.Synthèse	39
3.Résultats de l'étude sur le rapport S/Z.....	40
3.1.Répartition des résultats.....	40
3.2.Analyse en fonction du sexe.....	41
3.3.Analyse en fonction de l'âge.....	41
3.3.1.Analyse globale.....	41
3.3.2.Moyenne du rapport S/Z et intervalle de confiance.....	42
3.3.2.1.Moyenne du rapport S/Z.....	42
3.3.2.2.Intervalle de confiance.....	43
3.4.Synthèse	44
Discussion.....	45
1.Rappel des résultats.....	46
1.1. Le Temps Maximum Phonatoire.....	46
1.2. Le rapport S/Z.....	46
2.Eléments théoriques.....	47
2.1.A propos de l'enfant.....	47
2.2.Le Temps Maximum Phonatoire.....	47
2.3.Le rapport S/Z.....	47
2.4.Recherches bibliographiques.....	48
3.Sujets, matériel et méthode	49
3.1.Recrutement de la population.....	49
3.2.Matériel utilisé.....	49
3.3.Méthode.....	50
3.3.1.Choix du nombre de passations.....	50
3.3.2.Consignes.....	50
3.3.3.Lieux de passation.....	51
4.Résultats.....	52
4.1. Interprétation statistique des résultats.....	52
4.2. Le Temps Maximum Phonatoire.....	52
4.3. Le rapport S/Z.....	53
4.4. Comparaison de nos résultats avec ceux d'une étude brésilienne (Tavares et al., 2012).....	54
5.Hypothèses.....	56
Conclusion.....	57
Bibliographie.....	59
Liste des annexes.....	62
Annexe n°1 : Données recueillies.....	63
Annexe n°2 : Dessins utilisés lors des passations.....	63
Annexe n°3 : Test de Student pour TMP.....	63
Annexe n°4 : Test de Student pour le rapport S/Z.....	63

Introduction

Dans le cadre du diagnostic des pathologies vocales, différentes épreuves sont utilisées indifféremment pour les adultes et les enfants. Cependant, elles ne prennent pas réellement en compte les différences qui existent entre eux puisque les étalonnages utilisés pour les adultes sont également appliqués aux enfants.

En partant de ce constat, nous avons choisi de nous pencher sur deux épreuves, le Temps Maximum Phonatoire et le rapport S/Z, qui permettent d'obtenir des informations importantes dans le diagnostic des pathologies vocales. Notre objectif sera de montrer que les enfants n'ont pas les mêmes capacités que les adultes, et donc qu'un étalonnage spécifique à cette population est nécessaire.

Nous commencerons par aborder la partie théorique dans laquelle nous exposerons les principales connaissances scientifiques concernant la voix, le larynx et les épreuves du bilan vocal, puis nous expliquerons le cadre pratique de la passation des épreuves et nous finirons par une présentation des résultats obtenus dont nous discuterons ensuite.

Contexte théorique, buts et hypothèses

1. Rappels anatomiques

1.1. La voix

D'après Brin-Henry *et al.* (2004), la voix se définit, de façon générale, comme le « souffle sonorisé par le larynx, amplifié et modulé par les cavités de résonance sus-laryngées, ayant toutes les caractéristiques du son : hauteur ou fréquence ou registre (voix haute, aiguë, ou basse, grave), intensité (voix forte ou faible), timbre ou fourniture harmonique (voix sourde ou stridente, claire ou sombre), modulation (voix monocorde ou modulée), rythme, débit ou vitesse d'émission. »

Pour Cornut (2009), « la voix représente essentiellement le support acoustique de la parole », car elle permet de produire les sons. Cette dernière est définie par Corpelet *et al.* (1999) comme étant « au langage oral ce que l'écriture est au langage écrit. Par une succession de sons placés dans un ordre déterminé, un sens va pouvoir être donné aux vocalisations ; tous ces signes sonores constitutifs de la parole ont reçu le nom de signifiants », ce qui correspond au nom de l'objet.

1.2. Structures anatomiques de l'appareil vocal et mécanismes physiologiques de la voix chez l'adulte

1.2.1. L'appareil respiratoire

Selon Le Huche *et al.* (2001), la voix peut être considérée comme une expiration sonorisée. Ainsi lorsque nous respirons au repos, les muscles inspireurs permettent de remplir les poumons qui se vident ensuite par le relâchement de ces muscles. L'expiration est alors passive. Cependant, lorsque nous parlons, l'expiration est active puisque les poumons se vident grâce aux muscles expirateurs. On parle alors de « souffle phonatoire ».

Avant de produire le souffle phonatoire, il est généralement nécessaire de prendre une inspiration, car celle-ci est indispensable pour pouvoir vocaliser. Ceci est possible grâce aux muscles inspireurs dont le principal est le diaphragme, qui est

une épaisse cloison musculaire en forme de dôme. Cependant il n'a pas seulement un rôle dans l'inspiration, puisqu'il permet également de contrôler la durée, le débit et la pression de l'air lors de la production vocale.

Ainsi, lors de l'inspiration, l'air rentre par la cavité nasale et/ou buccale, passe par la trachée pour entrer dans les poumons où il pénètre ensuite dans les bronches, elles-mêmes divisées en bronches secondaires puis en bronchioles pour enfin arriver dans les alvéoles pulmonaires. Lors de l'expiration, l'air réalise le parcours inverse pour arriver au niveau du larynx avec une pression et une vitesse adaptée à la production vocale que l'on souhaite réaliser.

1.2.2. Le larynx

1.2.2.1. Structure anatomique

Le larynx est un conduit cylindrique rétréci en son milieu, au niveau des plis vocaux, ayant une armature fibro-musculo-cartilagineuse recouverte de muqueuse. Il est situé en arrière du pharynx, à l'extrémité supérieure du tube trachéal et il est surplombé par la base de langue.

Il est divisé en trois étages par les deux plis vocaux :

- la région sus-glottique (ou supra-glottique),
- l'étage glottique (au niveau des plis vocaux),
- la région sous-glottique (ou infra-glottique).

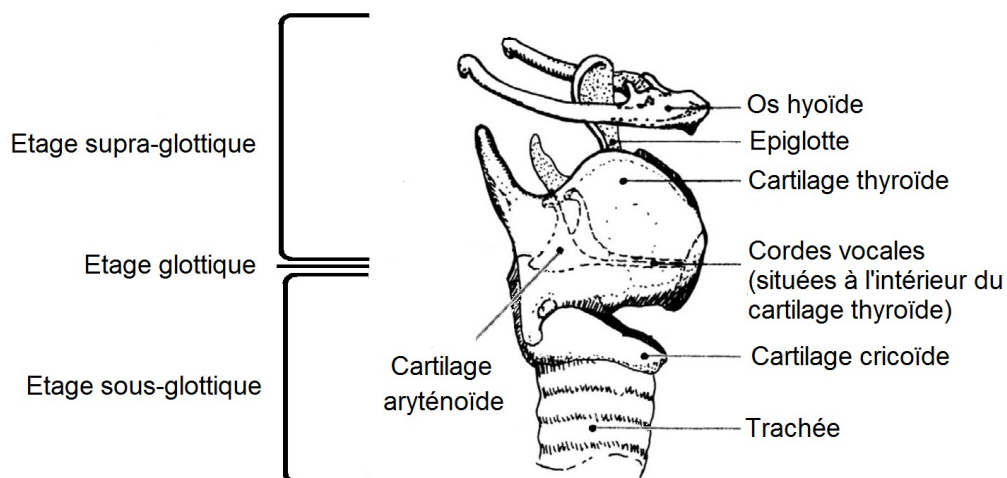


Figure 1 : Le larynx

D'après Gillie-Guilbert C. (2001), p.8

1.2.2.1.1. Squelette cartilagineux

La structure cartilagineuse du larynx est composée de trois cartilages de soutien (les cartilages thyroïdien, cricoïdien et épiglottique) et de deux cartilages mobiles (les cartilages aryténoïdiens) qui constituent l'armature du larynx.

Le cartilage cricoïde a une forme d'anneau dont le bord supérieur est plus élevé en arrière (Corpelet *et al.*, 1999). Les ligaments vocaux sont insérés sur les cartilages aryténoïdes qui permettent la mobilité des plis vocaux. Ils ont une forme tétraédrique et se situent au-dessus et en arrière du cartilage cricoïde. Le cartilage thyroïde se trouve au-dessus et en avant du cartilage cricoïde et sa partie frontale correspond à la pomme d'Adam.

Enfin, l'épiglotte surmonte le tout. Ce cartilage à une forme de lame oblique, ressemblant à une sorte de « clapet » qui se rabat au-dessus du larynx afin de le protéger et d'éviter les fausses routes lors de la déglutition (Le Huche *et al.*, 2001).

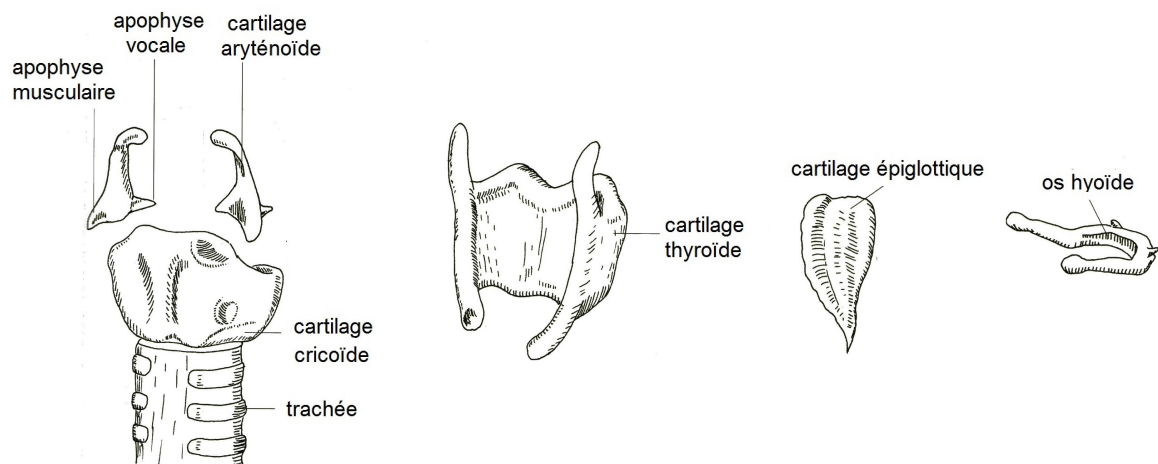


Figure 2 : Les cartilages du larynx

D'après Brin-Henry *et al.* (2004), encart p.17

1.2.2.1.2. Musculature

Le bon fonctionnement du larynx est également assuré par sa musculature qui est composée de muscles extrinsèques et intrinsèques.

La musculature extrinsèque permet de fixer le larynx au squelette avoisinant, notamment à l'os hyoïde, et est constituée des muscles élévateurs et abaisseurs du larynx.

La musculature intrinsèque (qui comprend les plis vocaux) a un rôle différent, puisqu'elle relie les cartilages entre eux et permet la production vocale. On y distingue trois groupes de muscles, les deux premiers correspondant aux muscles adducteurs et le troisième aux muscles abducteurs.

Le premier groupe concerne les muscles constricteurs. On y trouve le muscle inter-aryténoïdien (ou aryténoïdien transverse) qui rapproche les cartilages aryténoïdes, les deux muscles crico-aryténoïdiens latéraux qui permettent de rapprocher les cordes vocales l'une de l'autre et les deux muscles thyro-aryténoïdiens qui raccourcissent les plis vocaux et permettent de fermer le vestibule du larynx.

Le deuxième groupe est composé des muscles tenseurs. On y trouve les deux muscles crico-thyroïdiens qui tendent les plis vocaux et les deux muscles vocaux (ou thyro-aryténoïdiens inférieurs ou internes) qui ont un rôle de tension des plis vocaux et de constriction de la glotte.

Enfin, le troisième groupe concerne les muscles dilatateurs de la glotte, c'est-à-dire les deux muscles crico-aryténoïdiens postérieurs qui permettent de dilater la glotte et d'écarter les cordes vocales.

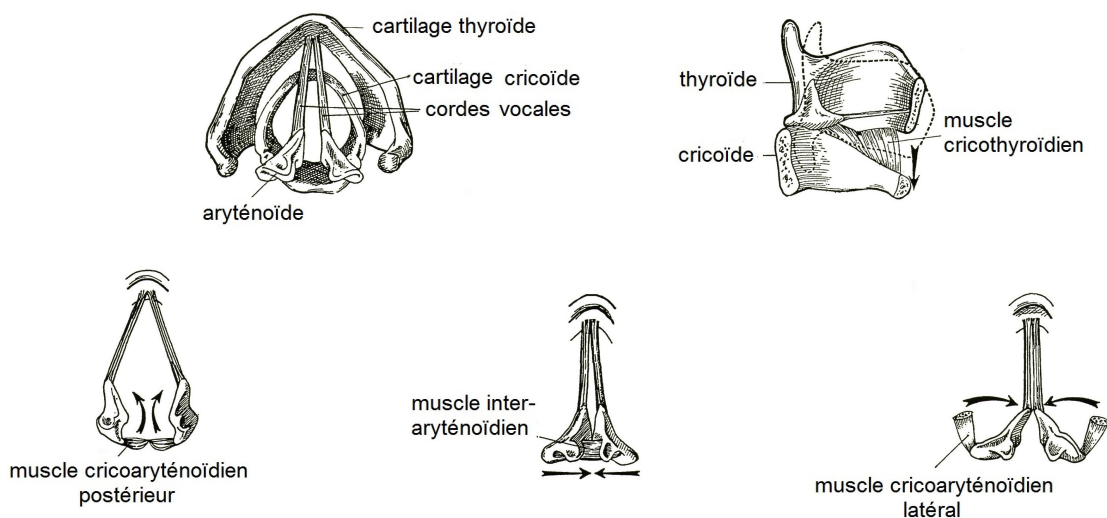


Figure 3 : La musculature intrinsèque du larynx

D'après Brin-Henry *et al.* (2004), encart p.18

1.2.2.1.3. Les plis vocaux

Les plis vocaux sont situés à l'intérieur du larynx, au niveau de la glotte, qui correspond à l'espace laissé par les plis vocaux lorsqu'ils sont écartés l'un de l'autre. Ce sont deux replis muqueux horizontaux (ressemblant à deux lèvres) situés au-dessous des bandes ventriculaires. Les plis vocaux se rejoignent sur la commissure antérieure du larynx et s'étendent de la partie postérieure du cartilage thyroïde à l'apophyse vocale des cartilages aryénoïdes.

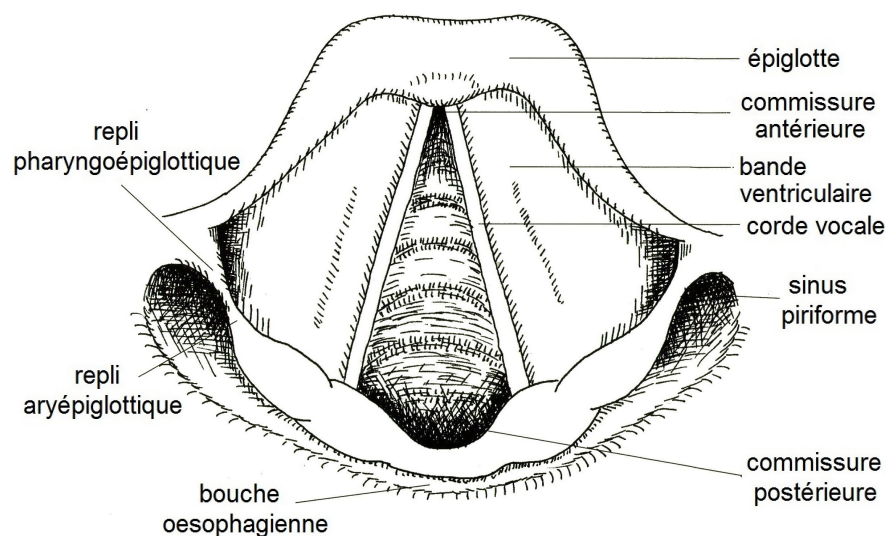


Figure 4 : Les plis vocaux

D'après Brin-Henry *et al.* (2004), encart p.21

Hirano a décrit en 1974 la structure histologique des plis vocaux. Ainsi, chaque pli vocal est formé d'un muscle vocal et d'une muqueuse. Cette dernière comprend l'épithélium en surface et la lamina propria située juste au-dessous. La lamina propria est organisée en trois couches successives. La couche superficielle qui se trouve juste au-dessous de l'épithélium s'appelle l'espace de Reinke. Puis on trouve la couche intermédiaire qui est surtout composée de fibres élastiques et la couche profonde qui est riche en fibres collagènes. Ces deux dernières couches correspondent au ligament vocal. Enfin, c'est sous ce ligament vocal que l'on retrouve le muscle vocal (ou muscle thyro-aryénoïdien interne/inférieur).

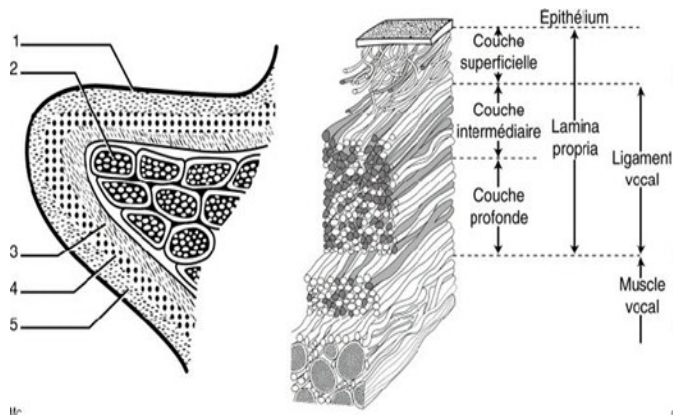


Figure 5 : La structure histologique des plis vocaux

D'après Finch C. (2008), Chapitre 1, p.7

1.2.2.1.4. Innervation et vascularisation

Le larynx est innervé par le nerf pneumogastrique ou nerf vague (paire crânienne X). Le nerf laryngé supérieur (branche supérieure) assure l'innervation motrice du muscle crico-thyroïdien par le nerf laryngé externe et l'innervation sensitive des étages supra-glottique et glottique avec le nerf laryngé supérieur proprement dit.

Le nerf récurrent (branche inférieure) permet l'innervation motrice de tous les autres muscles intrinsèques et l'innervation sensitive de l'étage sous-glottique.

La vascularisation du larynx est assurée par l'artère laryngée supérieure et l'artère laryngée inférieure.

1.2.2.2. Physiologie du larynx

Le rôle principal et vital du larynx se situe dans la déglutition et la respiration où il joue le rôle de sphincter afin de permettre l'ouverture et la fermeture glottique. Cependant, c'est de sa fonction « secondaire », c'est-à-dire la phonation, dont nous parlerons principalement. En effet, le larynx, et plus précisément les plis vocaux, sont les organes principaux de la production orale.

L'action conjuguée des muscles adducteurs laryngés (qui rapprochent les plis vocaux) et du souffle phonatoire (qui les fait vibrer) permet d'obtenir une production vocale.

Corpelet *et al.* (1999) expliquent que c'est lorsque la pression sous-glottique est suffisamment importante, grâce au flux expiratoire, que les plis vocaux s'écartent, avant de se refermer une fois que celle-ci a diminué, puis de se rouvrir lorsqu'elle est de nouveau suffisante. C'est la répétition de ses ouvertures et de ces fermetures qui est à l'origine de la vibration des plis vocaux et de la production du son.

Par ailleurs, ce n'est pas le pli vocal entier qui vibre, mais seulement sa couverture muqueuse. En effet, comme l'espace de Reinke est pauvre en fibres élastiques et en fibres de collagène, il permet de faire glisser l'épithélium sur le ligament vocal, donc de ne faire entrer en vibration que la partie muqueuse.

1.2.3. Les cavités de résonance

1.2.3.1. Le pharynx

Le pharynx est un conduit musculo-membraneux, zone de jonction entre le nez, la bouche, le larynx et l'œsophage.

Il est divisé en trois parties :

- le rhinopharynx en haut qui va de la base du crâne au voile du palais,
- l'oropharynx au milieu qui va du voile du palais à l'épiglotte,
- l'hypopharynx en bas, qui va de l'épiglotte à l'œsophage.

Les muscles situés sur la paroi du pharynx permettent de modifier son volume verticalement et latéralement, permettant ainsi de modifier les sons produits par les plis vocaux.

De plus, le voile du palais joue un rôle dans l'articulation. En effet, lorsque le voile du palais est relevé, l'air ne peut pas passer de l'oropharynx au rhinopharynx, les sons ne peuvent donc pas être transformés en voyelles ou en consonnes nasales. En revanche, si le voile du palais est baissé, l'oropharynx et le rhinopharynx communiquent ensemble, laissant passer l'air et permettant de les produire.

1.2.3.2. La cavité buccale

Le Huche *et al.* (2001) décrivent la bouche comme étant le résonateur principal (avec le pharynx) mais aussi l'articulateur principal. En effet, ce sont les différents éléments qui composent la cavité buccale (joues, langues, dents, lèvres, etc.) qui permettent de moduler les sons de façon fine.

1.3. Évolution des organes participant à la production vocale de la naissance à l'âge adulte

1.3.1. L'appareil respiratoire

Selon Woisard *et al.* (1998), les enfants de moins de 7 ans ont une cage thoracique de forme circulaire et leurs côtes ont une orientation horizontale. Elle atteint sa morphologie adulte vers l'âge de 7 ans, acquérant une forme elliptique, et les côtes sont alors ossifiées.

À l'âge de 8 ans les poumons arrivent à leur nombre maximum de bronchioles et d'alvéoles, puis l'appareil respiratoire et ses différents éléments continuent à se développer jusqu'à la fin de la puberté, c'est-à-dire 16-18 ans pour les femmes et 18-20 ans pour les hommes.

La respiration, quant à elle, est uniquement abdominale (ou diaphragmatique) jusqu'à l'âge de 6 mois puis devient mixte. C'est aussi à cette période que l'enfant apprend à contrôler volontairement sa respiration.

Ces différents éléments se traduisent par une baisse de la fréquence respiratoire au fur et à mesure de la croissance. À la naissance celle-ci est de 87 cycles par minute, puis elle passe à 47 cycles par minute vers l'âge d'1 an pour se stabiliser entre 16 et 20 cycles par minute à l'âge adulte.

1.3.2. Le larynx

1.3.2.1. Évolution topographique

Selon Woisard *et al.* (1998), au cours de la croissance de l'enfant, le larynx descend dans le cou. À la naissance, le bord inférieur du cartilage cricoïde est situé entre la troisième et la quatrième vertèbre, puis il descend progressivement pour se placer entre la sixième et la septième vertèbre à l'âge adulte. L'épiglotte s'éloigne donc du voile du palais et l'espace ainsi libéré permet la formation de la cavité oropharyngée ainsi que la respiration buccale. Cela entraîne une augmentation de la longueur du conduit vocal et le timbre de la voix s'enrichit alors en harmoniques. Avec la descente du larynx., on observe également une postériorisation de la langue.

1.3.2.2. Évolution morphologique

Selon Corpelet *et al.* (1999), le larynx de l'enfant est constitué des mêmes éléments que le larynx adulte, en revanche, sa morphologie, ses dimensions et parfois sa consistance sont différentes.

À la naissance, le larynx mesure environ deux centimètres, ce qui représente environ 1/3 du volume du larynx d'une femme adulte. Sa croissance connaît différentes phases : elle est assez rapide jusqu'à 3 ans, puis elle ralentit jusqu'à la puberté où elle accélère de nouveau jusqu'à l'âge adulte.

Cette croissance se fait dans toutes les directions. Sur le plan vertical, elle est due à l'augmentation de la taille des structures cartilagineuses ainsi qu'à l'augmentation de l'écartement entre l'os hyoïde et le cartilage thyroïde, entraînant une augmentation du volume de la cavité supra-glottique. Sur le plan antéro-postérieur, qui concerne surtout les plis vocaux, la croissance est encore plus importante. Si la structure des plis vocaux reste identique entre l'enfance et l'âge adulte, ce n'est pas le cas de leur morphologie. Ainsi, d'après Hirano *et al.* (1983), ils augmentent chaque année de 0,4 mm pour les filles et de 0,7 mm pour les garçons jusqu'à l'âge de 20 ans environ. De plus, selon Woisard *et al.* (1998), on observe une augmentation de la partie membraneuse par rapport à la partie cartilagineuse, ainsi qu'un amincissement des plis vocaux dû en partie à une augmentation plus

importante de leur longueur par rapport à leur largeur. On observe aussi la fermeture de l'angle thyroïdien chez les garçons qui passe de 130° au moment de la naissance à 90° à l'âge adulte (Corpelet *et al.*, 1999).

Ces différents changements entraînent également une augmentation de la masse des plis vocaux, une augmentation de l'air glottique ainsi qu'une augmentation de l'amplitude des vibrations des plis vocaux.

1.3.2.3. Évolution histologique

Selon Hirano *et al.* (1983), les cartilages sont très souples et peu rigides à la naissance puis se rigidifient au cours de leur maturation.

Les muscles surtout constitués de fibres de type 2, à l'origine de contractions rapides et brèves, s'enrichissent en fibres musculaires de type 1, qui permettent des contractions plus longues et plus lentes, essentielles pour que les productions vocales évoluent vers la future voix adulte.

On observe également une évolution au niveau de la lamina propria. En effet, si elle est composée de trois couches à l'âge adulte, celles-ci sont confondues à la naissance.

Puis entre 1 et 4 ans, le ligament vocal apparaît, la couche superficielle se différencie des couches intermédiaires et profondes avant que ces deux dernières (formant le ligament cordal) ne se différencient elles aussi entre l'âge de 6 et 15 ans.

La maturation complète du pli vocal est achevée à la fin de l'adolescence.

1.3.3. Les cavités de résonance

Le larynx descendant dans le cou, le pharynx s'allonge et son volume augmente. De plus, la langue se postériorise et s'abaisse, ce qui libère la cavité buccale. L'évolution de la morphologie et de la taille de ces cavités s'arrête vers 20 ans et permet de fixer la majorité des caractéristiques de la voix qui aura évolué en parallèle.

1.3.4. Autres éléments

La voix dépend également d'autres éléments liés à l'anatomie. Ainsi, le système nerveux qui permet le contrôle moteur mais aussi sensitif et sensoriel évolue jusqu'à l'âge adulte et la structure de l'oreille est acquise dès l'âge de 6 mois et est alors parfaitement fonctionnelle pour tous les apprentissages vocaux et auditifs.

Il ne faut pas non plus oublier l'importance de l'environnement de l'enfant qui peut influencer ses apprentissages et l'importance de sa croissance qui influence les éléments posturaux.

1.4. Comparaison des structures anatomiques de l'appareil vocal chez l'adulte et chez l'enfant

Les tableaux suivants présentent les principales différences de l'appareil respiratoire et du larynx entre l'enfant et l'adulte.

1.4.1. L'appareil respiratoire

	Enfant	Adulte
Cage thoracique	Avant 7 ans Forme circulaire des côtes avec orientation horizontale du diaphragme et ossification non terminée	Forme de cône avec une circonférence inférieure évasée et mobile et une circonférence supérieure étroite et peu mobile.
	7 ans Forme elliptique définitive atteinte	
	8 ans Nombre maximal d'alvéoles et de bronchioles atteint	
	Jusqu'à la fin de la puberté Développement progressif des différents éléments jusqu'à taille définitive	
Poids des poumons	Naissance 60 à 70 g	1200 à 1400 g
Fréquence respiratoire	Naissance 87 cycles par minute	16 à 20 cycles par minute
	1 an 47 cycles par minute	
Contrôle respiratoire volontaire	Avant 6 mois Non acquis	Acquis

Tableau I : Évolution de l'anatomie de l'appareil respiratoire

D'un point de vue anatomique, l'appareil respiratoire de l'enfant diffère de celui de l'adulte, notamment dans ses proportions. Le tableau I nous permet de rendre compte de ces différences. De nombreuses modifications anatomiques vont avoir lieu tout au long de la croissance de l'enfant, jusqu'à donner à la cage thoracique sa forme adulte et aux poumons leur volume final.

	Enfant	Adulte	
		Femme	Homme
Capacité vitale	33 mL/kg	52 mL/kg	
Volume courant	6 mL/kg	7 à 9 mL/kg	
Capacité résiduelle fonctionnelle	30 mL/kg	34 mL/kg	
Débit expiratoire lors de la voix parlée	De 4 à 15 ans 50 à 150 mL/s	60 à 300 mL/s	
Capacité pulmonaire totale	63 mL/kg	86 mL/kg	

Tableau II : Évolution des capacités pulmonaires

Le tableau II permet de visualiser les différentes capacités pulmonaires chez l'adulte et chez l'enfant. Celles-ci sont bien inférieures à celles observées chez l'adulte. Néanmoins, les capacités pulmonaires, que ce soit chez l'enfant ou chez l'adulte, varient surtout en fonction du poids et de la taille de l'individu.

1.4.2. Le larynx

		Enfant	Adulte	
			Femme	Homme
Larynx		20 mm également répartis entre le niveau sus-glottique et le niveau sous-glottique	Hauteur de 35 mm et diamètre antéro-postérieur à la partie supérieure de 25 mm	Hauteur de 45 mm et diamètre antéro-postérieur à la partie supérieure de 35 mm
Cartilages	Consistance	Hypercellulaire (ou gélatineuse)	Plus rigide	
	Thyroïde	Angle antérieur ouvert à 130°	Angle antérieur ouvert à 120°	Angle antérieur ouvert à 90°
	Cricoïde	6 mois Diamètre de 4 à 5 mm	Hauteur de 25 mm Diamètre de 20 mm	
		6 ans Diamètre de 8 à 10 mm		
Épiglotte		65 mm		
Muscles du larynx		Surtout de type 2	Type 1	
Plis vocaux		Naissance 4,5 à 5,6 mm	12 à 17 mm	16 à 25 mm
		6 à 7 ans 8 mm		
		10 ans 10 mm		
Bandes ventriculaires		Naissance 7 mm	15 mm	20 mm
Fréquence du fondamental		6 à 7 ans 280 Hz	230 Hz	120 à 130 Hz

Tableau III : Évolution des différents éléments composant le larynx

Le tableau III résume les principales mesures anatomiques référencées dans la littérature scientifique. Tout comme pour les tableaux précédents, il met en évidence les différences qui existent entre l'enfant et l'adulte, permettant d'appuyer les hypothèses selon lesquelles les productions vocales des enfants et des adultes peuvent ne pas être identiques.

1.5. Les atteintes de la voix

Cependant, la voix, comme tout élément dépendant du corps humain, peut être atteinte par diverses pathologies. Celles-ci se divisent en deux catégories : d'une part, les pathologies vocales d'origine fonctionnelle dues à une mauvaise utilisation du geste vocal qui regroupent entre autres les dysphonies dysfonctionnelles sans

lésion laryngée, les dysphonies dysfonctionnelles avec lésions laryngées de type nodule ou polype, le trouble de la mue ou encore la dysphonie spasmodique. D'autre part, on trouve les pathologies vocales d'origine organique parmi lesquelles la dysphonie en rapport avec une laryngite, la voix après laryngectomie et la dysarthrie, causées par une déficience innée ou acquise de fonctions comme les fonctions sensorielles, neurologiques ou encore anatomiques permettant un bon geste vocal.

Si l'enfant n'est pas à l'abri d'une pathologie vocale, toutes ne le concernent pas et certaines lui sont spécifiques. Ainsi, les pathologies vocales d'origine fonctionnelle les plus courantes chez les enfants sont la dysphonie hyperkinétique et la dysphonie hypokinétique. L'enfant peut également être sujet aux pathologies vocales d'origine organique : les nodules, les kystes épidermiques congénitaux ou muqueux, la papillomatose juvénile, plus rarement les polypes ou tumeur maligne, le sulcus glottidis et la micro-palmure peuvent l'affecter. Ces différentes pathologies touchent principalement les cordes vocales.

Cependant, la plupart des pathologies vocales peuvent être traitées par la chirurgie, la psychothérapie et/ou des médicaments. Ces traitements peuvent s'accompagner d'une prise en charge en orthophonie qui devra nécessairement débiter par un bilan orthophonique.

2. Le bilan orthophonique de la voix

2.1. Généralités

Le bilan orthophonique de la voix tel qu'il sera présenté ici, est celui traditionnellement réalisé avec des adultes.

Quelques préalables sont nécessaires avant d'effectuer un bilan orthophonique. En effet, il est important d'avoir réalisé un examen laryngologique, afin d'observer le larynx et les cordes vocales en action et au repos, chez un phoniatre ou un laryngologue. Cet examen permet de déterminer la présence d'une pathologie et sa nature. Un examen audiométrique est également requis pour vérifier le rôle d'une éventuelle perte auditive dans la pathologie vocale.

Le bilan orthophonique a pour but de « faire le constat [...] des déficits et perturbations du comportement phonatoire, de s'efforcer de comprendre le mécanisme et d'apprécier les divers facteurs étiologiques en cause, de façon à pouvoir envisager une thérapeutique et établir un pronostic » (Le Huche *et al.*, 2001). Il comporte plusieurs parties.

2.1.1. L'anamnèse

Le bilan orthophonique de la voix débute par l'anamnèse. Celle-ci permet de déterminer les motifs de la consultation, les antécédents du patient (médicaux et personnels), les origines de la plainte (mode d'apparition, ancienneté, nature), son évolution ainsi que l'usage qu'il fait de sa voix et son tempérament. L'anamnèse nous renseigne également sur le ressenti du patient envers sa voix et les difficultés qu'il rencontre.

2.1.2. L'analyse du geste vocal

Dans un deuxième temps, l'examineur procède à l'analyse du geste vocal, en diverses situations de phonation.

Il commence par observer la statique corporelle en s'intéressant à la qualité des appuis au sol, aux équilibres et aux déséquilibres des axes permettant la verticalité.

Par la suite, il explore les tensions musculaires globales et/ou locales. Pour cela, l'examineur regarde la raideur au niveau des différentes charnières (chevilles, genoux, articulation lombaire, articulation cervicale et articulation temporo-mandibulaire), ainsi qu'au niveau des ceintures scapulaires et du bassin. Il étudie également l'existence de raideurs au niveau des différentes ouvertures (mandibule, diaphragme, souplesse thoracique et abdominale, etc.), de tensions cervicales, sus-hyoïdiennes et sous-hyoïdiennes mais aussi de contractions des segments musculaires éloignés. Enfin il s'intéresse aux mouvements et au regard qui accompagnent la parole.

Il continue son examen en observant la coordination pneumo-phonique, c'est-à-dire la bonne coordination entre le souffle phonatoire (expiration active grâce aux muscles expirateurs) et l'émission vocale (Le Huche *et al.*, 2001).

Pour finir, il s'intéresse aux cavités de résonance et à leur utilisation en regardant notamment la qualité du timbre de la voix et l'efficacité du vibrateur laryngé.

2.1.3. Les épreuves et tâches proposées

Enfin, dans un troisième temps, l'orthophoniste propose des épreuves au patient. Il existe deux types d'épreuves dans ce type de bilan : les épreuves subjectives et les épreuves objectives.

2.1.3.1. Les épreuves subjectives

L'évaluation subjective concerne les épreuves qui appellent à la perception du patient et/ou celle de l'examineur.

Le GRBAS est « un instrument qui permet l'évaluation perceptive des altérations présentes dans une voix parlée ». Créé par Hirano (1981), il est composé de cinq paramètres : G (grade) qui représente le degré de sévérité de la dysphonie, R

(roughness) pour le caractère rauque de la voix, B (breathiness) pour le degré de souffle en phonation, A (asthenia) concerne le degré d'hypotonie tandis que S (strain) concerne le degré d'hypertonie de la voix. Dans les années 1990, Dejonckere *et al.* a ajouté le I (instability) pour coter l'instabilité des composantes vocales. Chacun de ces paramètres est coté de 0, soit pas d'altération à 3, soit altération sévère.

Les échelles d'auto-évaluation permettent d'analyser comment le patient vit sa pathologie vocale, ce qu'il attend de sa voix. On retrouve par exemple les échelles bipolaires d'auto-estimation vocale (Huberlant, 1981 et Beuken, 1982). Il existe également des échelles d'évaluation subjective de la voix parlée et de la voix chantée.

L'examineur observe la respiration en tant que fonction vitale mais aussi la voix conversationnelle, spontanée afin d'en déterminer l'intensité, la hauteur, le timbre, le comportement d'effort, la variabilité dans le temps et les éventuels troubles associés.

Le comptage projeté permet de mettre en évidence la présence d'un comportement d'effort, de forçage.

L'étendue vocale au travers de l'émission du phonème /a/ à trois hauteurs différentes : aigu, médium, grave.

La voix d'appel est une épreuve durant laquelle le patient doit imaginer qu'il appelle une autre personne qui se situerait à une distance éloignée. Cela permet d'observer la capacité à émettre ponctuellement une voix de forte intensité.

Outre donner des renseignements sur la tessiture, l'examen de la voix chantée offre des informations sur les éventuelles modifications du timbre, la facilité d'émission mais aussi l'homogénéité du timbre en comparaison avec la voix parlée. Il permet également d'observer la reprise d'air afin de se rendre compte d'une fréquence trop ou trop peu élevée.

La lecture d'un texte permet de noter les caractères acoustiques de la voix du patient : l'intensité, la hauteur, le timbre mais aussi la variabilité du trouble, la présence éventuelle d'un comportement d'effort et/ou d'un trouble d'articulation.

2.1.3.2. Les épreuves objectives

L'évaluation objective ne dépend « ni de l'interprétation du testeur, ni de la participation active du testé ».

Le phonétogramme est « un diagramme notant pour chaque fréquence l'intensité minimale et maximale de l'émission sonore, permettant ainsi de corrélérer la hauteur et l'intensité vocales ».

La capacité vitale est la quantité d'air maximale qui peut être rejetée par les poumons lors d'une expiration maximale.

Parmi les épreuves objectives, on retrouve également le temps maximum phonatoire, le rendement vocal ainsi que le quotient phonatoire que nous expliquerons par la suite.

Pour clore le bilan orthophonique de la voix, on réalise un essai d'amélioration de la voix. Cela permet au thérapeute de différencier une pathologie vocale d'origine fonctionnelle, qui s'améliore instantanément avec quelques exercices, d'une pathologie vocale d'origine organique.

2.2. Le Temps Maximum Phonatoire (TMP)

Le Temps Maximum Phonatoire (TMP), également nommé Temps Maximum de Phonation ou Temps Phonatoire, est une « épreuve appartenant à l'examen de la voix, consistant à demander à la personne dysphonique [d'émettre] le plus longtemps possible une note confortable de sa tessiture ». Classiquement, c'est le phonème /a/ qui est émis pour effectuer cette mesure aérodynamique. Trois essais sont successivement réalisés par le patient et l'examineur retient le meilleur score obtenu par celui-ci.

Le TMP fournit des informations sur la bonne capacité du larynx à transformer de manière optimale l'énergie acoustique, mais aussi sur la fonction respiratoire, la capacité thoracique mais aussi sur la fonction vocale et la qualité de l'occlusion glottique.

D'après une étude menée par Hirano *et al.* (1968), le TMP de l'adulte se situerait entre vingt-cinq et trente-cinq secondes pour l'homme et entre quinze et vingt-cinq secondes chez la femme. Cette différence de score entre l'homme et la femme se justifie par la plus faible capacité pulmonaire de cette dernière. Si une étude a récemment été effectuée au Brésil (Tavares *et al.*, 2012), il n'y a en revanche que peu d'études qui portent sur la mesure du temps maximum phonatoire chez l'enfant dans des pays francophones et celles-ci ont été menées au début des années 1990.

Par ailleurs, le temps maximum phonatoire est considéré comme pathologique s'il est égal ou inférieur à dix secondes, particulièrement en cas de lésion de la corde vocale, que le patient soit un adulte ou un enfant.

La mesure du TMP permet également, à l'aide d'un spiromètre et associée à la mesure de la capacité vocale (CV), de calculer le quotient phonatoire (QP) grâce à la formule : $QP = CV/TMP$. Le quotient phonatoire permet de déterminer le bon fonctionnement de la coordination pneumo-phonique par le sujet et donc une absence de déperdition du souffle. Il est perturbé dans la plupart des pathologies vocales, sans pour autant donner d'indication sur la nature de la pathologie concernée.

2.3. Le rendement vocal (ou rapport S/Z)

Le rendement vocal, aussi appelé rapport signal/bruit mais plus communément appelé rapport S/Z, a pour but de comparer la production d'un phonème voisé (/z/) et d'un phonème sourd (/s/).

Il est important d'utiliser des phonèmes nécessitant le même mouvement articulaire, pour que les mesures obtenues soient comparables. Il est possible d'utiliser les phonèmes /f/ et /v/ en remplacement des phonèmes /s/ et /z/, en cas de sigmatisme ou de défaut dans la prononciation de ces derniers.

Chez le sujet normal et le sujet dysphonique sans pathologie laryngée, homme comme femme, ce rapport est proche ou égal à 1. En revanche, chez le sujet présentant une pathologie vocale, le temps d'émission du phonème /z/ sera réduit car nécessitant une vibration laryngée et le résultat du rapport S/Z augmenté. Ainsi

selon Eckel *et al.* (1981) et Gamboa *et al.* (1995), il est supérieur à 1,4 dans 95% des cas pour les sujets atteints de dysphonie avec pathologie laryngée. Chez les enfants, l'étude de Tait *et al.* (1980), reprise par une étude brésilienne (Tavares *et al.*, 2012) a montré que le rapport S/Z n'est pas significativement différents chez les filles et les garçons mais aussi qu'il n'est pas concluant pour une population aussi jeune.

Ce rapport a une signification identique à celle du quotient phonatoire concernant la fonction vocale et une éventuelle pathologie laryngée, sans pour autant permettre de déterminer la nature de cette pathologie. Il est néanmoins plus aisé à réaliser que la mesure du quotient phonatoire car il n'est pas nécessaire d'utiliser un spiromètre pour en avoir le résultat.

3. Hypothèses

L'enfant, longtemps considéré comme un adulte miniature, n'a de cesse de montrer sa spécificité au fil des différentes études.

Ainsi, étant donné la constitution anatomique de l'enfant, dont la capacité respiratoire est plus faible que celle de l'adulte, nous pouvons supposer que le Temps Maximum Phonatoire est plus faible chez les enfants et augmente avec l'âge, au cours de la croissance. En revanche, à l'inverse des adultes pour lesquels le TMP varie selon le sexe, il n'y aurait pas de différence significative entre les filles et les garçons, puisqu'il n'y a pas de réelle différence anatomique avant la puberté

De plus, nous postulons que, l'enfant ne maîtrisant pas forcément son appareil respiratoire et manquant donc de coordination pneumo-phonique, le rapport S/Z qu'il émet est différent de 1, et s'en rapprochera avec l'âge.

Sujets, matériel et méthode

1. Les démarches

1.1. Recrutement des sujets

Afin d'avoir le plus grand nombre de sujets réunis au même endroit, nous avons pris le parti de réaliser nos passations dans des écoles maternelles et élémentaires, compte tenu de la tranche d'âge concernée par nos recherches.

Nous nous sommes donc tournées vers l'Académie de Lille, en nous adressant directement au Directeur académique des services de l'Éducation Nationale du Nord, Monsieur C. Wassenberg, puis Madame M.-A. Luciani et Monsieur J. Lagache, Inspecteurs de l'Éducation Nationale en charge de circonscriptions lilloises, qui ont accédé à notre requête.

Nous avons ensuite contacté les écoles, maternelles et élémentaires, situées dans ces deux circonscriptions. Quatre d'entre elles nous ont répondu positivement : les écoles maternelles Jean Jaurès et André ainsi que les écoles élémentaires Ampère et Michelet.

Avec les directeurs de ces écoles, nous avons convenu des dates de nos interventions, qui se sont déroulées entre le 18 octobre et le 17 décembre 2013.

1.2. Recherche de la méthode

Dans le but de nous montrer rigoureuses dans la méthodologie dans le cadre des passations, nous nous sommes inspirées de la méthode décrite par Françoise Estienne dans son ouvrage *Voix parlée, voix chantée* (1998, Masson : Paris).

Celle-ci se base sur son expérience ainsi que sur la méthode utilisée dans les passations du mémoire de S. Serien S. et de A. Théet portant sur le profil vocal objectif d'enfants de 5 et 6 ans.

Elle préconise ainsi d'expliquer aux enfants le protocole qui sera utilisé et de montrer un modèle. A cela s'ajoute une consigne classique, telle qu'on la proposerait à un adulte, et une consigne imagée comme « Tu te rends chez le docteur qui te

demande de faire un /a/ le plus long possible pour qu'il puisse regarder ta gorge » pour le TMP ou « Tu es un très long serpent qui avance tout doucement en sifflant » pour la tenue du /s/. Par ailleurs, chaque épreuve bénéficie de deux consignes imagées, afin de s'approcher au mieux de ce qui convient à l'enfant.

De plus, pour définir notre méthode de passation des épreuves, nous nous sommes également appuyées sur notre expérience personnelle avec les enfants et nos connaissances sur leurs capacités en fonction de leur âge.

2. La passation des épreuves

2.1. Les sujets

Notre échantillon réunit 247 enfants âgés de 3 ans 1 mois à 10 ans 10 mois, soit 122 sujets féminins et 125 sujets masculins.

En fonction de l'âge, il se décompose comme suit :

Age (années ; mois)	[3;0 - 3;11]	[4;0 - 4;11]	[5;0 - 5;11]	[6;0 - 6;11]	[7;0 - 7;11]	[8;0 - 8;11]	[9;0 - 9;11]	[10;0 - 10;11]
Effectif total	14	27	27	40	39	48	25	27
Effectif féminin	8	8	15	18	17	25	15	16
Effectif masculin	6	19	12	22	22	23	10	11

Tableau IV : Répartition de l'échantillon de notre étude

Nous avons inclus dans cette étude l'ensemble des enfants, âgés de 3 à 11 ans, sans distinction de sexe, ne présentant pas de trouble d'articulation et pour lesquels nous avons reçu une réponse positive de la part des parents concernant la participation à notre mémoire.

Nous avons initialement recueilli 268 réponses positives de la part des parents pour que leurs enfants participent à notre enquête. Mais parmi eux, nous avons dû exclure ceux qui étaient malades (angine, rhume, douleurs à la gorge) ainsi que les enfants qui ont refusé de participer, dès le début ou au cours de leur passation. Nous avons également demandé aux enfants de dire quelques phrases (donner leur prénom, leur date de naissance ou dire le prénom de leur enseignant selon leur âge) afin de vérifier qu'il n'existait pas de raucité ou d'impression de souffle dans leur voix. De plus, nous avons pris en compte la qualité de la voix lors de la production des différents phonèmes et avons exclu celles présentant une instabilité, un forçage ou une asthénie.

2.2. Le matériel

Dans le cadre des passations, nous nous sommes munies de chronomètres ainsi que de tableaux de recueil afin d'y inscrire les données collectées.

Nous avons également prévu du matériel supplémentaire afin d'illustrer les consignes de passations, notamment pour les enfants en maternelle.

Nous avons ainsi à notre disposition :

- le dessin d'une abeille et le dessin d'un serpent
- des enregistrements vidéo avec un exemple de passation de chaque son.

Cependant, ces derniers se sont révélés superflus. En revanche, les dessins ont été un appui efficace pour expliquer les différentes épreuves.

De plus, nous nous sommes adaptées à la modalité qui semblait le mieux convenir à chaque enfant : le visuel avec les dessins, le kinesthésique au travers d'un chemin suivi du doigt ou encore l'auditif en produisant un exemple à la demande de l'enfant.

2.3. Les consignes de passation

Nous avons préparé deux protocoles de passation : un pour les enfants en maternelle et un pour les enfants dans les classes élémentaires.

Pour les enfants de la petite section à la grande section de maternelle, les consignes étaient les suivantes :

- « je vais te demander de faire un /s/ le plus long possible comme le serpent qui va loin, loin »
- « maintenant, je vais te demander de faire un /z/ le plus long possible comme l'abeille qui vole longtemps »
- « maintenant, je vais te demander de faire comme pour le /s/ du serpent et le /z/ de l'abeille", mais avec le /a/ »

La production du /z/ étant parfois parasitée par le son /b/ juste avant (donnant alors /bz/), nous avons parfois eu recours à l'image du moustique à la place de celle de l'abeille afin d'obtenir le son adéquat.

-
- Pour les enfants du CP au CM2, nous avons utilisé les consignes suivantes :
- « je vais te demander de faire un /s/ le plus long possible, sans t'arrêter, jusqu'à ce que tu n'aies plus d'air »
 - « est-ce que tu veux bien faire la même chose avec le /z/? »
 - « et maintenant, est-ce que tu veux bien refaire la même chose, mais avec le /a/? »

Pour chacune des consignes, nous avons demandé à l'enfant de produire trois fois chaque phonème, afin de lui laisser le temps de se l'approprier. Par ailleurs, lors de la réalisation de chacun des phonèmes, nous avons fait le choix de conserver le meilleur score pour l'analyse des résultats.

Résultats

1. Rappels sur la population étudiée

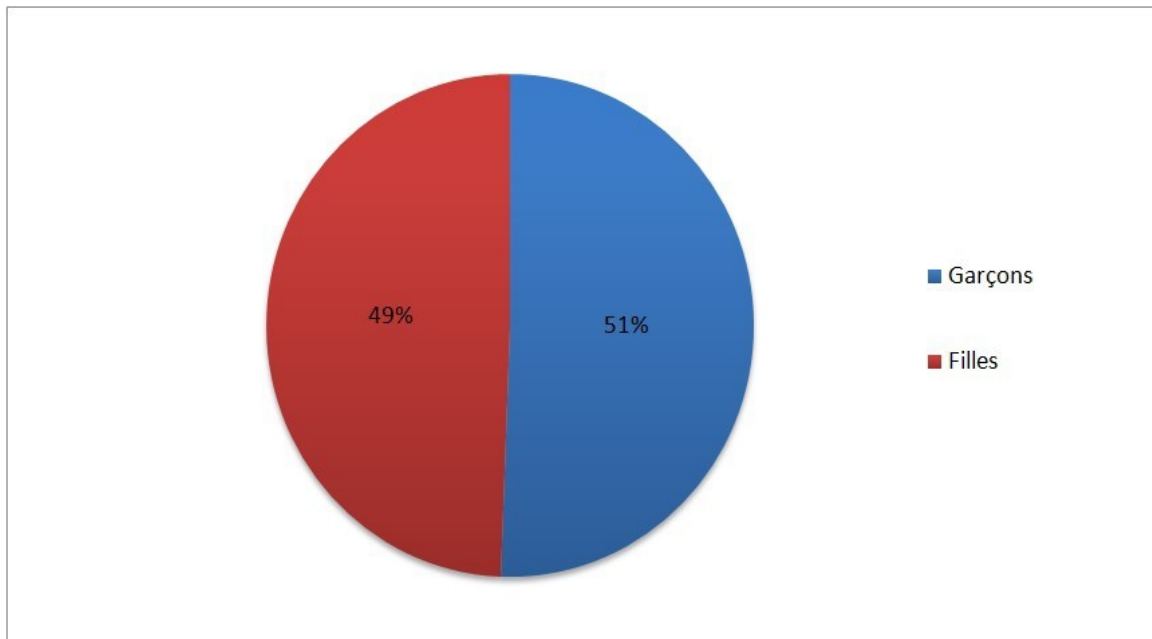


Figure 6 : Proportion de l'effectif en fonction du sexe

Le graphique ci-dessus illustre la distribution de filles et de garçons dans l'échantillon analysé dans le cadre de notre étude. Nous avons obtenu une distribution équilibrée avec 122 filles (49% des sujets) et 125 garçons (51% des sujets) pour un total de 247 sujets.

Dans la suite de nos analyses, nous parlerons de l'âge par tranche d'âge, en années ou en mois, c'est pourquoi nous avons inclus ci-dessous un tableau d'équivalence entre l'âge en années et l'âge en mois.

Age en années	[3;0 - 3;11]	[4;0 - 4;11]	[5;0 - 5;11]	[6;0 - 6;11]	[7;0 - 7;11]	[8;0 - 8;11]	[9;0 - 9;11]	[10;0 - 10;11]
Age en mois	36-47	48-59	60-71	72-83	74-95	96-107	108-119	120-131

Tableau V : Equivalence âge en années / âge en mois

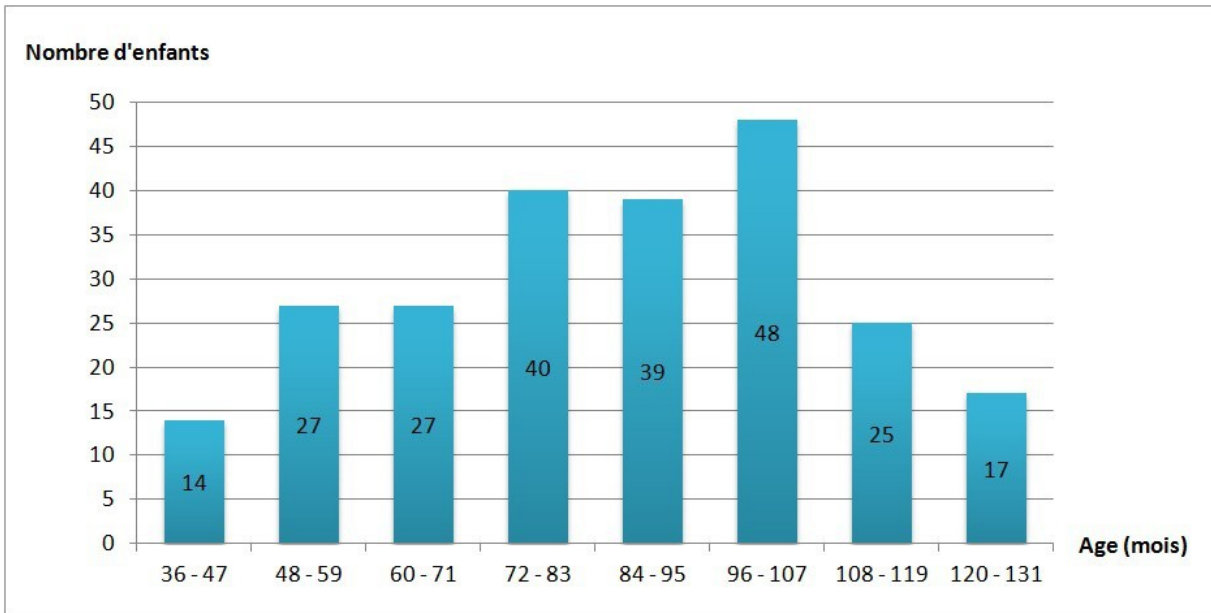


Figure 7 : Répartition des enfants en fonction de l'âge

La figure 7 représente la proportion des enfants pour chaque tranche d'âge étudiée. On peut souligner que, contrairement à la distribution en fonction du sexe qui est équilibrée, celle en fonction de l'âge ne l'est pas avec une représentation plus importante de la tranche d'âge des 6-8 ans et des effectifs plus réduits pour les tranches d'âge situées aux extrémités (3-5 ans et 9-10 ans).

2. Résultats de l'étude sur le temps maximum phonatoire (TMP)

2.1. Répartition des résultats

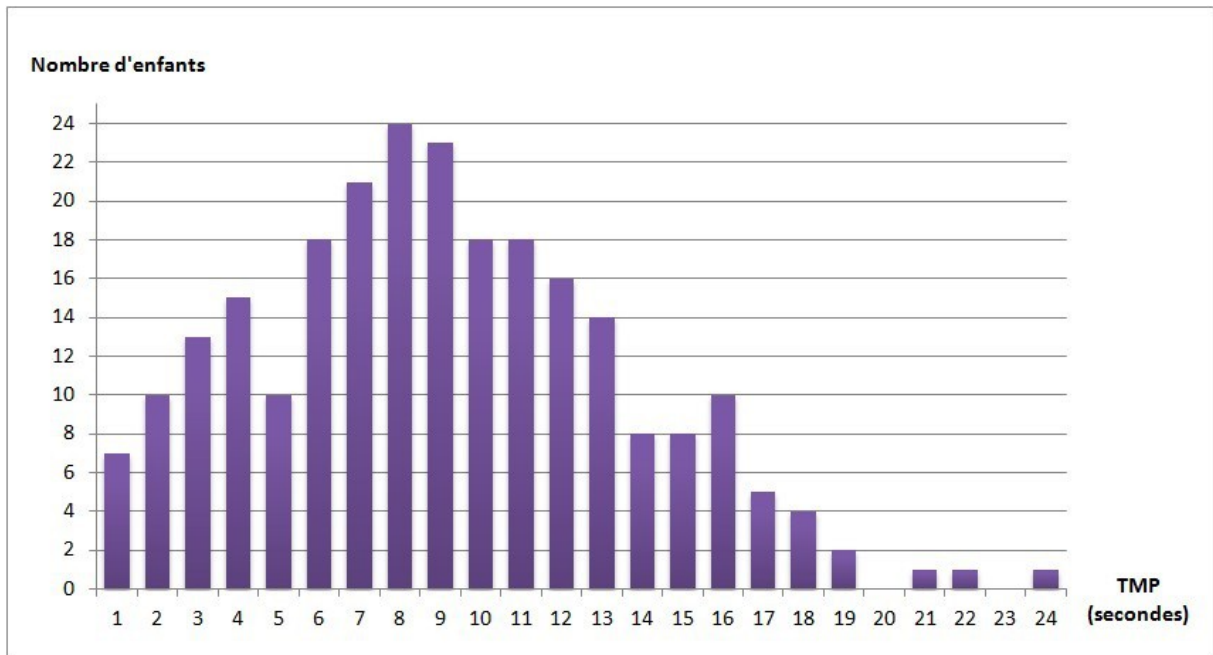


Figure 8 : Répartition du temps maximum phonatoire en fonction du score obtenu, indépendamment du sexe et de l'âge des enfants.

La figure 1 nous permet de voir la répartition des scores de temps maximum phonatoire, sur l'ensemble de l'échantillon étudié. On observe que la distribution semble s'approcher visuellement d'une courbe de Gauss, avec notamment une forte proportion d'enfants ayant un TMP situé entre 6 et 12 secondes (55,9%). A contrario, seulement 12,9% des enfants atteignent un score supérieur ou égal à 15 secondes.

2.2. Analyse en fonction du sexe

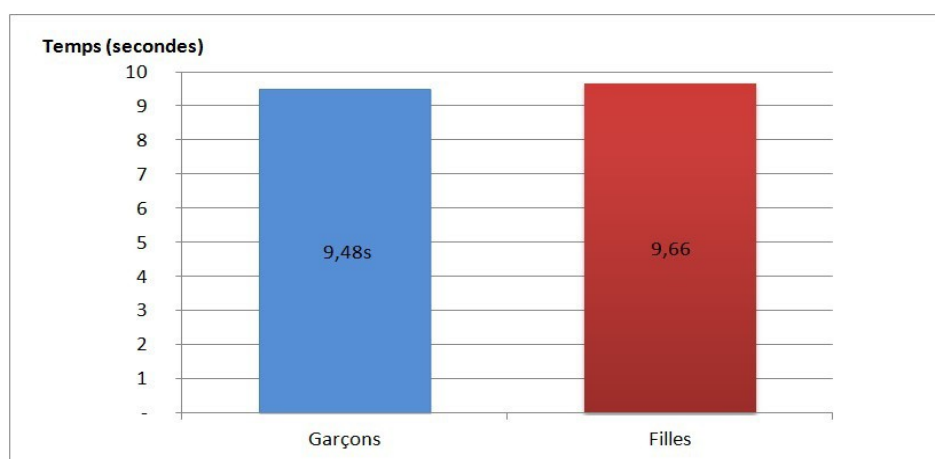


Figure 9 : Comparaison de la moyenne du temps maximum phonatoire entre les filles et les garçons, toutes tranches d'âge confondues

Si on considère la moyenne du temps maximum phonatoire en fonction du sexe et hors tranche d'âge, on ne note pas de différence significative du score entre les filles et les garçons.

Cette observation est validée par le test du Student qui atteste que la différence du TMP entre les filles et les garçons n'est pas significative pour une même tranche d'âge.

2.3. Analyse en fonction de l'âge

2.3.1. Analyse globale

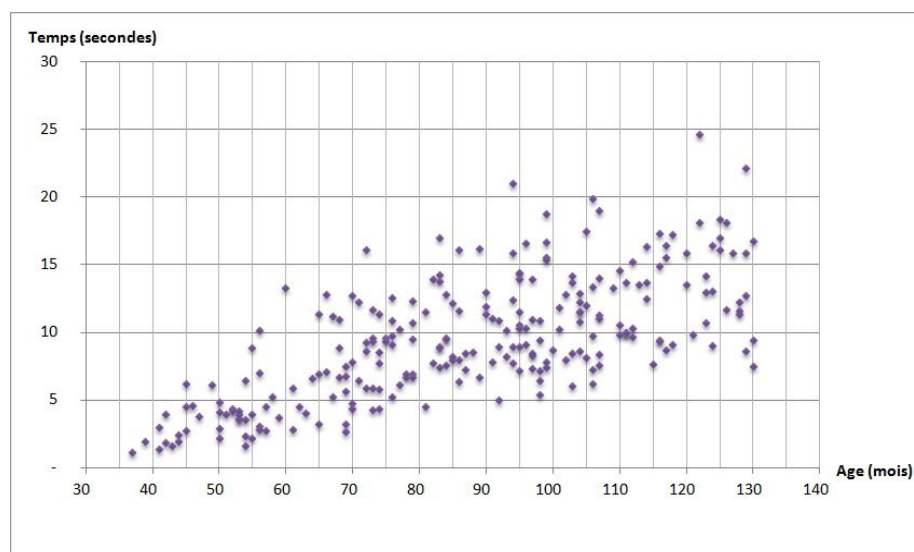


Figure 10 : Temps maximum phonatoire, en fonction de l'âge

Le graphique précédent permet d'observer la dispersion du temps maximum phonatoire pour l'ensemble des enfants ayant participé à l'étude. On y voit nettement une augmentation du TMP corrélée avec l'âge. Ainsi, partant de scores inférieurs à 5 secondes entre 35 et 45 mois, certains enfants ont atteint des scores entre 15 et 20 secondes, allant même jusqu'à approcher 25 secondes aux alentours de 120 mois. On notera également que plus les sujets sont âgés, plus l'écart entre les scores maximum et les scores minimum pour un même âge est important : ainsi pour la tranche d'âge 36-47 mois, il est d'environ 5 secondes alors qu'il avoisine les 16 secondes pour la tranche d'âge 84-95 mois jusqu'à atteindre 17,15 secondes pour la tranche d'âge 120-131 mois.

2.3.2. Moyenne du TMP, écart-type et intervalle de confiance

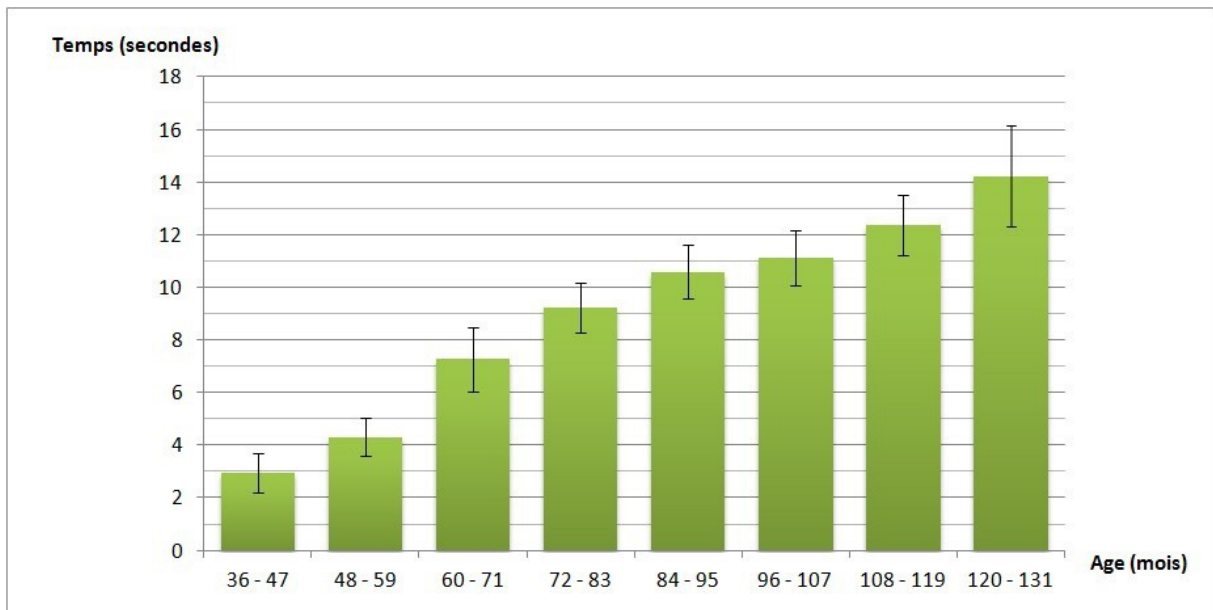


Figure 11 : Moyenne du temps maximum phonatoire chez les enfants de 36 à 131 mois, en fonction de la tranche d'âge.

2.3.2.1. Moyenne du Temps Maximum Phonatoire et écart-type

La figure 11 confirme la tendance observée avec la figure 10, avec une augmentation constante de la durée moyenne du temps maximum phonatoire entre les tranches d'âge 36-47 et 120-131 mois. La moyenne du TMP entre 36 et 47 mois

atteint seulement 2,94 secondes (avec un écart-type de 1,43) puis augmente progressivement pour atteindre 14,23 secondes (avec un écart-type de 4,03) entre 120 et 131 mois. Cette augmentation de la moyenne, non linéaire, oscille entre 0,50 et 3 secondes par année, avec en moyenne une augmentation de 1,6 secondes entre deux tranches d'âge.

Age (années)	[3;0 - 3;11]	[4;0 - 4;11]	[5;0 - 5;11]	[6;0 - 6;11]	[7;0 - 7;11]	[8;0 - 8;11]	[9;0 - 9;11]	[10;0 - 10;11]
Moyenne du TMP (secondes)	2,94	4,31	7,26	9,24	10,59	11,12	12,36	14,23
Ecart-type (secondes)	1,43	1,94	3,26	3,09	3,26	3,65	2,96	4,03

Tableau V : Écarts-types obtenus pour le Temps Maximum Phonatoire en fonction de l'âge

Pour les tranches d'âge 36-47 mois et 48-59 mois, les écarts-types atteignent respectivement 1,43 secondes pour une moyenne de 2,94 secondes et 1,94 secondes pour une moyenne de 4,31 secondes : ces écarts-types sont élevés par rapport aux moyennes qui y correspondent. Compte-tenu de la courte durée du TMP moyen et de la petite taille des effectifs de ces tranches d'âge, ces écart-types nous semblent peu exploitables.

Cependant, pour les tranches d'âge suivantes, si les écarts-types augmentent un peu, c'est dans une moindre mesure par rapport au Temps Maximum Phonatoire. Ainsi, par exemple, pour les tranches d'âge [6;0 – 6;11], [7;0 – 7;11] et [8;0 – 8;11] à l'effectif plus important, les écarts-types sont respectivement de 3,09 secondes pour une moyenne de 9,24 secondes, 3,26 secondes pour une moyenne de 10,59 secondes et 3,65 secondes pour une moyenne de 11,12 secondes.

2.3.2.2. Intervalle de confiance

« La notion d'intervalle de confiance renvoie, dans notre cas, au degré de précision d'une moyenne. On souhaite connaître la fiabilité qu'on peut accorder aux valeurs observées sur un échantillon par comparaison aux valeurs réelles qu'on pourrait observer dans une population totale » (F. Schulhof)

Par exemple, nous avons calculé, à partir d'un échantillon de 40 enfants de 6 ans ([6;0 – 6;11] ou de 72 à 83 mois), la moyenne du temps maximum phonatoire (ici de 9,24 secondes, avec un écart-type de 3,09). Le TMP moyen de l'ensemble des enfants de 6 ans diffère probablement de la moyenne que nous avons observée. Nous pouvons estimer une marge d'erreur avec le calcul de l'intervalle de confiance (5% d'erreur ou 95% de confiance).

L'intervalle de confiance se situe dans l'intervalle défini par $[m \pm (1,96\sigma)/\sqrt{n}]$ où m est la moyenne sur un échantillon de n personnes et σ représente l'écart-type.

Nous avons alors obtenu les résultats suivants :

Tranche d'âge	Effectifs	$m - (1,96\sigma)/\sqrt{n}$	Moyenne (m)	$m + (1,96\sigma)/\sqrt{n}$
[3;0 - 3;11]	14	2,19	2,94	3,69
[4;0 - 4;11]	27	3,58	4,31	5,05
[5;0 - 5;11]	27	6,03	7,26	8,49
[6;0 - 6;11]	40	8,28	9,24	10,19
[7;0 - 7;11]	39	9,56	10,59	11,61
[8;0 - 8;11]	48	10,08	11,12	12,15
[9;0 - 9;11]	25	11,2	12,36	13,53
[10;0 - 10;11]	17	12,31	14,23	16,14

Tableau VI : Intervalles de confiance pour les résultats de l'étude sur le temps maximum phonatoire

Cependant, il faut tempérer les résultats obtenus pour les tranches d'âge [3;0 – 3;11], [4;0 – 4;11], [5;0 – 5;11], [9;0 – 9;11] et [10;0 – 10;11], car ils ne sont fiables que pour les échantillons supérieurs ou égaux à 30 sujets. Nous avons fait le choix de les laisser pour les tranches concernées car ils permettent tout de même d'avoir une idée de l'intervalle de confiance que l'on obtiendrait s'ils atteignaient 30 enfants, étant donné que la répartition permet d'obtenir une courbe qui semble s'approcher de la loi Normale.

Toutefois, on peut noter que l'intervalle de confiance semble augmenter avec l'âge des sujets. On remarque également que pour les tranches d'âge [6;0 – 6;11], [7;0 – 7;11] et [8;0 – 8;11] l'intervalle de confiance couvre une amplitude respectivement de 1,92 secondes, 2,04 secondes et 2,06 secondes, ce qui signifie qu'environ 95% des enfants ont des scores qui se situent entre 6,03 et 8,49

secondes pour la tranche d'âge [6;0 – 6;11], 9,56 et 11,61 secondes pour la tranche d'âge [7;0 – 7;11] et 10,08 et 12,15 secondes pour la tranche d'âge [8;0 – 8;11].

Ce sont des intervalles qu'on peut considérer comme faibles et qui montrent que les moyennes que nous avons trouvées lors de notre études sont fiables, au moins sur la population que nous avons étudiée.

2.4. Synthèse

Grâce à l'analyse des données recueillies dans le cadre de notre mémoire, nous avons pu mettre en évidence plusieurs points.

Tout d'abord, on note une augmentation progressive du temps maximum phonatoire parallèlement à l'augmentation de l'âge des enfants.

De plus, suite à une comparaison des scores obtenus par les filles et de ceux obtenus par les garçons, nous avons pu déduire que chez les enfants il n'y a pas de grande différence de temps maximum phonatoire entre les deux sexes quel que soit l'âge, alors que cette différence est nettement marquée chez l'adulte.

Enfin, parmi notre échantillon, qui s'étend de 3 ans 1 mois à 10 ans 10 mois, 72% des enfants ont obtenu un score compris entre 5 et 15 secondes. On peut donc affirmer que le temps maximum phonatoire est moins élevé chez les enfants que chez les adultes où il est compris entre 15 et 25 secondes pour la femme et entre 25 et 35 secondes pour l'homme.

3. Résultats de l'étude sur le rapport S/Z

3.1. Répartition des résultats

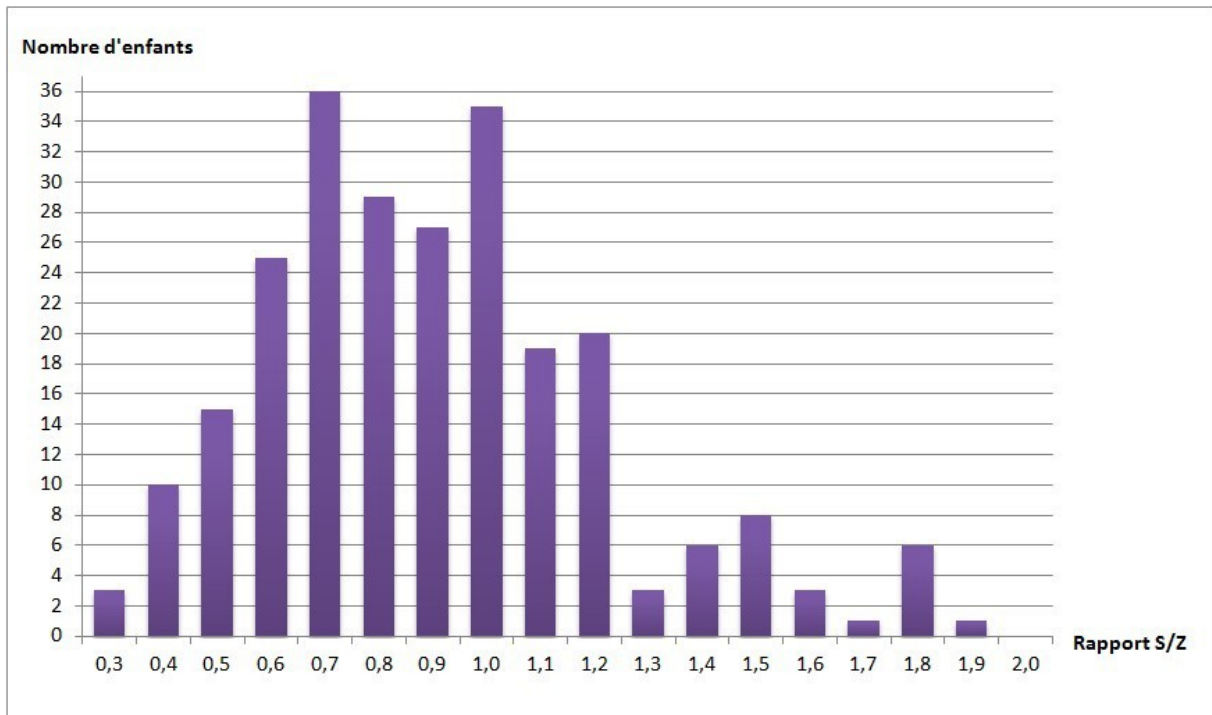


Figure 12 : Répartition du rapport SZ, en fonction du score obtenu, indépendamment du sexe et de l'âge des enfants.

La figure 12 permet d'observer que seulement 35 enfants, soit 14,2% des sujets, ont un rapport S/Z considéré comme normal (égal à 1) tandis que 27,1% d'entre eux (67 enfants) semblent avoir une fuite glottique car leur rapport S/Z est supérieur à 1. Cependant, pour 58,7% des sujets, soit 145 enfants, ce rapport est inférieur à 1, ce qui est considéré comme non significatif.

3.2. Analyse en fonction du sexe

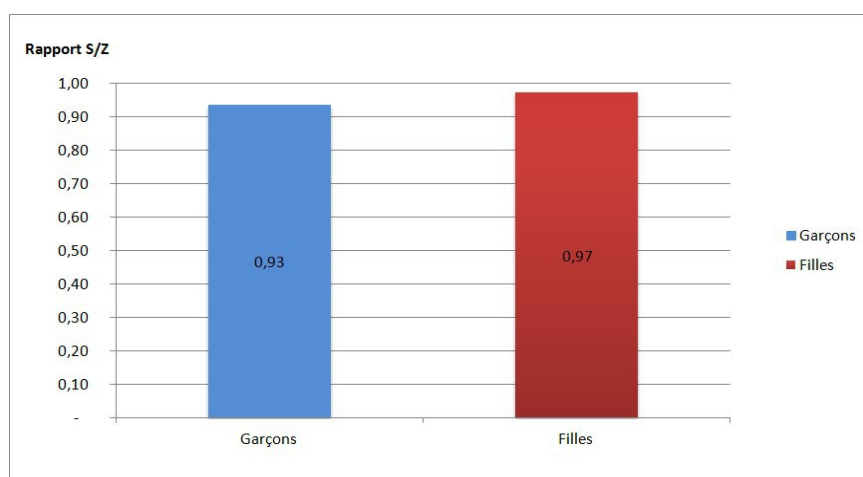


Figure 13 : Comparaison de la moyenne du rapport S/Z entre les filles et les garçons, toutes tranches d'âge confondues

Si on considère la moyenne du rapport S/Z en fonction du sexe et hors tranche d'âge, on ne note pas de différence significative du score entre les filles et les garçons.

Cette observation est validée par le test du Student qui atteste que la différence du rapport S/Z entre les filles et les garçons n'est pas significative pour une même tranche d'âge.

3.3. Analyse en fonction de l'âge

3.3.1. Analyse globale

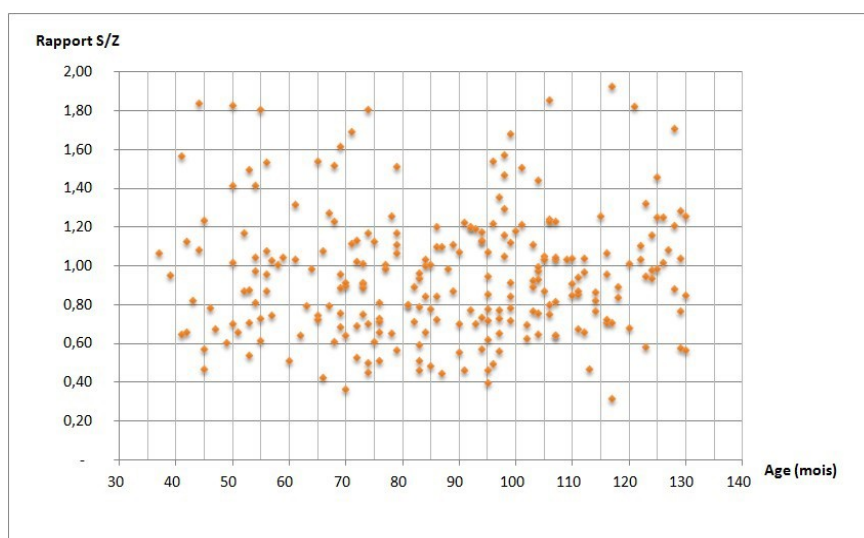


Figure 14 : Le rapport S/Z réparti en fonction de l'âge des enfants

La figure 14 représente la répartition du rapport S/Z chez les enfants, en fonction de leur âge. On peut y observer que si la majorité des résultats obtenus se concentrent entre 0,70 et 1,20, ils s'étendent de 0,32 à 1,93. On note également qu'il ne semble pas y avoir de corrélation entre le rapport S/Z et l'âge de l'enfant. En effet, les résultats restent fortement hétérogènes quelle que soit la tranche d'âge étudiée, avec des écarts allant de 0,81 à 1,61 entre le résultat le plus faible et le résultat le plus élevé.

3.3.2. Moyenne du rapport S/Z et intervalle de confiance

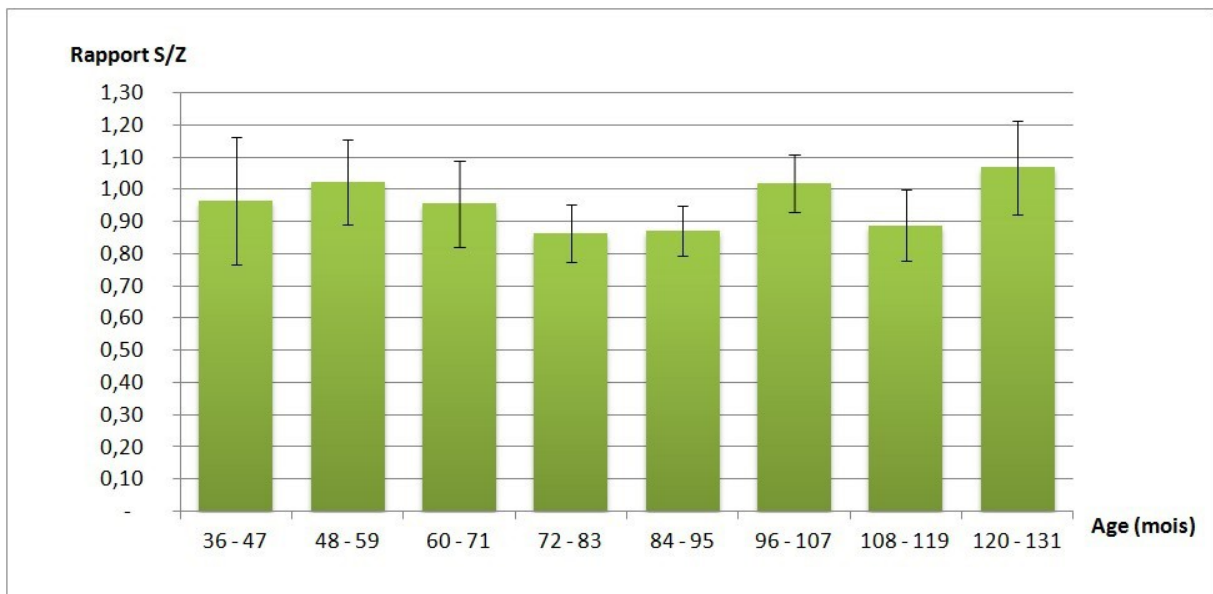


Figure 15 : Moyenne rapport S/Z chez les enfants de 36 à 131 mois, en fonction de la tranche d'âge, ainsi que l'intervalle de confiance

3.3.2.1. Moyenne du rapport S/Z

Les moyennes des rapports S/Z des différentes tranches d'âges sont situées entre 0,86 et 1,07 et semblent s'approcher de 1, résultat normalement attendu. Cependant, en tenant compte de la figure 14, on ne peut que modérer cette observation en raison de la grande hétérogénéité des résultats obtenus.

3.3.2.2. Intervalle de confiance

Nous avons appliqué la même méthode pour le calcul des intervalles de confiance des résultats obtenus pour le rapport S/Z que pour le calcul des intervalles de confiance des résultats obtenus pour les TMP. De plus, comme pour le temps maximum phonatoire, les intervalles de confiance pour les tranches d'âge [3;0 – 3;11], [4;0 – 4;11], [5;0 – 5;11], [9;0 – 9;11] et [10;0 – 10;11] sont à modérer en raison du nombre d'enfants constituant leur effectif.

Nous avons alors obtenu les résultats suivants :

Tranche d'âge	Effectifs	$m - (1,96\sigma)/\sqrt{n}$	Moyenne (m)	$m + (1,96\sigma)/\sqrt{n}$
[3;0 - 3;11]	14	0,77	0,97	1,16
[4;0 - 4;11]	27	0,89	1,02	1,15
[5;0 - 5;11]	27	0,82	0,96	1,09
[6;0 - 6;11]	40	0,77	0,86	0,95
[7;0 - 7;11]	39	0,79	0,87	0,95
[8;0 - 8;11]	48	0,93	1,02	1,11
[9;0 - 9;11]	25	0,78	0,89	1
[10;0 - 10;11]	17	0,92	1,07	1,21

Tableau VII : Intervalles de confiance pour les résultats de l'étude sur le rapport S/Z

On peut noter que pour les tranches d'âge [6;0 – 6;11], [7;0 – 7;11] et [8;0 – 8;11] l'intervalle de confiance couvre une amplitude respectivement de 0,18, 0,16 et 0,18 , ce qui signifie qu'environ 95% des enfants ont des scores qui se situent entre 0,77 et 0,95 pour la tranche d'âge [6;0 – 6;11], 0,79 et 0,95 pour la tranche d'âge [7;0 – 7;11] et 0,93 et 1,11 pour la tranche d'âge [8;0 – 8;11].

Ce sont les intervalles de confiance les plus faibles parmi notre échantillon ainsi que les résultats qu'on peut considérer comme les plus fiables concernant le rapport S/Z car les effectifs sont supérieurs à 30 sujets.

3.4. Synthèse

On peut observer que la répartition des résultats obtenus semble se rapprocher d'une loi Normale, mais celle-ci n'est pas centrée sur le résultat normalement attendu, mais sur un score considéré comme non significatif.

De plus, si les moyennes du rapport S/Z selon le sexe sont relativement identiques, en revanche, les scores obtenus en fonction de l'âge sont très hétérogènes.

Enfin, contrairement aux conclusions que nous avons pu tirer de l'analyse des résultats pour le Temps Maximum Phonatoire, nous ne pouvons pas établir de conclusion aussi évidente pour ceux concernant le rapport S/Z.

Discussion

1. Rappel des résultats

1.1. Le Temps Maximum Phonatoire

Nous avons pu observer que le Temps Maximum Phonatoire augmente avec l'âge des enfants, pour les filles comme pour les garçons. On ne remarque cependant pas de différence entre le TMP des garçons et le TMP des filles quel que soit l'âge.

De plus, le Temps Maximum Phonatoire chez les adultes est supérieur à celui que peuvent produire les enfants.

1.2. Le rapport S/Z

Contrairement aux résultats concernant le Temps Maximum Phonatoire, ceux concernant le rapport S/Z ne nous semblent pas suffisamment exploitables et ne nous permettent pas d'établir de conclusion tranchée, tant à propos du sexe que de l'âge.

2. Eléments théoriques

2.1. A propos de l'enfant

Lors de l'écriture de la partie théorique, nous avons pu trouver de nombreux articles et livres concernant l'anatomie de l'adulte, car les études et les recherches à ce sujet existent en grand nombre. En revanche, en ce qui concerne les enfants, quel que soit l'âge, nous n'avons trouvé que très peu d'éléments, ce qui a rendu nos recherches difficiles. Par exemple, nous avons voulu créer des tableaux comparatifs entre adultes et enfants, mais ils ne sont pas aussi complets que nous le souhaitions, faute de données suffisantes. Cela peut être expliqué par le fait que l'enfant n'est considéré comme un être à part entière, c'est-à-dire un être avec ses spécificités et non pas comme un adulte miniature, que depuis moins d'un siècle.

2.2. Le Temps Maximum Phonatoire

Afin de nous appuyer sur des données chiffrées, nous avons essayé de retrouver l'étude décrivant les résultats obtenus pour le TMP des adultes qui a permis de réaliser l'étalonnage communément utilisé. Cependant, nous ne sommes pas parvenues à la retrouver ni à connaître la taille de la cohorte ou la méthode qui ont permis la création de l'étalonnage. Nous savons seulement que les données utilisées pour les adultes datent de 1968 : il pourrait donc être utile d'effectuer un nouvel étalonnage, afin de voir s'il y a eu une évolution du Temps Maximum Phonatoire.

2.3. Le rapport S/Z

Contrairement au TMP pour lequel il existe un étalonnage, ainsi que des résultats pathologiques établis pour les adultes (un TMP inférieur à 10 secondes est considéré comme pathologique), ce n'est pas le cas pour le rapport S/Z. En effet, dans la pratique clinique, un rapport S/Z est considéré comme pathologique s'il est supérieur à 1, dans les normes s'il est égal à 1 et non significatif s'il est inférieur à 1.

Suite à des recherches dans la littérature scientifique, nous avons pu trouver que le rapport S/Z était environ égal à 1 pour des patients dits « normaux » ou « avec une dysphonie sans pathologie laryngée » et qu'il était supérieur à 1,4 dans 95% des cas pour « les patients dysphoniques avec une pathologie laryngée ».

Il semble donc y avoir un léger décalage entre ce qui est communément admis dans la pratique et les études sur le sujet, c'est pourquoi nous avons choisi d'exposer nos résultats en prenant 1 comme référence pour le score normal et de ne pas parler de seuil pathologique.

2.4. Recherches bibliographiques

Compte tenu de la difficulté que nous avons rencontrée pour trouver des informations et des interrogations qui sont apparues au cours de notre étude, nous avons continué à faire des recherches bibliographiques tout au long de notre mémoire, tant au moment de la passation des épreuves que de l'analyse des données que nous avons recueillies.

3. Sujets, matériel et méthode

3.1. Recrutement de la population

Le recrutement de la population est un des aspects pratiques qui nous a le plus posé problème. En effet, nous voulions initialement faire nos passations en région parisienne, puis, si nous en avons le temps et la possibilité, poursuivre sur l'académie de Lille.

Nous avons obtenu l'accord de plusieurs écoles maternelles et primaires dans la ville de Sartrouville. Cependant, à la dernière minute, l'inspecteur académique de Versailles a révoqué l'autorisation donnée par l'inspecteur de l'éducation nationale de la circonscription de Sartrouville. Nous nous sommes alors tournées vers l'académie de Lille qui a répondu favorablement à notre demande, mais cela a retardé le début des passations.

Nous avons effectué plus de 260 passations et retenu les scores de 247 enfants pour analyser les résultats. Et si nous avons pu contrôler les variables du sexe et de l'âge, en revanche en raison d'un manque de temps et de moyens, nous n'avons pas pu en vérifier d'autres, tels que le niveau socio-culturel par exemple.

Il nous semblerait donc intéressant de réaliser un plus grand nombre de passations dans d'autres régions de France, afin de confirmer nos résultats et de pouvoir vérifier notamment la variable géographique.

3.2. Matériel utilisé

Afin de chronométrer la durée d'émission des différents phonèmes, nous avons utilisé un simple chronomètre, comme on en trouve dans le commerce, pour être au plus proche des situations habituelles de passation de ce genre d'épreuves.

3.3. Méthode

3.3.1. Choix du nombre de passations

Selon certains auteurs, tels que Gelfer *et al.* (2006), il faudrait au moins une dizaine d'essais avant d'obtenir le meilleur résultat possible pour la production d'un son. Cependant dans la pratique clinique, chaque son est demandé trois fois.

Nous avons choisi de nous appuyer sur la pratique clinique par choix d'efficacité. En effet, voulant réaliser cette étude sur le plus grand nombre d'enfants possible, nous ne pouvions pas nous permettre de faire réaliser chacun des trois phonèmes dix fois. De plus, il ne faut pas oublier que les sujets de notre étude sont des enfants, qui se seraient sans doute démotivés au cours des passations ce qui aurait pu altérer la pertinence des résultats recueillis.

3.3.2. Consignes

Lors des passations nous avons choisi de faire une présentation plus ludique pour les plus jeunes, afin de faciliter la compréhension des consignes. Ainsi seul les enfants à partir de 6 ans ont passé les épreuves avec une consigne identique à celle des adultes, uniquement verbale. Il nous semblerait donc pertinent de réaliser une standardisation différente avec des consignes adaptées en fonction des tranches d'âge.

De plus, au cours de nos passations avec les enfants les plus jeunes (ceux âgés entre 3 et 6 ans), nous nous sommes aperçues qu'ils n'étaient pas tous réceptifs à la même présentation : lorsque certains n'avaient besoin que de la consigne orale et du dessin pour comprendre, d'autres ont eu besoin de recourir aux sensations kinesthésiques, en traçant un « chemin » avec leur doigt afin de tenir le son le plus longtemps possible. Nous avons alors décidé de privilégier la compréhension des consignes afin d'obtenir les résultats les plus fiables possibles de la part des enfants. En effet, il nous a paru important de prendre en compte la spécificité du jeune enfant, dont on ne peut pas attendre l'attention et le comportement d'un enfant plus âgé ou d'un adulte plutôt que d'utiliser une méthode « figée », identique à celle des adultes, mais pas toujours adaptée.

Finalement, ce choix s'est révélé pertinent puisque seulement quelques enfants de petite section et de moyenne section de maternelle ont refusé de réaliser les exercices que nous proposons, probablement parce qu'ils étaient trop intimidés. La plupart des autres enfants semblaient contents de participer à notre étude et se sont volontiers pliés aux activités, avec sérieux et concentration.

3.3.3. Lieux de passation

Idéalement, il aurait fallu faire toutes les passations dans un même lieu ou des lieux similaires. Cependant, par manque de moyens, nous avons réalisé une partie des passations dans des couloirs. Nous avons choisi de le mentionner par choix de transparence, mais étant donné que nous n'utilisons qu'un chronomètre et que nous ne mesurons pas l'intensité de la voix ou d'autres paramètres acoustiques, cela n'a pas été gênant pendant la passation des épreuves. Nous avons tout de même fait attention à ce que les sujets ne soient pas dérangés par le bruit ou par le passage d'autres personnes.

De plus, afin de nous assurer que cela n'avait pas d'incidence sur les résultats, nous avons comparé ceux des enfants ayant réalisé les épreuves dans les couloirs avec ceux les ayant réalisé dans des salles et nous n'avons pas observé de différence significative pouvant remettre en cause notre travail.

4. Résultats

4.1. Interprétation statistique des résultats

Nous nous sommes volontairement limitées à une interprétation statistique moins approfondie que ce que nous avons initialement prévu de faire. En effet, nous avons été limitées par nos connaissances dans le domaine des statistiques. Nous avons donc choisi de réaliser une analyse moins poussée mais que nous étions capables de mener à bien.

4.2. Le Temps Maximum Phonatoire

L'interprétation des résultats que nous avons obtenus sur le TMP nous a permis de conclure que le Temps Maximum Phonatoire augmente avec l'âge des enfants. Cependant, il nous a semblé que certains enfants, particulièrement les plus jeunes, ne semblaient pas aller jusqu'au bout de leurs capacités pulmonaires. On peut donc se poser la question du contrôle de la coordination pneumo-phonique chez les jeunes enfants, puisque celui-ci est indispensable à une bonne passation du TMP. Ainsi, les résultats que nous avons recueillis pour les enfants de moins de 5 ans ne nous paraissent pas utilisables car c'est dans cette tranche d'âge que les enfants ont semblé le plus ne pas réaliser l'exercice jusqu'à bout de leurs capacités.

Enfin, à partir de 9-10 ans, on observe sur notre échantillon que le TMP est plus important chez les filles que chez les garçons. On pourrait supposer que c'est dû à la puberté qui débute plus tôt chez les filles (entre 9 et 16 ans) que chez les garçons (entre 12 et 18 ans). Il serait cependant intéressant qu'une étude soit menée pour déterminer s'il y a effectivement une corrélation entre la puberté et l'augmentation du TMP chez les adolescents.

4.3. Le rapport S/Z

Pendant les passations, nous avons observé que pour certains enfants, réaliser l'épreuve du S/Z était difficile : s'ils n'avaient pas de difficulté à émettre le son /z/, ils ont été plusieurs à nous faire part de leur difficulté à émettre le son /s/. Nous nous sommes alors interrogées sur ce phénomène et avons effectué de plus amples recherches à ce sujet. Selon Tait *et al.* (1980) cités par Gelfer *et al.* (2006), la production du /z/ pourrait impliquer un débit d'air glottique plus faible, à cause de la vibration des plis vocaux, contrairement à la production du /s/ qui implique une ouverture glottique et demanderait alors un flux d'air bien plus important. Cela pourrait alors expliquer les cas où la tenue du /z/ serait plus longue que la tenue du /s/. Gelfer *et al.* (2006) ont également mis en avant une autre hypothèse qui pourrait expliquer pourquoi le phonème /z/ est plus facilement tenu que le /s/. « Lors de la production du /s/, l'énergie acoustique provient uniquement du bruit créé au niveau des articulateurs (pointe de langue contre la partie antérieure du palais dur). En revanche, l'énergie acoustique du /z/ [dépend également] de la vibration des plis vocaux [...]. » L'hypothèse serait qu'« un signal voisé permettrait de mieux transporter l'énergie aérodynamique vers une énergie acoustique, rendant l'émission du son /z/ plus facile si une intensité spécifique est demandée ». Cependant, ces hypothèses n'expliquent que la tenue plus longue du phonème /z/ par rapport au /s/ et laissent ouverte la question où un sujet sain produit un /s/ plus long qu'un /z/, voire remettent en question les résultats obtenus par Eckel *et al.* (1980) pour les sujets sains impliquant la production des phonèmes /s/ et /z/ sur une période de temps similaires. Des études complémentaires sur le sujet seraient intéressantes.

De plus, au cours de l'analyse des résultats à propos du rapport S/Z, nous avons observé qu'ils n'étaient pas stables : on ne peut donner une fourchette de résultats en fonction d'une tranche d'âge. Nous nous sommes alors interrogées sur les résultats obtenus chez les adultes : les résultats obtenus pour le rapport S/Z sont-ils aussi hétérogènes chez les adultes que chez les enfants ? Cependant, nous n'avons pas pu avoir accès aux résultats de l'étude de Eckel *et al.* (1981) pour apporter des éléments de réponse.

Enfin, l'hétérogénéité des résultats concernant le rapport S/Z, ainsi que la proportion d'enfants présentant un rapport S/Z non significatif, nous poussent à nous poser des questions quant à la pertinence de réaliser cette épreuve auprès

d'enfants. Il serait également intéressant de compléter l'épreuve du rapport S/Z avec un examen médical plus poussé, pour vérifier la présence d'un lien entre le rapport S/Z et la physiologie des sujets étudiés (taille, poids, capacité respiratoire ...).

4.4. Comparaison de nos résultats avec ceux d'une étude brésilienne (Tavares *et al.*, 2012)

Afin d'appuyer nos résultats, nous avons choisi de les confronter à ceux d'une étude menée au Brésil par Tavares *et al.* (2012). Nous avons initialement décidé de présenter nos résultats par tranches d'âge d'un an pour plus de précision. Mais les résultats de l'étude brésilienne étant présentés par tranches d'âge de 3 ans (4-6 ans et 7-9 ans), nous avons regroupé les tranches d'âge dans le cadre de cette comparaison.

Concernant le Temps Maximum Phonatoire, l'étude de Tavares *et al.* (2012) a obtenu les résultats suivants : 6,12 secondes en moyenne pour la tranche d'âge 4-6 ans et 7,98 secondes pour les tranches d'âge 7-9 ans. Ces résultats vont dans le même sens que ceux que nous avons obtenus, puisque pour la tranche d'âge 4-6 ans, les sujets réalisent en moyenne un TMP de 6,94 secondes et 11,36 secondes pour la tranche d'âge 7-9 ans. Cette étude, comme la nôtre, semble donc montrer une augmentation du Temps Maximum Phonatoire avec l'âge. En revanche, si l'on observe des résultats similaires pour la tranche d'âge 4-6 ans (6,12 secondes pour Tavares *et al.* (2012) et 6,94 secondes dans notre étude), il existe tout de même une différence non négligeable entre les résultats de la tranche d'âge 7-9 ans (7,98 secondes dans l'étude de Tavares *et al.* (2012) contre 11,36 secondes pour la nôtre). Nous n'avons pas trouvé de résultats détaillés nous permettant de faire une comparaison plus approfondie, mais nous nous interrogeons sur une telle différence (géographique, environnementale, autre?). De plus amples études à ce sujet pourraient apporter des réponses à ces questionnements.

Comme pour le Temps Maximum Phonatoire, les résultats du rapport S/Z de notre étude s'approchent fortement de ceux de Tavares *et al.* (2012). Ainsi, la tranche d'âge 4-6 ans a obtenu en moyenne un score de 0,95 au cours de notre étude et

0,96 pour l'étude brésilienne, et la tranche d'âge 7-9 ans un score de 0,93 au cours de notre étude et 0,97 concernant l'étude de Tavares *et al.* (2012).

Nos résultats sont donc comparables, mais contrairement à notre étude, l'étude brésilienne ne note aucune instabilité des résultats entre les tranches d'âge et situe la majorité des enfants dans la norme, avec un rapport S/Z environ égal à 1, et seulement 133 enfants au-dessus de 1,2 et 133 enfants en dessous de 0,8 pour une population testée de 1660 sujets. Cependant, il n'est cité nulle part ce que l'étude entend par des « résultats autour de 1 » (seraient-ce ceux situés entre 0,8 et 1,2?), ce qui ne nous permet pas de faire de comparaison plus poussée.

5. Hypothèses

Nous avons formulé trois hypothèses à propos du Temps Maximum Phonatoire chez les enfants et celles-ci semblent avoir été validées par notre étude. Ainsi, avec un TMP moyen qui oscille entre 2,94 secondes et 14,23 secondes entre 3 et 10 ans, on peut affirmer qu'il est inférieur à celui attendu à l'âge adulte. Les scores que nous avons observés montrent également que le TMP augmente avec l'âge des enfants. De plus, notre échantillon étant équilibré et suite à des analyses statistiques, nous pouvons également affirmer qu'il ne semble pas y avoir de différence selon le sexe concernant la tranche d'âge que nous avons étudiée.

Contrairement au Temps Maximum Phonatoire, l'hypothèse selon laquelle le rapport S/Z serait différent de 1 et s'en rapprocherait avec l'âge est infirmée par nos résultats. En effet, nous avons pu observer qu'en moyenne, et quelle que soit la tranche d'âge, si l'on prend les résultats globaux, ceux-ci se situent toujours autour de 1. De plus, ils ne s'en rapprochent pas nécessairement. Cependant, si l'on prend les résultats à l'échelle individuelle, on peut tout de même remarquer que peu de scores sont proches de 1 quel que soit l'âge (14,2%), et si cela ne valide pas l'hypothèse selon laquelle le rapport S/Z serait différent de 1, cela ne l'invalide pas entièrement non plus.

Conclusion

Trop souvent encore, on prête à l'enfant les mêmes compétences qu'à l'adulte, ne lui donnant pas l'importance qu'il mériterait : il faudrait par ailleurs encore affiner ses compétences car on raisonne très souvent sur des postulats dont l'origine n'est pas forcément connue. C'est le cas notamment dans certaines épreuves du bilan vocal, telles que le TMP et le rapport S/Z où les résultats attendus sont basés sur ceux que les adultes peuvent produire.

Notre objectif était de mettre en évidence cette différence. Nous avons donc effectué des passations de ces deux épreuves faciles à réaliser dans une population d'enfants âgés de 3 à 10 ans qui ont permis de mettre en évidence les particularités des enfants. En effet, on a pu montrer que sur notre cohorte le Temps Maximum Phonatoire est variable en fonction de l'âge des enfants, puisqu'ils présentent des résultats moins élevés que ceux des adultes. En ce qui concerne le rapport S/Z, nous n'avons pas pu émettre de conclusion aussi évidente, mais il apparaît tout de même que cette épreuve ne semble pas aussi pertinente pour l'enfant que pour l'adulte.

Si ce mémoire ne prétend pas bouleverser l'évaluation vocale chez les enfants, nous espérons en tout cas qu'il permettra de donner lieu à de nouvelles études sur le sujet afin que, dans le futur, on puisse apporter à l'enfant une prise en charge toujours plus adaptée.

Bibliographie

OUVRAGES

- CORPELET D. et MONDAIN M. (1999). Particularités physiologiques de la voix de l'enfant. *Journal de Pédiatrie et de Puériculture*. 12. 480 – 7.
- ECKEL F., BOONE D. (1981). The S/Z Ratio as an Indicator of Laryngeal Pathology. *Journal of Speech and Hearing Disorders*. 46, 147-149.
- GAMBOA F.J., NIETO A., DEL PALACIO A.J., RIVERA T., COBETA I. (1995). S/Z ratio in glottic closure defects. *Acta Otorrinolaringologica Espanola*. 46. 45-48.
- GELFER M.P., PAZERA J.F. (2006). Maximum duration of sustained /s/ and /z/ and the s/z ratio with controlled intensity. *Journal of Voice*. 20. 369-379.
- GILLIE-GUILBERT C. (2001). « Et la voix s'est faite chair ... » : Naissance, essence, sens du geste vocal. *Cahiers d'ethnomusicologie*. 14. 3 – 38.
- HIRANO M., KOIKE Y., VON LEDEN H. (1968). Maximum phonation time and usage during phonation. *Folia Phoniatrica* 20. 185 – 201.
- HIRANO M. (1974). Morphological Structure of the Vocal Cord as a Vibrator and its Variations. *Folia Phoniatrica*. 26. 89 – 94.
- MARCHAL F., LOOS N., SCHEITZER C., GAUTHIER R. (2000). Les explorations fonctionnelles respiratoires chez l'enfant. *Revue des Maladies Respiratoires*. 17. 67 – 75.
- RUFIN P. (2008). Les explorations fonctionnelles respiratoires chez l'enfant. *Archives de Pédiatrie*. 15. 1606 – 1610.
- SPIEGEL J., SATAKOFF R., EMERICH K. (1997). The Three Ages of Voice – The Young Adult Voice. *Journal of Voice*. 11.138 – 143.
- TAIT N.A., MICHEL J.F., CARPENTER M.A.. (1980). Maximum duration of sustained /s/ and /z/ in children. *Journal of Speech Hearing Disorder*. 45. 239-246
- TAVARES E., BRASOLOTTO A., RODRIGUES S., PESSIN A., MARTINS R. (2012). Maximum Phonation Time and s/z Ratio in a Large Child Cohort. *Journal of the voice*. 26. 171-177.
- WOISARD V., PERCODANI J., SERRANO E., PESSAY J.J. (1998), L'évolution de l'appareil phonatoire et la voix de l'enfant in : Fédération Nationale des Orthophonistes (éd.). *Rééducation orthophonique : les pathologies vocales chez l'enfant*. 194. 19-30.
- BRIN F., COURRIER C., LEDERLE E., MASY V. (2004). Dictionnaire d'Orthophonie. Isbergues : OrthoEdition.
- CORNUT G. (2009). La voix. Paris : PUF.
- DEJONG-ESTIENNE F. (1998). Voix parlée, voix chantée : examen et thérapie. Paris : Elsevier Masson.

-
- GARABÉDIAN E.-N., BOBIN S., MONTEIL J.-P., TRIGLIA J.-M. (1996), ORL de l'enfant. Paris : Médecine-Sciences Flammarion.
- LE HUCHE F., ALLALI A. (2001). La Voix : anatomie et physiologie des organes de la voix et de la parole. Paris : Elsevier Masson.
- LE HUCHE F., ALLALI A. (2001). La Voix : pathologies vocales d'origine Fonctionnelle. Paris : Elsevier Masson.
- LE HUCHE F., ALLALI A. (2001). La Voix : pathologies vocales d'origine organique. Paris : Elsevier Masson.
- LE HUCHE F., ALLALI A. (2001). La Voix : thérapeutiques des troubles vocaux. Paris : Elsevier Masson
- POSTIAUX G.(2003). Kinésithérapie respiratoire de l'enfant : les techniques de soins guidées par l'auscultation pulmonaire. Marseille : De Boeck Supérieur.
- SARFATI J., VINTENAT A.-M. ; SHOQUART C., (2002). La voix de l'enfant. Marseille : Solal
- FINCK C. (2008). Implantation d'acide hyaluronique estérifié lors de la microchirurgie des lésions cordales bénignes. Thèse de Doctorat en Sciences Médicales. Université de Liège.
- RUIZ Y., ORIVE D., SICAUD S. (2012). Les dysphonies de l'enfant : étude rétrospective et comparative entre la fin des années 1980 et aujourd'hui. Mémoire d'orthophonie. Université Claude Bernard Lyon 1.
- SERIEN S. ET THÉÉT A. (1991). Le profil vocal objectif : application à une population enfantine de 5 et 6 ans. Mémoire d'orthophonie. Université de Lille 2.
- TESTON B, « L'évaluation objective des dysphonies : Etat actuel et perspectives d'évolution » [Laboratoire Parole et langage Université de Provence et CNRS, <http://hal.archives-ouvertes.fr/docs/00/17/35/53/PDF/2075.pdf>. Consulté le 24/07/2013]

AUTRES

- DALMAS S. (2012). La ventilation chez l'enfant. Journées Lilloises d'Anesthésie Réanimation et Médecine d'Urgence 2012, <http://www.jlar.com/sommaire%20general.htm>. Consulté le 27/11/2013
- SCHLHOF F. (date inconnue), « Cours n°4 : l'intervalle de confiance », http://francois.schulhof.perso.neuf.fr/cours_maths/lycee/statistiques/Cours_no4_L_intervalle_de_confiance.pdf. Consulté le 07/03/2014

Liste des annexes

Liste des annexes :

Annexe n°1 : Données recueillies

Annexe n°2 : Dessins utilisés lors des passations

Annexe n°3 : Test de Student pour TMP

Annexe n°4 : Test de Student pour le rapport S/Z