

Université de Montréal

**Vers une compréhension du bruit provenant de la parole dans les écoles :  
Quel est le rôle du design visuel?**

*Par*

Tiffany Chang

École d'orthophonie et d'audiologie, Faculté de médecine

Mémoire présenté en vue de l'obtention du grade de M.Sc.

en sciences de l'orthophonie et de l'audiologie

Juin 2023

© Tiffany Chang, 2023

Université de Montréal

Unité académique : École d'orthophonie et d'audiologie, Faculté de médecine

---

*Ce mémoire intitulé*

**Vers une compréhension du bruit provenant de la parole dans les écoles :  
Quel est le rôle du design visuel?**

*Présenté par*

**Tiffany Chang**

*A été évalué par un jury composé des personnes suivantes*

**Adriana Lacerda**

Présidente-rapportrice

**Ingrid Verduyckt**

Directrice de recherche

**Annie Ross**

Codirectrice

**Victoria Duda**

Membre du jury

## Résumé

Les salles de classe sont des milieux bruyants auditivement et visuellement. Au Québec, le bruit auditif dans les écoles s'avère une problématique qui règne depuis des dizaines d'années et qui reste encore d'actualité aujourd'hui. Le bruit environnant peut impacter négativement le bien-être et les apprentissages des élèves et le bien-être des enseignant·es. D'autant plus, souvent, la source principale de bruit dans les écoles provient de la parole, un comportement qui peut être contrôlé. Les élèves et surtout les enseignant·es surchargent leur système vocal pour pouvoir faire passer leur message oral à travers le bruit auditif, augmentant leur niveau d'effort vocal. Dans les salles de classe, les distractions visuelles telles que les affiches murales contribuent à l'encombrement visuel, qui peut être considéré comme du « bruit visuel ». Celui-ci peut également impacter négativement le bien-être des élèves et leurs apprentissages. Considérant la nature multimodale, ou audiovisuelle, de la parole, nous nous questionnions sur l'influence de l'encombrement visuel sur la parole. Ce mémoire de maîtrise, composé de deux études, avait pour but de 1) étudier la perception subjective des élèves québécois de leur salle de classe en relation avec des données acoustiques objectives, et 2) étudier l'effet de l'encombrement visuel sur l'effort vocal en termes de paramètres acoustiques (SPL,  $f_0$  et CPP) et de perception auto-rapportée de locutrices. Les deux études se sont basées sur des méthodes mixtes, intégrant des méthodes quantitatives similaires (ex. : collecte de mesures objectives acoustiques, analyses acoustiques) et des méthodes qualitatives similaires (ex. : collecte de données subjectives perceptuelles, analyse inductive de questions ouvertes). Les analyses quantitatives et qualitatives des deux études révèlent que bien que les résultats relatifs aux données objectives (mesures acoustiques) n'étaient pas statistiquement significatifs, les résultats relatifs aux données subjectives (perception) l'étaient. Par exemple, dans la première étude, les niveaux d'appréciation du son des élèves (EAE) n'étaient pas tous corrélés avec les SPLs, et dans la deuxième étude, le niveau d'encombrement visuel n'était pas corrélé aux paramètres acoustiques de SPL,  $f_0$  et CPP. Ces résultats mettent en lumière l'importance de considérer et d'inclure des données subjectives et perceptuelles dans les études portant sur les paysages sonores éducatifs et sur l'effort vocal, car ce sont des expériences vécues par des humains.

**Mots-clés** : école, bruit auditif, paysages sonores éducatifs, perception du bruit, encombrement visuel, production et perception de la parole, effort vocal, acoustique de la parole.

## Abstract

Classrooms are acoustically and visually noisy environments. In Quebec, auditory noise in schools is a problem that has existed for decades and is still relevant today. Background noise can negatively impact the well-being and learning of students and the well-being of teachers. Moreover, the main source of noise in schools comes from speech, a behavior that can be controlled. Students and especially teachers put pressure on their vocal system to be able to convey their oral message through auditory noise, increasing their level of vocal effort. In classrooms, visual distractions such as wall posters can be considered as visual clutter, or visual noise, an element that can also negatively impact students' well-being and learning. Considering the multimodal, or audiovisual, nature of speech, we question the influence of visual clutter on speech. This master's thesis, composed of two studies, aimed to 1) study the subjective perception of Quebec students of their classroom in relation to objective acoustic data, and 2) study the effect of visual clutter on vocal effort in terms of acoustic parameters (SPL,  $f_0$  and CPP) and self-reported perception of female speakers. Both studies were based on mixed methods, integrating similar quantitative methods (e.g., collection of objective acoustic measurements, acoustic analyses) and similar qualitative methods (e.g., collection of subjective perceptual data, inductive analysis of open-ended questions). Quantitative and qualitative analyses of the two studies reveal that although the results relating to the objective data (acoustic measurements) were not statistically significant, the results relating to the subjective data (perception) were. For example, in the first study, students' Evaluation of the Acoustic Environment (EAE) were not all correlated with measured SPLs, and in the second study, the level of visual clutter was not correlated with acoustic parameters of SPL,  $f_0$  and CPP. These findings highlight the importance of considering and including subjective and perceptual data in studies of educational soundscapes and vocal effort, as the human experience is subjective.

**Keywords:** school, acoustic noise, educational soundscapes, noise perception, visual clutter, speech perception and production, vocal effort, speech acoustics.

# Table des matières

Résumé .....	3
Abstract.....	5
Table des matières.....	6
Liste des tableaux .....	8
Liste des figures .....	9
Liste des sigles et abréviations.....	10
Remerciements.....	12
Chapitre 1 – Introduction.....	13
Contexte.....	13
Revue de la littérature .....	14
Bruit auditif dans les écoles .....	14
Caractérisation du bruit auditif dans les écoles.....	14
Mesures du climat acoustique dans les écoles .....	14
Climat acoustique dans les écoles du Québec .....	15
Impacts du bruit auditif chez les élèves.....	16
Impact du bruit auditif chez les enseignant·es .....	19
Encombrement visuel (ou bruit visuel).....	22
Définition de l’encombrement visuel.....	22
Mesures de l’encombrement visuel.....	24
Encombrement visuel dans les salles de classe .....	25
Effort vocal.....	27
Définition de l’effort vocal .....	27

Mesures acoustiques de l'effort vocal .....	29
Facteurs influençant l'effort vocal .....	31
Effort vocal chez les enseignant·es .....	31
Objectifs de recherche .....	33
Chapitre 2 – Québec Adolescent Students' Perception of Their Classroom's Acoustic Environment in Relation to Objective Noise Level Metrics: A Case Study .....	34
Chapitre 3 – The Influence of the Visual Clutter of Spaces on Female Speakers' Vocal Effort .....	73
Chapitre 4 – Sections supplémentaires à l'Article 2.....	105
Analyses supplémentaires à l'Article 2 .....	105
Résultats supplémentaires à l'Article 2.....	106
Durée du signal .....	106
Mesures relatives au LTAS .....	107
Discussion complémentaire à l'Article 2.....	108
Aspects cognitifs-béavioraux et physiologiques de l'effort vocal.....	108
Relation entre les indices visuel et l'effort.....	111
Chapitre 5 – Discussion .....	115
Importance de considérer la perception subjective .....	117
Dans les études portant sur l'acoustique des milieux éducatifs .....	117
Dans les études portant sur l'effort vocal.....	119
Directions futures .....	119
Chapitre 6 – Conclusion .....	122
Références bibliographiques .....	123
Annexes .....	130

## Liste des tableaux

<b>Tableau 1.</b> –	Statistiques descriptives de la durée du signal vocal .....	106
<b>Tableau 2.</b> –	Moyenne, écart-type et inclinaison spectrale du LTAS, sortie IBM® SPSS® .....	108



## Liste des figures

<b>Figure 1.</b> – Boîtes à moustaches* de la durée du signal pour les quatre conditions expérimentales .....	107
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----

## Liste des sigles et abréviations

**ADHD:** Attention deficit hyperactivity disorder

**CPP:** Cepstral peak prominence

**dBA:** Décibel pondération A

**EAE:** Evaluation of the acoustic environment

**f<sub>0</sub>:** Fundamental frequency

**LA<sub>eq</sub>:** A-weighted, equivalent continuous sound level

**LA<sub>max</sub>:** A-weighted, maximum, sound level

**LA<sub>10</sub>:** A-weighted, sound level, just exceeded for 10% of the measurement period

**LA<sub>90</sub>:** A-weighted, sound level just exceeded for 90% of the measurement period

**LTAS:** Long-term average spectrum

**OMS:** Organisation mondiale de la santé

**PMAE:** Perception mode of the acoustic environment

**RT<sub>60</sub>:** Reverberation time

**SPL:** Sound pressure level

**STI:** Speech transmission index

**TSA:** Trouble du spectre de l'autisme

**VAS:** Visual analog scale

**WARP:** Wheldall Assessment of Reading Passages

*À mes parents*

## Remerciements

Merci à ma directrice de recherche principale Ingrid Verduyck avec qui j'ai eu l'opportunité de me plonger dans le monde de la recherche pendant près de cinq ans. Sa gentillesse et sa bienveillance ont rendu mon parcours académique en recherche beaucoup plus humain et chaleureux. Elle m'a poussée en tant que chercheuse scientifique et m'a soutenue et guidée sagement dans mes nombreux projets de recherche.

Par la suite, merci à ma co-directrice de recherche Annie Ross qui a su me guider dans mon parcours et m'offrir des perspectives différentes quant à mes projets de recherche.

Un merci spécial à mon copain pour son soutien dans les moments plus difficiles.

Finalement, merci infini à mes ami·es, à mes parents et à ma sœur qui m'encouragent dans tout ce que j'entreprends.

# Chapitre 1 – Introduction

## Contexte

La source principale de bruit dans les écoles provient souvent de la parole des élèves [1]. En effet, selon les élèves elleux-mêmes, la parole des autres élèves est la source principale de dérangement dans les salles de classe [2-6]. Au Québec, il existe peu d'études récentes sur la perception subjective du bruit dans les écoles telle que rapportée par les élèves ou en général, sur les niveaux de bruit auditif dans les écoles [7, 8]. Parallèlement, les salles de classes dans les écoles sont en général des milieux physiques très encombrés visuellement [9, 10]. Bien que l'effet du bruit auditif sur la production vocale des enseignant-es ait été documenté à maintes reprises dans les écrits [11-15], l'impact potentiel de l'encombrement visuel sur la production vocale n'a pas encore été exploré. Les enseignant-es présentent un risque élevé de subir de l'effort vocal en raison de leur occupation qui requiert la voix de manière intense et régulière [13, 16-18]. Nous nous demandions donc si l'encombrement visuel dans les salles de classe s'avère un indice visuel, tout comme la distance entre les interlocuteurs [19], qui peut possiblement affecter la production et la perception de la parole des élèves, et surtout des enseignant-es qui œuvrent dans ces milieux visuellement chargés.

Avec ce mémoire, nous voulions étoffer la littérature scientifique lacunaire portant sur le climat acoustique dans les écoles au Québec et l'effet de l'encombrement visuel sur la production de la parole dans les salles de classe. En d'autres mots, nous voulions comprendre le bruit auditif provenant de la parole dans les écoles tout en identifiant le rôle du design visuel, plus précisément de l'encombrement visuel, dans la production de la parole. Ce mémoire comprend une revue de la littérature portant sur le bruit auditif dans les écoles, l'encombrement visuel et l'effort vocal, deux articles scientifiques actuellement soumis pour publication, des analyses, résultats et discussions complémentaires, une discussion générale et une conclusion cloisonnant les fruits de ce projet de recherche.

# Revue de la littérature

## Bruit auditif dans les écoles

### Caractérisation du bruit auditif dans les écoles

Le bruit auditif dans les écoles réfère aux sons indésirables qui vont négativement impacter l'environnement d'apprentissage et le bien-être des élèves et les membres du personnel (ex. : enseignant-es). Le bruit dans les salles de classe peut provenir de sources internes à la salle de classe (ex. : ventilation, parole des élèves) ou à l'école (ex. : classes avoisinantes, mouvement dans les corridors) ou de sources externes (ex. : trafic, avions) [20]. Il est intéressant de rapporter que la revue de littérature de Klätte et al. [1] avance que souvent, la source principale de bruit dans les salles de classe s'avère le bruit provenant de la parole des élèves. Plusieurs études portant sur la perception du bruit dans les salles de classe avancent que les élèves trouvent que parmi toutes les sources de bruit retrouvées dans une salle de classe, la source de bruit la plus dérangeante est le bavardage des autres élèves, soit le bruit de la parole [2-6]. Bien évidemment, les salles de classe posséderont des paysages sonores différents dépendamment de plusieurs facteurs comme les sources de bruit qui se présenteront dans la classe, l'emplacement de l'école et les caractéristiques physiques de la salle de classe (ex. : taille de la classe, présence ou absence de matériaux insonorisant, plan ouvert vs fermé, etc.) [20]. Pour quantifier objectivement le bruit auditif dans les salles de classe, plusieurs paramètres acoustiques ont été utilisées.

### Mesures du climat acoustique dans les écoles

Les études se fient communément sur les trois paramètres acoustiques suivants pour caractériser la qualité du climat acoustique dans les salles de classe : le niveau de pression sonore (*SPL, sound pressure level*), le temps de réverbération (RT60) et l'indice de transmission de la parole (*STI, speech transmission index*) [21, 22]. Le niveau de pression sonore désigne le niveau de bruit ou le volume de la salle de classe. Il est mesuré en Décibels (dB). Le niveau de pression sonore est souvent collecté dans les salles de classes occupées et inoccupées ainsi qu'à l'extérieur de l'école [23]. Le temps de réverbération correspond au temps nécessaire en secondes pour qu'un son d'impulsion initial décroisse de 60 dB. Le RT60 caractérise la réverbération d'une pièce. Un temps

de réverbération élevé exacerbera le niveau de bruit présent dans la classe et impactera négativement l'apprentissage des élèves [20, 24]. L'indice de transmission de la parole (STI) est une mesure de l'intelligibilité de la parole dans des conditions bruyantes ou réverbérantes. L'indice de transmission de la parole se situe entre 0 et 1, 0 indiquant un STI pauvre et 1 indiquant un excellent STI [22]. La revue de la littérature de Hamida et al. [22] révèle que parmi tous les paramètres acoustiques recensés pour étudier le climat acoustique dans les salles de classe, le niveau de pression sonore est le plus utilisé.

#### Climat acoustique dans les écoles du Québec

Au Québec, le climat acoustique dans les écoles a été très peu étudié. Plus précisément, uniquement deux études scientifiques sur ce sujet ont été publiées à ce jour. La première étude, menée par Héту et al. [7], date de 1990 et avance que dans une salle de classe inoccupée dont les classes avoisinantes étaient occupées pour des activités d'apprentissage, les niveaux de pression sonore variaient entre 40 et 54 dBA. Ces niveaux de pression sonore dépassent les recommandations de l'Organisation mondiale de la santé (OMS) de 35 dBA [25] et les recommandations de Mealings de 28 dBA à 40 dBA pour les élèves de 6 ans à 12+ ans [26]. En effet, en 2016, Mealings [26] a mené une rigoureuse revue de la littérature portant sur les normes acoustiques nationales et internationales et a détaillé les recommandations acoustiques pour les élèves de 6 ans à 12+ ans pour les classes occupées et inoccupées. La deuxième étude scientifique portant sur le climat acoustique dans les écoles québécoises, menée par Riel [8], date de 2009 et montre que les moyennes de niveaux de pression sonore dans des salles de classes occupées variaient de 51 dBA à 71 dBA. L'étude montre aussi que le niveau de pression sonore pouvait même atteindre un maximum de 97 dBA, ce qui est trop élevé selon la revue de la littérature de Mealings [26]. Celle-ci stipule que pour une salle de classe occupée, le niveau de bruit sonore ne devrait pas dépasser 40 à 50 dBA pour être considérée « Bonne » (*Good*) pour l'apprentissage des élèves de 6 à 12+ ans [26]. Pour aller plus loin, l'article de Mealings [26] recommande que pour les élèves présentant des difficultés de langage ou d'audition, le niveau de pression sonore ne devrait pas dépasser un maximum de 40 dBA pour une salle de classe occupée et un maximum de 20 dBA pour une salle de classe inoccupée. Le peu d'informations empiriques et publiées que nous possédons concernant le climat acoustique des écoles québécoises pointent vers des

niveaux de bruit dépassant les recommandations internationales pour assurer un apprentissage optimal chez les élèves sains et chez les élèves présentant des difficultés de langage et d'audition, et c'est pourquoi nous nous intéressons à cette problématique dans ce mémoire. Plusieurs enjeux découlent du bruit dans les écoles tels que les nombreux impacts négatifs chez les élèves et chez les enseignant·es.

### *Impacts du bruit auditif chez les élèves*

Une salle de classe bruyante peut avoir des impacts négatifs sur les compétences cognitives des élèves et ultimement sur leurs apprentissages et leur performance académique. Tout d'abord, une salle de classe bruyante peut affecter l'intelligibilité de la parole (*speech intelligibility*). En ce sens, si un·e élève n'entend pas bien le message oral de l'enseignant·e et de ses camarades de classe, iel peinera à comprendre les nouveaux concepts véhiculés lors des cours magistraux ou lors des discussions de groupe, affectant ainsi ses apprentissages. En effet, une intelligibilité de la parole altérée impactera négativement les capacités de traitement du langage et de mémoire, entre autres [1, 27-29]. Par exemple, une étude de terrain récente portant sur l'intelligibilité de la parole dans les salles de classe en Italie avance que chez les élèves de 11 à 13 ans, le bruit de classe affecte négativement l'intelligibilité de la parole et le temps de traitement langagier des phrases orales, impactant subséquemment la compréhension [29]. Les élèves devaient effectuer deux types de tâches (intelligibilité de la parole et compréhension de phrases lues) dans trois types de conditions de bruit : sans bruit de fond, enregistrement de bruit de trafic et enregistrement de bruit de classe. Pour évaluer l'intelligibilité de la parole, les chercheur·ses ont administré le *Matrix Sentence Test* [30] (en italien), un test où des phrases de 5 mots chaque étaient oralement lues aux élèves. Les élèves avaient comme tâche de sélectionner en ordre les mots de la phrase lue sur une tablette. Le score d'intelligibilité était le pourcentage de mots adéquatement sélectionnés en ordre. Pour évaluer la compréhension des élèves de phrases lues et le temps de traitement langagier de ces phrases, les chercheur·ses ont administré le test italien intitulé *COMPRENDO* [31] aux élèves. Les élèves devaient sélectionner sur une tablette, parmi quatre images, celle qui correspondait à la phrase lue. Le temps de réponse pour sélectionner l'image cible, associé au temps de traitement langagier des phrases orales, était mesuré de cette façon. Le score d'images adéquatement sélectionnées était également collecté. Pour résultats, il



s'agissait de la condition de l'enregistrement de bruit de classe que les scores au *Matrix Sentence Test* et au *COMPRENDO* étaient les plus faibles, et que les temps de réponse au test *COMPRENDO* étaient les plus lents [29].

Par la suite, des conditions acoustiques sous-optimales peuvent altérer le niveau d'attention et de concentration chez les élèves. En effet, selon le *Framework for Understanding Effortful Listening (FUEL)*, une tâche d'écoute demande une forme spécifique d'effort mental. Comme pour tout type d'effort (ex. : physique), un effort soutenu ou prolongé peut entraîner de la fatigue. Ainsi, une tâche d'écoute soutenue, comme écouter un-e enseignant-e parler pendant une période scolaire, peut entraîner une fatigue auditive [32]. La théorie cognitivo-comportementale de Wingfield [33] stipule que les individus ont une capacité limitée de ressources mentales. Ainsi, lorsqu'il y a beaucoup de bruit environnant, les auditeuses doivent allouer plus de ressources attentionnelles pour reconnaître et comprendre le message verbal. Chez les élèves, cette charge cognitive accrue peut épuiser rapidement leurs ressources attentionnelles et ainsi perturber leur capacité à canaliser leur attention sur les instructions pédagogiques ou les nouvelles connaissances transmises de manière orale. Cela peut entraîner une diminution de l'attention, une diminution de la rétention des nouvelles informations et des difficultés à accomplir des activités d'apprentissage plus complexes (ex. : littératie) [32, 34]. Par exemple, une récente étude a été réalisée par Rance et al. [34] et portait sur l'effet de l'environnement de la classe (classe à plan ouvert et classe à plan fermé) sur les compétences de littératie d'élèves de 7 à 10 ans. Le niveau de bruit de la classe à plan ouvert était plus élevé que celui de la classe à plan fermé. La compétence de littératie était mesurée par le *Wheldall Assessment of Reading Passages (WARP)* [35] qui a pour but d'évaluer le développement de la fluidité de lecture de textes de 200 mots, ainsi que la vitesse de lecture. Comme résultats, les scores au *WARP* pour les élèves de la classe à plan fermé étaient supérieurs que ceux des élèves de la classe à plan ouvert ( $p < 0,001$  ; IC à 95 % 3.7, 10.0).

Ultimement, les impacts négatifs sur les compétences cognitives susmentionnées causés par un mauvais climat acoustique peuvent avoir comme conséquence une baisse de la performance académique. Les difficultés à comprendre les instructions, à traiter les nouvelles informations et à rester concentré pendant les activités pédagogiques et les évaluations peuvent se refléter

négativement dans les résultats scolaires [13, 36]. En effet, une étude a tenté de déterminer les effets du bruit extérieur d'écoles et du bruit interne de salles de classe sur les résultats académique d'élèves londoniens primaires âgés de 7 à 11 ans. Dans cette étude, les chercheuses ont mesuré les niveaux de pression sonores (LAeq, LA10, LA90 et LAmax) externes et internes de 33 écoles primaires de Londres et ont corrélé ces mesures acoustiques aux moyennes des résultats scolaires des élèves à des tests standardisés (*SATS, standardized assessment tests*) de mathématiques, littérature et sciences. Les autrices ont trouvé une tendance générale de corrélations négatives significatives entre les niveaux de pression sonore externes et internes, et les scores des élèves dans le sens où plus les niveaux de pression sonore étaient élevés, moins les résultats scolaires étaient élevés [36].

En outre, les impacts négatifs du bruit sur les apprentissages des élèves présentant des difficultés de langage ou d'audition sont encore plus considérables en comparaison aux élèves sains, expliquant pourquoi les recommandations acoustiques concernant les niveaux de pression sonore sont inférieures [26].

De plus, le bruit dans les écoles peut également affecter le bien-être général des élèves. Ceux-ci peuvent éprouver de l'inconfort physique et psychologique en réaction au bruit. En effet, en ce qui concerne l'inconfort physique, certains élèves peuvent ressentir de la fatigue physique, des maux de tête et du stress physique [13]. De plus, pour ce qui est de l'inconfort psychologique, certains élèves peuvent vivre du stress psychologique, des sensations de dérangement, et même de l'agressivité, entre autres [13]. Finalement, en raison des impacts négatifs du bruit, les élèves peuvent se sentir démotivés à apprendre. La revue de la littérature de Evans et Lepore [37] portant sur les effets non auditifs du bruit sur les enfants s'est concentré sur l'impact du bruit sur la motivation. Les auteurs ont conclu que dans des conditions bruyantes, les enfants ont moins tendance à persévérer pour réussir une tâche cognitive. Une des études recensées a cherché à comprendre l'effet du bruit sur la persévérance et l'abandon chez des élèves de niveau primaire. Les auteurs ont trouvé que 15% des élèves qui devaient résoudre un casse-tête dans une école bruyante avaient abandonné la tâche avant le temps imparti, alors que cette proportion était seulement de 2% chez les élèves de l'école calme [38]. Par ailleurs, la revue de la littérature mentionne que plusieurs études avancent que les enseignant·es provenant des écoles bruyantes

ont signalé plus de difficultés à motiver leurs élèves à apprendre en comparaison aux enseignant-es provenant des écoles calmes [37].

### *Impact du bruit auditif chez les enseignant-es*

L'impact majeur du bruit dans les écoles chez les enseignant-es est sur leur santé vocale [13]. En effet, le bruit dans les écoles peut être considéré comme étant la raison principale qui cause les troubles de la voix (ou « dysphonie ») chez les enseignant-es [39]. La voix s'avère l'outil de travail principal des enseignant-es qui leur permet d'enseigner, de transmettre des connaissances, et de gérer la classe [40]. Ainsi, la voix chez les enseignant-es est sollicitée intensément de manière quotidienne, ce qui met les enseignant-es très à risque de développer des comportements vocaux nuisibles et ultimement des troubles de la voix [13-15]. En plus, les enseignant-es exercent dans des conditions acoustiquement bruyantes, les forçant à parler fort, surchargeant encore plus leur système vocal [13, 41]. Les enseignant-es sont deux à trois fois plus à risque de développer un trouble de la voix que la population générale. Ce risque est encore plus élevé chez les enseignantes femmes et les enseignant-es en éducation physique [15]. Concernant les enseignantes femmes, une étude a révélé que celles-ci doivent davantage augmenter leur volume vocal en comparaison aux enseignants hommes pour se faire entendre par les élèves dans les salles de classe bruyantes [11]. En fait, les enseignantes femmes sont deux fois plus à risque de développer des troubles de la voix que les enseignants hommes [12].

Sur le plan physiologique, la voix est produite par la vibration des plis vocaux (aussi appelés « cordes vocales ») lors de l'expiration de l'air pulmonaire. Les plis vocaux sont généralement en santé lorsque le ou la locuteurice produit de la parole à une intensité vocale saine. Comme mentionné plus haut, les enseignant-es, en raison du bruit environnant, vont parler à une intensité vocale excédant énormément un volume sain, allant jusqu'à 100 dB et plus pour les enseignant-es d'éducation physique [42]. Le niveau vocal conversationnel est de 60-65 dB [43]. Selon une étude expérimentale portant sur l'impact des conditions bruyantes de classe sur les enseignantes femmes, une augmentation du bruit de fond de 32 dB (de 44 dB à 76 dB) entraînera une augmentation de la fréquence fondamentale de la voix de 12% ( $p < 0,001$ ), une augmentation de l'intensité vocale de 8% ( $p < 0,001$ ), une augmentation du pourcentage de phonation de 16% ( $p < 0,00$ ) et une augmentation du nombre de cycles vibratoires de 31% ( $p < 0,001$ ). Ces

pourcentages pointent vers une « dose vocale » trop élevée [44]. Lorsque les enseignant·es crient ou parlent fort, leurs plis vocaux s'entrechoquent de façon répétitive, fragilisant la muqueuse des plis vocaux, et cela peut causer une inflammation à ce niveau. Conséquemment, la voix peut devenir faible, rauque ou soufflée, et la qualité vocale sera donc diminuée. Pour compenser ces symptômes vocaux, les enseignant·es auront tendance à adopter des comportements vocaux nuisibles comme forcer sur leur système vocal pour que leur voix puisse être plus forte que le bruit environnant et entendue par les élèves. Cela peut aggraver par la suite l'inflammation des plis vocaux, menant à des lésions telles que des nodules. Ces lésions diminueront également à leur tour la qualité vocale, encourageant encore des comportements vocaux nuisibles. Un cercle vicieux se met donc en place de cette manière. Ensuite, des symptômes vocaux tels que la « fatigue vocale », des douleurs au larynx et de la raucité dans la voix peuvent apparaître [45]. Par ailleurs, les nodules sont la cause principale de dysphonie chez les enseignant·es en général, avec une prévalence affectant les enseignant·es qui varie entre 20% et 50% [46].

Pour les enseignant·es, le bruit dans les écoles et les troubles vocaux peuvent engendrer des répercussions négatives sur la santé physique et psychologique, comme de la fatigue, des maux de têtes [11, 47], une diminution de l'attention [48], et des émotions négatives comme le stress et l'anxiété [11, 47, 49], impactant ultimement leur qualité de vie globale [50]. Par ailleurs, les enseignantes femmes sont plus affectées négativement par le bruit dans les salles de classe en comparaison aux enseignants hommes. À cause du bruit de classe, en comparaison aux enseignants hommes, les enseignantes femmes rapportent subir plus de maux de tête et de stress, ont plus de difficulté à se concentrer, sont plus dérangées par le bruit de classe, et ont plus tendance à augmenter le volume vocal, à crier, à devenir fâché et sensible et à donner davantage de tâches aux élèves pour éviter d'enseigner avec leur voix [11].

Les répercussions négatives sur la santé physique et psychologique des enseignant·es peuvent entraîner à leur tour de l'absentéisme au travail. Selon une étude portant sur l'absentéisme causée par la voix chez les enseignantes femmes, approximativement un tiers des enseignantes avaient déjà manqué le travail en raison des problèmes de la voix au cours de leur carrière. Cette proportion élevée d'absentéisme des enseignantes en raison de difficultés vocales est considéré par certains auteurs comme étant un problème de santé publique [51]. De plus, les individus

pratiquant la profession d'enseignant·e sont considérablement plus à risque de changer de profession que la population générale en raison d'un problème de la voix. D'ailleurs, selon l'étude de Roy et al. [52], 5% des enseignant·es avaient pris l'ultime décision de se réorienter professionnellement en raison de leurs troubles vocaux.

Maintes études stipulent que les troubles de la voix des enseignant·es peuvent également affecter négativement les apprentissages des élèves. En effet, les élèves devront consacrer plus d'effort cognitif à comprendre le signal vocal perturbé de leur enseignant·e dysphonique, et ce, au détriment de la compréhension du langage et de son contenu [53-56]. Par exemple, une étude de Lyberg-Ahlander et al. [53] montre que les élèves qui ont reçu une dictée récitée par une voix dysphonique ont obtenu des scores inférieurs que leurs pairs qui ont reçu une dictée récitée par une voix non dysphonique, c'est-à-dire saine. L'étude de Rogerson et Dodd révèle des résultats similaires et y apportent même une nuance. Dans leur étude, des élèves (N=107) âgés de 9-10 ans ont dû écouter trois passages de texte lus, un passage lu par une voix non dysphonique ou saine, un passage lu par une voix légèrement dysphonique et un passage lu par une voix sévèrement dysphonique. Après l'écoute de chaque passage de texte, les élèves devaient répondre à six questions à choix de réponse qui visaient à évaluer leur compréhension du passage de texte oral. Les scores issus du passage lu par la voix saine étaient significativement supérieurs que les scores issus des passages lus par les voix légèrement ou sévèrement dysphoniques. Aucune différence significative n'a été trouvée entre les scores du passage lu par la voix légèrement dysphonique et ceux issus du passage lu par la voix sévèrement dysphonique. Ce résultat avance que toute forme de trouble vocal est préjudiciable au traitement de la parole des élèves et est donc susceptible d'avoir des conséquences négatives sur la compréhension du langage oral [55].

En somme, les troubles de la voix chez les enseignant·es causés par le bruit de classe peuvent causer des répercussions négatives pour leur qualité de vie en générale et les impacts négatifs peuvent même s'étendre aux apprentissages des élèves.

Enfin, le bruit dans les écoles au Québec a fait l'objet de peu d'études bien que nous connaissions les mesures acoustiques pour caractériser le bruit dans les écoles (ex. : niveaux de pression

sonore, temps de réverbération), et bien que nous connaissions les impacts négatifs du bruit sur les élèves (ex. : apprentissages, performance académique, bien-être) et les enseignant-es (ex. : troubles vocaux, bien-être).

## **Encombrement visuel (ou bruit visuel)**

### Définition de l'encombrement visuel

Dans notre étude, nous définissons le design visuel comme étant la conception et l'aménagement physique d'un espace que nous pouvons accéder avec notre sens de la vue. L'encombrement visuel dans les espaces intérieurs est défini comme un excès d'éléments qui conduit à une surstimulation visuelle et à une diminution de performance dans l'exécution de tâches visuelles (ex. : chercher un objet dans une chambre) [57] et contribue au design visuel d'un espace. L'encombrement visuel est un concept clé dans les domaines de l'architecture et du design d'intérieur car la conception et l'aménagement intérieur d'un espace peuvent susciter des émotions et favoriser certains comportements chez les visiteur-ses de ces espaces. L'encombrement visuel est normalement perçu négativement par les visiteur-ses en raison de la surstimulation qui lui est associée même si la perception de l'encombrement visuel est subjective [58]. Medwetz [59] identifie trois types de stimuli visuels pouvant contribuer à l'encombrement visuel : la forme, la couleur et la lumière d'un espace.

La forme d'un espace intérieur fait référence à l'harmonie et à l'équilibre atteinte par les formes des objets. Un espace intérieur avec des objets de formes différentes ou qui ne s'agencent pas peut être considéré comme déséquilibré. Ainsi, des espaces de rangement (ex. : commodes, tiroirs, etc.) peuvent permettre de cacher des objets de formes différentes et cela peut réduire l'encombrement visuel dans l'espace intérieur. De plus, l'organisation d'un espace clos peut aussi contribuer à la forme d'un espace intérieur. Par exemple, ranger des objets similaires ensemble rend un espace plus harmonieux et équilibré dans sa forme, réduisant encore une fois son niveau d'encombrement visuel [57].

Le travail de thèse de Medwetz [59] sur les effets des couleurs sur la perception visuelle et l'encombrement visuel met en évidence la relation entre les couleurs (leur nature, leur saturation

et leur nombre en combinaison) et l'encombrement visuel. En ce qui concerne la nature des couleurs, des chercheurs ont avancé que les couleurs chaudes sont liées à l'excitation tandis que les couleurs froides sont liées à la relaxation [60]. Leur étude a porté sur la perception des pièces de différentes couleurs (le blanc, le vert froid et l'orange chaud). Les résultats émergents révèlent que la pièce orange chaude a généré les réponses les plus stimulantes chez les étudiant-es universitaires basées sur un questionnaire [60]. De plus, une revue de la littérature explorant les impacts des couleurs sur les élèves dans des salles de classe au primaire et au secondaire a trouvé qu'en général, les couleurs rouge et orange sont associées à la nervosité et à l'excitation, tandis que les couleurs bleu et vert ont un effet calmant chez les élèves [61]. Ainsi, en termes de nature, les couleurs chaudes contribueraient à l'encombrement visuel en raison de leur potentiel de stimulation visuelle. En ce qui concerne la saturation des couleurs, également appelée chroma, les couleurs les plus saturées, donc les plus concentrées, seraient celles qui généreront de la surstimulation visuelle et psychologique. Les couleurs les plus saturées sont les couleurs pures. Cela signifie qu'elles ne sont pas mélangées avec du blanc ou du noir. Les couleurs primaires (rouge, bleu et jaune) seraient les couleurs les plus saturées et les plus pures. Selon une étude sur les effets des couleurs sur les émotions, le rouge serait la couleur la plus stimulante [62]. Enfin, le nombre de couleurs dans une combinaison de couleurs peut contribuer à une surstimulation, et donc à un encombrement visuel. Plus un espace intérieur possède de couleurs, plus les visiteur-ses seront stimulé-es visuellement [59].

Enfin, la lumière d'un espace est cruciale dans la conception d'un environnement intérieur car elle nous permet de voir l'espace. La lumière d'un environnement intérieur peut être utilisée pour susciter des comportements et des émotions chez les visiteur-ses de cet espace. Les gens préfèrent suivre le chemin le plus lumineux, car la luminosité attire l'attention. En conséquence, les gens ont tendance à se tenir devant des murs éclairés, et les gens changent normalement la position de leur corps en fonction de la lumière d'un espace, par exemple, pour obtenir une meilleure vision d'un certain point d'intérêt [63]. Si la lumière pointe vers des éléments qui contribuent à l'encombrement visuel (ex. : objets non rangés ou très colorés), ces objets seraient davantage accentués car notre attention sera attirée vers ceux-ci, conduisant à la surstimulation

visuelle. Ainsi, un éclairage sous-optimal peut être considéré comme contribuant à l'encombrement visuel [59].

#### Mesures de l'encombrement visuel

Il existe peu d'outils pour mesurer l'encombrement visuel. L'article de Rosenholtz et al. [57] a recensé trois différents outils qui ont été utilisés pour mesurer l'encombrement visuel dans une scène visuelle à deux dimensions (ex. : affiche, écran, image). Le premier outil était une nouvelle version de *Feature Congestion measure of visual clutter*, qui est basée sur la théorie selon laquelle plus une scène est encombrée, plus il sera difficile d'ajouter un nouvel élément pour attirer l'attention. Le deuxième outil était le *Subband Entropy measure of visual clutter*, qui vise à évaluer le degré d'organisation des stimuli visuels dans une scène visuelle. Le troisième outil était le *Edge Density measure of visual complexity*, qui tente de capturer l'encombrement visuel basé sur l'espace « vide » et la densité des objets d'une scène visuelle. L'étude n'a pas recensé de méthode à utiliser pour mesurer l'encombrement visuel dans des espaces physiques intérieurs. Les outils portant sur l'encombrement visuel dans des espaces physiques intérieurs ont été créés dans le but d'évaluer la sévérité des patient·es cliniques qui présentent des troubles d'accumulation compulsive. Par exemple, le *Clutter Image Rating* a été développé par Frost et al. [64] pour évaluer la sévérité des symptômes de patient·es cliniques qui présentent des troubles d'accumulation compulsive. Cet outil se veut une échelle à neuf photographies équidistantes de différents niveaux d'encombrement visuel représentant les trois pièces principales de la plupart des maisons : salon, cuisine et chambre à coucher. Les patient·es devaient sélectionner les images qui correspondaient le mieux aux niveaux d'encombrement des pièces de leur maison (1 = image de pièce non encombrée et 9 = image de pièce au niveau le plus encombré). Le *Saving Inventory revised* [65], quant à lui, a été développé pour diagnostiquer les individus qui présentent des troubles d'accumulation compulsive. Cet outil se base sur un questionnaire à échelles de Likert portant sur l'impact de l'encombrement sur la qualité de vie (ex. : l'encombrement me cause de la détresse, l'encombrement interfère avec mon fonctionnement quotidien) et ne mesure pas le niveau d'encombrement visuel d'un espace physique à proprement dit. Bien qu'il existe des méthodes pour évaluer l'encombrement visuel dans des scènes visuelles à deux dimensions, et bien qu'il existe des outils de mesures cliniques portant sur l'encombrement visuel, aucune étude



à ce jour n'a développé des outils de mesure de l'encombrement visuel dans des espaces physiques intérieurs.

#### Encombrement visuel dans les salles de classe

Le climat visuel dans les salles de classe est un élément important à considérer dans l'aménagement des salles de classe puisque les élèves visitent ces espaces quotidiennement, il s'agit de leur milieu d'apprentissage. Actuellement, les salles de classe dans les écoles sont en général visuellement trop chargées, et trop de stimulation visuelle dans la salle de classe peut causer des impacts négatifs sur les apprentissages des élèves primaires [9]. En effet, selon l'étude de McMains et al. [66] portant sur la façon dont le cerveau adulte trie les stimuli visuels concurrents, lorsque multiples stimuli visuels se présentent dans le champ visuel en même temps, ils se disputent la représentation neuronale. En d'autres termes, plus il y a de stimulation dans un environnement, plus il y a de concurrence pour l'attention de la partie du cerveau d'un individu qui doit se concentrer. De leur étude portant sur le pouvoir pédagogique des affiches murales dans les salles de classe d'écoles primaire et secondaire, Hubenthal et al. [10] ont convenu qu'une trop grande quantité d'affiches, de réglementations ou de sources d'information peut causer une surcharge dans la mémoire de travail (ou mémoire à court terme) des élèves. En effet, la complexité visuelle générée par une abondance de texte et d'images peut créer une concurrence attentionnelle entre les informations verbales fournies par l'enseignant·es et les messages visuels provenant des affiches pour les élèves. Cela cause donc la surcharge cognitive. Il devient donc plus difficile pour elleux de gérer toutes les informations verbales et visuelles reçues et à intégrer les informations importantes pour l'apprentissage.

Ensuite, l'encombrement visuel dans une salle de classe peut être une source potentielle de distraction pour les élèves. Lorsque les élèves sont distraits par l'encombrement visuel, il est plus difficile pour elleux de se concentrer sur les tâches à accomplir et les nouvelles connaissances transmises, hypothéquant ainsi leur expérience d'apprentissage. En effet, une étude de terrain a exploré l'impact de l'environnement visuel dans une salle de classe sur l'apprentissage des élèves de maternelle (primaire). Les chercheurs ont donc manipulé la quantité de décoration dans la salle de classe : une salle décorée et une salle non-décorée. Les élèves ont reçu des mini-leçons introductives sur la science. Les résultats ressortissants ont conclu que dans la salle décorée, les

enfants étaient plus distraits par l'environnement visuel et passaient significativement plus de temps hors de la tâche demandée. Quantitativement, dans la salle décorée, les élèves ont passé en moyenne 39% de leur temps hors de la tâche demandée alors que dans la salle non-décorée, ils ont passé en moyenne 28% de leur temps hors de la tâche demandée ( $p < 0,0001$ ). Pour les résultats, les élèves ont démontré des gains d'apprentissage significativement plus faibles dans la salle décorée en comparaison avec la salle non-décorée. Les gains d'apprentissage étaient mesurés à l'aide d'un pré-test et d'un post-test portant sur la matière enseignée, la moyenne des post-tests provenant de la salle décorée étant 42% et la moyenne des post-tests provenant de la salle non-décorée étant 55% ( $p = 0,007$ ) [67].

Par la suite, pour les élèves présentant une déficience visuelle cérébrale, leurs difficultés visuelles seraient amplifiées par l'encombrement visuel de la salle, affectant ainsi leur fonctionnement et leurs comportements, ce qui peut impacter négativement leurs apprentissages. Une étude pilote de terrain s'est déroulée dans une école où deux salles de classe ont été « dé-encombrées », dans le sens où tous les objets inutiles, affiches superflues, etc., ont été retirées. Pendant deux semaines, les enseignant-es et éducatrices ont mené leurs activités normalement dans ces classes et après cette période, des entrevues ont été menées pour recueillir la perception des enseignant-es et éducatrices sur l'impact de ce « dé-encombrement » sur les comportements et les apprentissages des élèves. Les enseignant-es et éducatrices ont rapporté que cette classe « dé-encombrée » ont généré un impact positif sur l'attention et la concentration des élèves, et ont même noté un impact positif sur leur propre enseignement et fonctionnement [68].

Ensuite, l'encombrement visuel dans la salle de classe est particulièrement préjudiciable au bien-être comportemental et émotionnel des élèves présentant un trouble du spectre de l'autisme (TSA). En effet, il est plus difficile pour les élèves présentant un TSA de réguler leur traitement sensoriel afin de prioriser les stimuli concurrents au sein d'un environnement. En conséquence, la capacité de se concentrer uniquement sur un seul stimulus est également plus difficile [69]. En d'autres mots, les difficultés attentionnelles causées par l'encombrement visuel chez les élèves sains sont exacerbées chez les élèves présentant un TSA. Pour aller plus loin, une étude a eu pour objectif d'explorer la perception des stimuli visuels d'une salle de classe d'élèves présentant un TSA, plus précisément leur perception de l'encombrement visuel (*visual clutter*). Dans leur étude,

les chercheurs ont défini l'encombrement visuel comme étant les stimuli visuels que les élèves perçoivent en tant que négatifs pour leur bien-être comportemental, émotionnel et éducationnel. Pour ce qui est des résultats, les analyses des réponses ouvertes des élèves ont mis en lumière quatre thèmes définissant l'encombrement visuel : 1) la palette de couleur, 2) l'entassement des éléments visuels, 3) l'accessibilité (ex. : placement des meubles permettant une circulation fluide ou non), et 4) la taille des éléments physiques. Les élèves ont identifié ces quatre facteurs comme étant néfastes à leurs apprentissages [9], ce qui reflète partiellement les trois composantes de l'encombrement visuel telles que proposées le design intérieur mentionnées plus haut (forme, couleur et lumière) [59].

Ces études susmentionnées suggèrent que l'encombrement visuel dans la salle de classe, similairement au bruit auditif, peut avoir des impacts négatifs sur les expériences d'apprentissage, le comportement et le bien-être émotionnel des élèves. Il est important que les enseignant-es et les éducatrices tiennent compte de l'impact de l'encombrement visuel sur l'environnement d'apprentissage et prennent des mesures pour réduire l'encombrement visuel lorsque cela est possible afin de promouvoir un environnement d'apprentissage plus confortable et optimal pour les élèves. Au Québec, aucune étude à ce jour n'a porté sur le niveau d'encombrement visuel des salles de classe et de ses impacts sur les élèves ou les enseignant-es.

## **Effort vocal**

### Définition de l'effort vocal

Dans le passé, l'effort vocal a été défini comme l'effort perçu nécessaire pour produire de la voix [18]. Cependant, aucune définition n'a été universellement acceptée dans la communauté de recherche à ce jour [18]. Dans la littérature scientifique, l'effort vocal a souvent été étudié de deux manières distinctes, soient : 1) l'effort vocal est évalué par des juges externes, ou 2) l'effort vocal est auto-rapporté par la personne qui produit la voix, soit par le ou la locuteurice [18]. En ce qui concerne la première méthode d'analyse, les juges externes sont généralement des auditeuses expert-es qui doivent écouter des signaux vocaux enregistrés pour évaluer le niveau d'effort vocal des locuteurices [70, 71]. Pour ce qui est de la deuxième méthode d'analyse, un-e locuteurice va produire un signal vocal et iel va par la suite évaluer son propre niveau d'effort

vocal à l'aide d'échelles perceptuelles telles que des échelles visuelles analogiques ou des échelles de Likert. Dans ce cas, on dit que l'effort vocal est auto-rapporté [72-75].

Bien qu'il n'existe aucune définition universellement acceptée de l'effort vocal, Hunter et al. [75] ont récemment mené une revue de la littérature pour proposer une définition consensuelle de l'effort vocal. En fait, ces chercheurs ont tenté de définir de manière distincte les quatre concepts suivants : charge vocale (*vocal load*), chargement vocal (*vocal loading*), fatigue vocale (*vocal fatigue*) et effort vocal (*vocal effort*). Dans la littérature scientifique, nous retrouvons de la redondance dans leurs définitions et nous témoignons d'une inconsistance dans l'utilisation de ces termes qui sont, en plus, souvent interchangeables. Hunter et al. [75] ont donc proposé de délaissé les termes « charge vocale » (*vocal load*) et « chargement vocal » (*vocal loading*), pour les remplacer par « demande vocale » (*vocal demand*) et « réponse à la demande vocale » (*vocal demand response*), respectivement. Il est important de comprendre la différence entre tous ces termes pour les employer adéquatement dans les études portant sur la voix.

La demande vocale (*vocal demand*) serait l'exigence vocale pour satisfaire un scénario communicationnel. Elle est indépendante de la physiologie, de la production vocale et de la perception du scénario de le ou la locuteurice. La demande vocale serait quantifiable en termes de paramètres physiques et acoustiques d'une salle influençant un scénario communicationnel (ex. : taille de la salle, niveau de bruit) et des paramètres acoustiques vocaux (ex. : intensité vocale) pour satisfaire un scénario communicationnel. Les paramètres physiques et acoustiques seraient tout à fait indépendants de la réponse des locuteurices, et les paramètres acoustiques vocaux seraient des exigences théoriques au niveau de la voix qui seraient nécessaires pouvoir satisfaire le scénario communicationnel. La demande vocale serait donc mesurable objectivement [75].

La réponse à la demande vocale (*vocal demand response*) serait la façon dont la voix est produite en réponse à la perception du scénario communicationnel, soit à la demande vocale. Elle est donc spécifique à l'individu, car aucun-e locuteurice ne répondra de la même façon. La réponse à la demande vocale serait mesurable en termes des paramètres acoustiques vocaux (ex. : intensité vocale) et aérodynamiques (ex. : pression sous-glottique). Ce concept dépend des facteurs

physiologiques (ex. : volume pulmonaire) et des facteurs comportementaux (ex. : stress global, traits de personnalité) du ou de la locuteurice. La réponse à la demande vocale serait donc la modulation réelle des paramètres acoustiques vocaux du ou de la locuteurice pour satisfaire le scénario communicationnel perçu. La réponse à la demande vocale serait donc mesurable objectivement [75].

La fatigue vocale (*vocal fatigue*) serait le symptôme perçu par le ou la locuteurice caractérisé par une diminution quantifiable de la fonction (performance ou perception) qui influence la performance à la tâche vocale. Encore une fois, elle est spécifique à chaque individu. Il existerait plusieurs types de fatigue : fatigue de performance (diminution dans l'habilité de produire de la parole), fatigue perçue (perception de la fatigue vocale en lien avec l'état psychologique), état de fatigue (fatigue vocale ressentie durant un moment spécifique) et fatigue moyenne (fatigue vocale accumulée sur une certaine période de temps). Dans tous les cas, la fatigue vocale est auto-rapportée par le ou la locuteurice à l'aide d'échelles perceptuelles (ex. : *Vocal Fatigue Index*, échelle visuelle analogue, échelle de Likert, échelle de Borg), et s'avère donc subjective [75].

Finalement, selon Hunter et al. [75], l'effort vocal (*vocal effort*) serait l'effort physique perçu d'un-e locuteurice en réponse à un scénario communicationnel (réponse à la demande vocale). L'effort serait donc un phénomène perceptif, et non physiologique, vécu par le ou la locuteurice, et par défaut subjectif. L'effort vocal serait donc encore une fois spécifique à chaque individu. L'effort vocal serait mesurable à l'aide de cotations psychophysiques auto-rapportées (ex. : échelle visuelle analogue, échelle de Likert) par le ou la locuteurice immédiatement après l'activité vocale, comme susmentionné.

#### Mesures acoustiques de l'effort vocal

Malgré le fait qu'une nouvelle définition de l'effort vocal misant sur la perception subjective ait été récemment proposée par Hunter et al. [75], des études antérieures se sont basées sur des paramètres acoustiques, tels que le niveau de pression sonore, pour étudier objectivement l'effort vocal [76, 77], cependant l'effort vocal n'était pas nécessairement auto-rapporté les locuteurices. McKenna et al. [78], quant à eux, ont tenté d'identifier les mesures acoustiques qui permettent de prédire les évaluations perceptuelles de l'effort vocal (rapporté par des juges

externes ET par les locuteurs). Ils ont utilisé des mesures basées sur l'amplitude, des mesures basées sur le temps, et des mesures spectrales/cepstrales.

Dans la littérature, le niveau de pression sonore (*sound pressure level, SPL*), un paramètre basé sur l'amplitude, a été la mesure la plus utilisée pour quantifier l'effort vocal [78]. Le niveau de pression sonore correspond perceptiblement au volume de la voix (bas, fort) ou à l'intensité vocale. Il est mesuré en décibels (dB). Dans leur étude, McKenna et al. [78] ont conclu que le niveau de pression sonore est un prédicteur significatif de l'effort vocal auto-rapporté.

Pour ce qui est des mesures basées sur le temps, McKenna et al. [78] ont étudié la fréquence fondamentale (*fundamental frequency, f0*), le ratio harmoniques-bruit (*harmonics-to-noise ratio, HNR*) et la fréquence fondamentale relative (*relative fundamental frequency, RFF*). La fréquence fondamentale est une mesure périodique qui indique la fréquence d'oscillation des plis vocaux (ou « cordes vocales », en Hertz (Hz)). L'homologue perceptuel est la hauteur vocale. Plus la voix est aiguë, plus les plis vocaux oscillent rapidement [79]. Le ratio harmoniques-bruit est une mesure qui caractérise la périodicité d'un signal de parole. La fréquence fondamentale relative a été mise en relation avec la tension au niveau du mécanisme vocal et est calculée durant les transitions entourant une consonne dévoisée (ex. : /ifi/). Les résultats de l'étude révèlent que bien que le ratio harmoniques-bruit s'avère un prédicteur significatif de l'effort vocal auto-rapporté, la fréquence fondamentale et la fréquence fondamentale relative ne le sont pas.

Enfin, concernant les mesures spectrales/cepstrales, McKenna et al. [78] ont étudié si le ratio L/H (*low-to-high ratio*) et le *cepstral peak prominence (CPP)* étaient liés à l'effort vocal perçu. Le ratio L/H est une mesure spectrale indiquant la proportion des basses fréquences en rapport aux hautes fréquences dans un signal vocal, et est souvent utilisée pour évaluer la voix chez les patients dysphoniques. Le CPP est une mesure cepstrale indiquant le degré auquel le pic d'énergie dominant, souvent attribuée à la fréquence fondamentale, se distingue du niveau de bruit de fond d'un signal vocal [76]. Selon les résultats de l'étude de McKenna et al. [78], le ratio L/H s'avère un prédicteur significatif de l'effort vocal auto-rapporté alors que le CPP ne l'est pas.

En somme, plusieurs mesures acoustiques (ex. : SPL, ratio harmonique-bruit, ratio L/H) ont été corrélées à l'effort vocal auto-perçu dans l'étude de McKenna et al. [78], mais peu d'études ont mené des recherches de ce genre à ce jour pour corroborer ces résultats.

#### Facteurs influençant l'effort vocal

Plusieurs facteurs internes et externes vont influencer l'effort vocal. En ce qui concerne les facteurs internes aux locuteurices, il y a des facteurs psychologiques et cognitifs, et des facteurs physiologiques. Parmi les facteurs psychologiques et cognitifs, l'humeur, les émotions, le tempérament, l'attention et la concentration, l'auto-régulation et la mémoire [75], de même que les traits de personnalité [19] peuvent influencer l'auto-perception de l'effort vocal. Parmi les facteurs physiologiques, il y a le volume pulmonaire et la pression pulmonaire, le niveau de fatigue et le niveau d'hydratation [77].

Pour ce qui est des facteurs externes, la distance entre les locuteurices peut influencer l'auto-perception de l'effort vocal [19], le stress induit par une situation stressante [19] et le contexte social et émotionnel d'un scénario communicationnel [73] peuvent aussi influencer l'auto-perception de l'effort vocal. Ensuite, la demande vocale requise pour satisfaire un scénario communicationnel et la réponse concrète à cette demande vocale va aussi influencer l'auto-perception de l'effort vocal [75]. Évidemment, le climat acoustique s'avère un facteur externe qui va également influencer de manière importante l'auto-perception de l'effort vocal [80].

#### Effort vocal chez les enseignant·es

En rappel de ce qui a été mentionné plus haut concernant l'impact du bruit dans les écoles chez les enseignant·es, ceux-ci œuvrent dans des conditions de travail très exigeantes pour leur voix, les encourageant à adopter des comportements vocaux nuisibles comme parler fort de manière continue et régulière [13, 80]. Le phénomène de modifier involontairement la voix en réponse au bruit de fond pour assurer une intelligibilité du message verbal se nomme l'effet Lombard [81]. L'augmentation de l'intensité vocale est la modification qui a été la plus mise en lien avec l'effort Lombard, mais des modifications au niveau de la fréquence fondamentale et de la durée du signal ont aussi été notées [82-84]. L'effet Lombard, induit par le bruit de fond, est par ailleurs communément considéré comme étant un des facteurs déterminants des dysphonies chez les

enseignant-es [16]. Il existe un lien direct entre l'augmentation de l'intensité vocale et l'effort vocal auto-rapporté. Plus des participant-es augmentent leur intensité vocale, plus l'effort vocal rapporté par ces participant-es serait élevé [18].

Une étude a exploré l'effort vocal des enseignant-es dans différentes conditions de classe (deux niveaux de réverbération, deux cycles scolaires, deux types d'enseignement) pendant deux semaines. Lors de la première semaine, des enseignant-es ont enseigné dans une classe réverbérante. Lors de la deuxième semaine, des enseignant-es ont enseigné dans une classe moins réverbérante. Les résultats indiquent une augmentation beaucoup plus importante de l'effort vocal des enseignants sur une période de six heures dans la classe réverbérante par rapport à la classe moins réverbérante. De plus, les enseignant-es ont rapporté qu'enseigner à des élèves plus jeunes requerrait un effort vocal plus important puisque selon eux, le niveau de bruit de fond généré par des élèves plus jeunes était beaucoup plus élevé que celui généré par élèves plus âgés. Aussi, dans la classe réverbérante, les enseignant-es devaient prendre plus de pauses prolongées pour reposer et récupérer leur voix alors que dans la classe moins réverbérante, les enseignant-es ont pris moins de pauses prolongées. Enfin, un questionnaire rempli par les enseignant-es a confirmé que le niveau d'épuisement en fin de journée était beaucoup plus élevé dans la classe réverbérante [39]. Par la suite, une autre étude a exploré la relation entre le handicap vocal et l'effort vocal professionnel chez les enseignant-es et a constaté que la prévalence du handicap vocal était statistiquement associée à l'indice d'effort vocal professionnel. Dans cette étude, le handicap vocal été évalué à l'aide du *Vocal Handicap Index 10*, et l'indice d'effort vocal professionnel était calculé comme étant le produit du nombre d'années de travail en tant qu'enseignant-es multiplié par le nombre moyen d'heures de travail hebdomadaires. Cette étude a donc considéré l'effort vocal comme étant inhérent au travail des enseignant-es. La prévalence du handicap vocal était de 28,8 % chez les enseignant-es ayant un indice d'effort vocal professionnel élevé et de 21,3 % parmi ceux ayant un indice d'effort vocal professionnel acceptable (niveaux proposés par les auteurices) [17].



## Objectifs de recherche

Dans le cadre de ce mémoire de maîtrise par articles, nous avons comme objectifs généraux d'étudier, dans un premier temps, la perception subjective du bruit dans les écoles telle que rapportée par les élèves (Article 1) et, dans un deuxième temps, l'impact de l'encombrement visuel sur l'effort vocal auto-rapporté de locutrices (Article 2). Comme objectifs spécifiques, la première étude visait à 1) déterminer les niveaux de pression sonore d'une salle de classe québécoise pour voir s'ils respectaient les recommandations internationales, 2) explorer si la perception subjective des élèves s'alignaient avec les données acoustiques mesurées, et 3) étudier la variation des niveaux de pression sonore et de l'appréciation sonore des élèves au courant de la journée scolaire. Avec la première étude, nous souhaitons ultimement étoffer la littérature scientifique concernant le bruit dans les écoles au Québec. La deuxième étude avait comme objectifs spécifiques de 1) étudier la perception subjective d'environnements visuellement différents, 2) voir si l'encombrement visuel avait un impact sur les corrélats acoustiques (SPL,  $f_0$  et CPP) de l'effort vocal, 3) explorer si les données auto-rapportées et les mesures acoustiques de l'effort vocal étaient corrélées, et 4) explorer la perception subjective des participantes de leur production de la parole dans des environnements aux niveaux d'encombrement visuel différents. La première étude figurera dans le Chapitre 2 alors que la deuxième étude sera retrouvée dans le Chapitre 3 de ce mémoire par articles. L'article 1 a été soumis à *Journal of the Acoustical Society of America (JASA)* alors que l'article 2 a été soumis à *Journal of Voice*.

# Chapitre 2 – Québec Adolescent Students’ Perception of Their Classroom’s Acoustic Environment in Relation to Objective Noise Level Metrics: A Case Study

*Ce premier article a été soumis à Journal of the Acoustical Society of America (JASA) et est en cours de révision. Preuve de soumission en Annexe I du mémoire.*

Tiffany Chang<sup>1,2</sup>, Rachel Bouserhal<sup>3</sup>, Florence Renaud,<sup>4</sup> Cecilia Maria Ferreira Borges<sup>5</sup>, Annelies Bockstael<sup>6,7</sup>, and Ingrid Verduyck<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Université de Montréal, École d’orthophonie et d’audiologie, Montréal Québec, Canada

<sup>2</sup> Centre de recherche interdisciplinaire en réadaptation du Montréal métropolitain, Montréal, Québec, Canada

<sup>3</sup> École de technologie supérieure, Department of Electrical Engineering, Montréal, Québec, Canada

<sup>4</sup> Université de Montréal, Département de psychologie, Montréal, Québec, Canada

<sup>5</sup> Université de Montréal, Département de psychopédagogie et d’andragogie, Montréal, Québec, Canada

<sup>6</sup> Artevelde University of Applied Sciences, Health and Care Research Center, Ghent, Belgium

<sup>7</sup> Ghent University, Department of Information Technology, WAVES, Ghent, Belgium

## Abstract

While several studies report negative impacts of classroom noise on learning, few cover students’ subjective perceptions of their acoustic environment. The objective of this one-classroom case study was to explore adolescents’ perception of a classroom’s acoustic environment and their self-reported annoyance levels in relation to objective noise levels. For 11 days, students aged 12 to 13 answered a questionnaire during each of the periods spent in the classroom. They indicated whether they felt *Annoyed/distracted*, *Indifferent* or *Content/focused* in relation to the acoustic environment,

and freely described why and how the sound environment contributed to their feeling. During the same periods, sound levels were recorded inside the classroom. 47% of the students felt *Content/focused*, 46% *Indifferent*, and 7% *Annoyed/distracted*. Self-reported feelings of *Content/focused* were negatively correlated to LAeq, 1h ( $r = -0.541$ ;  $\rho = 0.006$ ), LA10, 1h ( $r = -0.475$ ;  $\rho = 0.019$ ) and LAmax, 1h ( $r = -0.462$ ;  $\rho = 0.023$ ). Qualitative analyses of the free text answers revealed four perception modes of the acoustic environment (PMAE). Most students described their acoustic environment according to a single PMAE and made few explicit links between their learning and their acoustic environment.

## 1. INTRODUCTION

Excessive noise has been identified as one of the acoustic parameters in classroom settings that can have a detrimental impact on children's health, wellbeing, and learning (Lamotte *et al.*, 2021; Mealings, 2016; Minelli *et al.*, 2021; Pellegatti *et al.*, 2023). For instance, noise can have a negative impact on literacy, memory, attention, and mathematics skills of students (Shield and Dockrell, 2003). The ability to hear the teacher talk without interference and the ability to concentrate on a school task or activity without being disturbed by surrounding or background noise is crucial to ensure the students' optimal learning and academic achievement (Woolner and Hall, 2010). It is believed that noise, over a certain given level, has negative impacts on learning because speech perception is diminished and listening comprehension is altered (Klatte *et al.*, 2013; Woolner and Hall, 2010). Despite guidelines from the World Health Organization's (WHO) on noise in school classrooms, stating that ambient sound levels in unoccupied classrooms should not exceed 35dBA (Berglund *et al.*, 1999), studies often reveal higher noise levels. For instance, a study on classroom acoustics in Denmark revealed that the average noise level in occupied classrooms during lessons was of 72 dBA (Kristiansen *et al.*, 2014). Another study from England found similar results, stating that noise levels in schools could vary from 56 dB to 77 dB with an average of 72 dB during the day (Shield and Dockrell, 2004). There are, to our knowledge, only two studies published in the scientific literature on noise levels in Québec schools. The first study found that in empty classrooms of several schools with regular teaching activities in neighboring classrooms, the background noise could vary from 40 to 54 dBA (Héту *et al.*, 1990), which exceeds the recommended WHO guidelines. The second study revealed that mean noise levels in occupied classrooms from two Québec schools varied from 51 dBA to 71 dBA while maximum noise levels

in these two schools could attain 97 dBA (Riel, 2009), also largely exceeding WHO guidelines. While not presenting any acoustic data, a more recent study from Schola, a public funded research group focused on school architecture in Québec, showed that the second main source of discomfort in classrooms reported by educational staff members in Québec is noise coming from student activities, the main source being the poor ventilation (Schola, 2021). When looking more closely at the literature on effect of noise on student learning, it is apparent that there is no simple relation between objective noise levels and impact of the noise on student performance. For instance, a recent systematic review on the effects of ventilation-related sounds on students Pellegatti *et al.* (2023) highlighted the heterogeneity of the studies with regard to methodology, to type of studied noise (traffic noise, fan noise, natural sounds, ...), to type of studied impact (impact on speech, cognition, comfort), and to results that could range from positive to null associations between sound levels and impact, and even positive associations for some studies on natural sounds. Another recent systematic review, specifically aimed at the impact of chatter noise on comprehension, identified nine studies, all showing a negative impact of chatter noise on cognitive performances related to learning in students younger than 25 years old (Lamotte *et al.*, 2021). However, the authors regret that none of the reviewed studies took place in a natural setting, but rather experimental classrooms, and posit that teacher management of classroom noise in real settings might have a mitigating effect on how chatter noise impacts students. Noise annoyance, although related to acoustic parameters, is not solely associated to noise levels but also contains emotional and cognitive dimensions (Guski *et al.*, 1999). For example, a study led by Belojevic *et al.* (1992) in adults (aged from 18 to 32 years-old) found that individuals with lower self-reported noise sensitivity were less impacted by noise during a cognitive task and also reported being less annoyed by the noise during the task as compared to individuals with higher self-reported noise sensitivity. Noise sensitivity, in its turn, has been associated to individual personality traits such as neuroticism Belojevic *et al.* (1997). While there is literature pointing to the fact that the relation between acoustical parameters of sound environments and impact on student performance is mitigated by personal characteristics related to noise annoyance, a recent review by (Hamida *et al.*, 2023), on indicators and methods for assessing acoustical preferences and needs of students in educational buildings, showed that only a minority of studies (16%) have examined person-related factors such as physiological (heart rate, skin conductance and respiration rate) and psychological (annoyance, eventfulness, pleasantness, and appropriateness) indicators of sound environments. Specifically

related to primary or secondary school settings and subjective noise perception in relation to objective noise measures, three studies stand out. Dockrell and Shield (2004), explored the relationship between subjective noise perception of primary year 2 and year 6 children and the objective noise levels outside their schools. Only some significant associations were found, namely the children's report of hearing different sounds correlated positively with LA90 and LA99 while their annoyance levels over certain sounds correlated positively with L<sub>Amax</sub>. Also, 14% of the variance in the children's self-reported ability to hear their teacher was significantly accounted for by external noise levels with LA90 accounting for most. Similar results were found in Astolfi and Pellerey (2008), where adolescent students (mean age 16.1) answered a questionnaire regarding the self-perceived quality of their classroom environment (acoustic, visual, thermal and air quality). The authors found that students' overall judgment of quality was most strongly accounted for by their evaluation of the acoustical quality, while the self-reported acoustical and visual quality of the classroom were the two factors they perceived as having the most influence on their overall school performance. With regard to objective noise levels inside the classroom, Astolfi and Pellerey (2008) found a correlation between self-reported noise disturbance and self-reported noise intensity and in-classroom L<sub>Amax</sub> ( $r^2=0.49$  and  $r^2=0.53$  respectively). Finally, Lundquist *et al.* (2000), evaluated secondary school students' (13-15 years old) annoyance levels (measured on a visual analogue scale), and self-perceived impact on performance (five-point Likert scale) and found no significant correlations to LA<sub>eq</sub> levels. Teachers were also asked to use the annoyance scale to estimate their students' annoyance levels and, while teachers' estimations were unrelated to students' actual levels of annoyance, they were significantly related to LA<sub>eq</sub> levels ( $r=0.63$   $p=0.03$ ). Both children and students however declared chatter to be the most annoying sound source. The results from these studies indicate some associations between objective measures of sound levels and subjective measures of annoyance levels and self-perceived performance. However, Dockrell and Shield (2004)'s study was done by means of a questionnaire asking children for their appreciation of the school's acoustic environment without referring to any determined time-frame while the objective noise measures were taken outside the school during a single 5-minute interval, and in Astolfi and Pellerey (2008), the students answered the questionnaire with reference to a quite abstract time frame (the winter period), while the objective noise levels were based on a 3-6 minute recording at a non-specified time point. The discrepancy between the time frames for the objective and subjective measurements could explain the lack of

more and/or stronger associations between subjective and objective measures. Lundquist *et al.* (2000)'s study is the only we know of where subjective and objective measurements were taken during a shorter and specifically delimited timeframe. However, both the subjective and objective measures in the Lundquist *et al.* (2000) study are quite limited, leaving several open questions with regard to the nature of the relation between subjective and objective assessments of classrooms' acoustic environments. Moreover, these studies used close ended questionnaires with either multiple choice questions (Dockrell and Shield (2004), Astolfi and Pellerrey (2008)), Likert scales (Dockrell and Shield (2004), Astolfi and Pellerrey (2008), Lundquist *et al.* (2000)), or a visual analogue scale (Lundquist *et al.* (2000)). Close-ended questions narrow the possibilities of answers from students, limiting the answers to the alternatives proposed by the question. Open-ended questions instead allow participants to express their opinions without being biased or limited by suggested options (Reja *et al.*, 2003), and could further deepen our understanding of students' perception of classroom sound environments. Recently, a soundscape approach has been put forward to focus on the relationship between the sound environment, or the acoustics, and the individuals' well-being. Indoor soundscape research is an emerging and holistic approach that seeks to integrate a subjective perspective to buildings and room acoustics to better shape these acoustic environments (Torresin *et al.*, 2020). This novel indoor soundscape approach, which integrates objective measures and subjective data, recently led to a budding group of studies that aim to investigate individuals' sound perceptions and their experiences (Van Kamp *et al.*, 2016) in relation to the acoustic environment. However, according to the review of Hamida *et al.* (2023), still only a few studies about the indoor acoustics in educational buildings such as schools and universities using the emerging soundscape approach have been carried out and published. Considering the scarcity of studies investigating students' subjective perception of their classroom's acoustic environments in relation to objective noise levels, and the lack of qualitative analyses of free descriptions of the acoustic environment in relation to objective noise levels, our study aimed, in line with the soundscape approach, at characterizing the subjective perception of the acoustic environment of a classroom frequented by first year secondary school students in Québec. We also aimed to put this subjective perception in relation to the objective in-room noise levels measured in the same time-frame as the subjective evaluation. The specific research objectives were: 1) to explore how young adolescents perceive the sound environment of their

classroom through the means of multiple-choice questions and one open-ended question, and 2) to explore how their perception was associated to actual noise levels, class period and time of day.

## 2. METHODS

To attain the research objectives of this study, a questionnaire was developed to collect the subjective data of this study which are the students' perceptions of the sound environment of their classroom. The questionnaire can be found in Appendix. To obtain the objective metrics, i.e., the noise levels, the acoustic recording setup described in section Data Collection of this article was placed in the classroom. This study was approved by the Université de Montréal's ethics committee.

### 2.1 Design of the questionnaire

The questionnaire was custom designed by the professors and students of the publicly funded research group GRAPPE (Gestion responsable et autonome des paysages sonores en partenariat avec les écoles). The language used was French. The questionnaire contained five questions: three close-ended questions (1. Period, 3. Teaching mode and 4. Evaluation of the acoustic environment) and two open-ended questions (2. Learning activity and 5. Comments). The *Question 1. Period* offered five options indicating the class time period of the school day: 1 (9:20 to 10:20), 2 (10:28 to 11:28), 3 (12:35 to 13:35), 4 (13:42 to 14:42), or 5 (14:50 to 15:50). The schedule of the participating school consisted of five periods of one hour each per day. Periods 1 and 2 occurred in the morning, before the lunch break, and periods 3, 4, and 5 occurred in the afternoon, after the lunch break. *Question 2. Learning activity* referred to the subject of the course material and the tasks demanded by the teacher. The majority of the time, the class period included several learning activities making it impossible to discriminate between each type of activity and answers to this question were disregarded. For example, a class period could have started with a short documentary about a history subject, followed by a reading exercise on that subject and ended in a group discussion. *Question 3. Teaching mode* referred to the way the course material was delivered to the students; students could select between the following three choices on the questionnaire: lecture, individual work, or group/teamwork. The majority of the time, the class period included several teaching modes (e.g., lecture and individual work). Due to this, no analyses were made on the data collected on this question. As for *Question 4. Evaluation of the acoustic environment (EAE)*, the three multiple choice levels were in the form of illustrated drawings of a student portraying

different facial expressions: Annoyed/distracted (by the acoustic environment), Indifferent (to the acoustic environment), and Content/focused (despite or because of the acoustic environment). These drawings were illustrated by one of the professors directing this research project and are presented in Figure 1. *Question 5. Comments* was the following open-ended question:” Why did you like the sound environment or why were you distracted by the sound environment?”, to which the students could elaborate on or justify their answer to the previous question (4. EAE) or provide any other comment on their surrounding acoustic environment.



**Figure 1.** Illustrations of the multiple choices following the Question.4 EAE of the questionnaire. “Agacé/déconcentré” translates to Annoyed/distracted, “Indifférent” translates to Indifferent, and “Bien/concentré” translates to Content/focused.

## 2.2 Participants

The questionnaire was destined to the students who frequented a classroom of a private mixed primary and secondary school located in the province of Québec, Canada. The language of instruction of that school was French. The students were in the first year of secondary school, aged 12 to 13 years old. A total of 957 questionnaires were completed and returned by the students. All participants were enrolled in a francophone school and therefore could be deemed to be sufficiently fluent in French to answer the questions. Students were not always exposed to the same teachers nor subjects since the classroom was shared by several teachers of either history and geography, ethics and religious cultures, or mathematics. All of the answers collected were anonymous and voluntary.

## 2.3 Classroom characteristics

The classroom was located on the first floor of a suburban town school located in calm area, about 1500 meters from the nearest highway. The dimensions of the classroom were 30 feet long, 24 feet wide and 10 feet high, with a volume of 7200 cubic feet. One side wall faced the outside with two large windows, while the opposite wall was solid except for the classroom entrance door which



open onto an interior corridor. The front wall was covered with a smart whiteboard, while the back wall was empty with a few posters. The teacher's desk and chair were located in the front corner near the windows and the smart board. 30 individual desks with a chair were dispersed in 5 rows of 6 benches over the entire floor area. The room was adjacent to two other classrooms. There were no sound absorbing materials in the classroom. The sound pressure level of the unoccupied classroom, as measured during a 1-hour period before classes began, was 38 dBA. This measure was acquired with the same record station used for the acquisition of sound level data collection, as described in the "Acoustic data" section below. The reverberation time (RT20) was 0.7 s (averaged over the frequencies 500 Hz, 1 kHz, and 2kHz) and speech clarity index (C50) was 2,9 dB (averaged over the frequencies 500 Hz, 1 kHz, and 2kHz). RT20 and C50 were calculated with the open-access software Audacity (Muse Group, Pittsburgh, Pennsylvania, USA) plug-in Aurora (Angelo Farina, Parma, Italy, website: <http://www.aurora-plugins.com>). The impulse response was recorded when the classroom was unoccupied by the students, with the door and the windows as well as the cabinets' doors being closed. Only a member of the research team was present to carry out the measurement. We used a recording device, a balloon, and a needle. The microphone was positioned in the middle of the classroom and the balloon was popped at 50 cm from the recording device. According to ANSI/ASA S12.60-2010 / Part 1 of the American National Standard Acoustical, Performance Criteria, Design Requirements and Guidelines for Schools, the reverberation time of this classroom is a little higher than acceptable as reverberation time for rooms with a volume of  $\leq 10\,000$  ft<sup>3</sup> should not exceed 0.6 seconds. The C50 value can be considered a little low relative to the recommendation of a C50 equal to or higher than 3 dB for optimal student performance found in Astolfi and Pellerrey (2008)'s study on acoustic parameters for learning.

## **2.4 Data collection**

### *2.4.1 Questionnaire*

Prior to the distribution of the questionnaire, two research assistants talked to a class of approximately 32 students about noise and the goal of the present study. The students were told that an audio recording of the acoustics of their classroom would take place during school hours, and that to collect their perceptions of their acoustic environment at school, they had to fill in a questionnaire. The research assistants informed the students of the instructions related to the

questionnaire. The short oral presentation was supported by a visual presentation. It is of note that only a fraction of the participants who frequented the classroom received the short oral presentation. To collect the self-reported answers from the students, the teacher placed one questionnaire on each desk of the classroom before a class period started. The students frequenting the classroom could answer the questionnaire only if they wanted to, partially or completely. If they chose to answer to the questionnaire, they could only do so once during the class period. The questionnaires were distributed on eleven school days in February and March 2019, over thirty (30) class periods. Given the fact that there were approximately 32 students in one class, around 960 students were given the opportunity to respond. Some students did answer the questionnaire several times if they happened to have classes multiple times in the classroom during the eleven days of questionnaire distribution. The language of the questionnaire was French.

#### *2.4.2 Acoustic data*

For the acoustic data collection, a recording station was placed on top of a bookshelf in the back of the classroom. The station consisted of a Raspberry Pi (Raspberry Pi Foundation, Cambridge, England) 3-model B+ type nano-computer with NoiseStation 1.0 installed and two Umik-1 type omnidirectional microphones (miniDSP, Hong Kong, China). All audio recording files (.wav format) were stored on the device's SD card. The device was calibrated and met the ISO standards for a class-2 sound level meter. The recordings took place in the same class where the students had to answer the questionnaire, for 11 days. Thirty class periods occurred in the span of these 11 days, where the class was occupied by students.

### **2.5 Analyses**

#### *2.5.1 Questionnaire*

*Question 1. Period* All questionnaires where the student didn't provide a valid answer (1, 2, 3, 4 or 5) to this question were not considered in the analyses requiring the *Period* variable. *Question 4. Evaluation of the acoustic environment (EAE)* Out of the 957 questionnaires collected from the students, 233 were invalid. A questionnaire was considered invalid if the students did not answer the EAE question at all or if they circled more than one answer to the EAE question (e.g., *Annoyed/distracted* and *Content/focused* were circled). This study thus focuses on the 724 valid questionnaires of the students. *Question 5. Comments* To analyze the answers to the last open-

ended question (“Why did you like the sound environment or why were you distracted by the sound environment?”), an intercoders’ agreement reliability procedure was completed by three judges who used the classical measure of agreement by ratio, an inductive method of qualitative analysis (Thomas, 2006). Each judge, without consulting the other, read and encoded all comments from the collected questionnaires into their own independent categorization matrix. In this sense, according to the response segments present in the students’ comments, each judge created their own categories of response segments in which they classified the response segments from the students’ comments. There were no restrictions on the number of categories that could be created and the categories were not mutually exclusive. Finally, since there were three judges, three different independent categorization matrices were created. An intercoders’ comparison matrix was created from the independent matrix containing the fewest categories. When the judges had classified a comment in the same category a match was made (an agreement between all the judges). When the judges did not classify a comment in the same way, a conflict arose in the comparison matrix. The calculation used to obtain the score of intercoders’ reliability was as follows:  $\text{Intercoders' reliability} = (\text{number of matches}) / (\text{number of matches} + \text{number of conflicts})$ . The score of intercoders’ agreement score ended up being 87.8%, which is adequate considering that a minimum score of 75% is aimed at to indicate acceptable reproducibility (Blick *et al.*, 2018) while a score of 90% and above insures highest reliability (Lavrakas, 2008). Indeed, the higher the score, the more similar the qualitative interpretations of the three judges are. Subsequently, the three judges proceeded to resolve the conflicts by identifying the problematic categories, creating new categories based on the independent matrices of the other two judges, merging existing categories and deleting categories deemed superfluous. A final matrix was created based on the decisions made by the three judges during conflict resolution. This matrix yielded 13 codes separated into 4 categories relating to the perception mode of the acoustical environments (PMAE), that we describe in detail in the results section. A non-response category was also created. A comment was deemed a non-response if the respondent provided an answer with no relation to the open-ended question or left the answer field blank. All non-responses were considered invalid comments. If the respondent left a comment without answering the EAE question, that comment was also considered invalid because the student was providing a comment that could not be linked to any level of EAE. Out of the 724 valid questionnaires, 546 of them contained valid comments.

All analyses related to the last open-ended questions were solely based on the 546 valid comments categorized under the 13 codes of the four PMAE retrieved from the final matrix.

### *2.5.2 Acoustic data*

Analyses on acoustic data were conducted based on the noise levels collected over 24 class periods of one hour each (out of 30). Due to some technical issues with the sound recording, acoustic measures of six (6) class periods were invalid and were excluded from all analyses related to the acoustic data. The A-weighted equivalent continuous sound levels (LAeq, 1h) were calculated with MATLAB (MathWorks, Natick, Massachusetts, United States), as well as the A-weighted sound levels just exceeded for 90% of the measurement period (LA90, 1h), the A-weighted sound levels just exceeded for 10% of the measurement period (LA10, 1h), and the A-weighted maximum sound level measured during a measurement period (LAmax, 1h). Finally, calculations to find retrieve the difference between LA10, 1h and LA90, 1h were made (LA10-LA90). These sound metrics were chosen due to their frequent use in characterizing the soundscape of classrooms.

### *2.5.3 Statistical analyses*

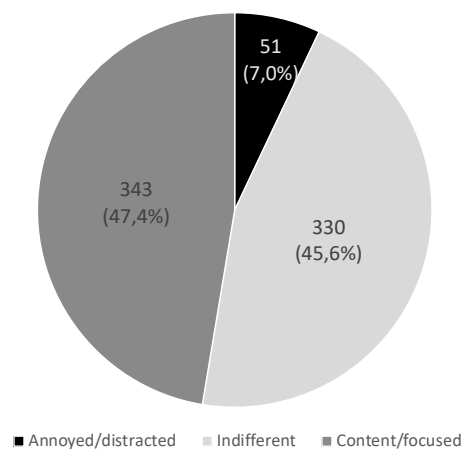
In order to verify if any significant differences exist in the proportion of responses obtained between the three levels of EAE, between the number of ways of PMAE reported in one comment, between the four different ways of PMAE, and between the final themes of response segments, a Chi-squared goodness-of-fit tests was conducted for each variable (e.g. one for the levels of EAE, one for the numbers of PMAE, etc.). To check if the variables EAE and Period were statistically dependent on each other, the Pearson's Chi-squared test of independence was used. The same test was conducted to determine if the variables EAE and Presence of comments were dependent on each other, and if the variables EAE and Codes were dependent on each other. Furthermore, Pearson's correlations were used to determine if a significant relation exists between the percentage of students reporting each EAE level within a period and the noise levels (LAeq, LA90, LA10, LA10-LA90, LAmax, 1h). One-factor ANOVAs were conducted to know if the noise levels (LAeq, LA90, LA10, LA10-LA90 LAmax, 1h) were statistically different between the five (5) class periods. Lastly, a Cramer's V correlation (Akoglu, 2018) was used to determine if the PMAEs and the periods were correlated.

All statistical analyses were conducted with the IBM® SPSS® Statistics statistical software platform (IBM, Chicago, Illinois, United States) and supported with Microsoft Excel® (One Microsoft Way Redmond, Washington, United States).

### 3. RESULTS

#### 3.1 Evaluation of the acoustic environment (EAE)

As can be seen from Figure 2 depicting the proportions of each EAE level, the vast majority of students indicated that the acoustic environment made them feel either *Indifferent* (45.6%) or *Content/focused* (47.4%) while only 7.0% of students said they were *Annoyed/distracted* by the sound environment. There is a significant difference between the frequencies of the three levels of EAE of first year secondary school students ( $\chi^2(2) = 227.34; \rho < 0.001$ ). Based on the residuals from the Chi-square distribution, it can be seen which category is most off the expected counts, which is the category *Annoyed/distracted*.



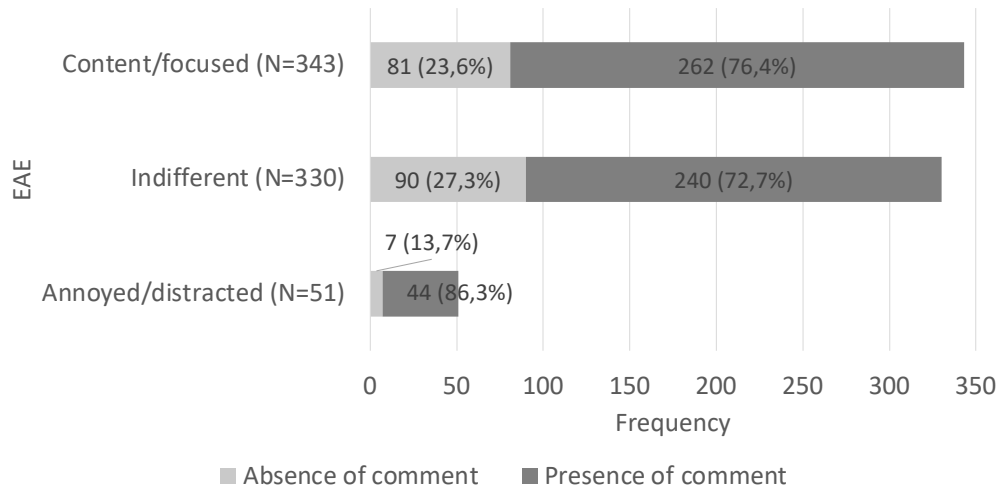
**Figure 2.** Proportions of the EAE levels answered by the students

Table I shows that students report to be *Content/focused* during the first period (26.6%) and the second period (28.4%) of the school day, that is to say in the morning. At the same time, they report to be also less *Annoyed/distracted* during the first period (10.2%) in the early morning. Finally, students claim that they are more *Annoyed/distracted* (36.7%) during the fifth and final period of the day. The EAE varies significantly as a function of 334 the class period ( $\chi^2(8) = 29.133; \rho < 0.05$ ). Figure 3 depicts the presence or absence of comments according to each EAE level. Although the students were encouraged to answer the questionnaire in its entirety (including the

open-ended question), nothing forced them to do so. Thus, some students simply left the answer field blank for the open-ended question if they did not feel the need to justify their EAE answer. We sought to know which students (the ones who reported feeling *Content/focused*, *Indifferent* or *Annoyed/Distracted*) did feel the need to justify their EAE answer. Among all the questionnaires that had the EAE question answered properly (N=724) with either one of the three choices given (*Annoyed/distracted*, *Indifferent* or *Content/focused*), a majority of 75,4% (546) of students left a comment to the open-ended question. Of all the students who circled *Annoyed/distracted* (N=51) to the EAE question, 86.3% (44) left a comment. Also, 72.7% (240) of students who circled *Indifferent* (N=330) left a comment. Finally, among those who answered with *Content/focused*, 76.4% (262) left a comment. Proportionally, there are more *Annoyed/distracted* students who took the time to leave a comment compared to the students who answered the other two levels of EAE. However, the difference between these percentages for each EAE level is not statistically significant ( $\chi^2(2) = 4,704; p > 0.05$ ).

**Table I.** Percentage of EAE levels according to the class period

	Periods				
	1	2	3	4	5
Annoyed/distracted (N=51)	10.2%	20.4%	20.4%	12.2%	36.7%
Indifferent (N=330)	20.1%	32.5%	21.9%	13.4%	12.2%
Content/focused (N=343)	26.6%	28.4%	21.0%	11.4%	12.6%



**Figure 3.** Presence or absence of comment according to each EAE level

### 3.2 Perception mode of acoustic environment (PMAE)

Resulting from the inductive analysis, a total of 13 final codes were retained (excluding the non-response code) in the intercoders' agreement final matrix. The 13 final codes were grouped into four themes related to the ways that students described their acoustic environment and that we call "Perception mode of acoustic environment" (PMAE). The codes included in each theme differentiate the appreciation of the sound environment in terms of 357 more or less noise, or positive or negative effects. The description of the four PMAE themes and their respective codes can be found in Figure 4.

<b>INTENSITY</b>		
The student described the acoustic environment according to the intensity of the noise (in terms of quantity and quality). This PMAE is constituted of 3 codes referring to the amount of noise.		
<b>Silence</b>	The student mentioned in their comment that there was no noise in the classroom, there was only silence or that the students were silent.	Example: "Because it was silent in the class"

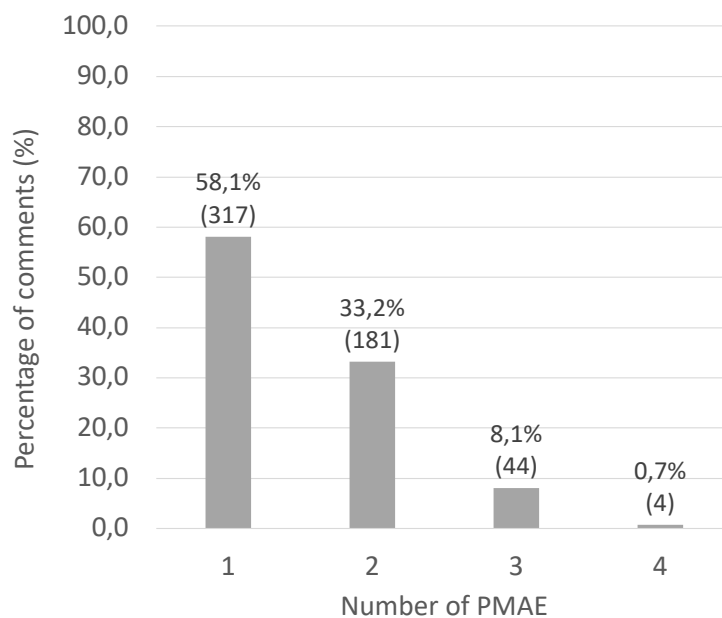
<b>A little noise</b>	The student mentioned that there was some noise, a little noise, or noise that was weak or not noisy.	Example: “There was a little noise”
<b>A lot of noise</b>	The student mentioned that it was loud or noisy in the classroom or that there was a lot of noise.	Example: “Way too much noise”
<b>SOUNDSCAPE</b>		
The student described the soundscape of the classroom by attributing qualities to the sounds other than in terms of intensity. It is constituted of 4 codes referring to the presence or absence of negative or positive sounds.		
<b>Presence of negative sounds</b>	The student mentioned that there was a disturbing sound in the environment.	Example: “The only disturbing noise came from outside of the class”
<b>Absence of negative sounds</b>	The student mentioned that there were no disturbing sounds in the environment.	Example : « Nothing disturbing »
<b>Neutral soundscape</b>	The student mentioned that the sound environment in the classroom is neutral, normal, usual, correct, or acceptable	Example: “It is as usual”
<b>Positive soundscape</b>	The student mentioned that the sound environment is calm, quiet or pleasant. The sound environment is described positively.	Example : « It’s really calm »
<b>SOURCE</b>		
The student identified the sound source. It is constituted of 3 codes referring to the type of sound.		



<b>Sounds from students</b>	The student identified a sound coming from their classmates laughing, whispering, chattering, etc.	Example: “When we were reading, some students were giggling”
<b>Sounds from material or external noise</b>	The student identified sounds coming from school equipment or material or from outside the classroom.	Example: “The desks always make noise or the loose sheets”
<b>Sounds from speech</b>	The student identified a sound coming from an activity requiring speaking, either a lecture given by the teacher, a class discussion, or a group work between classmates.	Example: “The sound level was high during the group work”
<b>AUTOCENTRIC</b>		
The student described the sound environment explicitly referring to its impact on themselves. It is constituted of 3 codes referring to whether the sound is supportive or disruptive to their learning activity.		
<b>Disruptive effect</b>	The student reported that they were annoyed by the sound environment or a specific noise, or that it disturbed their ability to work on their school task.	Example: “The noise from the beads of the necklaces disturbed me”
<b>Neutral effect</b>	The student reported that they were indifferent to the sound environment or that they were not disturbed by the noise.	Example: “The noise did not bother me”
<b>Supportive effect</b>	The student reported that they were able to concentrate or work on their school task in the sound environment or despite the presence of noise.	Example: “There was only of few whispers, and I was able to concentrate”

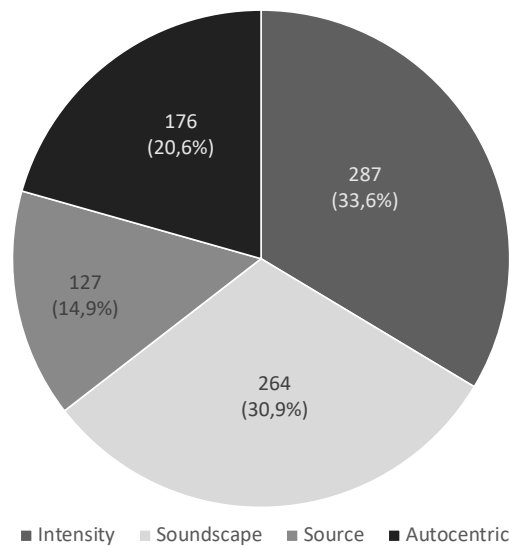
**Figure 4.** The four PMAE themes with their respective codes and examples

The 13 final codes were not mutually exclusive in the sense that one student’s comment could contain several response segments that each fell into a different theme. For example, three different response segments can be found in the following comment: “The boys were giggling really loudly and that bothered me”. The first segments “boys giggling” was coded *Sounds from students* and classified under the PMAE theme *SOURCE*, the second segment “really loudly” was coded *A lot of noise* and classified under the PMAE theme *INTENSITY*, and the third segment “bothered me” was coded *Disruptive effect* and classified under the theme *AUTOCENTRIC*. In this comment, the student described their sound environment according to three different PMAE themes. In another example, two response segments can be found in the following comment: “During the exam, it was silent, but during the movie, there was a little bit of noise”. The first segment “it was silent” was coded *Silence* and the second segment “little bit of noise” was coded *A little noise*, and both of these response segments were classified under the PMAE theme *INTENSITY*. In total, the 546 valid comments contained 854 coded segments. Figure 5 depicts how the students described their acoustic environment according to the number of PMAE(s) mentioned in their comment. The majority of students (58.1%) only described their acoustic environment according to a single PMAE. About a third of the students (33.2%) described their acoustic environment using two different PMAEs. Only 8.1% of the students mentioned elements related to three PMAE themes and less than 1% (0.7%) mentioned elements related to four PMAEs in their open-ended response.



**Figure 5.** Number of PMAE(s) mentioned in the students’ comments

Figure 6 shows the proportion of the response segments mentioned according to the PMAE theme. An analysis was conducted to see if the students described their acoustic environment using a particular PMAE theme, and if so, which one. There is a statistically significant difference between the number of response segments found in the four different PMAE themes ( $\chi^2(3) = 78.88; \rho < 0.05$ ). Post hoc tests (pairwise binomial with Bonferroni adjustment) show that significant differences reside between the following pairs of PMAE themes: *INTENSITY* and *SOURCE* ( $\rho < 0.05$ ), *INTENSITY* and *AUTOCENTRIC* ( $\rho < 0.05$ ), *SOUNDSCAPE* and *SOURCE* ( $\rho < 0.05$ ), *SOURCE* and *AUTOCENTRIC* ( $\rho < 0.05$ ) and *SOUNDSCAPE* and *AUTOCENTRIC* ( $\rho < 0.05$ ). No significant differences were found between the pair *INTENSITY* and *SOUNDSCAPE* ( $\rho > 0.05$ ).



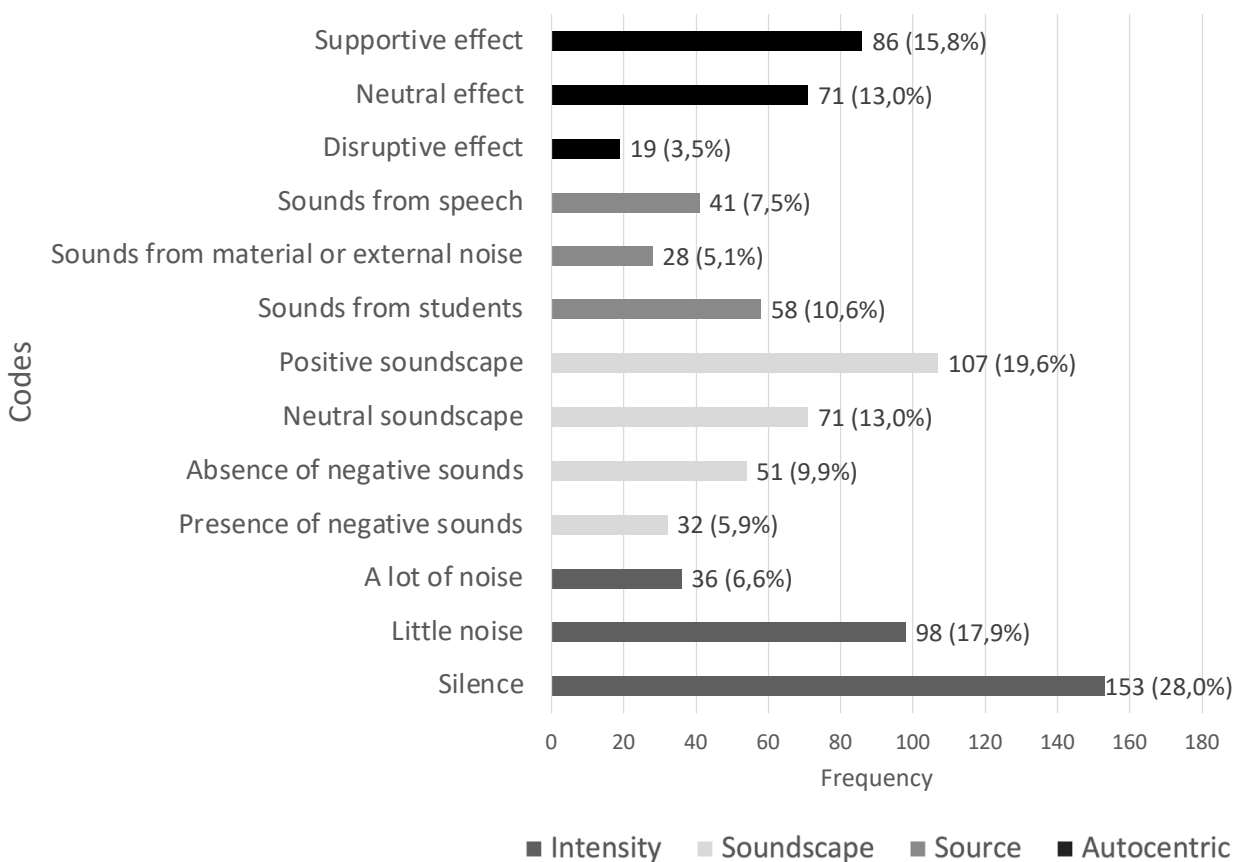
**Figure 6.** Percentage of response segments according to PMAE

As for the correlation between the PMAEs and the periods, analyses reveal that the more we advance in the day, meaning the highest the period is, the more the students, proportionally, tended to mention the PMAE *SOURCE* in their comments (Cramer's V = 0.180,  $\rho < 0.05$ ). No other statistically significant result was found between the correlations between the other PMAEs (*INTENSITY*, *SOUNDSCAPE* or *AUTOCENTRIC*) and the periods ( $\rho > 0.05$ ).

### 3.3 Codes

Figure 7 presents how many valid comments had mentions of each code. In 28.0% of valid comments (N=546), the students mentioned *Silence*. In 19.6% of the valid comments, the students described that the acoustic environment had a *Positive soundscape*, and in 17.9%, they mentioned

that there was *A little noise*. These three (3) codes are those with the most frequent response segments, and they are codes indicating that the sound environment is positive. In addition, few comments mention that there is *A lot of noise* (6.6%), that there is *Presence of negative sounds* (5.9%) or that there is *Sounds from material or external noise* (5.1%). Finally, only in 3.5% of valid comments did the student report that the sound environment had a *Disruptive effect* on them or their ability to work, while in 15.8% of valid comments did the student report that the sound environment had a *Supportive effect* on their concentration or their ability to work ( $\chi^2(12) = 262.81$ ;  $\rho < 0.05$ ).



**Figure 7.** Number of response segments according to code

Of all the students who answered that they were *Annoyed/distracted* (N = 44) in the EAE question, 29.1% mentioned that the noise heard was from other students (*Sounds from students*), 22.8% said there was *A lot of noise*, and 17.7% said there was *Presence of negative 411 sounds*.

Out of all the students who answered *Content/focused* (N = 262) in the EAE question, almost a third (32.0%) mentioned *Silence* in their comment. Also, 17.9% of these students mentioned a *Positive soundscape*, and 16.9% of these students mentioned that the sound environment had a *Supportive effect* on their concentration and work. Finally, only 1.0% of these *Content/focused* students mentioned that there was the *Presence of negative sounds* and none of these students mentioned that there was *A lot of noise* (0.0%).

No final code stood out from the others in the analysis of comments from students who answered *Indifferent* to the EAE question. This can be explained by the fact that no matter how loud the noise was or where the noise came from, these students were simply indifferent to the general surrounding sound environment.

### 3.4 Acoustic analyses

#### 3.4.1 LAeq, 1h

According to Table II, the higher the noise levels (LAeq, 1h), the more students indicated that they were *Indifferent* to the acoustic environment, in terms of percentage per period ( $\rho < 0.05$ ). Moreover, the higher the noise levels (LAeq, 1h) were, the less students responded that they were *Content/focused* on their work, in terms of percentage per period ( $\rho < 0.01$ ).

**Table II.** Pearson correlations between the noise levels (LAeq, 1h) of 24 periods and each EAE level where \* is statistically significant ( $\rho < 0.05$ ) and \*\* is statistically significant ( $\rho < 0.01$ )

	EAE levels		
	Annoyed/distracted (%)	Indifferent (%)	Content/focused (%)
Pearson coefficient	0.228	0.448*	-0.541**
Sig. (bilateral)	0.284	0.028	0.006

In general, the noise levels means (LAeq, 1h) do not vary significantly among the five class periods of the school day (One-way ANOVA,  $p > 0.05$ ). However, some trends might be observed in this sample. As it can be seen in Table III, the values of the second and fifth periods are closer together and on the quieter side whereas the levels in the first, third and fourth periods are closer together and on the loudest end. Also, the maximum noise level (LAeq, 1h) was reached during the third period of the day (71.0 dBA) which is the period following the lunch break. It is also during this time period that the noise level mean is the highest (67.8 dBA). The lowest noise level was attained during the second period of the day (54.5 dBA) which is the period prior to lunch break.

**Table III.** Noise levels (LAeq, 1h) according to the periods where SD stands for standard deviation and N indicates the number of periods taken into consideration to calculate the descriptive statistics

	Periods				
	1	2	3	4	5
Minimum	62.7	54.5	63.8	59.9	55.1
Maximum	70.9	66.2	71.0	69.2	66.7
Mean	66.7	61.2	67.8	66.4	62.0
SD	3.5	4.4	2.7	4.4	6.1
N	4	7	6	4	3

### 3.4.2 LA90, 1h

As can be seen from Table IV, the students do not significantly tend to feel more *Annoyed/distracted*, *Indifferent* nor *Content/focused* according to the LA90, 1h. The noise level

means for LA90, 1h did not vary significantly among the five periods of the school day (One-way ANOVA,  $\rho > 0.05$ ). The highest LA90, 1h means and maximums were reached during the third and fourth period of the day (see Table V).

**Table IV.** Pearson correlations between the noise levels (LA90, 1h) of 24 periods and each EAE level where \* is statistically significant ( $\rho < 0.05$ ) and \*\* is statistically significant ( $\rho < 0.01$ )

	EAE levels		
	Annoyed/distracted (%)	Indifferent (%)	Content/focused (%)
Pearson coefficient	0.123	0.239	-0.289
Sig. (bilateral)	0.568	0.261	0.171

**Table V.** Noise levels (LA90, 1h) according to the periods where SD stands for standard deviation and N indicates the number of periods taken into consideration to calculate the descriptive statistics

	Periods				
	1	2	3	4	5
Minimum	41.9	38.9	41.4	39.2	37.3
Maximum	48.9	48.8	54.4	57.8	46.8
Mean	44.3	43.1	47.8	47.2	43.1

SD	3.1	4.6	4.6	7.9	5.1
N	4	7	6	4	3

### 3.4.3 LA10, 1h

Table VI reveals that the higher the LA10, 1h is, the less *Content/focused* the students reported feeling in regard to their acoustic environment ( $\rho < 0.05$ ). This makes sense in the way that the higher the threshold of noise level exceeded during 10% of the measurement period, the less the students were likely to feel *Content/focused*. The noise level means for LA10, 1h do not vary significantly among the five periods of the school day (One-way ANOVA,  $\rho > 0.05$ ). We can observe that the highest means of LA10, 1h are measured during the first and third period of the day and that the lowest means of LA10, 1h are measured during the second and last period of the day (see Table VII).

**Table VI.** Pearson correlations between the noise levels (LA10, 1h) of 24 periods and each EAE level where \* is statistically significant ( $\rho < 0.05$ ) and \*\* is statistically significant ( $\rho < 0.01$ )

	EAE levels		
	Annoyed/distracted (%)	Indifferent (%)	Content/focused (%)
Pearson coefficient	0.219	0.379	-0.475*
Sig. (bilateral)	0.393	0.068	0.0019

**Table VII.** Noise levels (LA10, 1h) according to the periods where SD stands for standard deviation and N indicates the number of periods taken into consideration to calculate the descriptive statistics



	Periods				
	1	2	3	4	5
Minimum	66.2	53.9	67.1	57.5	55.1
Maximum	75.1	69.9	73.4	72.4	69.3
Mean	70.7	62.0	70.5	68.2	63.2
SD	3.8	6.5	2.7	7.2	7.3
N	4	7	6	4	3

#### 3.4.4 LA10-LA90, 1h

As can be seen from Table VIII, the students do not significantly tend to feel more *Annoyed/distracted*, *Indifferent* nor *Content/focused* according to the measures relating to differences between LA10-LA90, 1h. Furthermore, the differences between LA10 and LA90 were calculated for each period as well (LA10-LA90). Table IX shows that the mean noise levels of LA10-LA90 were similar among the five periods, and they did not vary significantly (One-way ANOVA,  $\rho > 0.05$ ).

**Table VIII.** Pearson correlations between the LA10-LA90 (1h) difference of 24 periods and each EAE level where \* is statistically significant ( $\rho < 0.05$ ) and \*\* is statistically significant ( $\rho < 0.01$ )

EAE levels
------------

	Annoyed/distracted (%)	Indifferent (%)	Content/focused (%)
Pearson coefficient	0.181	0.280	-0.364
Sig. (bilateral)	0.397	0.184	0.080

**Table IX.** Difference between LA10 and LA90, 1h according to the periods where SD stands for standard deviation and N indicates the number of periods taken into consideration to calculate the descriptive statistics

	Periods				
	1	2	3	4	5
Minimum	23.4	15.0	18.6	14.6	17.8
Maximum	31.9	24.3	26.2	28.3	22.5
Mean	26.3	19.6	22.7	21.0	20.1
SD	3.8	3.3	3.5	5.9	2.4
N	4	7	6	4	3

### 3.4.5 L<sub>Amax</sub>, 1h

Finally, L<sub>Amax</sub> measures were calculated for each period as well. Also comparable to L<sub>Aeq</sub> and L<sub>A10</sub> Pearson correlations, L<sub>Amax</sub>'s Pearson correlations reveal that the higher the noise levels (L<sub>Amax</sub>, 1h) were, the less *Content/focused* the students reported feeling (Pearson coefficient = -0.462;  $\rho < 0.05$ ). See Table X. Furthermore, Table XI shows that the mean noise levels of L<sub>Amax</sub> were similar among the five periods, and they did not vary significantly (One-way ANOVA,  $\rho > 0.05$ ), same as observed for L<sub>Aeq</sub>, L<sub>A90</sub>, L<sub>A10</sub> and L<sub>A10</sub>-L<sub>A90</sub>. However, we can observe that the highest maximums and means of L<sub>Amax</sub>, 1h calculated were during the third and fourth periods which is similar to measures of L<sub>Aeq</sub>, 1h.

**TABLE X.** Pearson correlations between the noise levels (L<sub>Amax</sub>, 1h) of 24 periods and each EAE level where \* is statistically significant ( $\rho < 0.05$ ) and \*\* is statistically significant ( $\rho < 0.01$ )

	EAE levels		
	Annoyed/distracted (%)	Indifferent (%)	Content/focused (%)
Pearson coefficient	0.238	0.350	-0.462*
Sig. (bilateral)	0.263	0.094	0.023

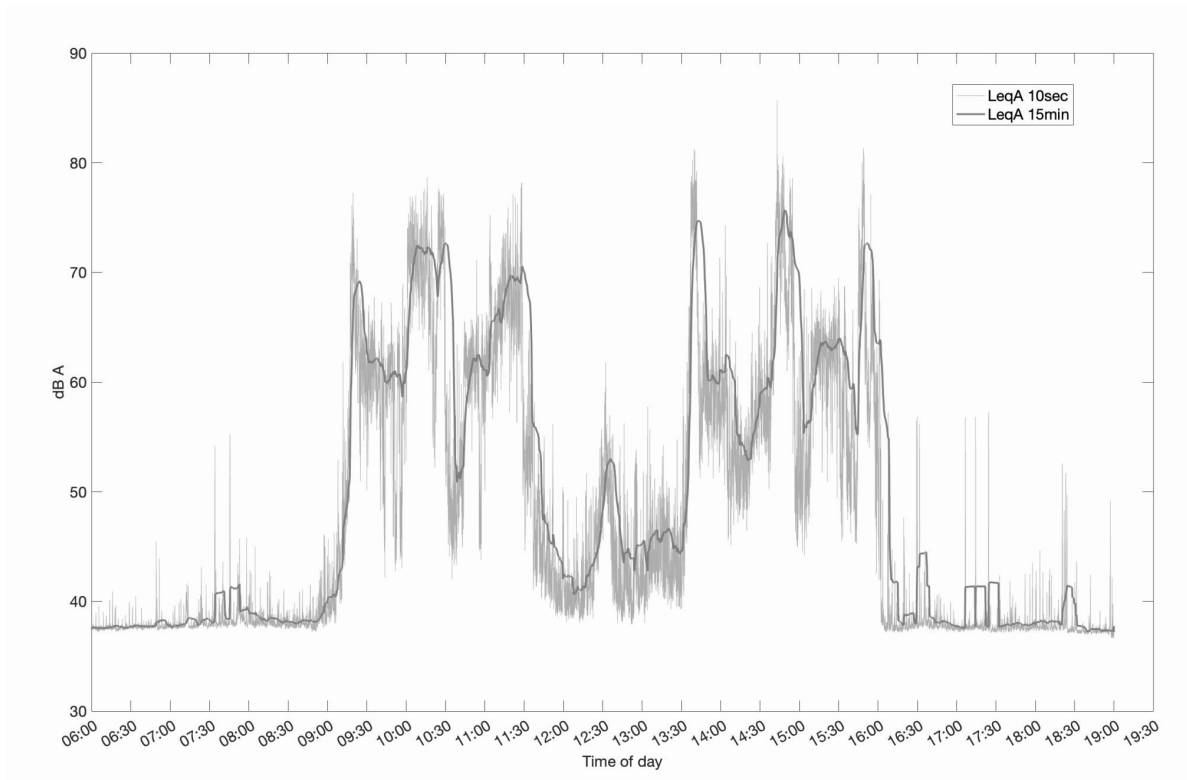
**Table XI.** Noise levels (L<sub>Amax</sub>, 1h) according to the periods where SD stands for standard deviation and N indicates the number of periods taken into consideration to calculate the descriptive statistics

Minimum	Periods				
	1	2	3	4	5

	81.1	75.2	78.7	85.8	78.3
Maximum	89.7	87.8	96.0	92.8	84.7
Mean	84.7	82.6	88.5	88.3	84.7
SD	3.7	4.4	6.1	3.2	5.0
N	4	7	6	4	3

#### *3.4.6 Noise monitored during a typical school day*

Figure 8 shows the graphs of the noise monitored during day 3 of recording. During this day, the classroom was occupied for full-class lessons during four class periods of the day, out of five (periods 1, 2, 4 and 5). The students who occupied the classroom during the fourth period did not participate in the study. The class was also used by a smaller group of students, who were not participating in the study, during the third period. As can be seen in the graph, noise started at around 9:20, the start of the first period. There is a dip at around 11:28, which is the start of lunch break. Noise increases again at 12:35, corresponding to the start of the third period with a smaller group, but stays at a lower level than during full-class periods. An increase of noise is observed again at 13:42, coinciding with the start of the fourth class period. Noise decreased towards 15:50 which was the time of class dismissal.



**Figure 8.** Time history of the noise monitored during a typical school day

## 4. DISCUSSION

### 4.1 Subjective data and objective metrics

The main goal of this case study was to explore the subjective noise perception of students. One of the objectives was to determine if the subjective perception of noise from first year secondary school students is correlated to the objective noise metrics of their frequented classroom. According to the results of this study, subjective data and objective metrics are not completely correlated in the expected way. Indeed, the higher the LA10 were, the less content or focused the students felt. This makes sense, since the LA10 is the threshold of noise level exceeded during 10% of the measurement period. The higher the noise levels are, the less focused the students are to learn (Klatte *et al.*, 2013; Woolner and Hall, 2010). However, the higher the LAeq were, the more indifferent the students felt. The level of annoyance of the students surprisingly did not reflect the LAeq in the studied classroom. Nonetheless, these results can be explained by Guski *et al.* (1999)'s international-scale study on the concept of noise annoyance. This research study highlights that acoustic variables, which are quantitative measures, do not play an overwhelming role in the

concept of annoyance. Noise annoyance is influenced by multiple factors like individual factors (e.g., sensitivity to noise and personality traits) and qualitative factors (e.g., origin of the noise), and not only by quantitative factors (e.g., sound levels). Connolly *et al.* (2015)'s study on 11–16-year-old students' perception of their classroom acoustics serves as an example of this argument. Indeed, in their study, the researchers stated that the students' ratings of annoyance of the sounds heard during their lessons were more related to the source of the sound rather than the number of times which the sounds were heard. More precisely, sounds from outside the classroom were deemed more annoying by the students than the sounds from inside the classroom and mechanical sounds. In other words, according to these students, the origin of the noise, a qualitative variable, plays a more important role in their perception of noise annoyance in comparison to how often the sounds were heard, a quantitative variable. However, our findings do not reflect those of Connolly *et al.* (2015)'s study in the way that in the open-ended question, our respondents justified their level of EAE by mentioning the *INTENSITY* of the noise (including the number of times the sounds were heard) significantly more frequently than they did the *SOURCE* of the noise. It is also interesting to note that in our study, the number of students that mentioned the *SOURCE* in their comments increases as the day goes by.

According to the World Health Organization's (WHO) guidelines on noise in unoccupied school classrooms, the sound pressure levels should not exceed 35 dBA (Berglund *et al.*, 1999). The global sound pressure level of the classroom of our study was 38 dBA when unoccupied which slightly exceeds the recommendation of the WHO by 3 dBA. Referencing Mealings (2016)'s guidelines on classroom noise levels for optimal learning, our results would fall under their *Bad* classroom acoustics category. Indeed, for students of 12 years and older, the author states that noise levels in occupied school classrooms are considered *Bad* if they exceed 56 dB. They are considered *Okay* if they vary between 50 and 56 dB, and they are considered *Good* if they are inferior than 50 dB. The mean noise levels (LAeq, 1h) in the classroom occupied by our students exceeded the 56 dB recommended during all the five class periods. See Table III.

#### **4.2 Students' perception of their classroom acoustics**

Past studies using questionnaires have found that, in general, young learners are sensitive judges of the variables prompting adequate listening and learning conditions. These variables include the type of learning activity, the quality of the interactions between classmates and the source of the

noises heard in the learning environment (Hagen *et al.*, 2004; Héту *et al.*, 1990). As previously stated, perception of noise is subjective and sensitivity to noise depends on each individual (Belojevic *et al.*, 1992). In their study, Connolly *et al.* (2013) add further precision stating that older adolescents, aged 14 to 16 years old, are significantly more sensitive to noise annoyance and the consequences of poor acoustical conditions on their learning and behavior than younger adolescents, aged 11 to 13 years old. These findings could also support why the respondents of this present study felt majorly indifferent to their classroom acoustics given that they were either 12 or 13 years old and would report to be less sensitive to noise due to their young age. Indeed, noise exposure has a more detrimental effect for younger children because they show less developed resources to focus and to cope with noise. As Dumontheil *et al.* (2010) highlights in their study on young adolescents and adults aged 11 to 30 years-old, the ability to concentrate improves with age during adolescence. In addition, younger students might be less able to vocalize sensitivity and might be less aware of being disturbed. In that sense, that could explain why they report being less affected by poor acoustic conditions than their older peers. Moreover, as the students get older, the educational course material gets more complex and specific which is why older learners might be more sensitive to noise annoyance; they must invest more mental resources to understand the lectures, and noise might become more easily a hindrance. Indeed, Kennedy *et al.* (2006) highlights that easier course material prompts better perception of listening ease in comparison of more difficult course material. In other words, if the course material delivered by the teacher is deemed difficult by the student, they will perceive that they have more trouble listening to that course material. Furthermore, even though the cognitive abilities of the older students improve with age, the course material gets more abstract, analytic, and conceptual, and does therefore require more involvement and concentration from them (Ambrose *et al.*, 2010).

When addressing the PMAE codes, we can observe that the code *Silence* is the one that was the most frequently mentioned among the comments of the students who reported feeling *Content/focused*. This result is not surprising and supports the theory that noise interferes with the ability to concentrate on a school task or activity (Klatte *et al.*, 2013; Woolner and Hall, 2010). Moreover, the code *Sounds from students* is the one that was the most frequently mentioned among the comments of the students who reported feeling *Annoyed/distracted*. This finding reflects the ones of Astolfi and Pellerey (2008); Enmarker and Boman (2004); Lundquist *et al.* (2000)'s studies. In the past, studies have shown that students find that noise produced by other students is the most

annoying type of noise in schools. Indeed, Lundquist *et al.* (2000) studied 13 to 15 years-old students' noise annoyance in their school classroom. They found that the most annoying noise source identified by the students was chatter and noise created by moving tables and chairs, which are noises coming from students themselves. Similarly, the results of Enmarker and Boman (2004)'s study on noise annoyance of middle school students aged 13 to 14 years-old reveal that the most disturbing noise identified by the students was chatter. In their study, Astolfi and Pellerey (2008) found similar results, highlighting the strong correlation between noise annoyance according to students and speech coming from students. Noise from students is noise that can be theoretically acted upon and managed.

### 4.3 Class period

Our results concerning the dependency of the EAE variable and the class period variable corroborate the effect of listener fatigue. According to the Framework for Understanding Effortful Listening (FUEL), listening effort is defined as a “specific form of mental effort when a task involves listening”. As with any type of effort (e.g., physical), a sustained or prolonged effort can result in fatigue. Thus, listening effort can cause listening fatigue (Pichora-Fuller *et al.*, 2016). The key principle of the cognitive-behavioral theory of Wingfield (2016) states that individuals have a limited capacity of mental resources. In circumstances of interference with background noise or reduced hearing acuity, the listener has to invest more mental resources on trying to recognize and understand speech. As the listener spends more of their mental resources, there may be insufficient resources to encode the perceived speech into information (Pichora-Fuller *et al.*, 2016). As previously stated, schools often provide poor acoustic environments to ensure optimal learning. High noise levels and long reverberation times contribute to the background noise in classrooms. This forces students, who spend a great amount of their school time listening to the teacher talk, to allocate more mental resources in speech recognition. Moreover, as a school day goes by, students' mental resources deplete. Students are bound to experience listening effort thus listening fatigue. In this way, poor acoustic environments in learning spaces are detrimental to students' ability to learn and affect academic success. In our research, students claimed to be more *Content/focused* during the morning classes (first and second periods of the school day) than during the afternoon classes (third, fourth and fifth periods). Conversely, they mentioned being less *Annoyed/distracted* during the first period of the day, in the morning, than during the last period of the day, in the



afternoon. However, noise levels recorded during the class periods, which are objective metrics, cannot seem to explain why students are more *Content/focused* during the morning and more *Annoyed/distracted* in the afternoon. In fact, the second to highest mean noise level calculated was during the first period whereas the second to lowest noise level was recorded during the fifth period. Moreover, the noise levels recorded in the classroom did not vary significantly among the five class periods, in general. Listener fatigue, however, could add further understanding of the EAE levels reported by the students according to the class periods. The mental resources of students deplete as the day goes by. It takes more effort for them to listen to the teacher talk at the end of the day, than at the beginning (Pichora-Fuller *et al.*, 2016) regardless of the noise levels.

#### **4.4 Limitations**

The present case study contains several limitations. First, not all the respondents to our questionnaire received the short oral presentation given by the two research assistants about noise in school. Only a fraction, about thirty (30) students, received the presentation. These students might have been biased by a heightened awareness of the noise in their classroom. Another limitation is the fact that this research is a case study. Only one classroom was explored and, thus, no generalization can be made using the results of this study. Furthermore, we do not know how many different students precisely frequented the classroom. Indeed, some students have had multiple classes in the same classroom during the time period when we collected the filled questionnaires. They could have gained more experience acknowledging their acoustic environment than other students. Another bias concerning the students' answers resides in the questionnaire that was easily reachable and visible for the students. The questionnaire might have rendered the students more aware of their acoustic environment. Similarly, an acoustic setup was placed in the classroom. Students might have been more aware of their speech levels knowing that they were recorded, perhaps talking less loudly than they would normally. Also, the microphones might have been placed too far from the source, being at the back of the classroom on top of a tall bookshelf, and the students were backfacing the acoustic set up. That could explain why the average noise levels measured during our study were not as high as other studies conducted on noise levels in schools (Hétu *et al.*, 1990; Kristiansen *et al.*, 2014). Furthermore, as previously stated in the *Analyses* section about the questionnaire, some students reported more than one EAE (e.g., student circled *Annoyed/distracted* and *Content/focused*) within one class period. In fact, it is

well possible that the students felt both annoyed/distracted and content/focused during one and the same period. This raises questions as to how fast a soundscape changes in a school setting, and it points to the difficulty of defining useful units of measures with regard to students' subjective appreciation of the noise. This question is of importance when looking at sound management from a teacher perspective. Indeed, teachers are micromanaging noise levels (implicitly or explicitly) during class periods. Perhaps, in a future study, we could ask the students about their main experience of a period. For instance, we could phrase the question in this manner: "If you have felt different levels of annoyance/concentration during the class period, what was your dominant feeling?". Moreover, our question concerning EAE proposed one scale which bore two concepts: annoyance and concentration. Indeed, choices *Annoyed/distracted* and *Content/focused* contain constructs of both annoyance and of concentration: "annoyed" and "content" are opposites on the scale of annoyance whereas "distracted" and "focused" are opposites on the scale of concentration. The scale using two concepts employed in our questionnaire may have caused confusion among the students, partially impairing the results. For instance, a student could have found the background noise annoying, yet not necessarily distracting. Either way, the student had to circle the option *Annoyed/distracted* nevertheless. It would have been preferable to propose two scales, one for each concept: one scale for annoyance and one scale for concentration. Additionally, while we can provide general sociodemographic characteristics of our sample such as the facts that the school was private, mixed (girls and boys) and francophone, we lack specific details concerning sociodemographic data of each student such as their gender and their economic status.

## 5. CONCLUSIONS

Our study is the first study we know of that has monitored both subjective and objective measures of a classroom's acoustic environment in 1 hour time units during a continuous period of 11 days. Our results show some correlations between students' appreciation of their classroom acoustic environment and objective measures (LAeq, LA10, LA90 and LAm<sub>ax</sub>), but emphasize that students' subjective appreciation of the acoustics of their classroom is not in direct relation to objective sound level metrics. Our qualitative results also showed that students as a group are capable of describing their acoustic environment with regard to different perception modes, but that single answers tended to include rather short and unimodal descriptions. In the past, studies have mainly focused on the noise levels in schools, a quantitative measure, in order to assess and

handle the listening and learning conditions of students. In our study, students mainly felt *Content/Focused* or *Indifferent* towards their acoustic environment, despite the fact that LAeq means did exceed recommended guidelines for classroom acoustics during all periods pointing to the fact that some type of sounds, although surpassing recommended noise levels, might be perceived as supportive by some students. Moreover, the students in our study did not spontaneously make explicit links between their classroom acoustic environment and their learning. Future research that will focus on tools offered to students for them to develop and deepen their sound awareness and noise-related vocabulary, would be a proper first step for them to become more aware of their acoustic environment.

## 6. AUTHOR DECLARATIONS AND DATA AVAILABILITY

No conflict of interests exists for any author regarding the material presented in this manuscript. This study was approved by the Université de Montréal's ethics committee. The data collected in this study will be made available upon reasonable request, in respect to research ethics.

See supplementary material for a document containing the raw data of the students' answers to the questionnaire.

## 7. ACKNOWLEDGEMENTS

We would like to acknowledge Romain Dumoulin, senior acoustician, and Nibal Chahine, speech-language pathologist and research assistant for their significant involvement in the methodology of this project in school. We would also like to acknowledge Romy Daniel Ben Tchavtchavadze, former research assistant and current speech-language pathologist for her involvement in the design of the questionnaire. We would like to acknowledge Georges-Randolphe Thibault, speech-language pathology student, for his help for the acoustic analyses. This research was supported by the Fonds de recherche du Québec – AUDACE.

## 8. REFERENCES

- Akoglu, H. (2018). "User's guide to correlation coefficients," Turkish journal of emergency medicine **18**(3), 91–93.
- Ambrose, S. A., Bridges, M. W., DiPietro, M., Lovett, M. C., and Norman, M. K. (2010). *How learning works: Seven research-based principles for smart teaching* (John Wiley & Sons).

Astolfi, A., and Pellerey, F. (2008). "Subjective and objective assessment of acoustical and overall environmental quality in secondary school classrooms," *The Journal of the Acoustical Society of America* **123**(1), 163–173, doi: [10.1121/1.2816563](https://doi.org/10.1121/1.2816563).

Belojevic, G., Jakovljevic, B., and Aleksic, O. (1997). "Subjective reactions to traffic noise with regard to some personality traits," *Environment International* **23**(2), 221–226, doi: [https://doi.org/10.1016/S0160-4120\(97\)00008-1](https://doi.org/10.1016/S0160-4120(97)00008-1).

Belojeviic, G., Ohrstrom, E., and Rylander, R. (1992). "Effects of noise on mental performance with regard to subjective noise sensitivity," *International archives of occupational and environmental health* **64**(4), 293–301, doi: [10.1007/BF00378288](https://doi.org/10.1007/BF00378288).

Berglund, B., Lindvall, T., Schwela, D. H., Organization, W. H. *et al.* (1999). "Guidelines for community noise," <https://apps.who.int/iris/handle/10665/66217>.

Blick, B., Nakabugo, S., Garabedian, L. F., Seru, M., and Trap, B. (2018). "Evaluating inter-rater reliability of indicators to assess performance of medicines management in health facilities in London," *Journal of pharmaceutical policy and practice* **11**(1), 1–12, doi: [10.1186/s40545-018-0137-y](https://doi.org/10.1186/s40545-018-0137-y).

Connolly, D. M., Dockrell, J. E., Shield, B. M., Conetta, R., and Cox, T. J. (2015). "Students' perceptions of school acoustics and the impact of noise on teaching and learning in secondary schools: Findings of a questionnaire survey," *Energy Procedia* **78**, 3114–3119, doi: <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2015.11.766>.

Connolly, D. M., Dockrell, J. E., Shield, B. M., Conetta, R., Cox, T. J. *et al.* (2013). "Adolescents' perceptions of their school's acoustic environment: The development of an evidence based questionnaire," *Noise and Health* **15**(65), 269, doi: [10.4103/1463-1741.113525](https://doi.org/10.4103/1463-1741.113525).

Dockrell, J. E., and Shield, B. (2004). "Children's perceptions of their acoustic environment at school and at home," *The Journal of the Acoustical Society of America* **115**(6), 2964–2973, doi: [10.1121/1.1652610](https://doi.org/10.1121/1.1652610).

Dumontheil, I., Hassan, B., Gilbert, S. J., and Blakemore, S.-J. (2010). "Development of the selection and manipulation of self-generated thoughts in adolescence," *Journal of Neuroscience* **30**(22), 7664–7671, doi: <https://doi.org/10.1523/jneurosci.1375-10.2010>.

Enmarker, I., and Boman, E. (2004). "Noise annoyance responses of middle school pupils and teachers," *Journal of Environmental Psychology* **24**(4), 527–536, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2004.09.005>.

Guski, R., Felscher-Suhr, U., and Schuemer, R. (1999). "The concept of noise annoyance: how international experts see it," *Journal of sound and vibration* **223**(4), 513–527, doi:<https://doi.org/10.1006/jsvi.1998.2173>.

Hagen, M., Kahlert, J., Hemmer-Schanze, C., Huber, L., and Meis, M. (2004). "Developing an acoustic school design: Steps to improve hearing and listening at schools," *Building 730 Acoustics* **11**(4), 293–307, doi: [10.1260/1351010042900086](https://doi.org/10.1260/1351010042900086).

Hamida, A., Zhang, D., Ortiz, M. A., and Bluysen, P. M. (2023). "Indicators and methods for assessing acoustical preferences and needs of students in educational buildings: A review," *Applied Acoustics* **202**, 109187.

Hétu, R., Truchon-Gagnon, C., and Bilodeau, S. A. (1990). "Problems of noise in school settings: A review of literature and the results of an exploratory study.," *Journal of Speech-Language Pathology and Audiology* [https://www.cjslpa.ca/download.php?file=/1990\\_JSLPA\\_Vol\\_14/No\\_03\\_1-67/Hetu\\_Truchon-Gagnon\\_Bilodeau\\_JSLPA\\_1990.pdf](https://www.cjslpa.ca/download.php?file=/1990_JSLPA_Vol_14/No_03_1-67/Hetu_Truchon-Gagnon_Bilodeau_JSLPA_1990.pdf).

Kennedy, S. M., Hodgson, M., Edgett, L. D., Lamb, N., and Rempel, R. (2006). "Subjective assessment of listening environments in university classrooms: Perceptions of students," *The Journal of the Acoustical Society of America* **119**(1), 299–309, doi:[10.1121/1.2139629](https://doi.org/10.1121/1.2139629).

Klatte, M., Bergstrom, K., and Lachmann, T. (2013). "Does noise affect learning? A short review on noise effects on cognitive performance in children," *Frontiers in psychology* **4**, 578, doi: [10.3389/fpsyg.2013.00578](https://doi.org/10.3389/fpsyg.2013.00578).

Kristiansen, J., Lund, S. P., Persson, R., Shibuya, H., Nielsen, P. M., and Scholz, M. (2014). "A study of classroom acoustics and school teachers' noise exposure, voice load and speaking time during teaching, and the effects on vocal and mental fatigue development," *International archives of occupational and environmental health* **87**(8), 851–860, doi: [10.1007/s00420-014-0927-8](https://doi.org/10.1007/s00420-014-0927-8).

Lamotte, A.-S., Essadek, A., Shadili, G., Perez, J.-M., and Raft, J. (2021). “The impact of classroom chatter noise on comprehension: a systematic review,” *Perceptual and motor skills* **128**(3), 1275–1291.

Lavrakas, P. J. (2008). *Encyclopedia of survey research methods* (Sage publications). Lundquist, P., Holmberg, K., Landstrom, U. *et al.* (2000). “Annoyance and effects on work from environmental noise at school,” *Noise and Health* **2**(8), 39,

<https://www.noiseandhealth.org/article.asp?issn=1463-1741;year=2000;volume=2;issue=8;spage=39;epage=46;aulast=Lundquist>.

Mealings, K. (2016). “Classroom acoustic conditions: Understanding what is suitable through a review of national and international standards, recommendations, and live classroom measurements,” [https://acoustics.asn.au/conference\\_proceedings/AASNZ2016/papers/p145.pdf](https://acoustics.asn.au/conference_proceedings/AASNZ2016/papers/p145.pdf).

Minelli, G., Puglisi, G. E., and Astolfi, A. (2021). “Acoustical parameters for learning in classroom: A review,” *Building and Environment* 108582, doi: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2021.108582>.

Pellegatti, M., Torresin, S., Visentin, C., Babich, F., and Prodi, N. (2023). “Indoor soundscape, speech perception, and cognition in classrooms: A systematic review on the effects of ventilation-related sounds on students,” *Building and Environment* 110194.

Pichora-Fuller, M. K., Kramer, S. E., Eckert, M. A., Edwards, B., Hornsby, B. W., Humes, L. E., Lemke, U., Lunner, T., Matthen, M., Mackersie, C. L. *et al.* (2016). “Hearing impairment and cognitive energy: The framework for understanding effortful listening (fuel),” *Ear and hearing* **37**, 5S–27S, doi: [10.1097/AUD.0000000000000312](https://doi.org/10.1097/AUD.0000000000000312).

Reja, U., Manfreda, K. L., Hlebec, V., and Vehovar, V. (2003). “Open-ended vs. close-ended questions in web questionnaires,” *Developments in applied statistics* **19**(1), 159–177, <http://mrvar.fdv.uni-lj.si/pub/mz/mz19/reja.pdf>.

Riel, J. (2009). “Analyse de l’activité de travail des enseignantes et enseignants du secondaire,” Ph.D. thesis, Université du Québec à Montréal, <https://archipel.uqam.ca/2307/1/M10892.pdf>.

Schola, U. L. (2021). *L'ABC de la rénovation scolaire au Québec. Fascicule A : De l'analyse des bâtiments scolaires et de leurs usages* (Québec), [https://www.schola.ca/telech/ABC\\_de\\_la\\_renovation\\_scolaire-Fascicule-A.pdf](https://www.schola.ca/telech/ABC_de_la_renovation_scolaire-Fascicule-A.pdf).

Shield, B., and Dockrell, J. E. (2004). "External and internal noise surveys of London primary schools," *The Journal of the Acoustical Society of America* **115**(2), 730–738, doi: [10.1121/1.1635837](https://doi.org/10.1121/1.1635837).

Shield, B. M., and Dockrell, J. E. (2003). "The effects of noise on children at school: A review," *Building Acoustics* **10**(2), 97–116, doi: [10.1260/135101003768965960](https://doi.org/10.1260/135101003768965960).

Thomas, D. R. (2006). "A general inductive approach for analyzing qualitative evaluation data," *American journal of evaluation* **27**(2), 237–246, doi: <https://doi.org/10.1177/1098214005283748>.

Torresin, S., Aletta, F., Babich, F., Bourdeau, E., Harvie-Clark, J., Kang, J., Lavia, L., Radicchi, A., and Albatici, R. (2020). "Acoustics for supportive and healthy buildings: Emerging themes on indoor soundscape research," *Sustainability* **12**(15), 6054, doi: <https://doi.org/10.3390/su12156054>.

Van Kamp, I., Klæboe, R., Kruize, H., Brown, A. L., and Lercher, P. (2016). "Soundscapes, human restoration and quality of life," in *INTER-NOISE and NOISE-CON congress and 795 conference proceedings*, Institute of Noise Control Engineering, Vol. 253, pp. 1205–1215. 796 Wingfield, A. (2016). "Evolution of models of working memory and cognitive resources," *Ear and hearing* **37**, 35S–43S, doi: [10.1097/AUD.0000000000000310](https://doi.org/10.1097/AUD.0000000000000310).

Woolner, P., and Hall, E. (2010). "Noise in schools: a holistic approach to the issue," *International journal of environmental research and public health* **7**(8), 3255–3269, doi: [10.3390/ijerph7083255](https://doi.org/10.3390/ijerph7083255).

## APPENDIX

Date : \_\_\_\_\_

Formulaire pupitre - Perception des élèves et des enseignants par rapport au climat sonore  
Académie Lafontaine – Local S-105

**ALLÔ !!! Si tu veux**, tu peux utiliser cette feuille pour noter comment les sons qui t'entourent affectent ton travail et tes activités en classe. Est-ce que l'ambiance sonore en ce moment est agréable et t'aide à accomplir ce que tu es en train de faire, est-ce qu'elle est agaçante et te dérange ou est-ce que ça n'a pas d'importance pour toi?

Note simplement dans quel **local** tu es, la **période** de la journée et la **matière** ou l'**activité** que vous faites en un ou deux mots.  
Ensuite, fais un X dans le cercle qui représente le mieux comment tu te sens par rapport au bruit.

<b>Période de la journée</b> Ex. : 2 <sup>e</sup> période	<b>Matière/activité</b>  Nous avons fait ... Ex. : exercice de mathématique Nous avons fait ...	<b>Mon appréciation du son</b>  L'ambiance sonore dans ma classe me fait sentir ...			<b>Commentaires</b>  Pourquoi as-tu aimé ou as-tu été dérangé par le son?
	<input type="checkbox"/> Magistral <input type="checkbox"/> Individuel <input type="checkbox"/> En groupe				
	<input type="checkbox"/> Magistral <input type="checkbox"/> Individuel <input type="checkbox"/> En groupe				
	<input type="checkbox"/> Magistral <input type="checkbox"/> Individuel <input type="checkbox"/> En groupe				
	<input type="checkbox"/> Magistral <input type="checkbox"/> Individuel <input type="checkbox"/> En groupe				
	<input type="checkbox"/> Magistral <input type="checkbox"/> Individuel <input type="checkbox"/> En groupe				

**Figure 9.** Original questionnaire in French

- End of article -



# Chapitre 3 – The Influence of the Visual Clutter of Spaces on Female Speakers' Vocal Effort

*Ce deuxième article a été soumis à Journal of Voice et est en processus d'évaluation. Preuve de soumission en Annexe II du mémoire.*

Tiffany Chang<sup>1,2\*</sup>, Ingrid Verduyck<sup>1,2</sup> Annie Ross<sup>3</sup>

<sup>1</sup> École d'orthophonie et d'audiologie, Université de Montréal, Montréal, Québec

<sup>2</sup> Centre de recherche interdisciplinaire en réadaptation (CRIR) du Montréal métropolitain, Montréal, Québec

<sup>3</sup> Laboratoire d'analyse vibratoire et acoustique (LAVA), Département de génie mécanique, École Polytechnique de Montréal, Montréal, Québec

## Abstract

### Context

Speech perception and production are multimodal processes that are influenced by both auditory and visual cues. While the impact of acoustic environment has been heavily researched, few studies have investigated how environmental design influences the vocal behavior of speakers through visual perception.

### Objective

Our study explored the impact of visual clutter on the vocal production of speakers in terms of acoustic parameters such as sound pressure level (SPL), fundamental frequency ( $f_0$ ), and cepstral peak prominence (CPP). We also explored the impact of visual clutter on speakers' self-perception of vocal effort and speech.

### Methods

Participants performed two speech tasks (reciting the alphabet and reading a children's story), in two rooms that were acoustically similar but visually different. Room A was clutter-free with RT30 = 0,3 sec and mean dBA = 30,7 and Room B was cluttered with everyday items with RT30 = 0,3 sec and mean dBA = 30,5.

## Results

While acoustic analyses did not reveal any difference in the voice quality between the two rooms, qualitative analyses revealed that participants preferred speaking in Room A. Quantitative analysis showed they experienced a significantly lower vocal effort ( $p < 0,001$ ) in Room A and that their self-perceived vocal intensity (decreased in Room A, increased in Room B) did not correlate with objective results.

## Conclusions

Our results highlight the subjective nature of perceived vocal effort and the importance of collecting subjective perception of speakers in studies investigating it.

**Keywords:** *visual clutter, vocal effort, speech acoustics, speech production, speech perception*

## 1. INTRODUCTION

In the past, vocal effort has been defined as the perceived exertion required to produce voice [1]. However, no universal definition has been agreed upon in the speech and hearing research community to this day [1]. In the literature, analyses of vocal effort have been approached with two different methods; vocal effort is either 1) externally assessed by listener judges or 2) self-reported by the speaker who produces the voice [1]. Research studying vocal effort with external judges typically requires expert listeners to rate the vocal effort perceived in a recorded speech signal [2, 3], while research studying vocal effort as a self-reported phenomenon typically requires the speakers to assess their perceived exertion while producing voice using perceptual scales such as visual analogue scales [4-6].

While no universally accepted definition of vocal effort exists, a recent consensus paper by Hunter et al. [7] proposed a definition of vocal effort as “the perceived exertion of a vocalist to a perceived communication scenario”, suggesting vocal effort is a perceptual phenomenon, as opposed to a physiological one, experienced by the speaker, and not a listener judge which, by definition, should be self-reported. [7]. Nevertheless, studies in the past have used objective parameters to quantify vocal effort, including amplitude-based measures (e.g., sound pressure level, SPL, which is the acoustic metric corresponding to the sound amplitude or the intensity of the voice, dB), time-based measures (e.g., fundamental frequency,  $f_0$ , which is the acoustic metric corresponding to the pitch

of the voice, Hz), and spectral/cepstral-based measures (e.g., cepstral peak prominence, CPP, which is a new acoustic metric used to quantify the breathiness quality of the voice, dB [8]) [9]. However, only a handful of studies have done analyses of vocal effort with all these three types of acoustic measures, so the literature is lacking in this respect.

Vocal effort is influenced by a myriad of factors. Indeed, Hunter et al. [7] underline the individual and multidimensional aspects of vocal effort, which explains why it is not in direct relation to physical and physiological parameters. For professionals such as speech-language pathologists, who work with individual speakers, reducing vocal effort is often a therapy goal [10] and gaining a better understanding of which factors might influence it is valuable. In other domains, the perception of effort has been shown to interact with other sensory information, such as optical information, to modulate both perception of effort and perception of the visual surroundings [11]. As speech perception and production in humans is known to be audiovisual [12-14] (see for instance the McGurk effect [15, 16] or studies showing that voice and speech (e.g., increased dBSPL, vowel quality) are influenced by visual distance between talker and listener [3, 17]), it is possible that other cues in the visual environment impact both objective parameters of voice in speakers as well as vocal effort. For example, a recent study [18] showed that acoustic noise (multi-talker babble), produced a multimodal Lombard effect in speakers when in face-to-face interactions with speakers not only increasing their speech intensity and mouth movements in noise, but also their hand gestures. However, we know of no study that has addressed whether visual noise, such as visual clutter for example, affects voice and speech characteristics.

Visual clutter in interior spaces is defined as an excess of things that leads to visual overstimulation and diminished task performance [19]. Visual clutter is a key concept in the fields of architecture and interior design because the layout and interior design of a space can stimulate emotions and encourage certain behaviors in visitors and users of these spaces. Although perception of clutter is subjective, it is generally perceived negatively due to the overstimulation associated with it [20]. Among the visual components contributing to visual clutter are shape and color [21]. The shape of an interior space refers to the harmony and balance allowed by the shapes of objects. A space with objects of different shapes can be unbalanced. Thus, storage spaces (e.g.: chest of drawers) can make it possible to hide objects and their different shapes and this can reduce visual clutter in the interior space. Also, the organization of an enclosed space is a shape-type of visual stimulus.

Indeed, storing similar objects together (e.g., pencils) makes a space more harmonious and balanced in its shape [19]. Colors can be defined by their nature, saturation, and number in combination in relation to visual clutter [21]. Regarding the nature of colors, warmer colors would contribute to visual clutter in the way that the colors red and orange have a negative impact on individuals, causing nervousness for instance, while the colors blue and green are known to have a calming impact [22, 23]. When it comes to color saturation, also called chroma, the most saturated colors are thought to stimulate the eyes and the psychological system the most [24]. Finally, the number of colors in a color combination can contribute to overstimulation, and thus visual clutter. The more colors an interior space has, the more visitors will be visually stimulated [23]. Indeed, Verghese's signal detection theory approach stipulates that the human mind actively works to organize visual information [25], and thus, that abundance of colors will make it more challenging for the mind to organize the perceived visual information, leading to overstimulation [23].

### **53.3 Research aims and objectives**

Our study aimed to investigate the impact of visual clutter (shape and color components) on speakers' vocal effort, in terms of acoustic parameters and subjective perception. We sought to explore how environmental design influences vocal behavior through visual perception. The objectives were to explore 1) the participants' perception of the visual design of two rooms, 2) the influence of visual clutter on vocal effort in terms of acoustic measures (SPL,  $f_0$  and CPP), and 3) the influence of visual clutter on the self-perceived vocal effort. The hypotheses were that 1) speakers would perceive two visually different rooms differently, 2) vocal acoustic measures would vary in visually different rooms, and 3) self-perceived vocal effort would vary in visually different rooms.

## **2. METHODS**

### **2.1 Participants**

Twenty women aged 21 years 7 months to 31 years 11 months (mean: 23 years 8 months, standard deviation: 2 years 2 months) were recruited for this study. All participants were French-speaking and university students. None of them had a non-corrected vision disorder, hearing disorder, communication or voice disorder, neurodevelopmental condition (e.g., autism, ADHD), or took medicine that could alter attention and concentration. This information was self-reported by the

participants with an eligibility questionnaire. The study was approved by the ethics committee of education and psychology of the Université de Montréal, Québec (reference number: CEREP-22-087-D).

## 2.2 Stimuli (Rooms)

Participants had to visit two visually different rooms and produce speech in each room. Room A was a clean and neutral room measuring 330,6 cm x 352,0 cm x 266,5 cm. Room B had the exact dimensions of Room A, but was decorated with everyday items such as books, toys, and functional object (e.g., fan), according to the concepts of visual clutter mentioned in the introduction. Indeed, Room B was messy, disorganized, and saturated with a combination of random shapes and colors [21]. Pictures of Rooms A and B are displayed in Figure 1. Both rooms were acoustically similar in terms of reverberation times (RT20) and sound pressure levels (SPL). For Room A and Room B, mean RT30 were both 0,3 sec and mean SPL were 30,7 and 30,5 dBA respectively. The RT and the SPL of each room were measured according to the protocol of ANSI/ASA S12.60-2010 / Part 1 of the American National Standard Acoustical, Performance Criteria, Design Requirements and Guidelines for Schools [26]. The SPL (dBA) were collected using the sonometer TES-1353 (TES Electrical Electronic Corporation, Taipei, Taiwan) which was placed where the participant had to sit during the experiment, approximately in the middle of the room, and the door of the room was closed. As for the measurement of the RT30, we used an Olympus LS-14 (Olympus Corporation, Tokyo, Japan) calibrated digital audio recorder, and a reverberation starter gun. The impulse response was recorded with the door closed. The microphone linked to the audio recorder was positioned where the participant would sit, about 50 cm away from the reverberation pistol. Two members of the research team were present to carry out these measurements. RT30 measures were calculated with the open-access software Audacity (Muse Group, Pittsburgh, Pennsylvania, USA) plug-in Aurora (Angelo Farina, Parma, Italy, website: <http://www.aurora-plugins.com>). The RT30 results were calculated based on the means of three impulses in each of the rooms, on the following frequencies: 250 Hz, 500 Hz and 1000 Hz. The set temperature for the two rooms was 22,2°C. Before visiting each room, the participant had to look at a beige wall for one minute. This task allowed the participants to be ready to enter a new visual environment. After staring at this wall, they could enter the room, and observe it, for one minute. The order of the rooms was randomized for all participants.

### 2.3 Speaking Tasks

In each room, participants performed two speech tasks: reciting the alphabet, an automatic task, and reading aloud an excerpt of a Canadian French children’s story, *Une bouteille à la mer* by Marie-France Bouchard [27], a reading task. Again, the order of the tasks was randomized for each room and for all participants. All speech was recorded by an Azden HS-12 (Azden, Tokyo, Japan) headset microphone and an Olympus LS-14 (Olympus Corporation, Tokyo, Japan) calibrated digital audio recorder located at 0,75-inch of their lips. In total, each participant had to go through four conditions, which gave us four voice recordings per participant. See Table 1.

**Table 1.** Experimental conditions

	<b>Room A (clutter-free)</b>	<b>Room B (cluttered)</b>
<b>Speaking Task 1 (alphabet)</b>	Condition A1	Condition B1
<b>Speaking Task 2 (reading)</b>	Condition A2	Condition B2

### 2.4 Questionnaire

The questionnaire was custom designed by the researchers of this study. The two close-ended questions aimed to collect subjective data from the participants. The language of the questionnaire was French.

*Question 1. Perception of the visual environment (Adjective Rating Scale)* asked the participants to indicate on six visual analog scales (VAS) of 100 mm their perception of the visual environment of the room they were in. Each scale depicted a quality and provided two extreme adjectives on the right and left of the line, respectively: clutter (cluttered vs uncluttered), light (dark vs bright), color (monochromatic vs colorful), organization (disorganized vs organized), harmony (chaotic vs harmonious), and pleasantness (unpleasant vs pleasant). The six qualities chosen were based on research on visual clutter [21].

*Question 2. Vocal effort* required the participants to indicate their vocal effort right after completing the two speaking tasks on a 100-mm VAS. VAS was chosen due to its frequent employment in

quantifying effort [7] and its benefit of being a psychometric and continuous scale which can bear explicit anchors [28]. Zero was anchored as “No effort” and 100 was anchored as “A lot of effort”.

## 2.5 Interview

At the very end of the experiment, the researcher orally asked the following open-ended questions to the participants to collect their subjective experience of speaking in the two different rooms: *Questions 3. Subjective experience* “In which room did you prefer speaking and why? Did you feel any differences in your speech or voice in terms of volume (loudness), pitch (high or low), speech rate, intonation, etc. when speaking in the two rooms?” The verbatims of the participants were recorded in writing on the computer as the participants answered.

## 2.6 Analyses

### 2.6.1 Analyses of quantitative data

In total, speakers in our study produced 80 voice recordings (4 speaking tasks x 20 participants). Acoustic analyses were done on the 80 vocal recordings collected during the speaking tasks. These analyses were supported by the free software Praat version 6.2 (Amsterdam, Netherlands) [8, 9, 29]. We have decided to analyze one amplitude-based measure, one time-based measure, and one spectral/cepstral measure. We have selected the SPL (dB) as the amplitude-based measure and the  $f_0$  (Hz) as the time-based measure because of their frequent use in the characterization of vocal effort in the literature. We have opted for the CPP (dB) for the spectral/cepstral measure for its new and recent use to characterize vocal effort. SPL (dB) and  $f_0$  (Hz) were extracted from the voice recordings using a Praat script (see APPENDIX A) while CPP (dB) was extracted with an external plug-in for Praat based on Murray et al.’s guide [30]. We have used the CPP with voicing detection, meaning that pauses or unvoiced segments were not included in the extraction of CPP. The acoustic parameters of SPL (dB),  $f_0$  (Hz), and CPP (dB) were all continuous quantitative and objective variables. Descriptive analyses (mean, minimum, maximum, and standard deviation) were performed for the 3 acoustic parameters. *Question 1. Perception of the visual environment* contained six continuous quantitative and subjective variables: clutter, light, color, organization, harmony, and pleasantness measured with the six adjective rating scales. The variable *vocal effort* from *Question 2. Vocal effort* was also a continuous quantitative subjective variable. Descriptive analyses were performed for each scale of *Question 1* and the self-rated vocal effort of *Question 2*.

All descriptive analyses were carried with the statistical software platform IBM® SPSS® (Statistical Package for the Social Sciences) (IBM, Chicago, Illinois, United States).

Student Tests were conducted to compare the subjective perception of the visual environment between the two rooms, for each pair of qualities from *Question 1. Perception of the visual environment (Adjective Rating Scale)*. Student Tests were also used to determine if the speakers' perception of their vocal effort was statistically different between the two rooms. The room was the independent variable, and the perception of vocal effort was the quantitative continuous dependent variable.

Analyses of variance (repeated measures ANOVA) were also conducted to determine the statistical significance of the differences between mean SPL (dB), mean f0 (Hz), and mean CPP between the two rooms for the two speaking tasks. The acoustic parameters were the continuous dependent variables where the room and the speaking tasks were the independent factors.

To determine if these following pairs of variables were correlated, Pearson correlations were used: vocal effort and SPL, vocal effort and f0, vocal effort and CP, SPL and f0, SPL and CPP, f0 and CPP, vocal effort and clutter, vocal effort and light, vocal effort and color, vocal effort and organization, vocal effort and harmony, and vocal effort and pleasantness, in both rooms (A and B).

### *2.6.2 Analyses of qualitative data*

To analyze the answers to the interview *Questions 3. Subjective experience* “In which room did you prefer speaking and why? Did you feel any differences in your speech or voice in terms of volume (loudness), pitch (high or low), speech rate, intonation, etc. when speaking in the two rooms?”, an intercoders' agreement reliability procedure was completed by three judges who used the classical measure of agreement by ratio, an inductive method of qualitative analysis [31]. The three judges consisted of a doctorate student in clinical psychology, a clinical speech-language pathologist and master's student in the sciences of speech and hearing, and a bachelor's student in landscape architecture of the faculty of environmental design. The judges independently read and encoded all responses from the questionnaires into separate categorization matrices, without



consulting each other. Each judge established their own categories based on the response segments found in the participants' answers. The judges had the freedom to create any type and number of categories, and the categories were not exclusive to one another. As there were three judges, three distinct categorization matrices were created. To assess the agreement between the judges, an intercoders' comparison matrix was generated using the matrix with the fewest categories as a reference. When all judges classified a comment in the same or similar category, it was considered a match. However, if the judges categorized a comment differently, it resulted in a conflict within the comparison matrix. The intercoders' reliability score was calculated using the following formula:  $\text{Intercoders' reliability} = (\text{number of matches}) / (\text{number of matches} + \text{number of conflicts})$ . The score of intercoders' agreement ended up being 80%, which is adequate considering that a minimum score of 75% is aimed at to indicate acceptable reproducibility while a score of 90% and above insures highest reliability [32]. Indeed, the higher the intercoders' agreement score, the more similar the qualitative interpretation of the judges is. Afterward, the three judges took steps to address the conflicts that arose. They identified the categories that caused the discrepancies and generated new categories by considering the independent categorization matrices of the other two judges. Additionally, they merged certain existing categories and eliminated any categories that were considered unnecessary or redundant. Through this process of conflict resolution, a final matrix was constructed, incorporating the decisions made collectively by all three judges. All analyses related to the last open-ended question were performed using the categories from the final matrix. A total of 24 final codes were retained in the intercoders' agreement final matrix, based on 117 response segments. The 24 final codes were grouped into four sections, by the judges: 9 codes referred to Room A (Section 1), 11 codes referred to Room B (Section 2), two codes referred to the preferred room (Section 3) and two codes referred to the self-perceived difference in speech (Section 4). In total, 10 codes referred to the theme of *Environmental psychology* (5 in Room A and 5 in Room B) and 10 codes referred to the theme of *Speech & voice* (4 in Room A and 6 in Room B). More detailed information concerning the results of this analysis can be found in 3. RESULTS.

To verify if any significant differences existed in the proportion of responses obtained between the themes of *Environmental psychology* and *Speech & voice* (in Sections 1 and 2), between the preferred rooms (in Section 3), and between the presence or absence of perceived difference in

speech and voice (in Section 4), Chi-squared goodness-of-fit tests were conducted on the codes created through our qualitative analysis (see 2.6.2 *Analyses of quantitative data*).

To check if the type of room (A vs B) and type of theme (*Environmental psychology vs Speech & voice*) were statistically dependent on one another, the Pearson's Chi-squared test of independence was used, based on the number of segments found in each type of room (Section 1: Room A and Section 2: Room B).

All statistical analyses were conducted with the statistical software platform IBM® SPSS® (Statistical Package for the Social Sciences) (IBM, Chicago, Illinois, United States). And supported with Microsoft Excel® (One Microsoft Way Redmond, Washington, United States). The significance threshold was set to  $p < 0,05$  for all statistical analyses.

### 3. RESULTS

#### 3.1 Acoustic measures (objective)

The results of sound pressure level showed that participants did not speak louder in one room or the other. Indeed, there was no significant statistical difference between the means of vocal SPL (dB) between the two rooms A and B (repeated measures ANOVA,  $p = 0,383$ ). There was, nonetheless, a significant statistical difference between the means of vocal SPL (dB) between the two types of speech tasks, task 1 being the reciting the alphabet and task 2 being reading out loud (repeated measures ANOVA,  $p < 0,001$ ). Indeed, according to our results, the mean SPL of the participants was higher when reading out loud than when reciting the alphabet. Overall, there was no effect of interaction between the rooms and the speaking tasks (repeated measures ANOVA,  $p = 0,804$ ). As for the fundamental frequency, the  $f_0$  means were very similar in both rooms, and no statistical significance resided between the  $f_0$  means of Room A and Room B (repeated measures ANOVA;  $p = 0,742$ ). While the  $f_0$  means were slightly lower during the task 2 (reading out loud) in comparison to task 1 (reciting the alphabet), there was no statistical significance between the  $f_0$  means of the two tasks (repeated measures ANOVA;  $p = 0,112$ ). There was no significant effect of interaction between the rooms and the tasks for the  $f_0$  (repeated measures ANOVA,  $p = 0,716$ ). Lastly, the cepstral peak prominence did not vary from one room to the other. Indeed, there was no

significant statistical difference between the means of the CPP (dB) between the two rooms A and B (repeated measures ANOVA,  $p = 0,736$ ). There was, nonetheless, a significant statistical difference between the means of CPP (dB) of the two types of speech tasks, task 1 being the reciting the alphabet and task 2 being reading out loud (repeated measures ANOVA,  $p < 0,001$ ). Indeed, according to our results, the CPP (dB) of the participants was higher when reading out loud than when reciting the alphabet. There was no effect of interaction between the rooms and the speaking tasks (repeated measures ANOVA,  $p = 0,761$ ). Mean and standard deviation values of SPL,  $f_0$ , and CPP can be found in Table 2. A table including the minimum and maximum of these acoustic measures (SPL,  $f_0$ , and CPP) can be found in APPENDIX B: Table B1.

**Table 2.** Means, standard deviation (in parenthesis), and conditions differences of acoustic parameters SPL,  $f_0$ , and CPP, according to experimental conditions: Rooms A (clutter-free) and B (cluttered), and Tasks 1 (alphabet), and 2 (reading)

<b>Conditions</b>	<b>Mean SPL (dB)</b>	<b>Mean <math>f_0</math> (Hz)</b>	<b>Mean CPP (dB)</b>
A1	65,8 (2,8)	240,2 (26,2)	8,4 (1,0)
A2	71,3 (1,5)	233,0 (20,3)	9,8 (0,9)
B1	65,5 (3,2)	240,4 (25,8)	8,5 (0,9)
B2	71,1 (1,4)	234,8 (24,7)	9,8 (1,1)
<b>Differences between conditions</b>	<b> \Delta SPL  (dB)</b>	<b> \Delta <math>f_0</math>  (Hz)</b>	<b> \Delta CPP  (dB)</b>
A1-A2	5,5	7,2	1,4
B1-B2	5,6	5,6	1,3
A1-B1	0,3	0,2	0,1
A2-B2	0,2	1,8	0,0

## 3.2 Self-reported data (subjective)

### 3.2.1 Perception of the visual environment

Figure 2 shows the participants' perception of the visual environments based on the six qualities related to visual clutter. The most noteworthy differences in perception between the two rooms are found in the following qualities: organization, clutter, and color. Indeed, between the participants' perceptions of Room A and B, there was a difference of 73,5 for the organization, a difference of 63,2 for the clutter, and a difference of 62,8 for the color. Furthermore, even though the lighting was similar in the two rooms, participants found that Room A was more well-lit than Room B, with a difference of 14,7 between the reported perceptions of the two rooms. Finally, participants found Room A more pleasant than Room B, with a difference of 11,9. Overall, participants found that both rooms were visually different in a statistically significant manner (Student Tests;  $p < 0,001$ ) based on the six qualities. A detailed table regarding these results (including means, standard deviation, differences, and p-values) can be found in APPENDIX B: Table B2.

### 3.2.2 Vocal effort

Participants reported a higher level of vocal effort in Room B than in Room A (see Figure 3). Indeed, on the 100-mm VAS (0 being no vocal effort, and 100 being a lot of vocal effort), in Room A, the reported mean vocal effort was 31,0 (SD: 16,8) whereas in Room B, the mean vocal effort was 44,9 (SD: 15,4). This difference of 13,1 was statistically significant (Student Test;  $p < 0,001$ ), meaning that the participants' perceived vocal effort did differ between the two rooms.

### 3.2.3 Interview answers

Table 3 shows the sections, themes, and codes resulting from the inductive content analysis of the interview answers from the *Questions 3. Subjective experience* "In which room did you prefer speaking and why? Did you feel any differences in your speech or voice in terms of volume (loudness), pitch (high or low), speech rate, intonation, etc. when speaking in the two rooms?". The table also shows how many participants mentioned each code, with percentage.

**Table 3.** Sections, themes, and codes related to the inductive content analysis

<b>Section 1: Room A (clutter-free)</b>			
<i>Themes</i>	<i>Codes (n total=20)</i>	<i>Description of the code</i>	<i>Examples of a segment</i>
Environmental psychology	Comfortable (25%, n=5)	The participant reported that Room A was comfortable, calm or welcoming or that they felt that way in the room.	“I was more comfortable speaking in Room A”
	Less distracting/cluttered (60%, n=12)	The participant reported that Room A contained less distractions, was visually less distracting or was less cluttered.	“Room A was less distracting”
	Boring (5%, n=1)	The participant reported that Room A was boring, not motivating.	Example: “[Room A] was boring and not motivating”
	Highly focused (40%, n=8)	The participant reported that Room A allowed them to be more focused on the task.	“It was more serious; I was more focused”
	Feeling evaluated (5%, n=1)	The participant reported feeling like they are evaluated in Room A.	“It felt like I was being evaluated”
Speech & voice	Slower speech rate (10%, n=2)	The participant reported slowing down their speech in Room A.	“... my speech rate was slower”
	Faster speech rate (5%, n=1)	The participant reported speaking in a faster manner in Room A.	“My speech rate was faster”
	Decreased loudness (10%, n=2)	The participant reported talking less loudly in Room A.	“I find that in Room A, I talked less loudly”
	Lower pitch (10%, n=2)	The participant reported talking in a lower pitch in Room A.	“I was calmer, so my pitch was lower”

## Section 2 : Room B (cluttered)

<i>Themes</i>	<i>Codes (n total=20)</i>	<i>Description of the code</i>	<i>Examples of a segment</i>
Environmental psychology	Uncomfortable (20%, n=4)	The participant reported that Room B was uncomfortable, or that they felt that way.	“I was not comfortable”
	Welcoming (20%, n=4)	The participant reported that Room B was more welcoming, fun and stimulating.	“Room B is more welcoming and fun because it contained more fantastic elements”
	Distracting/cluttered (50%, n=10)	The participant reported that Room B contained more distractions, was visually more distracting or was more cluttered.	“There were too many things surrounding me”
	Stronger effort needed to focus (30%, n=6)	The participant reported needing more effort to concentrate on the task in Room B.	“I needed to put more effort to concentrate on the task”
	Want to end task (10%, n=2)	The participant reported that their intention was to end the task as soon as possible in Room B.	“I wanted to be done with the task, there were too many things surrounding me”
Speech & voice	Faster speech rate (20%, n=4)	The participant reported speaking in a faster manner in Room B.	“I talked faster in Room B because I wanted to leave this room as soon as possible”
	Increased loudness (30%, n=6)	The participant reported talking in a louder manner in Room B.	“It seems like I talked louder than I should have [in Room B]”
	Higher pitch (5%, n=1)	The participant reported talking in a higher pitch in Room B.	“More intonation [in Room B], because it was like I was reading a book for children”

	More intonation (15%, n=3)	The participant reported talking with more intonation in their voice in Room B.	“I had more intonation in Room B”
	Unstable voice (5%, n=1)	The participant reported that their voice was more unstable in Room B.	“I had the impression that my voice was more unstable or trembling in Room B”
	Surpass visual noise (10%, n=2)	The participant reported that they changed their voice to surpass visual noise or physical objects in Room B.	“I had to speak louder to surpass the visual noise”
<b>Section 3 : Preferred Room</b>			
	<i>Codes (n total=20)</i>	<i>Description of the code</i>	<i>Examples of a segment</i>
	Room A (85%, n=17)	The participant said that Room A was their preferred room to speak in.	“I preferred speaking in Room A...”
	Room B (15%, n=3)	The participant said that Room B was their preferred room to speak in.	“Room B, because...”
<b>Section 4: Perceived difference in speech</b>			
	<i>Codes (n total=20)</i>	<i>Description of the code</i>	<i>Examples of a segment</i>
	Presence of perceived difference in speech (75%, n=15)	The participant reported perceiving a difference in speech while talking in the two rooms.	“I have the impression that I talked differently in the two rooms”
	Absence of perceived difference in speech (25%, n=5)	The participant reported not perceiving a difference in speech while talking in the two rooms.	“I don’t think there was a difference [in speech]”

Out of the 20 participants, 85% (n=17) reported a preference speaking in Room A while 15% (n=3) reported a preference in speaking in Room B ( $\chi^2(1) = 9,8$ ;  $p < 0,005$ ). No participant mentioned

having no preference. Also, 75% (n=15) reported perceiving a difference in their speech or voice when comparing their speaking performances in the two rooms, 25% (n=5) reported perceiving no difference in their speech ( $\chi^2(1) = 5,0$ ;  $p < 0,05$ ).

For the theme *Environmental psychology*, 60% (n=12) of answers reported that Room A was less distracting or less cluttered and 50% (n=10) of answers reported that Room B was distracting or cluttered. As for the comfort, 25% (n=5) of participants revealed that Room A was comfortable, and 20% (n=4) of participants revealed that Room B was uncomfortable. No participant mentioned finding Room A uncomfortable and no participant mentioned finding Room A comfortable. Concerning concentration, 40% (n=8) speakers said that they were highly focused in Room A and 30% (n=6) speakers explained that they needed stronger effort to concentrate on the task at hand in Room B. No participant reported that they needed stronger effort to concentrate on the task at hand in Room A, and no participant said that they were highly focused in Room B. Some participants reported wanting to end the task quickly (10%, n=2) or surpass the visual noise (10%, n=2) in Room B. Finally, 5% (n=1) of participants found Room A boring while 20% (n=4) of participants found Room B welcoming and fun. In addition, participants did not show a stronger tendency to talk about elements related to *Environmental psychology* in either room ( $\chi^2(1) = 0,02$ ;  $p > 0,05$ ). Concerning the theme *Speech & Voice*, 10% (n=2) reported a slower speech rate in Room A while 5% (n=1) reported a faster speech rate in Room A. In Room B, 20% (n=4) reported a faster speech rate. Concerning loudness or amplitude, 10% (n=2) perceived that they spoke less loudly in Room A whereas 30% (6) perceived that they spoke more loudly in Room B. As for the pitch, 10% (n=2) said that their pitch lowered while speaking in Room A, and conversely, 5% (n=1) said that they spoke with a higher pitch in Room B. Moreover, 15% (n=3) of participants revealed that they used more intonation in Room B and 5% (n=1) revealed that their voice was unstable in Room B. In addition, participants had a significant stronger tendency to talk about their *Speech & voice* in Room B in comparison to Room A ( $\chi^2(1) = 4,2$ ;  $p < 0,05$ ).

Furthermore, our participants showed an overall significant stronger tendency to report observations related to the effect of the visual environment on psychological aspects (e.g., level of concentration, level of comfort) instead of reporting impressions related to their speech and voice ( $\chi^2(1) = 10,9$ ;  $p < 0,005$ ), even though the questions explicitly mentioned speech and voice. In fact, out of the 77 response segments from the sections 1 (Room A) and 2 (Room B), 68,8% (n=53) of



were related to *Environmental psychology* whereas only 31,2% (n=24) were related to *Speech & voice*. However, the type of room and the type of theme were not statistically dependent on one another ( $\chi^2(1) = 3,177$ ;  $p=0,075$ ), meaning that participants did not mention aspects of *Environmental psychology* or *Speech & voice* in one room more than the other. The table of independence Rooms x Themes can be found in APPENDIX B: Table B3.

### **3.3 Correlations**

#### *3.3.1 Vocal effort & Acoustic measures*

For each room independently, six Pearson correlations were conducted to know if there was a correlation between the vocal effort and the mean SPL (dB), between the vocal effort and the mean  $f_0$  (Hz), and between the vocal effort and the mean CPP (dB). None of these correlations turned out to be statistically significant ( $p > 0,05$ ). A table regarding these analyses (including Pearson's coefficients and p-values) can be found in APPENDIX B: Table B4.

#### *3.3.2 Vocal effort & Perception of the visual environment*

Twelve Pearson correlations were conducted to know if the participants' perception of the six qualities observed in the visual environments of the two rooms were correlated with their self-reported vocal effort in the two rooms. Only one correlation turned out to be statistically significant, which was the positive and moderate correlation between the self-reported vocal effort and the perception of color in Room B ( $r=0,47$ ,  $p=0,04$ ). This means that the more colorful the room was according to the participants' perception, the higher their vocal effort was. All other correlations turned out to be statistically insignificant ( $p > 0,05$ ). A table regarding these analyses (including Pearson's coefficients and p-values) can be found in APPENDIX B: Table B5.

## **4. DISCUSSION**

The main goal of this study was to explore the influence of the visual clutter of environments on the speech production and the speech perception of female francophone speakers. As stated, the difference between the participants' visual perception of the environment in Room A (clutter-free) and Room B (cluttered) was statistically significant based on the six observed qualities (clutter, light, color, organization, harmony, and pleasantness), meaning that our participants did perceive the two rooms in a different manner, with Room B being significantly more cluttered, more

disorganized, darker, and more colorful, which reflect the concept of visual clutter [21]. This result then supports our first hypothesis which was that speakers would perceive two visually different rooms in a significant different manner. However, our results did not show significant differences in the vocal quality in Room A and Room B regarding the acoustic measures of SPL, f0 and CPP, invalidating our second hypothesis, which was that vocal acoustic measures would vary in visually different rooms. Finally, our results concerning the difference between self-reported vocal effort in Room A and Room B was statistically significant, supporting our third hypothesis, which was that self-perceived vocal effort would vary in visually different rooms. Moreover, our results on self-reported subjective data concerning speech perception collected with open-ended questions offer valuable information for discussion. The results of this study steer us to discuss how objective measures of acoustic parameters of the speech, did not correlate with the subjective data of vocal effort and our results shed light on the self-perception of speech in visually different environments.

#### **4.1 Acoustic correlates of vocal effort**

##### *4.1.1 Sound pressure level (SPL)*

Sound pressure level is the acoustic metric that corresponds to sound amplitude. Previous studies have shown that SPL is a very strong acoustic correlate for vocal effort, be it assessed by external judges and measures [33-35] or self-perceived [1, 9, 36]. Results from a recent study led by Hunter et al. noted an average difference of 5 dB SPL between elicited vocal effort levels when participants were tasked to produce vocal effort at four various levels (minimal, slight, moderate, and severe vocal effort) [1]. In McKenna et al. (2018)'s study on the relationship between acoustic and perceptual measures of vocal effort, participants also had to voluntarily produce voice at several levels of vocal effort: typical, mild effort, moderate effort, and maximal effort. Between the typical and the maximal conditions, a difference of also 5 dB SPL was noted. Finally, Rosenthal et al. (2014), who have explored aerodynamic and acoustic features related to vocal effort of healthy individuals, measured a quantitative increase of 3 dB SPL from a elicited level of comfortable speaking effort to an elicited level of maximal vocal effort [36]. Conversely, in our study, the SPL means were non statistically significant between the rooms. Our results can be partially explained by the fact that the experimental protocol applied in these past studies was very different from ours. In the aforementioned studies, researchers asked their participant to voluntarily produce voice at variable levels of vocal effort whereas in our study, we had not explicitly asked our participants to

increase their vocal effort. We wanted to study the effect of an external factor, visual clutter, on their perceived vocal effort and its acoustic correlates. In a research more similar to ours, Mattei et al. studied the acoustic correlates of vocal effort and how the introduction of barriers (e.g., physical distance between speaker and listener, and body position) to a communication scenario alters the vocal effort. Their control condition was ‘no communication barriers’ whereas their experimental conditions introduced communication barriers, such as physical distance, that prompts the increase of vocal effort. They found a statistically significant increase of SPL of around 6,3 dB between the control condition and their experimental conditions [33]. To make a parallel with our study, we aimed to explore if visual clutter, like physical distance, could be considered a communication barrier that prompts an increase vocal effort. According to our results related to the SPL, visual clutter would not be considered a barrier that leads speakers to increase the amplitude of their voice, as shown by acoustic analysis of SPL. However, visual clutter can lead speakers to feel greater vocal effort while producing speech. Lastly, the subjective perception of vocal effort and the objective measures of SPL are not correlated. In other words, from our study, SPL did not come out as an acoustic correlate to self-reported vocal effort. While SPL has been the main accepted metric to characterize vocal effort [9], it is unlikely that speakers base their perception of vocal effort uniquely on the amplitude or intensity of their voice in the sense that it is likely that they also base their perception of vocal effort on their pitch, for instance.

#### *4.1.2 Fundamental frequency ( $f_0$ )*

Fundamental frequency,  $f_0$ , a time-based quantity, is the acoustic metric that corresponds to the pitch of voice. The higher the pitch, the higher the frequency. It has also been previously correlated with vocal effort as mentioned in the introduction. Studies have shown that  $f_0$  will increase when healthy speakers purposely [37-39] increase their level of vocal effort or increase it unconsciously [3, 33]. For instance, Mattei et al. also investigated  $f_0$  in their study on the introduction of communication barriers on the acoustic correlates of vocal effort. Between the control condition (no communication barriers) and the experimental conditions (introduction of communication barriers), there was a significant increase of 86,4 Hz [33]. However, while  $f_0$  has been positively correlated with the judgement of vocal effort by external listeners [3], this acoustic parameter did not serve as a predictor of the self-ratings of speakers of the perception of their own vocal effort as shown by McKenna et al.[9]. Thus, our finding concerning the lack of correlation of  $f_0$  and vocal effort do reflect the ones of McKenna et al. ([9], in the way that in our study,  $f_0$  did not correlate

with the self-reported perception of their vocal effort (see 3.3.1 *Vocal effort & Acoustic measures* or APPENDIX B: Table B4). Again, it should also be noted that the experimental protocols from McKenna et al.'s study were considerably different from ours as they asked their participants to purposely increase their vocal effort in various conditions which is something we did not do in our study. In addition, studies have found that  $f_0$  significantly increased following vocal loading and vocal fatiguing tasks [40, 41]. In our study, our participants were not likely to experience vocal fatigue nor vocal loading since the tasks were short (about 25 seconds each), few (only four), and spaced (two in Room A, two in Room B), and our participants were healthy speakers.

#### *4.1.3 Cepstral peak prominence (CPP)*

Cepstral peak prominence CPP, a spectral/cepstral-based measure, has also been recently linked with vocal effort. CPP is the degree to which the dominant energy peak is distinguished from the background noise level of the overall voice signal [36]. A cepstrum is a Fourier-transformed spectrum where peaks of harmonic energy are demonstrated [36]. Technically, CPP is the difference in amplitude (dB) between the most prominent peak in the cepstrum and the value of the cepstrum linear regression at the same quefreny (inverse of the  $f_0$  of a signal measured in the cepstrum) as the peak. CPP represents the glottal source, thus healthy speakers exhibit a higher CPP than dysphonic speakers [42]. Indeed, CPP is usually a measure used in clinical practice to assess voices of patients with dysphonia [30]. However, more recent studies have been using this measure to assess vocal effort in healthy speakers. For instance, Rosenthal et al. (2014) studied the impact of voluntarily increasing vocal effort on CPP in healthy speakers, and they have found that CPP was significantly higher in the maximal vocal effort task in comparison to the comfortable vocal effort task. They asked the participants to produce a syllable sequence /pi/ (or letter “p”) at variable vocal effort levels (minimal, comfortable, and maximal). Indeed, there was a difference of 2,06 dB between the mean CPP of the minimal vocal effort condition and the mean CPP of the maximal vocal effort condition [36]. Our CPP results do not reflect those of Rosenthal et al. (2014). Recitation of the alphabet task in Room A (mean CPP: 8,35 dB) and Room B (mean CPP: 8,49 dB) yielded a nonsignificant 0,06 dB difference in CPP. Similar results were obtained for the reading task. This could again be explained by the fact that the experimental protocol was very different. The participants in our study were not tasked to voluntarily increase vocal effort in several conditions. We simply asked our participants to produce voice normally through speech tasks, thus at a comfortable level. However, no study to our knowledge has analyzed the link between vocal

effort and CPP on continuous speech in healthy speakers. Let us note that McKenna et al. [9] failed to show significant CPP differences across several elicited vocal effort levels. Their regression models revealed that CPP was not a significant predictor of the perception of vocal effort for the speaker ( $p=0,267$ ) nor for the listener ( $p=0,059$ ). They thus argue that although CPP has been positively linked with objectively measured and elicited vocal effort in the past [36], it might not be a relevant acoustic correlate of vocal effort.

## **4.2 Visual cues and the perception of vocal effort and speech**

The perception of vocal effort is altered by other complex external and internal factors like the linguistic level, the motivation to communicate and especially the social and emotional context of a communication scenario [5]. Concerning the latter, when speakers are in negative mood states, they tend to rate their vocal effort significantly higher than when they are in positive mood states, and this effect is even greater in individuals with a diagnosis of voice disorders, as found by Ferrand [43]. In our study, the visual cues in our two rooms could have heavily influenced the mood state or feelings of our participants, thus altering their perception of vocal effort. As stated in the introduction, perception of visual clutter is strongly linked to the feeling of well-being [44]. To support this fact, analyses of the open answers from our research interview revealed that the surrounding visual environment did affect our participants' mood states and feelings. In this regard, 25% of our participants mentioned that they felt comfortable in Room A and 20% said that they felt uncomfortable in Room B. For examples, here are segments where participants described how their mood changed when entering Room A: "Room A, [...] was less chaotic. It was more soothing", "Room A was less cluttered and less distracting, so I felt more comfortable", and "I felt calmer in Room A" (free translation from French). Here are segments where participants described how their mood changed in Room B: "... in Room B because I was less comfortable, I did not feel at my place", "I had no interest in staying in Room B because of the clutter", and "I wanted to leave the chaotic room as soon as possible" (free translation from French). Room B generally caused negative feelings in our participants, and they reported higher levels of vocal effort. Conversely, Room A generally generated positive feelings in our participants, and they reported lower levels of vocal effort. These results reflect those of Ferrand [43]. In addition, literature in environmental psychology is loaded with studies on the impact of environmental design of spaces on mood because the mandate of designers is to create spaces that generate positive moods in users. More

specifically, on visual and physical clutter, studies have found that being in a cluttered home can cause negative feelings of engulfment, overwhelm and entrapment in patients with hoarding disorder [45]. A study on clutter at home argued that visual and physical clutter can also have similar negative effects on the wellbeing of non-clinical populations, but these effects would be less severe than on clinical patients with hoarding disorder. The study suggested that visual clutter is a strong predictor of wellbeing in non-clinical populations [44]. Another study on non-clinical populations has also found strong associations between clutter and low mood and weariness [46]. Based on our qualitative results, our study reflects the fact that environmental design can influence mood states and feelings. These induced mood states and feelings can in turn alter the perception of vocal effort.

### **4.3 Limitations**

As stated in the introduction, shape and colors are factors that can contribute to visual clutter. Lighting is another factor, which we have not manipulated in our study, that can contribute to visual clutter. Indeed, the light of a space is important in the design of an interior environment because it allows the visual perception of space. Delores (Dee) Ginthner, an associate professor of interior design at the University of Minnesota and a lighting consultant, says light from an indoor environment can be used to elicit behaviors and emotions in visitors to that space. People prefer to follow the brightest path, brightness attracts attention, people tend to stand in front of illuminated walls, and people change their body position according to the light of a space, for example, to obtain better vision of a certain point of interest [47]. Thus, suboptimal lighting can be considered to contribute to visual clutter [21]. In our study, we could have modified the light in Room B so that it is objectively darker, respecting the concept of visual clutter. Moreover, while our participants have measured subjectively the lighting in both rooms with the adjective rating scale, we have not measured objectively the lumen.

The concept of overall effort is multidimensional and global; therefore, many psychological factors are at play when a speaker should report their vocal effort. Indeed, as mentioned, mood, emotion, temperament, self-regulation, memory, and attention and concentration have all been known to influence ratings of vocal effort [6, 48-51]. To better understand the vocal effort concept in our study, we should have asked our participants to report their attention and concentration with

psychometric tools such as VAS. Indeed, these two factors, concentration, and attention/distraction, were frequently mentioned in the open-ended question in relation to the visual designs of the rooms but were not measured quantitatively in our study. Analyses of data related to these two factors such as Pearson correlations could have allowed us a clearer picture of the distinction between our participants' cognitive effort and the actual perceived vocal effort.

In addition, several physiological measures exist to objectively characterize vocal effort specifically. Indeed, recent studies have used precise measures such as intrinsic laryngeal tension via kinematic stiffness ratios determined from high-speed laryngoscopy, extrinsic suprahyoid and infrahyoid laryngeal tension via normalized percent activations and durations derived from surface electromyography, supraglottal compression via expert visual-perceptual ratings, and subglottal pressure via magnitude of neck surface vibrations from an accelerometer signal [52]. Such laryngeal physiological measures could be used in future studies to allow for correlations with participants' subjective perception of their vocal effort. Indeed, it could also be that the effort perceived by the participants was more globalized and not solely laryngeal or vocal, other measures of effort could be useful, such as cardiovascular ones (ICG, blood pressure), heart rate, heart rate variability, and facial electromyographic reactivity [53].

Another limitation is the question bias. Indeed, the open-ended question was a double-barreled question and contained a lot of information. The question should have been divided into three: 1) "In which room did you prefer speaking?", 2) "Why?" 3) "Did you feel any differences in your speech or voice in terms of volume (loudness), pitch (high or low), speech rate, intonation, etc. when speaking in the two rooms?" Moreover, the question was also leading in the way that it offered examples of differences in speech. The participant could have tried to find differences in their speech between the two rooms when they initially perceived none. A more correct question could have been: "Did you feel any differences in your speech or voice while speaking in the two rooms?". Also, participants could have given answers from social desirability since they could have offered answers that they thought the researcher was expecting. Nevertheless, this bias might have been only low since our participants, in despite this somewhat leading question, did talk significantly more about psychological factors than voice or speech factors.

Future studies should focus on exploring the influence of visual clutter on the self-reported vocal effort in dysphonic patients, as this study only focused on healthy individuals. Also, future studies should focus on male speakers as this study solely focused on female speakers.

## 5. CONCLUSION

While visual clutter did not affect objective acoustic correlates of vocal effort during speech production, the visual design of a room did affect the self-perception of vocal effort in female francophone speakers. Our results bring forth that speaking in a cluttered room could lead to higher self-reported vocal effort levels. However, objective acoustic measures did not correlate with perceived vocal effort. These results highlight the importance of integrating subjective self-ratings when studying vocal effort and suggest that environmental design could impact speech production and perception through emotions and feelings instilled by visual clutter.

## 6. ACKNOWLEDGMENTS

We would like to acknowledge Xinyi Zhang, graduate student in speech science and data science, who supported us with acoustic analyses. We would also like to thank Florence Renaud, doctorate student in clinical psychology, and Ivana Chang, bachelor student in landscape architecture, for their involvement in the inductive analysis. We would also like to thank students Ilhem Bentayeb and Isabella Cesta for their help in decorating the room. This research was supported by the Natural Sciences and Engineering Research Council of Canada (NSERC).

## 7. DECLARATION OF INTERESTS

The authors of this article have no conflict of interest to disclose.

## 8. REFERENCES

1. Hunter, E.J., M.L. Berardi, and M. van Mersbergen, *Relationship between tasked vocal effort levels and measures of vocal intensity*. Journal of Speech, Language, and Hearing Research, 2021. **64**(6): p. 1829-1840.
2. Eadie, T.L., et al., *The role of experience on judgments of dysphonia*. Journal of Voice, 2010. **24**(5): p. 564-573.
3. Eriksson, A. and H. Traunmüller, *Perception of vocal effort and distance from the speaker on the basis of vowel utterances*. Perception & psychophysics, 2002. **64**: p. 131-139.



4. Bottalico, P., S. Graetzer, and E.J. Hunter, *Effects of voice style, noise level, and acoustic feedback on objective and subjective voice evaluations*. The Journal of the Acoustical Society of America, 2015. **138**(6): p. EL498-EL503.
5. Van Mersbergen, M., C. Patrick, and L. Glaze, *Functional dysphonia during mental imagery: Testing the trait theory of voice disorders*. 2008.
6. van Mersbergen, M. and M. Delany, *Vocal responses to emotional picture viewing*. Logopedics Phoniatrics Vocology, 2014. **39**(3): p. 99-107.
7. Hunter, E.J., et al., *Toward a consensus description of vocal effort, vocal load, vocal loading, and vocal fatigue*. Journal of Speech, Language, and Hearing Research, 2020. **63**(2): p. 509-532.
8. Murton, O., R. Hillman, and D. Mehta, *Cepstral peak prominence values for clinical voice evaluation*. American Journal of Speech-Language Pathology, 2020. **29**(3): p. 1596-1607.
9. McKenna, V.S. and C.E. Stepp, *The relationship between acoustical and perceptual measures of vocal effort*. The Journal of the Acoustical Society of America, 2018. **144**(3): p. 1643-1658.
10. van Mersbergen, M., B.H. Beckham, and E.J. Hunter, *Do we need a measure of vocal effort? Clinician's report of vocal effort in voice patients*. Perspectives of the ASHA Special Interest Groups, 2021. **6**(1): p. 69-79.
11. Marcora, S.M., *Effort: perception of*. 2010.
12. Massaro, D.W., et al., *Developmental changes in visual and auditory contributions to speech perception*. Journal of experimental child psychology, 1986. **41**(1): p. 93-113.
13. Rosenblum, L.D., *Speech perception as a multimodal phenomenon*. Current Directions in Psychological Science, 2008. **17**(6): p. 405-409.
14. Summerfield, Q., *Lipreading and audio-visual speech perception*. Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences, 1992. **335**(1273): p. 71-78.
15. Burnham, D. and B. Dodd, *Auditory-visual speech perception as a direct process: The McGurk effect in infants and across languages*, in *Speechreading by humans and machines*. 1996, Springer. P. 103-114.
16. Rosenblum, L.D., M.A. Schmuckler, and J.A. Johnson, *The McGurk effect in infants*. Perception & psychophysics, 1997. **59**(3): p. 347-357.
17. Pelegrín-García, D., et al., *Vocal effort with changing talker-to-listener distance in different acoustic environments*. The Journal of the Acoustical Society of America, 2011. **129**(4): p. 1981-1990.

18. Trujillo, J., et al., *Speakers exhibit a multimodal Lombard effect in noise*. Scientific reports, 2021. **11**(1): p. 1-12.
19. Rosenholtz, R., Y. Li, and L. Nakano, *Measuring visual clutter*. Journal of vision, 2007. **7**(2): p. 17-17.
20. Dion, D., O. Sabri, and V. Guillard, *Home Sweet Messy Home: Managing Symbolic Pollution*. Journal of Consumer Research, 2014. **41**(3): p. 565-589.
21. Medwet, A., *The effects of color on visual perception and visual clutter*, in *College of Architecture and Environmental Design*. 2019, Kent State University Honors College. P. 60.
22. Dijkstra, K., M.E. Pieterse, and A.T.H. Pruyn, *Individual differences in reactions towards color in simulated healthcare environments: The role of stimulus screening ability*. Journal of environmental Psychology, 2008. **28**(3): p. 268-277.
23. Gaines, K.S. and Z.D. Curry, *The Inclusive Classroom: The Effects of Color on Learning and Behavior*. Journal of family & consumer sciences education, 2011. **29**(1).
24. Wilms, L. and D. Oberfeld, *Color and emotion: effects of hue, saturation, and brightness*. Psychological research, 2018. **82**(5): p. 896-914.
25. Verghese, P., *Visual search and attention: A signal detection theory approach*. Neuron, 2001. **31**(4): p. 523-535.
26. America, A.S.o., *ANSI/ASA S12.60-2010/Part 1 American National Standard Acoustical Performance Criteria, Design Requirements, and Guidelines for Schools, Part 1: Permanent Schools I*. American National Standards Institute, Editor. 2010.
27. Picotte-Lavoie, M., *TELEQ : création et pré-validation d'un test de compréhension de lecture pour les enfants québécois de niveau scolaire primaire*. 2020.
28. Gerratt, B.R., et al., *Comparing internal and external standards in voice quality judgments*. Journal of Speech, Language, and Hearing Research, 1993. **36**(1): p. 14-20.
29. Sampaio, M.C., J.E. Bohlender, and M. Brockmann-Bauser, *Fundamental frequency and intensity effects on cepstral measures in vowels from connected speech of speakers with voice disorders*. Journal of Voice, 2021. **35**(3): p. 422-431.
30. Murray, E.S.H., A. Chao, and L. Colletti, *A Practical Guide to Calculating Cepstral Peak Prominence in Praat*. Journal of Voice, 2022.
31. Thomas, D.R., *A general inductive approach for analyzing qualitative evaluation data*. American journal of evaluation, 2006. **27**(2): p. 237-246.
32. Lavrakas, P.J., *Encyclopedia of survey research methods*. 2008: Sage publications.

33. Mattei, A., et al., *Acoustic correlates of vocal effort: External factors and personality traits*. European Annals of Otorhinolaryngology, Head and Neck Diseases, 2019. **136**(3): p. 151-154.
34. Allen, G.D., *Acoustic level and vocal effort as cues for the loudness of speech*. The Journal of the Acoustical Society of America, 1971. **49**(6B): p. 1831-1841.
35. ISO, E., *9921: 2003 Ergonomics—Assessment of speech communication*. British Standards Institution, London, UK, 2003.
36. Rosenthal, A.L., S.Y. Lowell, and R.H. Colton, *Aerodynamic and acoustic features of vocal effort*. Journal of Voice, 2014. **28**(2): p. 144-153.
37. McKenna, V.S., et al., *The relationship between relative fundamental frequency and a kinematic estimate of laryngeal stiffness in healthy adults*. Journal of Speech, Language, and Hearing Research, 2016. **59**(6): p. 1283-1294.
38. Lien, Y.-A.S., et al., *Individual monitoring of vocal effort with relative fundamental frequency: Relationships with aerodynamics and listener perception*. Journal of Speech, Language, and Hearing Research, 2015. **58**(3): p. 566-575.
39. Primov-Fever, A., et al., *The effect of physical effort on voice characteristics*. Folia Phoniatria et Logopaedica, 2013. **65**(6): p. 288-293.
40. Laukkanen, A.-M., et al., *Acoustic measures and self-reports of vocal fatigue by female teachers*. Journal of Voice, 2008. **22**(3): p. 283-289.
41. Xue, C., et al., *Dynamically monitoring vocal fatigue and recovery using aerodynamic, acoustic, and subjective self-rating measurements*. Journal of Voice, 2019. **33**(5): p. 809. E11-809. E18.
42. Antonetti, A.E.d.S., et al., *Relationship of cepstral peak prominence-smoothed and long-term average spectrum with auditory-perceptual analysis*. Applied Sciences, 2020. **10**(23): p. 8598.
43. Ferrand, C.T., *Speech science: An integrated approach to theory and clinical practice*. Ear and Hearing, 2001. **22**(6): p. 549.
44. Rogers, C.J. and R. Hart, *Home and the extended-self: Exploring associations between clutter and wellbeing*. Journal of Environmental Psychology, 2021. **73**: p. 101553.
45. Kellett, S., et al., *Compulsive hoarding: An interpretative phenomenological analysis*. Behavioural and Cognitive Psychotherapy, 2010. **38**(2): p. 141-155.
46. Saxbe, D.E. and R. Repetti, *No place like home: Home tours correlate with daily patterns of mood and cortisol*. Personality and Social Psychology Bulletin, 2010. **36**(1): p. 71-81.
47. Ginthner, D., *Lighting: its effect on People and Spaces*. Informe Design, Web, 2002.

48. Baldner, E.F., E. Doll, and M.R. van Mersbergen, *A review of measures of vocal effort with a preliminary study on the establishment of a vocal effort measure*. *Journal of Voice*, 2015. **29**(5): p. 530-541.
49. van Leer, E. and M. van Mersbergen, *Using the Borg CR10 physical exertion scale to measure patient-perceived vocal effort pre and post treatment*. *Journal of Voice*, 2017. **31**(3): p. 389. E19-389. E25.
50. van Mersbergen, M., P. Lyons, and D. Riegler, *Vocal responses in heightened states of arousal*. *Journal of Voice*, 2017. **31**(1): p. 127. E13-127. E19.
51. Vinney, L.A., et al., *Vocal control: is it susceptible to the negative effects of self-regulatory depletion?* *Journal of Voice*, 2016. **30**(5): p. 638. E21-638. E31.
52. McKenna, V.S., et al., *The relationship between physiological mechanisms and the self-perception of vocal effort*. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 2019. **62**(4): p. 815-834.
53. Capa, R.L., M. Audiffren, and S. Ragot, *The effects of achievement motivation, task difficulty, and goal difficulty on physiological, behavioral, and subjective effort*. *Psychophysiology*, 2008. **45**(5): p. 859-868.

## APPENDIX A

### Praat script used to retrieve data related to the SPL (intensity) and the f0 (pitch)

```
dir$= »/Users/tiffanychang/Library/CloudStorage/OneDrive-
UniversitedeMontreal/UNIVERSITÉ/M.Sc. Sciences de l'orthophonie et de
l'audiologie/Collecte de données »

Create Strings as file list: "fileList", dir$
number_of_strings = Get number of strings

Create Table with column names: "Acoustics", number_of_strings, "file_name pitch
intensity"

for I from 1 to number_of_strings
  selectObject: "Strings fileList"
  name$ = Get string: i
  Read from file: dir$ + "/" + name$

  Read from file: dir$ + "/" + name$
  To Pitch: 0, 75, 600
  pitch = Get mean: 0, 0, "Hertz"

  Read from file: dir$ + "/" + name$
  To Intensity: 100, 0, "yes"
  intensity = Get mean: 0, 0, "dB"

  selectObject: "Table Acoustics"
  Set string value: I, "file_name", name$ - ".WAV"
  Set numeric value: I, "pitch", pitch
  Set numeric value: I, "intensity", intensity

endfor
```

## APPENDIX B

### Complementary tables to the RESULTS section

**Table B1.** Minimum and maximum of the SPL, the  $f_0$ , and the CPP according to the experimental conditions

Conditions	SPL (dB)		$f_0$ (Hz)		CPP (dB)	
	Minimum (dB)	Maximum (dB)	Minimum (Hz)	Maximum (Hz)	Minimum (dB)	Maximum (dB)
A1	60,27	71,05	188,96	284,06	6,40	10,05
A2	68,48	73,62	186,58	263,86	8,21	11,77
B1	59,07	70,43	189,41	284,10	6,98	10,37
B2	69,19	73,55	173,74	264,18	7,55	11,75

**Table B2.** Means of the six qualities concerning the perception of the visual environment (Adjective Rating Scale, 100-mm) of the participants, N=20

Quality	Room A Mean (std)	Room B Mean (std)	\Delta mean	Sig. (p-value)
Clutter (0 = cluttered and 100 = uncluttered)	80,7 (17,8)	17,5 (15,8)	63,2	< 0,001
Light (0 = dark and 100 = well-lit)	84,1(14,7)	69,9 (20,9)	14,7	< 0,001
Color (0 = monochromatic and 100 = colorful)	20,7 (13,1)	83,5 (12,5)	62,8	< 0,001
Organization (0 = organized and 100 = disorganized)	88,0 (8,2)	14,5 (8,6)	73,5	< 0,001

Harmony (0 = harmonious and 100 = chaotic)	74,9 (16,9)	22,8 (14,6)	52,1	< 0,001
Pleasantness (0 = unpleasant and 100 = pleasant)	57,5 (17,6)	45,7 (17,7)	11,9	< 0,001

**Table B3.** Table of independence Rooms X Themes, based on the response segments from Sections 1 (Room A) and 2 (Room B)

Themes	Room A	Room B	Total
	% (n)	% (n)	% (n)
<b>Environmental psychology</b>	35,1 (n=27)	33,8 (n=28)	68,8 (n=53)
<b>Speech &amp; Voice</b>	9,1 (n=7)	22,1 (n=17)	31,2 (n=24)
<b>Total (%)</b>	44,2 (n=34)	55,8 (n=43)	100,0 (n=77)

**Table B4.** Pearson correlations between the self-reported vocal effort and the acoustic measures of SPL, f0 and CPP

Correlations between vocal effort &...		Room A	Room B
SPL (dB)	Pearson's coefficient	-0,07	0,27
	Sig. (bilateral)	0,76	0,25
f0 (Hz)	Pearson's coefficient	0,42	0,09
	Sig. (bilateral)	0,07	0,72

CPP (dB)	Pearson's coefficient	-0,40	-0,003
	Sig. (bilateral)	0,08	0,99

**Table B5.** Pearson's correlations between the acoustic measures of SPL, f0, and CPP

<b>Correlations between..</b>		<b>Room A</b>	<b>Room B</b>
SPL (dB) & f0 (Hz)	Pearson's coefficient	0,33	0,22
	Sig. (bilateral)	0,16	0,35
SPL (dB) & CPP (dB)	Pearson's coefficient	0,01	0,07
	Sig. (bilateral)	0,98	0,76
F0 (Hz) & CPP (dB)	Pearson's coefficient	-0,27	-0,21
	Sig. (bilateral)	0,26	0,36

*- End of article -*



## Chapitre 4 – Sections supplémentaires à l’Article 2

### Analyses supplémentaires à l’Article 2

Considérant les résultats non significatifs découlant des analyses portant sur les mesures acoustiques du SPL, du  $f_0$  et du CPP entre les deux salles, nous avons décidé d’effectuer des analyses acoustiques supplémentaires sur les 80 échantillons vocaux collectés pour la deuxième étude. Nous avons procédé à l’analyse de la durée du signal et du *long-term average spectrum* (LTAS). Ces analyses supplémentaires ont été menées avec une perspective exploratoire. Ces deux paramètres acoustiques ont été sélectionnés indépendamment pour les raisons subséquentes.

Concernant la durée du signal, des études portant sur l’effort Lombard ont trouvé que la durée du signal, en termes de signal complet, de mots et de voyelles, augmente en présence de bruit de fond [82-87]. Nous voulions explorer s’il y a présence de l’effet Lombard dans du bruit visuel. Si oui, nous nous attendions à une augmentation de la durée du signal à l’instar de ce que les études antérieures ont observés.

Le LTAS est un spectre de puissance généré par une transformation rapide de Fourier basé sur un échantillon de la parole. Concrètement, le LTAS est une mesure acoustique représentant le spectre de la source glottique et les caractéristiques de résonance du conduit vocal [88]. Malgré le fait que le LTAS n’ait jamais été corrélé spécifiquement avec l’effort vocal, cette mesure est communément utilisée pour décrire la qualité vocale [88]. Par exemple, le LTAS a été utilisé pour mesurer la sévérité de la parole de patient·es présentant une dysarthrie, soit un trouble de la parole affectant considérablement la qualité de la voix. Ces patient·es sont aussi souvent atteints de la sclérose en plaques ou de la maladie de Parkinson [88]. En effet, une étude expérimentale menée par Dromey [89] a demandé à des participant·es sains (groupe témoin) et des participant·es atteints de dysarthrie (groupe expérimental) de lire un passage de texte pour fins d’analyse acoustique de la parole. L’étude a conclu que pour le groupe expérimental, la moyenne globale du LTAS était inférieure et l’inclinaison spectrale était plus élevée en comparaison au groupe témoin. Puisque nos résultats concernant les mesures acoustiques du SPL, du  $f_0$  et du CPP

se sont avérés non statistiquement significatifs, nous avons voulu pousser plus loin les analyses pour voir si sur le plan du LTAS, il y aurait une différence entre les deux salles visuelles.

Pour récupérer la durée du signal, la moyenne (*mean*) du LTAS, l'écart-type (*standard deviation*) du LTAS et l'inclinaison spectrale (*slope*) du LTAS, nous avons utilisé des scripts du logiciel Praat version 6.2 (Amsterdam, Netherlands) (Annexe III). En ce qui concerne les analyses statistiques de la durée du signal, de la moyenne (*mean*) du LTAS, de l'écart-type (*standard deviation*) du LTAS et de l'inclinaison spectrale (*slope*) du LTAS, des ANOVAs à mesures répétées ont été conduites avec le logiciel IBM® SPSS® (IBM, Chicago, Illinois, United States). Le seuil de signification était de 0,05 pour toutes les analyses statistiques.

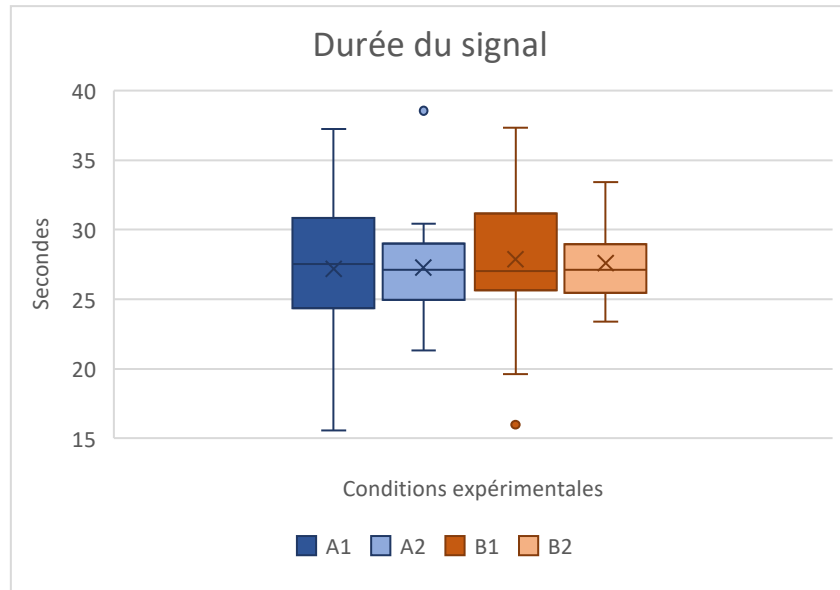
## Résultats supplémentaires à l'Article 2

### Durée du signal

Pour ce qui est de la durée du signal vocal (secondes), les moyennes sont très similaires pour toutes les conditions expérimentales, sans signification statistique entre les moyennes de la durée de parole des deux pièces ( $p = 0,248$ ). De plus, aucune différence statistiquement significative n'a été trouvée entre la durée du signal vocal des deux tâches de parole ( $p = 0,939$ ). Enfin, aucun effet significatif de l'interaction n'a été trouvé entre les pièces et les tâches pour la durée du signal vocal ( $p = 0,579$ ).

**Tableau 1.** – Statistiques descriptives de la durée du signal vocal

Conditions	Minimum (sec)	Maximum (sec)	Moyenne (sec)	Écart-type (sec)
A1	15,56	37,24	27,19	4,95
A2	21,32	38,55	27,27	3,70
B1	15,98	37,34	27,86	5,48
B2	23,41	33,44	27,60	2,66



**Figure 1.** – Boîtes à moustaches\* de la durée du signal pour les quatre conditions expérimentales

\*La ligne au milieu de la boîte indique la médiane, le X indique la moyenne, la ligne inférieure de la boîte représente le premier quartile, la ligne supérieure de la boîte représente le troisième quartile, et les moustaches (lignes verticales) s'étendant de l'extérieur du bas et du haut de la boîte indiquent le minimum et le maximum respectivement

#### Mesures relatives au LTAS

En ce qui concerne les moyennes (dB) du LTAS, elles sont très similaires pour toutes les conditions expérimentales, sans signification statistique entre les deux salles visuelles ( $p = 0,707$ ). Cependant, une différence statistiquement significative a été trouvée entre les moyennes du LTAS des deux tâches de parole ( $p = 0,034$ ). Cependant, aucun effet significatif de l'interaction n'a été trouvé entre les salles visuelles et les tâches de parole pour la moyenne du LTAS ( $p = 0,798$ ).

Pour ce qui est de l'écart-type (dB) du LTAS, les moyennes d'écart-types sont très similaires pour toutes les conditions expérimentales, sans signification statistique entre les deux salles visuelles ( $p = 0,526$ ) ni entre les deux types de tâches de parole ( $p = 0,317$ ). Aucun effet significatif de l'interaction n'a été trouvé entre les salles visuelles et les tâches pour l'écart-type du LTAS ( $p = 0,906$ ).

Enfin, pour l'inclinaison spectrale, les moyennes d'inclinaison spectrale sont très similaires pour toutes les conditions expérimentales, sans signification statistique entre les deux salles visuelles ( $p = 0,303$ ) ni entre les deux types de tâches de parole ( $p = 0,074$ ). Aucun effet significatif de l'interaction n'a été trouvé entre les salles visuelles et les tâches pour l'inclinaison spectrale du LTAS ( $p = 0,480$ ).

**Tableau 2.** – Moyenne, écart-type et inclinaison spectrale du LTAS, sortie IBM® SPSS®

Conditions	Moyenne (dB)	Écart-type (dB)	Inclinaison
			spectrale
A1	34,3	39,8	-21,8
A2	35,2	40,3	-21,4
B1	34,4	40,1	-22,3
B2	35,3	40,5	-21,5

## Discussion complémentaire à l'Article 2

Nous présenterons dans les sections suivantes des éléments de discussion complémentaire concernant la deuxième étude n'ayant pas pu être inclus dans l'article soumis au *Journal of Voice* par respect de la longueur maximale.

### Aspects cognitifs-béavioraux et physiologiques de l'effort vocal

Comme mentionné dans l'introduction du deuxième article, l'effort vocal, tel qu'un récent consensus le décrit, est l'effort perçu de la réponse d'un-e locuteurice à un scénario de communication [75]. Dans notre étude, il y avait deux scénarios de communication, soit les salles A (sans encombrement) et B (encombrée). Nous nous attendions à ce que les mesures acoustiques de SPL (dB) et  $f_0$  (Hz) soient positivement corrélées avec l'effort vocal auto-rapporté par nos participantes dans les deux salles. Plus précisément, nous nous attendions à ce que les mesures acoustiques de SPL et de  $f_0$  soient plus élevées dans la Salle B (encombrée) et plus faibles dans la Salle A (sans encombrement). Nous nous attendions aussi que les mesures d'effort vocal auto-rapporté suivent la même tendance, soit plus élevées dans Salle B et plus basses dans la Salle A. Tout comme la distance physique entre un-e locuteurice et un-e auditeurice, un élément

visuel, peut agir comme une barrière de communication qui provoque inconsciemment une augmentation du SPL et du  $f_0$  [19], nous nous attendions à ce que l'encombrement visuel agisse également comme une barrière de communication avec des effets similaires sur le SPL et la  $f_0$  dans notre étude. Alors que l'effort vocal auto-rapportée était en effet significativement plus élevée dans la Salle B que dans la Salle A, aucune corrélation n'a été statistiquement significative entre l'effort vocal et le SPL ou l'effort vocal et  $f_0$  dans les deux salles. Cela aurait pu être expliqué par plusieurs raisons.

Dans la littérature, des études ont indiqué qu'il existe plusieurs mécanismes à considérer dans le phénomène de la perception de l'effort vocal. Ces mécanismes peuvent généralement être classés en deux catégories : les aspects cognitifs-béavioraux et les aspects physiologiques [90]. Des facteurs cognitifs-béavioraux tels que la concentration [91], le stress [92] et la fatigue [93, 94] ont été associés à l'effort vocal. Les aspects physiologiques de l'effort vocal font référence aux aspects physiques nécessaires à l'action de la voix et à la production de la parole [90]. Par exemple, la santé respiratoire et la santé cardiovasculaire sont des facteurs physiologiques qui impactent la source de la production vocale. De plus, la précision des placements articulatoires et la robustesse des structures résonnantes sont des facteurs physiologiques qui impactent le son filtré [73]. Encore, la raideur des plis vocaux, la présence de lésions, le niveau d'hydratation [95], le degré d'implication des muscles [92] ainsi que la température corporelle interne [96] sont d'autres facteurs physiologiques qui impactent l'efficacité de la phonation lors de la production de la voix. De plus, ces facteurs physiologiques influencent les résultats acoustiques perceptifs de la voix, tels que le SPL ou la  $f_0$ . Par exemple, la rigidité des plis vocaux peut avoir un impact sur la fréquence fondamentale [97]. Dans l'ensemble, ces facteurs cognitifs-béavioraux et physiologiques énumérés ci-dessus ont tous été associés à l'effort vocal dans le passé.

Cependant, les études révèlent qu'il est difficile pour les locuteurs de discriminer l'effort cognitif lié à l'action de produire de la voix de l'effort physiologique lié à l'action [98]. En effet, dans ses recherches, Vinney [98] a constaté que l'effort cognitif et l'effort vocal physiologique étaient des facteurs covariants lors de tâches de parole telles que la lecture à haute voix. Qui plus est, dans une autre étude visant à recueillir l'effort vocal auto-perçu des participants, afin d'éviter toute confusion entre effort cognitif et effort physiologique, les chercheurs ont fourni

explicitement aux participants comme consigne « de ne penser qu'à l'effort vocal (pointant vers le larynx), pas l'effort mental ou la concentration qu'il a fallu pour produire [...] la voix » lors de la collecte des données [91]. Cela pourrait expliquer en partie pourquoi, dans notre étude, les réponses de nos participantes aux questions ouvertes faisaient majoritairement référence à des aspects cognitifs-béavioraux, plus précisément à la concentration, lorsqu'on les interrogeait sur la production de leur parole dans les deux salles. Il leur aurait peut-être été difficile de distinguer les aspects cognitifs des aspects physiologiques lorsqu'elles produisaient de la voix. En effet, lorsqu'interrogées précisément sur leur production vocale dans les deux salles, nos participantes ont montré une forte tendance à mentionner leur capacité à se focaliser ou à se concentrer sur les tâches orales à accomplir. Par exemple, une participante a déclaré : « Salle A [...] J'étais plus concentrée sur les tâches que je devais accomplir. J'ai dû faire plus d'efforts pour me concentrer pour faire les tâches dans la Salle B. En termes de volume, je pense que j'ai parlé plus fort dans la Salle B à cause de ça ». Une autre participante a rapporté un sentiment similaire : « [Dans la salle B], j'ai parlé plus fort pendant la tâche d'alphabet pour être plus concentrée ». Nous pouvons voir que dans ces deux exemples, les participantes n'ont pas semblé distinguer l'effort cognitif, soit le focus ou la concentration, de l'effort physiologique nécessaire à la production vocale. Rappelons que par rapport à la la Salle A (sans encombrement), 40% de nos participantes ont mentionné qu'elles étaient très concentrées et que par rapport à la Salle B (encombrée), 30% de nos participantes ont mentionné qu'elles devaient allouer plus d'efforts pour se concentrer sur la tâche. Une seule participante a parlé de l'effort vocal spécifiquement : « J'ai mis plus d'effort vocal dans la salle B ». Dans l'ensemble, lorsque nous les avons interrogées sur leur perception de la production de la parole dans les salles visuellement différentes, les participantes de notre étude avaient tendance à parler davantage des aspects cognitifs que des aspects physiologiques ou des résultats acoustiques perceptuels y découlant. Nos résultats reflètent ceux de la littérature concernant la difficulté à séparer les aspects cognitives des aspects physiologiques lorsqu'il s'agit de coter l'effort vocal [91, 98]. En revanche, d'autres études ont caractérisé l'effort vocal par la réponse globale cognitive et kinesthésique-corporelle à l'activité physiologique de la parole, sans faire de distinction entre l'aspect cognitif et l'aspect kinesthésique-corporelle. Selon ces études, la réponse cognitive à l'activité de la parole serait liée au niveau de focus et de concentration

requis pour produire la parole, tandis que la réponse kinesthésique-corporelle serait liée aux mouvements physiques du corps nécessaires pour produire la parole, mais ces deux éléments ne seraient pas distingués dans le concept global d'effort vocal [99, 100].

### **Relation entre les indices visuel et l'effort**

Bien que nous eussions discuté de ce sujet dans la discussion du deuxième article, nous avons décidé de fournir plus de détails et d'informations concernant la relation entre les indices visuels et l'effort vocal dans cette partie de la discussion complémentaire de ce mémoire.

Tout d'abord, l'étude de Blanchfield et al. (2014) a énuméré plusieurs facteurs conscients (ex. : l'amorçage de la récompense) et non conscients (ex. : les repères visuels) qui peuvent influencer l'effort et la perception de l'effort lors d'une performance physique ou cognitive [101]. En ce qui concerne les systèmes perceptuels des humains, nous avons une capacité limitée à prêter attention à de l'information de manière consciente. Seule une petite quantité d'informations momentanées sera prise en compte dans notre système perceptif conscient. Au contraire, le système perceptif humain dédié pour traiter les informations non conscientes est beaucoup plus vaste, ce qui signifie que la majorité des informations perceptives que nous recevons sont traitées de manière non consciente. Environ 90% de ce système perceptif non conscient sert à traiter les informations visuelles [102]. Ainsi, les repères visuels non conscients exercent une influence considérable sur le comportement humain, dont les activités cognitives. Par exemple, des études issues de la théorie de l'intensité motivationnelle (*motivational intensity theory*), un cadre de psychologie cognitive conçu pour étudier des phénomènes liés au concept d'effort, ont montré l'influence d'indices visuels non conscients sur des tâches cognitives difficiles. Dans une des études, lors de la même tâche cognitive difficile, les individus qui ont été amorcés de manière subliminale avec des images de visages heureux ont exercé un plus grand effort que ceux amorcés de manière subliminale avec des images de visages tristes. Les chercheurs ont mesuré une moyenne de pression artérielle plus élevée et une décharge plus forte du système nerveux sympathique vers le cœur et le système vasculaire chez les individus qui ont été amorcés avec des images de visages heureux [103]. Similairement, dans une autre étude, les individus amorcés de manière subliminale avec des mots relatifs à l'action (action, rapide, courir et partir) ont

déployé plus d'efforts pour terminer une tâche cognitive, tandis que les individus amorcés avec des mots liés à l'inaction (sommeil, lent, passif et arrêter) étaient plus susceptibles de se retirer prématurément de la même tâche cognitive [104]. Ces études ont conclu que des stimuli visuels non conscients liés à l'état d'humeur influencent directement l'intensité de l'effort lors d'une tâche cognitive. Dans notre étude, le design visuel des deux salles ont très probablement été traitées par le système perceptif non conscient de nos participantes lorsqu'elles exécutaient les tâches de parole. En effet, leurs niveaux d'effort vocal n'étaient pas statistiquement corrélés avec leur perception consciemment auto-rapportée des qualités visuelles des environnements, à l'exception de la qualité de la couleur dans la Salle B. Ainsi, il est possible que nos participantes aient traité le lot d'informations visuelles de la Salle B de manière inconsciente pendant qu'elles produisaient de la voix, ce qui a potentiellement affecté inconsciemment leur perception de leur effort vocal. Les résultats issus de notre deuxième étude sont similaires à celles des études décrites ci-haut dans la mesure où les informations visuelles subliminales des deux salles auraient pu influencer le niveau d'effort vocal dans les deux salles, l'effort vocal perçu dans la Salle B étant significativement plus élevé que dans la Salle A.

Il est à noter que certaines de nos participantes ont explicitement effectué le lien entre le design visuel de l'espace et leur communication, ou les paramètres perceptifs de la production de la parole, lorsqu'elles y ont réfléchi rétrospectivement lors de l'entrevue à questions ouvertes. Ceci nous indique que ces participantes ont traité consciemment les informations visuelles dans les salles. En ce qui concerne le volume, l'équivalent perceptuel du niveau de pression sonore (SPL) ou de l'intensité vocale, nos participantes présentaient une tendance, soit celle d'avoir l'impression de parler plus fort dans la Salle B que dans la Salle A. En effet, 30 % de nos participantes ont mentionné une augmentation du volume dans la Salle B et 10 % ont mentionné une diminution du volume dans la Salle A. Une participante a déclaré : « On dirait que j'ai parlé plus fort que je l'aurais dû dans la Salle B parce que la Salle B était vraiment occupée et plus désorganisée, donc on aurait dit que je devais parler plus fort [...] ». Une autre participante a rapporté, concernant la salle A : « J'ai l'impression d'avoir parlé moins fort ». En ce qui concerne la hauteur vocale, l'homologue perceptuel de la fréquence fondamentale ( $f_0$ ), 5 % de nos participants ont signalé une hauteur vocale plus élevée dans la Salle B et 10 % ont signalé une



hauteur vocale plus faible dans la Salle A. Par exemple, une participante a noté concernant la Salle B : « Salle B parce que j'avais l'impression de lire un livre pour enfants, ma voix était plus aigüe », et une autre participante a noté concernant la salle A : « J'étais plus calme donc mon ton était aussi plus bas ». Ces exemples supportent le fait que le design visuel de nos espaces, s'il n'impacte pas les mesures acoustiques objectives du SPL et f0 des locutrices, impacte en fait leur perception subjective de l'équivalent perceptuel de ces mesures acoustiques, le volume et la hauteur vocale, respectivement. Nos résultats qualitatifs renforcent l'argument selon lequel l'effort vocal est subjectif et ne peut être caractérisé uniquement par des mesures objectives acoustiques.

Nos participantes ont émis d'autres observations concernant leur production de parole dans les deux salles. Elles ont mentionné des différences de prosodie, en particulier dans le débit et l'intonation de la parole, et la stabilité de la voix. En ce qui concerne le débit de parole, 20 % de nos participantes ont mentionné avoir l'impression de parler plus vite dans la Salle B (ex. : « J'ai parlé plus vite dans la Salle B parce que je me sentais mal à l'aise ») et 5 % dans la Salle A (ex. : « le débit de parole est plus rapide dans la Salle A, je ne sais pas pourquoi »), 10 % ont mentionné avoir l'impression de parler plus lentement dans la Salle A (ex. : « J'étais plus calme [...] et mon débit de parole était plus lent »). Les différences dans la perception du débit de parole dans les deux salles parmi les participants pourraient s'expliquer par les états d'humeur invoqués par le design visuel des salles. Comme mentionné précédemment, le design visuel d'un espace peut facilement modifier l'état d'humeur et les émotions des utilisatrices, et les états d'humeur et émotions peuvent affecter par la suite le débit de parole des locuteurs. Une étude a révélé que le débit de parole est plus rapide dans les émotions de colère et de joie et plus lent dans les émotions de tristesse, par rapport à une émotion neutre [105]. Il est fort possible que le débit de parole perçu par nos participantes ait été influencé par leurs émotions. Quant à l'intonation, aucune participante n'a mentionné l'intonation dans la Salle A, mais 15 % ont déclaré mettre plus d'intonation dans leur voix dans la Salle B à cause de l'impression de lire à des enfants (ex. : « Plus d'intonation dans la salle B [...] parce que j'avais l'impression de lire un livre pour des enfants »). En effet, nous savons que les locutrices utiliseront une intonation exagérée en s'adressant aux enfants pour retenir l'attention des enfants [106]. Nous soutenons que puisque la Salle B était encombrée d'objets d'enfants tels que des jouets, des livres et des éléments décoratifs (ex. :

lampe champignon) pour enfants, nos participantes ont eu l'impression qu'elles devaient modifier leur intonation dans cette salle comme si elles parlaient dans une chambre d'enfant ou une garderie. Concernant la stabilité de la voix, une de nos participantes a mentionné que sa voix était moins stable dans la Salle B : « J'avais l'impression que ma voix était plus chevrotante ou tremblante dans la Salle B ». Dans la littérature, l'instabilité vocale a été liée à un effort physique élevé [107], indiquant peut-être que cette participante a fait preuve d'un effort vocal plus élevé. Enfin, certaines participantes ont expliqué l'impact de l'encombrement visuel sur leur communication. Par exemple, une participante a rapporté : « Dans la Salle A, la communication était plus fluide, il n'y avait pas d'obstacle, c'était plus... libre. Le message passait mieux dans la Salle A, même si dans la Salle B, l'obstacle n'était pas le bruit. J'ai l'impression que tous les objets distrayants ont gêné ma communication ». Deux participantes ont explicitement mentionné vouloir « dépasser le bruit visuel » avec leur voix. Dans l'ensemble, 60 % des participants ont mentionné que la Salle A était visuellement moins encombrée ou distrayante, et 50 % des participants ont mentionné que la salle B était visuellement encombrée ou distrayante. La majorité des participantes ont préféré parler dans la Salle A (85 %) qui était sans encombrement par rapport à la Salle B (15 %) qui était visuellement encombrée.

## Chapitre 5 – Discussion

Ce mémoire de maîtrise avait pour buts, dans un premier temps, d'étudier la perception subjective du climat acoustique des élèves québécois au secondaire, et dans un deuxième temps, d'explorer le rôle du bruit visuel dans la production de la parole de locutrices adultes, plus précisément dans l'effort vocal. Pour l'étude 1, notre hypothèse était que les perceptions subjectives des élèves allaient s'aligner avec les mesures acoustiques calculées (niveaux de pression sonore). Pour l'étude 2, notre hypothèse générale était que l'effort vocal, mesuré objectivement et subjectivement, allait varier dans des salles différentes sur le plan de l'encombrement visuel. Dans l'étude 1, nos résultats ont partiellement infirmé l'hypothèse générale, car les niveaux d'appréciation du son des élèves (EAE) n'étaient pas tous corrélés avec les niveaux de pression sonore. Dans la deuxième étude, certains de nos résultats ont partiellement confirmé l'hypothèse générale dans le sens où les mesures subjectives de l'effort vocal auto-rapporté ont significativement varié d'une salle visuelle à l'autre. Cependant, certains de nos résultats ont partiellement infirmé l'hypothèse générale dans le sens où les mesures objectives de l'effort vocal (SPL,  $f_0$  et CPP) n'ont pas significativement varié d'une salle visuelle à l'autre.

Les deux études composant ce mémoire présentent des similarités dans la méthodologie et dans les résultats. Pour ce qui est de la méthodologie, nous avons procédé à l'intégration de méthodes mixtes dans les deux études. En effet, dans la collecte de données, nous avons dans un premier temps récolté des données acoustiques, soient des données quantitatives et objectives, par le biais d'enregistrements audio. Dans l'étude 1, nous avons calculé des mesures relatives aux niveaux de pression sonore ( $LA_{eq}$ ,  $LA_{10}$ ,  $LA_{90}$  et  $LA_{max}$ ) de la classe à partir d'enregistrements audio de la salle de classe. Dans l'étude 2, nous avons extrait les mesures acoustiques du SPL, du  $f_0$  et du CPP à partir d'enregistrements audio vocaux. Dans un deuxième temps, nous avons récolté dans les deux études des données perceptuelles, soient des données subjectives et qualitatives, par le biais de questionnaires auto-rapportés comprenant question ouverte. Effectivement, dans l'étude 1, nous avons récolté le EAE (*Evaluation of the Acoustic Environment*)

des élèves ainsi que leur perception du climat acoustique. Dans l'étude 2, nous avons récolté la perception des participantes de leur effort vocal. Dans un troisième et dernier temps, dans les deux études, nous avons comparé les données acoustiques avec les données perceptuelles afin d'explorer si ces deux types de données, objectives et subjectives, étaient corrélées ou interdépendantes. En ce qui concerne les résultats ressortant des deux études, ils s'avèrent similaires dans le sens où dans les deux études, les analyses des mesures objectives acoustiques ont révélé des résultats non statistiquement significatifs alors que les résultats subjectifs se sont avérés statistiquement significatifs. En guise de rappel, dans la première étude, les niveaux de bruit dans la salle de classe en termes de LAeq, LA10, LA90 et LAm<sub>ax</sub> n'ont pas varié significativement d'une période à l'autre. De plus, le niveau de bruit dans la salle lorsqu'inoccupée ne dépassait que de 3 dB la recommandation de l'OMS [25]. Dans la deuxième étude, les productions vocales des locutrices, lorsqu'analysées acoustiquement et objectivement, n'ont révélé aucune différence statistiquement significative entre les deux conditions expérimentales de salles visuelles en termes de SPL, f<sub>0</sub> et CPP. En revanche, les résultats qualitatifs et subjectives nous ont révélé des résultats concluants et originaux propres aux deux études. Dans la première étude, nous avons découvert comment les élèves québécois décrivent l'environnement acoustique de leur salle de classe, soit à travers quatre modes de perception sonore, et comment ils se sentent par rapport au climat acoustique (Agacé-es/déconcentré-es, Indifférent-es ou Bien/concentré-es). Dans la deuxième étude, nous avons découvert que l'effort vocal auto-rapporté par des locutrices peut être influencé par le bruit visuel d'un espace. Finalement, en ce qui concerne l'intégration entre les données objectives acoustiques et les données subjectives perceptuelles, certains résultats se sont avérés significatifs tandis que d'autres non, dans les deux études. Par exemple dans l'étude 1, certaines corrélations entre le EAE et les niveaux de pression sonore étaient significatives (ex. : LAeq et Bien/concentré-es) alors que d'autres, non (ex. : LA90 et Indifférent-es). Par exemple, dans l'étude 2, les corrélations entre l'effort vocal auto-rapporté et les mesures acoustiques (SPL, f<sub>0</sub> et CPP) étaient non statistiquement significatives alors que la corrélation entre l'effort vocal auto-rapporté et la qualité visuelle de la couleur dans la salle B était statistiquement significative.

## **Importance de considérer la perception subjective**

Les deux études qui composent ce présent mémoire soulignent l'importance d'inclure la perception subjective des participant·es dans la collecte des données des études portant sur l'acoustique, autant environnementale que vocale. En effet, comme nous avons pu le témoigner à travers les résultats de ces deux études, l'inclusion des données subjectives dans des études empiriques portant sur l'acoustique nous permet de révéler des informations qualitatives riches qui ne seraient pas accessibles en utilisant uniquement des méthodes d'étude quantitatives. Les deux prochaines sous-sections porteront sur l'importance de considérer la perception subjective des utilisatrice·s dans les études portant sur l'acoustique des milieux éducatifs et sur l'importance de considérer la perception subjective des locuteurices dans les études portant sur l'effort vocal.

### Dans les études portant sur l'acoustique des milieux éducatifs

Comme mentionné dans l'introduction de la première étude, les recherches récentes portant sur le bruit auditif dans les espaces intérieurs ont introduit la nouvelle approche holistique pour étudier ces espaces, soit l'approche des paysages sonores intérieurs (*indoor soundscape research*) qui va intégrer des données objectives et des données subjectives reliées au bruit dans la conception acoustique des espaces intérieurs [108]. En d'autres mots, les études ayant pour but de caractériser des paysages sonores intérieurs devraient inclure et intégrer deux types de méthodes de collecte de données. La première devrait avoir pour but de récolter la perception subjective des utilisatrice·s de l'environnement acoustique, par le biais de questionnaires auto-administrés, d'échelles de notation ou d'entrevues. La deuxième méthode devrait avoir pour but de collecter des mesures acoustiques de manière objective telles que les niveaux de pression sonore (SPL) et le temps de réverbération [109]. Dans notre première étude, nous avons inclus les deux méthodes proposées. En ce sens, nous avons récolté la perception subjective des élèves via un questionnaire maison portant sur leur appréciation du son et nous avons parallèlement récolté des mesures acoustiques comme des niveaux de pression sonores (LAeq, LA10, LA90, LAmax) et le temps de réverbération. Enfin, nous avons intégré ces deux types de données pour comprendre de manière holistique le paysage sonore de la salle de classe qui faisait l'objet de notre étude de cas.

Pour aller plus loin, une très récente revue de littérature datant de janvier 2023 portant sur la caractérisation du climat acoustique des espaces intérieurs a révélé qu'il existe généralement trois types d'indicateurs de caractérisation du paysage sonore [21]. Le premier type d'indicateurs comprend des indicateurs liés à la dose tels que les niveaux de pression sonore (SPL), l'indice de clarté de la parole et le temps de réverbération. Le deuxième type d'indicateurs sont ceux liés au bâtiment à proprement dit comme la présence ou l'absence de murs insonorisant ou l'aménagement de l'espace (ex. : salle ouverte ou fermée, meubles, etc.). Le troisième type d'indicateurs est lié aux utilisatrices. Ce troisième type d'indicateurs se sépare en deux catégories, soit les indicateurs physiologiques (ex. : fréquence cardiaque, fréquence respiratoire) et les indicateurs psychologiques (ex. : réponses émotionnelles, perception du bruit). Dans la revue de littérature, seulement 16% des études ont inclus des indicateurs physiologiques et psychologiques, soient des indicateurs liés aux utilisatrices, dans leur méthode de collecte de données. De plus, cette revue de littérature a révélé que seulement très peu d'études ont été menées et publiées concernant le paysage sonore intérieur des milieux d'éducation, et la grande majorité parmi celles-ci se sont déroulées dans des milieux d'enseignement supérieur (ex. : université). La revue de littérature avance aussi que les recommandations actuelles concernant les paysages sonores des milieux éducatifs se focussent davantage sur les indicateurs de dose et de bâtiment et délaissent les indicateurs des utilisatrices, alors que ce sont ces dernières qui vont ressentir et vivre les effets de du climat acoustique. Bien que les indicateurs de dose et de bâtiment puissent influencer les indicateurs des utilisatrices, les élèves, dû à la variabilité interindividuelle, possèdent des préférences et des besoins liés à l'acoustique qui seront différents. Il est ainsi important et même essentiel de considérer la perception subjective du climat acoustique des élèves pour caractériser et évaluer la qualité du climat acoustique d'un milieu éducatif. Cela permettra par la suite de comprendre ce que les élèves préfèrent et requièrent en termes de besoin acoustique, et ultimement agir sur les paysages sonores en conséquence [21]. Dans notre première étude, nous avons inclus des indicateurs de dose en fournissant des informations acoustiques telles que le niveau de pression sonore, le temps de réverbération, et l'indice de clarté de la parole et des indicateurs de bâtiment en mentionnant l'aménagement et les dimensions de la salle de classe ainsi que l'absence de matériaux

insonorisant. Toutefois, dans notre étude, nous avons mis l'accent sur les indicateurs des utilisatrices tels que leur appréciation du son (*EAE*), l'adéquation du climat acoustique avec leurs activités d'apprentissage, et leur interprétation du paysage sonore (question ouverte). Notre étude s'est basée sur l'approche émergente de mettre en lumière les données subjectives reliées au paysage sonore en offrant une question ouverte aux élèves à laquelle ils avaient la liberté de répondre en décrivant leur perception sonore comme ils le souhaitaient.

#### Dans les études portant sur l'effort vocal

Pour continuer, il est primordial de considérer la perception subjective des individus dans les études portant sur l'effort vocal puisque comme proposé par le consensus de Hunter et al. [75], l'effort vocal est un phénomène par définition auto-rapporté. Il s'agit d'une expérience vécue et perçue par des humains, et par défaut, subjective. Collecter exclusivement des mesures acoustiques objectives omet la possibilité de connaître l'expérience vécue par des humains. Cependant, il peut être difficile d'analyser l'effort vocal en raison de sa nature subjective. En effet, l'effort vocal auto-rapporté variera d'une personne à l'autre en fonction de son expérience, de ses opinions ou de ses préférences. Cela signifie que l'effort vocal peut être sujet à interprétation et peut changer en fonction de la personne qui rapporte les données. Cela rend difficile l'analyse et la comparaison de l'effort vocal auto-rapporté avec des données mesurées objectivement [110]. Cela peut expliquer pourquoi l'effort vocal a souvent été quantifié que par des mesures acoustiques dans le passé [76, 78]. Notre deuxième étude nous a permis de mettre l'accent sur l'importance de considérer la perception subjective des humains, car ces données qualitatives ne peuvent pas être accédées par des méthodes de collecte de données quantitatives et objectives. En effet, si nous avions simplement analysé les paramètres vocaux acoustiques des participantes pour décrire l'effort vocal, nous n'aurions pas pu découvrir que l'effort vocal tel que perçu par les participantes varie selon l'encombrement visuel de la salle.

#### **Directions futures**

Les conclusions tirées de nos deux études ouvrent plusieurs pistes pour des études futures. En ce qui concerne la première étude, maintenant que nous savons comment les élèves décrivent leur environnement sonore en relation avec leurs états d'esprit (Agacé-es/distrainé-es, Indifférent-es ou

Bien/concentré-es), il serait pertinent de leur demander de décrire ouvertement leur perception du bruit dans les écoles à un moment précis de la journée et comment ils se sentent par rapport à celui-ci en simplement leur offrant des questions ouvertes plus larges. Par exemple, à un moment précis de la période de classe, l'enseignant-e pourrait suspendre temporairement la classe pour permettre à tous les élèves de répondre à un questionnaire comportant des questions ouvertes telles que « Décris l'environnement sonore de ta salle de classe en ce moment » ou « Comment te sens-tu par rapport au bruit en ce moment? ». Cela permettrait d'obtenir des réponses plus consistantes et exactes. Dans cette étude potentielle, les niveaux de bruit auditif seraient évidemment aussi enregistrés. Ensuite, il serait pertinent de demander ouvertement aux élèves quels sont leurs besoins quant au climat acoustique de leur salle de classe et de leur demander de proposer des outils de gestion sonore elleux-mêmes, car ultimement, ces outils doivent répondre à leurs besoins. Woolner et Hall [20] ont publié une revue de la littérature portant sur la problématique du bruit dans les écoles et y ont proposé une approche holistique pour répondre à ce problème. Les autrices ont conclu que bien que le bruit dans les écoles, lorsque dépassant un certain niveau de pression sonore, s'avère préjudiciable à l'apprentissage des élèves, il faut considérer les contextes social, culturel et pédagogique des activités d'apprentissage pour déterminer si le bruit est problématique ou non. Effectivement, le bruit dans les salles de classe devient un problème lorsque les enseignant-es et les élèves sont dérangé-es par le bruit indésirable. De là s'enracine leur proposition de l'approche participative pour identifier les réels besoins relevés par les utilisatrices (élèves, personnel enseignant et administratif, etc.) des écoles. Woolner et Hall [20], se basant sur les résultats de leur revue, proposent une approche collaborative dans les écoles pour comprendre les réels problèmes relatifs au bruit des écoles et ainsi trouver des solutions leur répondant. Les autrices affirment qu'identifier les perspectives convergentes des problèmes de tous les utilisatrices peut s'avérer difficile. Cependant, une telle approche participative est nécessaire pour réussir à trouver des solutions adéquates et durables. Enfin, il serait pertinent de mener une étude incluant plusieurs écoles québécoises et des élèves de plusieurs niveaux scolaires (ex. : primaire, secondaire, universitaire). Notre étude de cas ne portait que sur une école et les résultats ressortant ne sont pas généralisables.



Pour ce qui est de la deuxième étude, elle nous a livré des conclusions riches concernant l'impact de l'encombrement visuel sur l'effort vocal auto-perçu de locutrices, un sujet novateur. Notre étude était expérimentale, cependant, il serait très pertinent de mener l'étude sur le terrain, c'est-à-dire étudier l'impact de l'encombrement visuel dans des salles de classe réelles sur l'effort auto-perçu des enseignant-es directement. En effet, les deux études de McDowell et al. [68] et de Fisher et al. [67] portant sur l'impact de l'encombrement visuel dans les salles de classe sur les apprentissages de élèves ont été mené dans le milieu écologique, soit dans les salles de classe avec les élèves et les enseignant-es. Il serait intéressant de mener une étude similaire à celles-ci en y ajoutant des modifications. Dans la méthode de l'étude future, il y pourrait y avoir deux types de salles de classe différentes sur le plan visuel (et similaires sur le plan acoustique). Une salle serait encombrée ou décorée, telle que les salles de classe le sont en ce moment, soit avec des affiches, sur les murs, avec beaucoup de couleurs et d'objets décoratifs. L'autre salle serait « dé-encombrée » ou non-décorée, comme celles des études de McDowell et al. [68] ou de Fisher et al. [67]. Les enseignant-es donneraient cours comme à l'habitude dans ces deux types de salles, et rapporteraient tout de suite après l'activité vocale leur niveau d'effort vocal auto-perçu sur une échelle perceptuelle. De plus, les élèves pourraient également rapporter leur propre niveau d'effort vocal auto-perçu lorsqu'ils parlent dans les deux salles pour étudier l'impact de l'encombrement visuel des salles de classe sur l'effort vocal des élèves. Parallèlement, nous pourrions enregistrer les niveaux de bruit de classe dans chaque type de salle et pour chaque période de la classe pour comparer 1) l'effort vocal auto-rapporté des enseignant-es et des élèves et le niveau de bruit sonore pour voir si ces données qualitatives et quantitatives sont corrélées, et 2) le niveau de bruit sonore dans les deux types de salles de classe pour voir si l'encombrement visuel a un impact sur l'intensité vocale des enseignant-es et des élèves. Ces pistes de directions futures pourraient nous éclairer plus profondément sur l'impact de l'encombrement visuel sur la production de la parole. Ultiment, advenant de résultats significatifs, la modulation de l'environnement visuel des salles de classe pourrait s'avérer une possible solution peu coûteuse et facile d'implémentation pour gérer le bruit dans les classes.

## Chapitre 6 – Conclusion

En conclusion, ce mémoire de maîtrise par articles a mis en lumière la pertinence et l'importance d'utiliser des méthodes mixtes de collecte de données et d'analyse pour étudier 1) le bruit dans les écoles ainsi que 2) l'effort vocal. En effet, bien que les résultats relatifs aux données acoustiques objectives dans les deux études étaient statistiquement non significatifs, les résultats relatifs aux données subjectives des perceptions des participant·es l'étaient. Dans la première étude, les niveaux de bruit dans la salle de classe n'ont pas varié significativement d'une période à l'autre. De plus, le niveau de bruit dans la salle lorsqu'inoccupée ne dépassait que de très peu la recommandation acoustique pour assurer un apprentissage optimal. Cependant, grâce à l'analyse qualitative de la perception du climat acoustique de classe telle que rapportée par les élèves, nous avons pu découvrir comment les élèves québécois décrivent l'environnement acoustique de leur salle de classe, soit à travers quatre modes de perception sonore, et comment ils se sentent par rapport au climat acoustique à différentes périodes de la journée scolaire. En effet, leurs perceptions subjectives n'étaient pas nécessairement corrélées avec les niveaux de bruit objectifs. Dans la deuxième étude, l'analyse objective des paramètres vocaux acoustiques (SPL,  $f_0$  et CPP) ne révèle aucune différence significative dans les productions vocales des locutrices entre les deux salles visuelles. Malgré cela, grâce à l'inclusion méthodes qualitatives, nous avons pu découvrir que l'effort vocal auto-rapporté par des locutrices peut être influencé par l'encombrement visuel d'une salle. L'intégration des données quantitative et qualitatives permet une compréhension plus complète et holistique des phénomènes acoustiques, environnementaux et vocaux, tels que vécus par les humains.

## Références bibliographiques

1. Klätte, M., K. Bergström, and T. Lachmann, *Does noise affect learning? A short review on noise effects on cognitive performance in children*. *Frontiers in psychology*, 2013. **4**: p. 578.
2. Massonnie, J., et al., *Learning in noisy classrooms: children's reports of annoyance and distraction from noise are associated with individual differences in mind-wandering and switching skills*. *Environment and Behavior*, 2022. **54**(1): p. 58-88.
3. Astolfi, A. and F. Pellerrey, *Subjective and objective assessment of acoustical and overall environmental quality in secondary school classrooms*. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 2008. **123**(1): p. 163-173.
4. Enmarker, I. and E. Boman, *Noise annoyance responses of middle school pupils and teachers*. *Journal of Environmental Psychology*, 2004. **24**(4): p. 527-536.
5. Lundquist, P., *Classroom noise: exposure and subjective response among pupils*. 2003, Umeå Universitet.
6. Lundquist, P., K. Holmberg, and U. Landstrom, *Annoyance and effects on work from environmental noise at school*. *Noise and Health*, 2000. **2**(8): p. 39.
7. Héту, R., C. Truchon-Gagnon, and S.A. Bilodeau, *Problems of noise in school settings: A review of literature and the results of an exploratory study*. *Journal of Speech-Language Pathology and Audiology*, 1990.
8. Riel, J., *Analyse de l'activité de travail des enseignantes et enseignants du secondaire*. 2009, Université du Québec à Montréal.
9. Zazzi, H. and R. Faragher, *'Visual clutter' in the classroom: voices of students with Autism Spectrum Disorder*. *International Journal of Developmental Disabilities*, 2018. **64**(3): p. 212-224.
10. Hubenthal, M. and T. O'Brien, *Revisiting your classroom's walls: The pedagogical power of posters*. IRIS Consortium, Education and Outreach Program, University of Binghamton, School of Education, 2009.
11. Seetha, P., et al., *Effects to teaching environment of noise level in school classrooms*. 2008.
12. Nuryadin, S., *Effects of classroom noise on teaching and learning of High School Students in Jakarta*. *International Journal of Science and Research*, 1977. **1980**.
13. Brink, H.W., et al., *Classrooms' indoor environmental conditions affecting the academic achievement of students and teachers in higher education: A systematic literature review*. *Indoor air*, 2021. **31**(2): p. 405-425.
14. Cutiva, L.C.C. and A. Burdorf, *Effects of noise and acoustics in schools on vocal health in teachers*. *Noise & health*, 2015. **17**(74): p. 17.
15. Cutiva, L.C.C., I. Vogel, and A. Burdorf, *Voice disorders in teachers and their associations with work-related factors: a systematic review*. *Journal of communication disorders*, 2013. **46**(2): p. 143-155.
16. Rantala, L.M., et al., *Classroom noise and teachers' voice production*. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 2015. **58**(5): p. 1397-1406.
17. Sampaio, M.C., et al., *Vocal effort and voice handicap among teachers*. *Journal of voice*, 2012. **26**(6): p. 820. e15-820. e18.

18. Hunter, E.J., M.L. Berardi, and M. van Mersbergen, *Relationship between tasked vocal effort levels and measures of vocal intensity*. Journal of Speech, Language, and Hearing Research, 2021. **64**(6): p. 1829-1840.
19. Mattei, A., et al., *Acoustic correlates of vocal effort: External factors and personality traits*. European Annals of Otorhinolaryngology, Head and Neck Diseases, 2019. **136**(3): p. 151-154.
20. Woolner, P. and E. Hall, *Noise in schools: a holistic approach to the issue*. International journal of environmental research and public health, 2010. **7**(8): p. 3255-3269.
21. Hamida, A., et al., *Indicators and methods for assessing acoustical preferences and needs of students in educational buildings: A review*. Applied Acoustics, 2023. **202**: p. 109187.
22. Kawata, M., M. Tsuruta-Hamamura, and H. Hasegawa, *Assessment of speech transmission index and reverberation time in standardized English as a foreign language test rooms*. Applied Acoustics, 2023. **202**: p. 109093.
23. Zannin, P.H.T. and D.P.Z. Zwirter, *Evaluation of the acoustic performance of classrooms in public schools*. Applied Acoustics, 2009. **70**(4): p. 626-635.
24. Spratford, M., E.A. Walker, and R.W. McCreery, *Use of an application to verify classroom acoustic recommendations for children who are hard of hearing in a general education setting*. American journal of audiology, 2019. **28**(4): p. 927-934.
25. Berglund, B., et al., *Guidelines for community noise*. 1999.
26. Mealings, K., *Classroom acoustic conditions: Understanding what is suitable through a review of national and international standards, recommendations, and live classroom measurements*. 2016.
27. Council, N.R., *Green schools: Attributes for health and learning*. 2007: National Academies Press.
28. Bradley, J.S. and H. Sato, *The intelligibility of speech in elementary school classrooms*. The Journal of the Acoustical Society of America, 2008. **123**(4): p. 2078-2086.
29. Prodi, N., et al., *Noise, age, and gender effects on speech intelligibility and sentence comprehension for 11-to 13-year-old children in real classrooms*. Frontiers in psychology, 2019. **10**: p. 2166.
30. Puglisi, G.E., et al., *An Italian matrix sentence test for the evaluation of speech intelligibility in noise*. International journal of audiology, 2015. **54**(sup2): p. 44-50.
31. Cecchetto, C., et al., *COMPRENDO. Batteria per la comprensione di frasi negli adulti*. 2012: Raffaello Cortina Editore.
32. Pichora-Fuller, M.K., et al., *Hearing impairment and cognitive energy: The framework for understanding effortful listening (FUEL)*. Ear and hearing, 2016. **37**: p. 5S-27S.
33. Wingfield, A., *Evolution of models of working memory and cognitive resources*. Ear and hearing, 2016. **37**: p. 35S-43S.
34. Rance, G., R.C. Dowell, and D. Tomlin, *The effect of classroom environment on literacy development*. npj Science of Learning, 2023. **8**(1): p. 9.
35. Madelaine, A. and K. Wheldall, *Further progress towards a standardised curriculum-based measure of reading: Calibrating a new passage reading test against the New South Wales Basic Skills Test*. Educational Psychology, 2002. **22**(4): p. 461-471.

36. Shield, B.M. and J.E. Dockrell, *The effects of environmental and classroom noise on the academic attainments of primary school children*. The journal of the acoustical society of America, 2008. **123**(1): p. 133-144.
37. Evans, G.W. and S.J. Lepore, *Nonauditory effects of noise on children: A critical review*. Children's environments, 1993: p. 31-51.
38. Cohen, S., et al., *Physiological, motivational, and cognitive effects of aircraft noise on children: moving from the laboratory to the field*. American psychologist, 1980. **35**(3): p. 231.
39. Balint, J., R.P. Ludwig, and G. Graber, *Vocal effort of teachers in different classrooms*. The Journal of the Acoustical Society of America, 2017. **141**(5): p. 3542-3542.
40. Velsvik Bele, I., *The teacher's voice: Vocal training in teacher education*. Scandinavian Journal of Educational Research, 2008. **52**(1): p. 41-57.
41. Mogas-Recalde, J., R. Palau, and M. Márquez, *How Classroom Acoustics Influence Students and Teachers: A Systematic Literature Review*. Journal of Technology and Science Education, 2021. **11**(2): p. 245-259.
42. Fucci, D.J. and N.J. Lass, *Fundamentals of speech science*. 1999: Pearson College Division.
43. Davis, A., *Potential health risks of exposure to noise from personal music players and mobile phones including a music playing function*. October 2008. 2008.
44. Rabelo, A.T.V., et al., *The influence of noise on the vocal dose in women*. Journal of Voice, 2019. **33**(2): p. 214-219.
45. am Zehnhoff-Dinnesen, A., et al., *Phoniatrics I: Fundamentals-Voice Disorders-Disorders of Language and Hearing Development*. 2020: Springer.
46. Martins, R.H.G., et al., *Voice disorders: etiology and diagnosis*. Journal of voice, 2016. **30**(6): p. 761. e1-761. e9.
47. Novanta, G.G.R., S.L. Garavelli, and A.L.L. Sampaio, *Is the Level of Noise in a School Environment be Harmful to the Hearing of Teachers?* International Archives of Otorhinolaryngology, 2020. **24**: p. 503-507.
48. Huong, B.T.T., T.V.C.N.N. Anh, and H.G. Trang, *RELATIONS BETWEEN NOISE AND MENTAL HEALTH AMONG TEACHERS IN HANOI, VIETNAM: TEACHERS' PERSPECTIVE ON THE EFFECT*. 2022.
49. Grebennikov, L. and M. Wiggins, *Psychological effects of classroom noise on early childhood teachers*. The Australian educational researcher, 2006. **33**(3): p. 35-53.
50. Cohen, S.M., W.D. Dupont, and M.S. Courey, *Quality-of-life impact of non-neoplastic voice disorders: a meta-analysis*. Annals of Otology, Rhinology & Laryngology, 2006. **115**(2): p. 128-134.
51. de Medeiros, A.M., A.Á. Assunção, and S.M. Barreto, *Absenteeism due to voice disorders in female teachers: a public health problem*. International archives of occupational and environmental health, 2012. **85**: p. 853-864.
52. Roy, N., et al., *Prevalence of voice disorders in teachers and the general population*. 2004.
53. Lyberg-Åhlander, V., et al., *Teachers' voice use in teaching environment. Aspects on speakers' comfort*. Energy Procedia, 2015. **78**: p. 3090-3095.
54. Lyberg-Åhlander, V., et al., *Are children with stronger cognitive capacity more or less disturbed by classroom noise and dysphonic teachers?* International journal of speech-language pathology, 2015. **17**(6): p. 577-588.

55. Rogerson, J. and B. Dodd, *Is there an effect of dysphonic teachers' voices on children's processing of spoken language?* Journal of voice, 2005. **19**(1): p. 47-60.
56. Chui, J.C.-H. and E.P.-M. Ma, *The impact of dysphonic voices on children's comprehension of spoken language.* Journal of Voice, 2019. **33**(5): p. 801. e7-801. e16.
57. Rosenholtz, R., Y. Li, and L. Nakano, *Measuring visual clutter.* Journal of vision, 2007. **7**(2): p. 17-17.
58. Dion, D., O. Sabri, and V. Guillard, *Home Sweet Messy Home: Managing Symbolic Pollution.* Journal of Consumer Research, 2014. **41**(3): p. 565-589.
59. Medwetz, A., *The effects of color on visual perception and visual clutter,* in *College of Architecture and Environmental Design.* 2019, Kent State University Honors College. p. 60.
60. Dijkstra, K., M.E. Pieterse, and A.T.H. Pruyn, *Individual differences in reactions towards color in simulated healthcare environments: The role of stimulus screening ability.* Journal of environmental Psychology, 2008. **28**(3): p. 268-277.
61. Gaines, K.S. and Z.D. Curry, *The Inclusive Classroom: The Effects of Color on Learning and Behavior.* Journal of family & consumer sciences education, 2011. **29**(1).
62. Wilms, L. and D. Oberfeld, *Color and emotion: effects of hue, saturation, and brightness.* Psychological research, 2018. **82**(5): p. 896-914.
63. Ginthner, D., *Lighting: its effect on People and Spaces.* Informe Design, Web, 2002.
64. Frost, R.O., et al., *Development and validation of the clutter image rating.* Journal of Psychopathology and Behavioral Assessment, 2008. **30**(3): p. 193-203.
65. Frost, R.O., G. Steketee, and J. Grisham, *Measurement of compulsive hoarding: saving inventory-revised.* Behaviour research and therapy, 2004. **42**(10): p. 1163-1182.
66. McMains, S. and S. Kastner, *Interactions of top-down and bottom-up mechanisms in human visual cortex.* Journal of Neuroscience, 2011. **31**(2): p. 587-597.
67. Fisher, A.V., K.E. Godwin, and H. Seltman, *Visual environment, attention allocation, and learning in young children: When too much of a good thing may be bad.* Psychological science, 2014. **25**(7): p. 1362-1370.
68. McDowell, N. and J. Budd, *The perspectives of teachers and paraeducators on the relationship between classroom clutter and learning experiences for students with cerebral visual impairment.* Journal of Visual Impairment & Blindness, 2018. **112**(3): p. 248-260.
69. Sasson, N.J. and E.W. Touchstone, *Visual attention to competing social and object images by preschool children with autism spectrum disorder.* Journal of autism and developmental disorders, 2014. **44**: p. 584-592.
70. Eadie, T.L., et al., *The role of experience on judgments of dysphonia.* Journal of Voice, 2010. **24**(5): p. 564-573.
71. Eriksson, A. and H. Traunmüller, *Perception of vocal effort and distance from the speaker on the basis of vowel utterances.* Perception & psychophysics, 2002. **64**: p. 131-139.
72. Bottalico, P., S. Graetzer, and E.J. Hunter, *Effects of voice style, noise level, and acoustic feedback on objective and subjective voice evaluations.* The Journal of the Acoustical Society of America, 2015. **138**(6): p. EL498-EL503.
73. Van Mersbergen, M., C. Patrick, and L. Glaze, *Functional dysphonia during mental imagery: Testing the trait theory of voice disorders.* 2008.
74. van Mersbergen, M. and M. Delany, *Vocal responses to emotional picture viewing.* Logopedics Phoniatrics Vocology, 2014. **39**(3): p. 99-107.

75. Hunter, E.J., et al., *Toward a consensus description of vocal effort, vocal load, vocal loading, and vocal fatigue*. Journal of Speech, Language, and Hearing Research, 2020. **63**(2): p. 509-532.
76. Rosenthal, A.L., S.Y. Lowell, and R.H. Colton, *Aerodynamic and acoustic features of vocal effort*. Journal of Voice, 2014. **28**(2): p. 144-153.
77. McKenna, V.S., et al., *The relationship between physiological mechanisms and the self-perception of vocal effort*. Journal of Speech, Language, and Hearing Research, 2019. **62**(4): p. 815-834.
78. McKenna, V.S. and C.E. Stepp, *The relationship between acoustical and perceptual measures of vocal effort*. The Journal of the Acoustical Society of America, 2018. **144**(3): p. 1643-1658.
79. Hee Lee, J. and L.E. Humes, *Effect of fundamental-frequency and sentence-onset differences on speech-identification performance of young and older adults in a competing-talker background*. The Journal of the Acoustical Society of America, 2012. **132**(3): p. 1700-1717.
80. Nusseck, M., et al., *Vocal behavior of teachers reading with raised voice in a noisy environment*. International Journal of Environmental Research and Public Health, 2022. **19**(15): p. 8929.
81. Lombard, E., *Le signe de lelevation de la voix, annals maladiersoreille*. Larynx, Nez, Pharynx, 1911. **37**: p. 101119.
82. Junqua, J.-C., *The influence of acoustics on speech production: A noise-induced stress phenomenon known as the Lombard reflex*. Speech communication, 1996. **20**(1-2): p. 13-22.
83. Zollinger, S.A. and H. Brumm, *The lombard effect*. Current Biology, 2011. **21**(16): p. R614-R615.
84. Brumm, H. and S.A. Zollinger, *The evolution of the Lombard effect: 100 years of psychoacoustic research*. Behaviour, 2011. **148**(11-13): p. 1173-1198.
85. Weber, D., S. Zaporowski, and D. Korzekwa. *Constructing a dataset of speech recordings with lombard effect*. in *2020 Signal Processing: Algorithms, Architectures, Arrangements, and Applications (SPA)*. 2020. IEEE.
86. Vlaj, D. and Z. Kacic, *The influence of Lombard effect on speech recognition*. Speech technologies, 2011(977126, 2014): p. 1998-2001.
87. Hotchkin, C. and S. Parks, *The Lombard effect and other noise-induced vocal modifications: insight from mammalian communication systems*. Biological Reviews, 2013. **88**(4): p. 809-824.
88. Tjaden, K., et al., *Long-term average spectral (LTAS) measures of dysarthria and their relationship to perceived severity*. Journal of medical speech-language pathology, 2010. **18**(4): p. 125.
89. Dromey, C., *Spectral measures and perceptual ratings of hypokinetic dysarthria*. 2003.
90. Baldner, E.F., E. Doll, and M.R. van Mersbergen, *A review of measures of vocal effort with a preliminary study on the establishment of a vocal effort measure*. Journal of Voice, 2015. **29**(5): p. 530-541.

91. van Leer, E. and M. van Mersbergen, *Using the Borg CR10 physical exertion scale to measure patient-perceived vocal effort pre and post treatment*. Journal of Voice, 2017. **31**(3): p. 389. e19-389. e25.
92. Dietrich, M. and K.V. Abbott, *Vocal function in introverts and extraverts during a psychological stress reactivity protocol*. 2012.
93. Solomon, N.P. and M.S. DiMattia, *Effects of a vocally fatiguing task and systemic hydration on phonation threshold pressure*. Journal of Voice, 2000. **14**(3): p. 341-362.
94. Solomon, N.P., *Vocal fatigue and its relation to vocal hyperfunction*. International journal of speech-language pathology, 2008. **10**(4): p. 254-266.
95. Verdolini, K., I.R. Titze, and A. Fennell, *Dependence of phonatory effort on hydration level*. Journal of Speech, Language, and Hearing Research, 1994. **37**(5): p. 1001-1007.
96. Sandage, M.J., N.P. Connor, and D.D. Pascoe, *Voice function differences following resting breathing versus submaximal exercise*. Journal of Voice, 2013. **27**(5): p. 572-578.
97. Kent, R.D., *Vocal tract acoustics*. Journal of Voice, 1993. **7**(2): p. 97-117.
98. Vinney, L.A., *The role of self-regulation in the modification of vocal behavior during reading and speech*. 2013, University of Wisconsin: Madison.
99. Borg, G.A., *Psychophysical bases of perceived exertion*. Medicine & science in sports & exercise, 1982.
100. Liénard, J.-S. and M.-G. Di Benedetto, *Effect of vocal effort on spectral properties of vowels*. The Journal of the Acoustical Society of America, 1999. **106**(1): p. 411-422.
101. Blanchfield, A., J. Hardy, and S. Marcora, *Non-conscious visual cues related to affect and action alter perception of effort and endurance performance*. Frontiers in Human Neuroscience, 2014. **8**: p. 967.
102. Dijksterhuis, A., et al., *The unconscious consumer: Effects of environment on consumer behavior*. Journal of consumer psychology, 2005. **15**(3): p. 193-202.
103. Silvestrini, N. and G.H. Gendolla, *Masked affective stimuli moderate task difficulty effects on effort-related cardiovascular response*. Psychophysiology, 2011. **48**(8): p. 1157-1164.
104. Gendolla, G.H. and N. Silvestrini, *The implicit "go" masked action cues directly mobilize mental effort*. Psychological Science, 2010. **21**(10): p. 1389-1393.
105. Mihkla, M., et al. *Estonian speech synthesis: applications and challenges/Синтез речи эстонского языка: применение и вызовы*. in *Computational Linguistics and Intellectual Technologies, Papers from the Annual International Conference Dialogue, Moscow: ПГГУ*. 2012.
106. Warren-Leubecker, A. and J.N. Bohannon III, *Intonation patterns in child-directed speech: Mother-father differences*. Child Development, 1984: p. 1379-1385.
107. Primov-Fever, A., et al., *The effect of physical effort on voice characteristics*. Folia Phoniatrica et Logopaedica, 2013. **65**(6): p. 288-293.
108. Torresin, S., et al., *Acoustics for supportive and healthy buildings: Emerging themes on indoor soundscape research*. Sustainability, 2020. **12**(15): p. 6054.
109. Minelli, G., G.E. Puglisi, and A. Astolfi, *Acoustical parameters for learning in classroom: A review*. Building and Environment, 2022. **208**: p. 108582.



110. Redman, Y., et al., *Work-related communicative profile of voice teachers: effects of classroom noise on voice and hearing abilities*. *Journal of Voice*, 2022. **36**(2): p. 291. e17-291. e31.

# Annexes

## Annexe I

### Preuve de soumission de l'article 1 à *Journal of the Acoustical Society of America (JASA)*

**Objet:** Submission Confirmation for JASA-08964, "Québec adolescent students' perception of their classroom's acoustic environment in relation to objective sound metrics: a case study"  
**Date:** lundi 21 novembre 2022 à 23:39:08 heure normale de l'Europe centrale  
**De:** em.jasa.0.7f83c9.3e8cdd6c@editorialmanager.com au nom de JASA  
**À:** Tiffany Chang  
**Catégorie:** École

Dear Tiffany Chang,

Your submission entitled "Québec adolescent students' perception of their classroom's acoustic environment in relation to objective sound metrics: a case study" has been received by the journal The Journal of the Acoustical Society of America. The reference number for your manuscript is JASA-08964.

You will be able to check on the progress of your paper by logging on to Editorial Manager as an author. The URL is <https://www.editorialmanager.com/jasa/>.

Thank you for submitting your work to The Journal of the Acoustical Society of America.

Kind regards,

The Journal of the Acoustical Society of America

---

*In compliance with data protection regulations, you may request that we remove your personal registration details at any time. ([Remove my information/details](#)). Please contact the publication office if you have any questions.*

## Annexe II

### Preuve de soumission de l'article 2 à *Journal of Voice*

**Objet:** Submission to Journal of Voice - manuscript number  
**Date:** vendredi 9 juin 2023 à 14:08:16 heure avancée de l'Europe centrale  
**De:** em.jvoice.0.83e68e.73782c2c@editorialmanager.com au nom de Journal of Voice  
**À:** Tiffany Chang  
**Catégorie:** École

\*This is an automated message.\*

Manuscript Number: JVOICE-D-23-00291  
The Influence of the Visual Clutter of Spaces on Female Speakers' Vocal Effort

Dear Miss Chang,

Your above referenced submission has been assigned a manuscript number: JVOICE-D-23-00291.

To track the status of your manuscript, please log in as an author at <https://www.editorialmanager.com/jvoice/>, and navigate to the "Submissions Being Processed" folder.

Thank you for submitting your work to this journal.

Kind regards,  
Journal of Voice

More information and support

You will find information relevant for you as an author on Elsevier's Author Hub:  
<https://www.elsevier.com/authors>

FAQ: How can I reset a forgotten password?

[https://service.elsevier.com/app/answers/detail/a\\_id/28452/supporthub/publishing/](https://service.elsevier.com/app/answers/detail/a_id/28452/supporthub/publishing/)

For further assistance, please visit our customer service site:

<https://service.elsevier.com/app/home/supporthub/publishing/>

Here you can search for solutions on a range of topics, find answers to frequently asked questions, and learn more about Editorial Manager via interactive tutorials. You can also talk 24/7 to our customer support team by phone and 24/7 by live chat and email

---

In compliance with data protection regulations, you may request that we remove your personal registration details at any time. (Use the following URL: <https://www.editorialmanager.com/jvoice/login.asp?a=r>). Please contact the publication office if you have any questions.

## Annexe III

### **Script Praat pour la durée du signal**

```
dir$="/Users/tiffanychang/Library/CloudStorage/OneDrive-
UniversitedeMontreal/UNIVERSITÉ/M.Sc. Sciences de l'orthophonie et de
l'audiologie/Collecte de données"

Create Strings as file list: "fileList", dir$
number_of_strings = Get number of strings

Create Table with column names: "Acoustics", number_of_strings, "file_name duration"

for i from 1 to number_of_strings
  selectObject: "Strings fileList"
  name$ = Get string: i
  Read from file: dir$ + "/" + name$
  Read from file: dir$ + "/" + name$
  duration = Get total duration

  selectObject: "Table Acoustics"
  Set string value: i, "file_name", name$ - ".WAV"
  Set numeric value: i, "duration", duration
endfor
```

### **Script Praat pour le LTAS (mean, standard deviation et slope)**

```
dir$="/Users/tiffanychang/Library/CloudStorage/OneDrive-
UniversitedeMontreal/UNIVERSITÉ/M.Sc. Sciences de l'orthophonie et de
l'audiologie/Collecte de données"

Create Strings as file list: "fileList", dir$
number_of_strings = Get number of strings

Create Table with column names: "Acoustics", number_of_strings, "file_name ltas_pc_mean
ltas_pc_sd ltas_pc_slope"

for i from 1 to number_of_strings
  selectObject: "Strings fileList"
  name$ = Get string: i
  Read from file: dir$ + "/" + name$
  To Ltas (pitch-corrected): 75, 600, 5000, 100, 0.0001, 0.02, 1.3
  ltas_pc_mean = Get mean: 0, 0, "energy"
  ltas_pc_sd = Get standard deviation: 0, 0, "energy"
  ltas_pc_slope = Get slope: 0, 1000, 1000, 4000, "energy"

  selectObject: "Table Acoustics"
  Set string value: i, "file_name", name$ - ".WAV"
  Set numeric value: i, "ltas_pc_mean", ltas_pc_mean
  Set numeric value: i, "ltas_pc_sd", ltas_pc_sd
  Set numeric value: i, "ltas_pc_slope", ltas_pc_slope
endfor
```