

Nous remercions les auteurs ainsi que le responsable de la revue *Rééducation Orthophonique* de nous avoir permis de reproduire cet article afin de vous le partager. Référence originale de l'article : Remacle, A. & Morsomme, D. (2021). La réalité virtuelle : Un outil au service de la thérapie vocale. *Rééducation Orthophonique*, 286, 57-74

# La réalité virtuelle : un outil au service de la thérapie vocale

**Angélique REMACLE**, Docteur en sciences psychologiques et de l'éducation, Master en logopédie  
**Dominique MORSOMME**, Docteur en sciences psychologiques : section logopédie, Licence en logopédie

## La réalité virtuelle

### DÉFINITION ET CONCEPTS CLÉS

Fuchs et Guitton (2011) ont défini la réalité virtuelle (RV) comme « *un domaine scientifique et technique exploitant l'informatique et des interfaces comportementales en vue de simuler dans un monde virtuel le comportement d'entités 3D, qui sont en interaction en temps réel entre elles et avec un ou plusieurs utilisateurs en immersion pseudo-naturelle par l'intermédiaire de canaux sensori-moteurs* ». Autrement dit, la RV représente une technologie permettant à une personne de naviguer et d'interagir en temps réel à l'intérieur d'un environnement en trois dimensions, recréé artificiellement (Wiederhold et Bouchard, 2014). A l'aide d'un casque de RV occultant l'environnement ambiant et de capteurs de localisation servant à repérer les mouvements du corps, l'utilisateur est immergé dans un environnement virtuel afin de pouvoir y vivre une expérience virtuelle. En temps quasi réel, l'unité centrale (*un ordinateur ou certains casques de RV*) fait évoluer l'environnement virtuel de sorte que les stimuli sensoriels (*visuels, auditifs, haptiques, etc.*) s'adaptent aux mouvements et à la position de l'utilisateur : on parle de réalité virtuelle immersive (Rizzo et Schilling, 2017).

Dans le but d'optimiser l'expérience de l'utilisateur en RV, il convient de maximiser le sentiment de présence et d'éviter les symptômes indésirables liés à l'immersion, nommés « *cybermalaises* » (Weech et al., 2019). La présence correspond à l'expérience subjective, ressentie par l'utilisateur, d'être dans un environnement virtuel alors qu'il est physiquement situé dans un autre (Heeter, 1992). Ce sentiment peut

être entravé par les cybermalaises. Ces symptômes d'inconfort temporaires (*nausée, vertiges, maux de tête, fatigue oculaire*), similaires à ceux ressentis lors du mal des transports, résultent d'un conflit entre les informations sensorielles issues des systèmes visuel, vestibulaire et proprioceptif (Liu, 2014). Ils ne représentent pas une maladie ou un état pathologique, mais plutôt une réponse physiologique normale dans un contexte d'immersion virtuelle.

### APPLICATIONS

Outre son utilisation dans des secteurs comme le jeu vidéo, l'architecture (*ex. visite virtuelle de bâtiments*), la pédagogie et la formation, la RV s'installe dans le domaine de la santé. Entant qu'alternative à l'exposition in vivo (dans le monde réel), cette technologie permet une pratique répétée de situations spécifiques, sous le contrôle du clinicien (Owens et Beidel, 2015). En psychothérapie, elle est utilisée avec succès dans divers domaines dont les phobies spécifiques, les troubles d'anxiété généralisée, les troubles obsessionnels compulsifs, les troubles d'anxiété sociale et le stress post-traumatique (Wiederhold et Bouchard, 2014). Les avantages de la RV sont d'intégrer un comportement adéquat dans un environnement sécurisé avant de l'appliquer en contexte écologique.

Dans le domaine de l'orthophonie, la revue de littérature de Bryant et al. (2019) montre que les recherches s'intéressant au potentiel de la RV dans le but d'aider les personnes souffrant de troubles de la communication restent peu nombreuses. Or dès 2008, Theodoros a souligné le besoin de développer des environnements de RV à des fins thérapeutiques. Leur intérêt est de simuler des situations de communication

de la vie réelle pour permettre l'entraînement de compétences spécifiques, en stimulant la motivation du patient. Des recherches préliminaires soulignent la pertinence de la RV comme outil dans la prise en charge de troubles de la communication chez des patients atteints d'autisme (*Halabi et al., 2017*), de troubles de la fluence (*Brundage et Hancock, 2015 ; Moïse-Richard et al., 2021*), ou encore d'aphasie (*Marshall et al., 2016*). A notre connaissance, l'utilisation de la RV n'a pas encore été testée en vocologie<sup>1</sup> : c'est sur ce sujet que porte le projet de recherche VirtuVox mené à l'Université de Liège. Plus précisément, nous évaluons l'applicabilité d'une salle de classe virtuelle, sa pertinence et son efficacité dans l'entraînement des compétences vocales des enseignants.

## La voix des enseignants

### PROBLÉMATIQUE

En contexte scolaire, la voix de l'enseignant représente le principal vecteur de communication. Une utilisation optimale de cet outil est indispensable pour assurer un enseignement efficace tout en préservant la santé vocale de l'enseignant. A l'heure actuelle, l'apprentissage d'un comportement vocal efficace et sans risque ne fait pas systématiquement partie du programme de formation des enseignants. Une des conséquences de ce constat est la prévalence extrêmement élevée des problèmes de voix dans cette population, impactant négativement la qualité de vie des enseignants, la qualité de l'enseignement et les apprentissages des élèves (*Schiller et al., 2021*). Pour une synthèse et une analyse critique des données scientifiques sur les troubles de la voix des enseignants, nous renvoyons le lecteur vers le rapport publié par l'INSERM (2006) et la revue de Martins et al. (2014).

### APPORTS ET LIMITES DE L'ORTHOPHONIE

Les orthophonistes et les vocologistes sont des acteurs clés dans la prévention et la prise en charge des problèmes de voix des enseignants. A travers le monde, des programmes vocaux ont été mis en place et

ont fait l'objet d'études scientifiques. Ces programmes incluent des méthodes directes et indirectes visant à améliorer le comportement et la qualité vocale. Dans leur taxonomie des thérapies vocales, Van Stan et al. (2015) regroupent dans les méthodes indirectes les outils thérapeutiques qui agissent sur les facteurs environnementaux, cognitifs, et psychologiques qui contribuent à la dysphonie : il s'agit par exemple de l'hygiène vocale. Selon les mêmes auteurs, les méthodes directes modifient le comportement vocal via l'exécution motrice, le feedback somatosensoriel, et le feedback auditif : les exercices proposés portent sur un ou plusieurs éléments de la production vocale, tels que la respiration, l'équilibrage musculo-squelettique, la phonation, la résonance, ou l'articulation.

Bien qu'ils permettent d'améliorer la voix et la qualité de vie des personnes dysphoniques, bon nombre d'exercices orthophoniques sont pratiqués en dehors de situations de communication réelles et d'un contexte écologique. Il est, par exemple, compliqué pour un enseignant d'apprendre des techniques vocales avec son orthophoniste dans une vraie salle de classe, en présence d'élèves et de contraintes réelles comme le bruit ambiant. En contexte clinique (cabinet orthophonique), il est tout aussi complexe de simuler des situations de classe réalistes, intégrant des élèves et les bruits typiques rencontrés dans l'univers scolaire. En conséquence, les résultats des techniques pratiquées en contexte clinique avec le thérapeute restent difficiles à généraliser et à maintenir dans la vie quotidienne d'un enseignant.

Dans le projet VirtuVox, nous postulons que la RV pourrait être un outil pour contourner ces difficultés et faciliter l'apprentissage d'un comportement moteur vocal au travers de tâches plus écologiques. Nous pensons que cette technologie permettrait d'optimiser l'automatisation des compétences travaillées avec un thérapeute : elle constituerait une étape intermédiaire entre les exercices pratiqués en contexte clinique et l'usage vocal en situation de communication réelle. Dans la suite de cet article, nous présentons une synthèse de nos recherches sur l'apport de la RV dans l'apprentissage de comportements vocaux efficaces au sein de la population enseignante.

<sup>1</sup> « En tant que science, dans son sens le plus large, la vocologie est l'étude de la phonation, c'est à dire de la voix et de tous les processus qu'elle implique (aussi bien anatomiques, physiques, physiologiques, que perceptifs, linguistiques, psycho-affectifs, communicationnels et même artistiques). En tant que discipline professionnelle, la vocologie se focalise sur la prise en charge de la voix dans toutes ses dimensions, et comprend l'évaluation, le diagnostic et l'intervention thérapeutique. » (*Révis, 2013*)

## L'apport de la réalité virtuelle pour l'entraînement des compétences de communication orale des enseignants

Le projet VirtuVox a exploré le potentiel de la RV en tant qu'outil visant à favoriser l'apprentissage de stratégies de production vocale applicables en situation d'enseignement. Cette recherche s'est articulée en trois axes détaillés ci-dessous : 1) le développement d'une classe virtuelle, 2) sa validation scientifique, et 3) son application clinique pour l'apprentissage d'un comportement vocal efficace et sans risque.

### DÉVELOPPEMENT D'UNE CLASSE VIRTUELLE

En collaboration avec le laboratoire de cyberpsychologie de l'Université du Québec en Outaouais, nous avons développé une salle de classe virtuelle pour l'entraînement des compétences de communication orale des enseignants (voir Figure 1). Cet environnement virtuel doté de stimuli visuels et auditifs comporte 16 élèves âgés de 9 à 12 ans. Les personnages sont animés en tenant compte des comportements typiques d'enfants de cet âge (*fatigue, ennui, agitation*). Les

stimuli auditifs spatialisés sont diffusés dans les écouteurs du casque de RV. Il s'agit de bruits réels que nous avons enregistrés dans des écoles primaires, tels que des bruits provenant de la cour de récréation (*ex. cris d'enfants, trafic*), des bruits issus du corridor (*ex. pas, voix*), ou encore des bruits internes à la classe (*ex. chaises, chuchotements*). Au cours de l'immersion, le thérapeute peut régler le niveau sonore de chacune des 3 sources de bruit et le niveau d'agitation des élèves via l'interface de l'ordinateur (voir Figure 2). Cela permet d'ajuster la difficulté de la mise en situation proposée à l'utilisateur.

En pratique, l'enseignant est immergé dans la classe virtuelle à l'aide d'un visiocasque : il voit les élèves et entend les bruits (voir Figure 3). La RV vise à entraîner les compétences vocales de l'enseignant en simulant une situation écologique (*une leçon*), dans un environnement réaliste (*une salle de classe*), en présence de contraintes environnementales généralement rencontrées (*bruit ambiant, agitation des élèves*). A différents moments de la prise en charge, le thérapeute peut proposer ces mises en situation dans le but d'aider l'enseignant à 1) mémoriser un comportement moteur vocal efficace, 2) l'automatiser, et 3) le généraliser ensuite en contexte réel.



Figure 1 : Salle de classe virtuelle

Capture d'écran de ce que voit l'utilisateur dans le casque de RV lorsqu'il est immergé dans la classe virtuelle. L'utilisateur peut se déplacer en marchant dans l'environnement, par exemple pour se rapprocher d'un élève ou se diriger vers le tableau situé derrière lui.



**Figure 2 : Zooms sur le panneau de réglage des paramètres de l'environnement virtuel**

En haut, réglage du niveau des trois sources de bruit ambiant : 1) bruits de la cour de récréation, 2) bruits du corridor, 3) bruits internes de la salle de classe. En bas, réglage du niveau d'agitation des élèves de 0 (élèves très attentifs et peu agités) à 100 (élèves très dissipés et agités).



**Figure 3 : Enseignante immergée dans la classe virtuelle**  
L'enseignante donne une leçon aux élèves de la classe virtuelle. A l'aide du casque de RV Oculus Rift™, elle voit les élèves et entend les bruits ambiants.

## VALIDATION SCIENTIFIQUE DE LA CLASSE VIRTUELLE

Préalablement à son utilisation en contexte clinique, une validation scientifique de la classe virtuelle est nécessaire afin de vérifier sa validité écologique et de s'assurer de l'absence d'effets secondaires liés à son utilisation. Cette étape a fait l'objet d'un article détaillé (Remacle et al., 2021) que nous synthétisons ci-dessous.

De nombreuses recherches ont montré qu'en contexte scolaire, les enseignants adaptent leurs productions orales en réponse à une demande vocale spécifique (Hunter et al., 2020), à une audience particulière (un groupe d'enfants) et à des contraintes environnementales incluant le bruit ambiant à l'origine de l'effet Lombard initialement décrit en 1911 (Lombard, 1911). Ces adaptations entraînent des modifications portant sur la fréquence, l'intensité et les caractéristiques spectrales de la voix, ainsi que sur les aspects temporels de la parole (Rantala et al., 2015 ; Remacle et al., 2015). Une typologie des réponses à la demande vocale (Remacle et al., 2018) montre que si des enseignants y répondent adéquatement, d'autres adoptent un comportement vocal hyperfonctionnel ou encore hypofonctionnel, pouvant conduire à des pathologies. Selon la théorie de l'hypo- et hyper-articulation de Lindblom (1990), certaines adaptations pourraient être interprétées comme des stratégies de compensation dont l'objectif est d'être perçu et compris par les élèves. Le principe de plasticité amènerait certains enseignants à hyper-articuler : cela peut engendrer des modifications acoustiques ou encore un ralentissement du débit de parole.

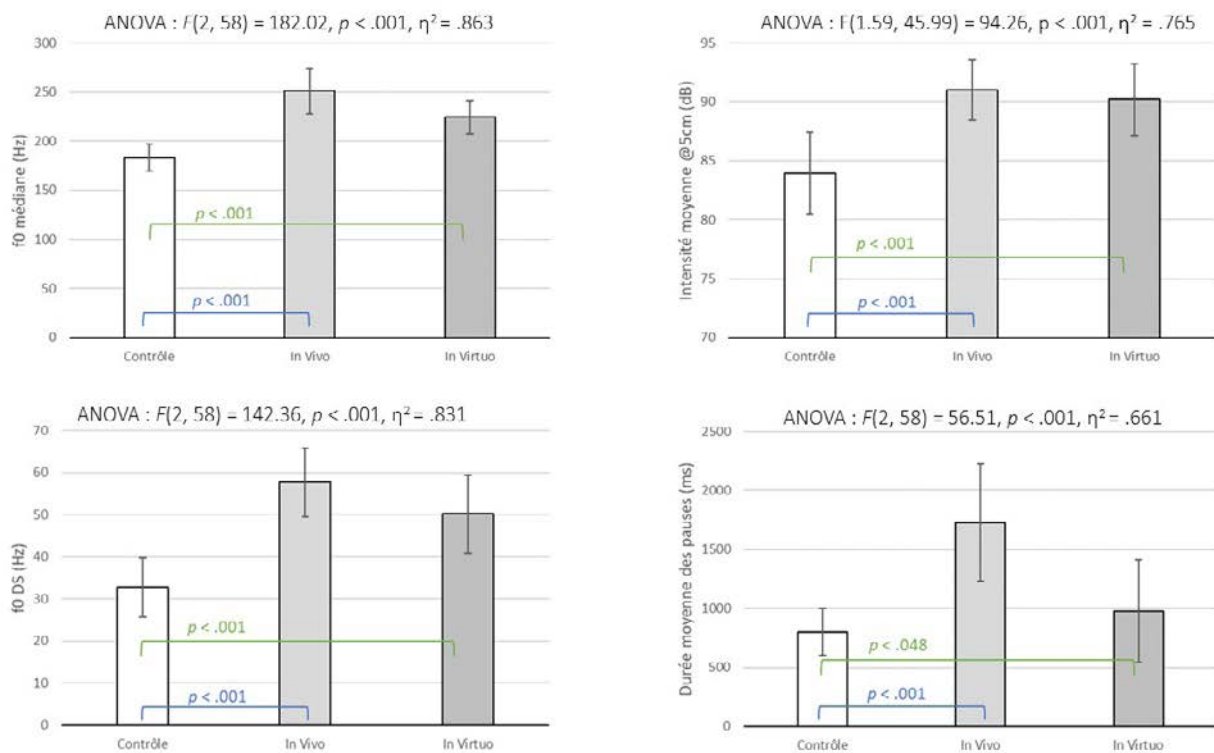
Afin d'attester la validité écologique de la classe virtuelle, il convient de s'assurer qu'elle provoque les adaptations vocales spécifiques aux situations d'enseignement. Pour ce faire, nous avons enregistré 30 enseignantes de primaire dans 3 conditions. Premièrement, lors d'une leçon dans leur classe habituelle (*in vivo*). Deuxièmement, lors de la même leçon répliquée le lendemain dans la classe virtuelle (*in virtuo*), avec un niveau de bruit ambiant similaire à celui mesuré dans la classe réelle de chaque participante. Troisièmement, lors d'une tâche de production spontanée en mode conversationnel face à l'expérimentateur (*contrôle*), consistant à se présenter et décrire une journée habituelle. Cette situation contrôle se déroule dans un local calme (*bruit ambiant = 35 dB(A)*).

Pour chaque condition, nous avons réalisé des mesures globales sur la totalité de l'enregistrement à l'aide du logiciel Praat : la fréquence fondamentale ( $f_0$ ) médiane et son écart-type ( $fo DS$ ) pour rendre compte de l'intonation, l'intensité moyenne de la voix, ainsi que la durée des pauses silencieuses dans le discours. Comparées à la condition contrôle, les situations d'enseignement en classe réelle et en classe virtuelle devraient engendrer les adaptations suivantes : une

augmentation de la  $f_0$ , de la variation de  $f_0$ , de l'intensité, et de la durée des pauses.

Pour chaque mesure étudiée, une analyse statistique ANOVA à mesures répétées vise à déterminer si les trois conditions diffèrent. En cas de différence significative, des contrastes orthogonaux testent la différence entre les conditions contrôle et in vivo, ainsi que la différence entre les conditions contrôle et in virtuo. Les résultats descriptifs et statistiques sont présentés dans la Figure 4. En résumé, les ANOVAs montrent que les mesures

acoustiques diffèrent significativement entre les 3 conditions. Les contrastes indiquent que les adaptations vocales in virtuo corroborent celles observées in vivo : en classe réelle et virtuelle, les enseignantes parlent plus fort, avec une fréquence plus élevée, une variation fréquentielle plus importante et des pauses plus longues qu'en mode conversationnel face à l'expérimentateur. En d'autres mots, les deux conditions de classe engendrent des adaptations vocales spécifiques aux situations d'enseignement, se démarquant de la condition contrôle, et ce même lorsque les stimuli sont virtuels.



**Figure 4 : Comparaison des paramètres acoustiques mesurés dans les trois conditions.**

En bleu, les résultats des contrastes orthogonaux pour la comparaison des conditions contrôle et in vivo. En vert, les résultats des contrastes orthogonaux pour la comparaison des conditions contrôle et in virtuo.

Afin d'évaluer la qualité de l'expérience vécue par les enseignantes donnant une leçon dans la classe virtuelle, leur sentiment de présence a été mesuré à l'aide du questionnaire de présence (Robillard et al., 2002). Les scores obtenus se situent dans la norme, excepté pour la sous-échelle liée à la qualité de l'interface. En effet, quelques participantes ont rapporté que l'image était pixélisée. Par ailleurs, les résultats au Simulator Sickness Questionnaire (Bouchard et al., 2009) indiquent que la classe virtuelle n'engendre pas de cybermalaise. Cette étude suggère que la salle de classe virtuelle représente un outil écologiquement valide et utilisable

dans le but d'exercer les compétences vocales de locuteurs tels que les enseignants. Une limitation de la version actuelle réside dans le manque d'interaction des personnages virtuels en réponse au comportement de l'utilisateur : les élèves ne répondent pas aux éventuelles questions et ne réagissent pas au discours de l'enseignant. Les futures classes de RV pourraient intégrer une adaptation en temps réel de l'attitude des personnages sur base des productions orales de l'utilisateur.

## APPLICATION CLINIQUE DE LA CLASSE VIRTUELLE

Le troisième axe de ce projet s'intéresse à l'application clinique de la salle de classe virtuelle auprès de futurs enseignants en cours de formation, dans une démarche de prévention vocale. Dans cette section, nous résumons la méthode expérimentale et les résultats préliminaires d'une recherche en cours.

L'expérience vise à évaluer l'efficacité d'un programme d'entraînement utilisant la RV pour l'apprentissage de compétences de communication en environnement bruyant. Cet essai contrôlé randomisé a fait l'objet d'un enregistrement a priori dans le registre d'essais cliniques en ligne ClinicalTrials.gov<sup>2</sup>.

Du point de vue méthodologique, l'étude comporte 2 groupes. Le premier (groupe contrôle) a bénéficié uniquement d'une séance d'hygiène vocale. Le second (*groupe expérimental*) a reçu une séance d'hygiène vocale et trois séances d'entraînement des compétences de communication en environnement bruyant. Lors des 3 séances individuelles, à raison d'une séance par semaine, l'orthophoniste a proposé des méthodes de prise en charge classiques ainsi que des simulations de situations de classe via des immersions en RV. Diverses compétences sont exercées : l'orientation du regard en situation de communication, l'ajustement du niveau de tension musculaire et de la posture, la respiration, le placement résonanciel, le débit de parole, l'intonation, l'articulation et les indices visuels de la communication. A la fin de chaque séance, l'automatisation de ces compétences est travaillée au travers de tâches écologiques dans la classe virtuelle. Une augmentation progressive de la difficulté est assurée via l'augmentation du niveau d'agitation des élèves virtuels.

Pour constituer l'échantillon, 156 futurs enseignants ont été sollicités, parmi lesquels 71 se sont portés volontaires. Au fur et à mesure de l'avancée de l'étude, plusieurs participants se sont désistés. Au final, 54 futurs enseignants non pathologiques ont pris part à l'essai, parmi lesquels 41 (*20 dans le groupe contrôle et 21 dans le groupe expérimental*) sont allés jusqu'au bout du programme d'entraînement. Ces 41 participants ont été évalués à deux reprises : en pré- et en post-intervention.

L'hypothèse est que les participants bénéficiant du

programme d'entraînement (*groupe expérimental*) montreront une amélioration des compétences de communication en environnement bruyant supérieure à ceux ne bénéficiant pas du programme (*groupe contrôle*).

Nous avons analysé les effets de ces deux interventions au travers d'un questionnaire d'auto-efficacité de la communication en environnement bruyant et de mesures acoustiques de la voix, en comparant les résultats des deux groupes en pré- et post-intervention. Le questionnaire d'auto-efficacité, créé sur base du guide pour la construction d'échelles d'auto-efficacité de Bandura (2006), se compose de 15 items évalués sur une échelle de Likert en 7 point (*voir Annexe*). Les mesures acoustiques étant en cours d'analyse, cet article comporte uniquement les résultats liés au sentiment d'efficacité de la communication en environnement bruyant.

## DÉVELOPPEMENT D'UNE CLASSE VIRTUELLE

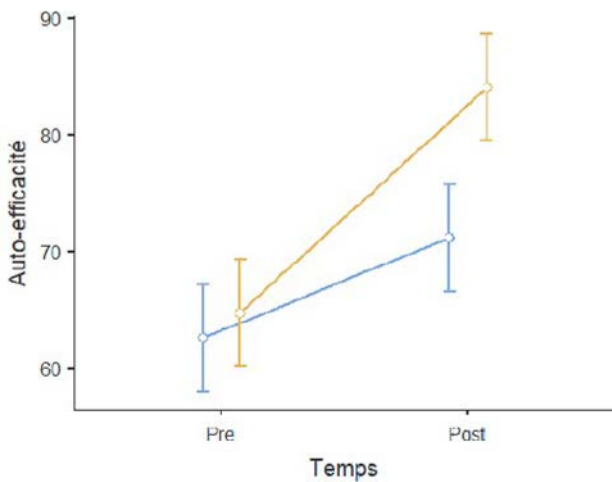
En collaboration avec le laboratoire de cyberpsychologie de l'Université du Québec en Outaouais, nous avons développé une salle de classe virtuelle pour l'entraînement des compétences de communication orale des enseignants (*voir Figure 1*). Cet environnement virtuel doté de stimuli visuels et auditifs comporte 16 élèves âgés de 9 à 12 ans. Les personnages sont animés en tenant compte des comportements typiques d'enfants de cet âge (*fatigue, ennui, agitation*). Les stimuli auditifs spatialisés sont diffusés dans les écouteurs du casque de RV. Il s'agit de bruits réels que nous avons enregistrés dans des écoles primaires, tels que des bruits provenant de la cour de récréation (*ex. cris d'enfants, trafic*), des bruits issus du corridor (*ex. pas, voix*), ou encore des bruits internes à la classe (*ex. chaises, chuchotements*). Au cours de l'immersion, le thérapeute peut régler le niveau sonore de chacune des 3 sources de bruit et le niveau d'agitation des élèves via l'interface de l'ordinateur (*voir Figure 2*). Cela permet d'ajuster la difficulté de la mise en situation proposée à l'utilisateur.

En pratique, l'enseignant est immergé dans la classe virtuelle à l'aide d'un visiocasque : il voit les élèves et entend les bruits (*voir Figure 3*). La RV vise à entraîner les compétences vocales de l'enseignant en simulant une situation écologique (*une leçon*), dans un environnement réaliste (*une salle de classe*), en présence de contraintes

<sup>2</sup> <https://clinicaltrials.gov/ct2/show/NCT04096352?term=remacle&cond=Voice+Disorders&draw=2&rank=1>

environnementales généralement rencontrées (*bruit ambiant, agitation des élèves*). A différents moments de la prise en charge, le thérapeute peut proposer ces mises en situation dans le but d'aider l'enseignant à 1) mémoriser un comportement moteur vocal efficace, 2) l'automatiser, et 3) le généraliser ensuite en contexte réel.

La Figure 5 montre les résultats au questionnaire d'auto-efficacité. Une ANOVA à mesures répétées permet de tester l'égalité des moyennes pour les résultats pré- et post-intervention, dans le groupe expérimental et le groupe contrôle. Nous nous intéressons particulièrement à l'effet d'interaction : nous postulons que le groupe expérimental montrera une amélioration des compétences de communication en environnement bruyant supérieure au groupe contrôle.



**Figure 5 : Sentiment d'auto-efficacité de la communication en environnement bruyant pré- et post-intervention**

En orange, les résultats du groupe expérimental. En bleu, les résultats du groupe contrôle.

Suite à l'intervention, l'ANOVA indique une amélioration significative du sentiment d'auto-efficacité (effet du temps :  $F = 50.74$ ,  $p < .001$ ,  $\eta^2p = 0.565$ ). En accord avec notre hypothèse, les deux groupes montrent une évolution différente au cours du temps (interaction temps\*groupe :  $F = 7.45$ ,  $p = 0.009$ ,  $\eta^2p = 0.160$ ). Au post-test, les participants du groupe expérimental ont un meilleur sentiment d'auto-efficacité (moyenne = 84) que ceux du groupe contrôle (moyenne = 71) ( $p < .001$ ). Ces résultats préliminaires suggèrent qu'un programme de prévention vocale mixte composé d'une séance d'hygiène vocale et de 3 séances individuelles d'entraînement des compétences vocales avec des immersions en RV diffère

d'un programme indirect comportant uniquement une séance d'hygiène vocale. En effet, le sentiment d'efficacité personnelle quant aux compétences de communication dans le bruit est nettement augmenté dans le groupe ayant reçu l'entraînement basé sur des techniques vocales classiques complété par des tâches écologiques d'automatisation de ces comportements dans la classe virtuelle.

Cet essai contrôlé randomisé ouvre des perspectives futures de recherche appliquée sur les méthodes de prévention et de traitement basées sur des mises en situations les plus proches possibles de la réalité.

## Conclusion

Les orateurs, et les enseignants en particulier, sont soumis aux contraintes liées au type d'audience auquel ils s'adressent et à l'environnement en termes d'acoustique et de bruit ambiant. Si les méthodes de prise en charge clinique s'avèrent efficaces en situation face à face patient-orthophoniste, la difficulté réside dans le maintien et le transfert du comportement moteur vocal adéquat en contexte écologique. Intégrer les contraintes inhérentes à l'utilisation professionnelle de la voix dans les séances individuelles s'avère bien souvent impossible. C'est pourquoi il est intéressant d'analyser en quoi la RV peut être un outil au service de l'acquisition de compétences de communication efficace, sur base de tâches plus écologiques.

A l'aide de la salle de classe développée et validée écologiquement au travers de ce projet de recherche, les simulations en RV représentent une réelle opportunité d'exercer les compétences de communication orale d'un enseignant. A l'heure actuelle, les principaux freins à l'utilisation de la RV sont le risque d'effets secondaires indésirables (cybermalaises) et le coût du casque de RV et des logiciels spécifiques, même si ce matériel devient de plus en plus abordable.

## Remerciements

Nous adressons une reconnaissance particulière aux établissements scolaires ainsi qu'aux enseignants et futurs enseignants sans qui ce projet n'aurait pu avoir lieu. Nous remercions la Professeure Anne-Marie Etienne, le Professeur Stéphane Bouchard et son équipe de nous avoir fait partager leur expertise dans

le domaine de la réalité virtuelle. Merci à Amandine Regnier, Delphine Pirenne et Valérie Ancion pour leur aide précieuse lors des expériences menées. Le projet VirtuVox a été supporté par le Fonds de la recherche scientifique (FRS-FNRS), via l'octroi d'un mandat de chargée de recherches à Angélique Remacle.

## Références bibliographiques

**BANDURA, A.** Guide for constructing self-efficacy scales. In PAJARES, F. et URDAN, T. Self-efficacy beliefs of adolescents. Charlotte, NC: *Information Age Publishing*, 2006, p. 307-337.

**BOUCHARD, S., et al.** Side effects of immersions in virtual reality for people suffering from anxiety disorders. *Journal of Cybertherapy and Rehabilitation*. 2009, vol. 2, p. 127-137.

**BRUNDAGE, S., et HANCOCK, A.** Real enough: Using virtual public speaking environments to evoke feelings and behaviours targeted in stuttering assessment and treatment. *American Journal of Speech-Language Pathology*. 2015, vol. 24, p. 139-149.

**BRYANT, L., BRUNNER, M., et HEMSLEY, B.** A review of virtual reality technologies in the field of communication disability: implications for practice and research. *Disability and Rehabilitation: Assistive Technology*. 2020, vol. 15, no. 4, p. 365-372.

**FUCHS, P., et GUITTON, P.** Chapter 1. Introduction to virtual reality. In FUCHS, P., MOREAU, G. et GUITTON, P. *Virtual reality: Concepts and technologies*. Boca Raton, FL: CRC Press, 2011, p. 3-10.

**HALABI, O., et al.** Design of immersive virtual reality system to improve communication skills in individuals with autism. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*. 2017, vol. 12, p. 50-64.

**HEETER, C.** Being there: the subjective experience of presence. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*. 1992, vol. 1, p. 262-271. doi: 10.1162/pres.1992.1.2.262

**HUNTER, E., et al.,** Toward a consensus description of vocal effort, vocal load, vocal loading, and vocal fatigue. *Journal of Speech, Language and Hearing Research*, 2020, vol. 63, no. 2, p. 509-532.

**INSERM.** La voix : Ses troubles chez les enseignants. Paris: INSERM, 2006.

**LINDBLOM, B.** Explaining phonetic variation: a sketch of the H&H theory. In HARDCASTLE, W. J. et MARCHAL, A. *Speech production and speech modelling*. Dordrecht: Springer Netherlands, 1990, p. 403-439.

**LIU, C.-L.** A study of detecting and combating cybersickness with fuzzy control for the elderly within 3D virtual stores. *International Journal of Human-Computer Studies*. 2014, vol. 72, no. 12, p. 796-804.

**LOMBARD, E.** Le signe de l'élévation de la voix. *Annales des maladies de l'oreille et du larynx*. 1911, vol. 37, p. 101-119.

**MARSHALL, J., et al.** Evaluating the benefits of aphasia intervention delivered in virtual reality: results of a quasi-randomised study. *PLoS ONE*. 2016, vol. 11, no. 8, e0160381. doi: 10.1371/journal.pone.0160381

**MARTINS, R. H. G., et al.** Voice disorders in teachers: A review. *Journal of Voice*. 2014, vol. 28, no. 6, p. 716-724. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2014.02.008>

**MOÏSE-RICHARD, A., et al..** Real and virtual classrooms can trigger the same levels of stuttering severity ratings and anxiety in school-age children and adolescents who stutter. *Journal of Fluency Disorders*. 2021, vol. 68, 105830. doi: 10.1016/j.jfludis.2021.105830

**OWENS, M. E., et BEIDEL, D. C.** Can virtual reality effectively elicit distress associated with social anxiety disorder? *Journal of Psychopathology and Behavioral Assessment*. 2015, vol. 37, no. 2, p. 296-305.

**RANTALA, L. M., et al.** Classroom noise and teachers' voice production, *Journal of Speech Language and Hearing Research*, 2015, vol. 58, p. 1397-1406.

**REMACLE, A., et al.** A virtual classroom can elicit teachers' speech characteristics: evidence from acoustic measurements during in vivo and in virtuo lessons, compared to a free speech control situation. *Virtual Reality*. 2021, 25(4) p.935-944.

**REMACLE, A., et al.** Vocal change patterns during a teaching day: inter- and intra-subject variability. *Journal of Voice*. 2018, vol. 32, no. 1, p. 57-63.

**REMACLE, A., MORSOMME, D., et FINCK, C.** Comparison of vocal loading parameters in kindergarten and elementary school teachers, *Journal of Speech Language and Hearing Research*. 2015, vol. 57, no. 2, p. 406-415.

**RÉVIS, J.** ... qu'est-ce que la vocologie ? Octobre 2013. <https://docplayer.fr/29665043-Qu-est-ce-que-la-vocologie.html>

**RIZZO, A. S., et SCHILLING, R.** Clinical virtual reality tools to advance the prevention, assessment, and treatment of PTSD. *European Journal of Psychotraumatology*. 2017, vol. 8, sup. 5, 1414560. doi: 10.1080/20008198.2017.1414560

**ROBILLARD, G., et al.** 2002 Validation canadienne-française de deux mesures importantes en réalité virtuelle: l'Immersive Tendencies Questionnaire et le Presence Questionnaire. *Poster présenté au 25e congrès de la Société Québécoise pour la Recherche en Psychologie (SQRP)*, Trois-Rivières, QC, novembre 1-3.

**SCHILLER, I., et al.** Listening to a dysphonic speaker in noise may impede children's spoken language processing in a realistic classroom setting. *Language, Speech, and Hearing Services in Schools*. 2021, vol. 52, no. 1, p. 396-408.

**THEODOROS, D. G.** Telerehabilitation for service delivery in speech-language pathology. *Journal of Telemedicine and Telecare*. 2008, vol. 14, no. 5, p. 221-224.

**VAN STAN, J. H., et al..** A taxonomy of voice therapy. *American Journal of Speech-Language Pathology*. 2015, vol. 24, no. 2, p. 101-125. doi: 10.1044/2015\_AJSLP-14-0030

**WEECH, S., KENNY, S., et BARNETT-COWAN, M.** Presence and cybersickness in virtual reality are negatively related: a review. *Frontiers in Psychology*. 2019, vol. 10, 158.

**WIEDERHOLD, B. K., et BOUCHARD, S.** Advances in virtual reality and anxiety disorders: Boston, MA: *Springer US*, 2014.



## Annexe : Questionnaire d'auto-efficacité de la communication en environnement bruyant

### CONSIGNE

Actuellement, dans quelle mesure vous sentez-vous capable d'adopter les comportements suivants dans votre vie scolaire (cours, stages) et/ou extra-scolaire (loisirs, famille) ? Pour chacune des propositions, marquez d'une croix la case correspondant à votre ressenti (0 = impossible à réaliser ; 3 = moyennement possible à réaliser ; 6 = tout à fait possible à réaliser).

### COTATION

La note s'obtient en faisant la somme des scores des réponses aux 15 items.

1. Identifier les situations et/ou environnements dans lesquels le bruit ambiant est élevé

0	1	2	3	4	5	6
Impossible à réaliser	Moyennement possible à réaliser			Tout à fait possible à réaliser		

2. Identifier l'éventuel inconfort (physique ou mental) que je ressens quand il y a du bruit

0	1	2	3	4	5	6
Impossible à réaliser	Moyennement possible à réaliser			Tout à fait possible à réaliser		

3. M'exprimer sans être gêné(e) en environnement bruyant

0	1	2	3	4	5	6
Impossible à réaliser	Moyennement possible à réaliser			Tout à fait possible à réaliser		

4. Adapter ma posture lorsque je m'exprime en présence de bruit, comme par exemple me tenir droit(e)

0	1	2	3	4	5	6
Impossible à réaliser	Moyennement possible à réaliser			Tout à fait possible à réaliser		

5. Ajuster l'orientation de mon visage et de mon regard lorsque je communique dans le bruit, comme par exemple me positionner face à mon interlocuteur

0	1	2	3	4	5	6
Impossible à réaliser	Moyennement possible à réaliser			Tout à fait possible à réaliser		

6. M'exprimer en environnement bruyant sans tension musculaire au niveau du visage, du cou, de la nuque, des épaules, du tronc et/ou des jambes

0	1	2	3	4	5	6
Impossible à réaliser	Moyennement possible à réaliser			Tout à fait possible à réaliser		

7. Respirer efficacement de sorte à ne pas être à court de souffle lorsque je parle dans le bruit

0	1	2	3	4	5	6
Impossible à réaliser	Moyennement possible à réaliser			Tout à fait possible à réaliser		

8. Faire résonner, vibrer ma voix de sorte à ce qu'elle soit audible dans le bruit, sans que je force

0	1	2	3	4	5	6
Impossible à réaliser	Moyennement possible à réaliser				Tout à fait possible à réaliser	

9. Parler à un rythme adéquat (ni trop lent, ni trop rapide) dans le but de faciliter la communication en environnement bruyant

0	1	2	3	4	5	6
Impossible à réaliser	Moyennement possible à réaliser				Tout à fait possible à réaliser	

10. Articuler afin d'être compris par mes interlocuteurs en présence de bruit, en augmentant les mouvements des lèvres, de la langue et de la mâchoire

0	1	2	3	4	5	6
Impossible à réaliser	Moyennement possible à réaliser				Tout à fait possible à réaliser	

11. Moduler ma voix et y mettre de l'intonation afin qu'elle soit perçue dans le bruit

0	1	2	3	4	5	6
Impossible à réaliser	Moyennement possible à réaliser				Tout à fait possible à réaliser	

12. Compléter ma parole par des mouvements du visage afin d'améliorer mon expression dans le bruit

0	1	2	3	4	5	6
Impossible à réaliser	Moyennement possible à réaliser				Tout à fait possible à réaliser	

13. Communiquer en environnement bruyant sans forcer ou fatiguer ma voix

0	1	2	3	4	5	6
Impossible à réaliser	Moyennement possible à réaliser				Tout à fait possible à réaliser	

14. Mettre en pratique mes connaissances du fonctionnement de la voix (ce qu'il faut ou ne faut pas faire) afin de communiquer efficacement en milieu bruyant

0	1	2	3	4	5	6
Impossible à réaliser	Moyennement possible à réaliser				Tout à fait possible à réaliser	

15. Utiliser d'autres stratégies que parler plus fort pour me faire entendre en environnement bruyant

0	1	2	3	4	5	6
Impossible à réaliser	Moyennement possible à réaliser				Tout à fait possible à réaliser	