

## Contexte et objectifs

### Contexte

Une nouvelle salle, dite ambisonique, vient d'ouvrir au Conservatoire de Paris (CNSMDP), établissement public qui dispense un enseignement professionnel de la musique, de la danse et des métiers du son. Il a pour missions de transmettre les arts musicaux et chorégraphiques, ainsi que de s'établir comme une référence internationale en recherche et création artistique.

Précédemment dotée d'une mauvaise acoustique, cette nouvelle salle est désormais équipée d'un système sonore perfectionné, produit par Yamaha, qui lui confère une technologie de réverbération active, simulant la réponse acoustique de différents types d'environnements : salles de concert de taille variable, cathédrale, etc. Elle permet donc aux instrumentistes de bénéficier d'un cadre adapté pour s'entraîner et répéter leurs concerts, sans avoir à se déplacer dans un autre lieu.

### Besoin

L'aspect visuel n'est de la pièce n'est cependant pas satisfaisant, puisqu'il ne correspond pas à la réponse acoustique du lieu. Ceci est source de conflits visuo-auditifs, ce que le CNSMDP nous a demandé de corriger.

### Objectifs

Notre objectif est donc de trouver un moyen de résoudre ces conflits pour retrouver une cohérence visuelle et auditive. Plus précisément, nous tentons de plonger les musiciens dans l'environnement visuel qui correspond à la réponse sonore préalablement choisie sur le système ambisonique. Pour satisfaire au mieux cet objectif, il faut que la qualité de l'immersion soit maximale : cette raison nous a notamment convaincus de proposer une solution basée sur de la réalité virtuelle.

Ensuite, un autre objectif qui en découle est celui de résoudre les nouveaux problèmes intrinsèques causés par l'utilisation de la réalité virtuelle. Plus précisément, un instrumentiste immergé en réalité virtuelle ne peut pas voir ses partitions : ce nouvel objectif consiste donc à intégrer à notre solution une fonctionnalité permettant de voir les partitions virtuellement, de les orienter dans l'espace pour un meilleur confort de lecture et de passer les pages.

Enfin, cette solution doit d'être simple d'utilisation, puisqu'elle a vocation à être utilisée par des musiciens sans que nous soyons présents.

## Propositions et méthodes

### Propositions pour assurer l'objectif d'immersion

Comme indiqué précédemment, nous avons choisi d'utiliser de la VR pour assurer la meilleure immersion possible. Nous avons opté pour le casque HTC Vive Pro plutôt que le casque Oculus Quest 2, car nous avons besoin d'une grande puissance de calcul dans le casque, et ce pour deux raisons :

- La plupart des environnements visuels que nous cherchons à reproduire correspondent à de très grandes salles, d'où le besoin de performances ;
- Pour immerger au mieux l'utilisateur, le rendu et la fluidité doivent être de grande qualité, d'où le choix du casque offrant un plus grand champ de vision.

En ce qui concerne les environnements visuels, les modèles que nous utilisons doivent pouvoir être distribués au CNSMDP. La plateforme Sketchfab offrant un grand nombre de modèles d'intérieur 3D libres de droits et disponibles gratuitement au téléchargement, nous nous sommes donc tournés vers celle-ci. Nous avons privilégié les formats `.obj` et `.fbx` pour leur simplicité d'utilisation et leur portabilité, à la fois sous Blender et sous Unity.

Notons qu'au départ cependant, nous avons envisagé le fait d'utiliser les modèles de Yamaha qui avaient servi à créer les environnements sonores, mais nous avons découvert qu'il s'agissait de modèles plans uniquement, et non de modèles 3D.

Pour chaque modèle sélectionné, il a fallu :

- ajuster la taille aux proportions du musicien, et positionner correctement le modèle par rapport au musicien (pour qu'il ne se retrouve pas dos au public, par exemple)
- perfectionner les modèles, principalement sous Unity (réassigner les textures aux éléments du modèle, ajuster les shaders) et porter une attention particulière à l'éclairage global de chaque scène (certaines textures étaient pré-éclairées - "baked" - et d'autres non). Nous avons cherché un compromis entre les performances et la qualité de chaque modèle.
- le stocker sous forme d'un *prefab* Unity, compressé dans un *AssetBundle* afin de pouvoir l'ajouter facilement au projet.

Tous les modèles et perfectionnements ont été conçus dans l'optique de valider notre objectif principal : l'immersion du musicien dans un nouvel environnement visuel. La liste complète des modèles inclus dans notre programme est donnée en annexe.

### **Propositions pour pallier les problèmes intrinsèques de la VR : intégration de partitions virtuelles**

Faire le choix de la réalité virtuelle - et ainsi valider l'objectif principal - empêche néanmoins le musicien de voir ses partitions réelles. Dans l'optique de valider le deuxième objectif, nous avons souhaité intégrer non seulement la possibilité de voir les partitions dans l'environnement virtuel, mais aussi de pouvoir interagir avec elles (passer les pages).

- Fonctionnalité de visualisation des partitions : le musicien n'a qu'à charger préalablement le fichier PDF de sa partition grâce à notre logiciel. Grâce à la bibliothèque ImageMagick reposant sur Ghostscript, chaque page est convertie en image, qui est ensuite appliquée comme texture sur deux objets de l'environnement. Ceux-ci se comportent alors comme des pages virtuelles. Ces pages peuvent être déplacées dans toutes les directions en utilisant les contrôleurs Vive, pour permettre un meilleur confort de lecture. Nous avons également ajouté un pupitre virtuel pour renforcer l'immersion.
- Fonctionnalité d'interaction avec la partition : nous avons opté pour un système utilisant les pieds, pour déranger le moins possible le jeu de l'instrumentiste. Le musicien n'a qu'à passer son pied par une zone visuellement identifiée pour passer à la double-page suivante (comme s'il s'agissait d'une pédale). Il existe aussi une deuxième zone permettant de revenir à la double-page précédente. Le casque Vive détecte le pied à l'aide d'un tracker attaché au pied : la fixation à l'aide d'un velcro a été imprimée en 3D au FabLab de l'École. Les deux zones de déclenchement (avancer / reculer) sont, tout comme les partitions, déplaçables dans tout l'environnement. Il convient de noter que, si besoin, il est toujours possible de changer de page à l'aide d'un contrôleur Vive.

Cet objectif et ces propositions ont évolué au cours du projet. En effet, ils ne traitent finalement que l'aspect qui concerne les partitions, alors qu'au départ nous souhaitions résoudre davantage de problèmes intrinsèques liés à la VR (la possibilité de pouvoir voir les instruments et les autres musiciens). Nous avons néanmoins dû abandonner ces deux autres pistes, car trop complexes pour le temps dont nous disposons (malgré le fait que les tests utilisateurs justifient une de ces deux pistes, cf. [infra](#)).

### **Propositions pour assurer la simplicité d'utilisation**

Pour assurer l'objectif de simplicité d'utilisation, nous fournissons :

- un unique installateur qui prend notamment en charge l'installation de SteamVR, Ghostscript et de notre programme.
- un guide technique pour l'installation et un guide utilisateur pour les musiciens.

Notre programme se présente sous la forme d'un unique exécutable. Une fois lancé, le logiciel présente un *launcher*. Il s'agit d'une interface de chargement des partitions et des environnements, et il est possible :

- d'ajouter une nouvelle partition au format PDF par simple glisser-déposer, qui est conservée même après la fermeture du programme.
- de consulter la liste de partitions conservées dans le programme.
- de consulter la liste d'environnements conservés dans le programme. La liste complète des environnements inclus dans le programme par défaut est disponible en annexe.
- d'ajouter un nouvel environnement au format *AssetBundle* par simple glisser-déposer, qui est conservé même après la fermeture du programme.

Lorsque la configuration avec le *launcher* est terminée, une simple pression sur un bouton permet de passer au mode VR. Au sein du mode VR, le musicien choisit à l'aide d'un menu ergonomique ce qu'il souhaite utiliser parmi la liste de partitions et d'environnements conservés dans le programme.

L'idée d'intégrer ce *launcher* est arrivée tardivement dans le projet. Elle provient du fait que le temps de calcul pour convertir les partitions PDF en images et les appliquer comme texture est très élevé. Séparer le programme en deux parties (*launcher* puis VR) permet d'éviter de ralentir le programme pendant l'exécution de la VR. Afin de fluidifier davantage le programme VR, les images et les environnements sont également chargés de manière asynchrone.

## Synthèse des tests utilisateurs

Pour tester notre produit et l'améliorer en fonction des retours, nous avons procédé à deux séances de tests avec des musiciens du conservatoire (les 18 et 29 octobre). Pour chacun des tests, nous avons fait remplir des questionnaires aux utilisateurs. La première séance ayant surtout servi à améliorer les questionnaires pour la deuxième séance, **nous exploitons par la suite uniquement les résultats de la deuxième séance.**

Voici les améliorations que nous avons apportées aux questionnaires, après échange avec Mme Taffou :

- Au lieu de ne comporter qu'un questionnaire de cybermalaise post-expérience, la deuxième version comporte également un tel questionnaire pré-expérience (pour analyser finement l'influence de notre solution sur l'utilisateur).
- La deuxième version du questionnaire reprend désormais exactement le questionnaire de présence de l'UQO (Université du Québec en Outaouais).
- Dans sa deuxième version, le questionnaire de qualité comporte moins de questions, mais plus ciblées. De plus, la méthode de réponse est une échelle visuelle-analogique verticale, qui permet une échelle de réponses continue.

Notons que nous ne disposons que de trois échantillons au total : réaliser d'autres tests utilisateurs au Conservatoire permettrait d'obtenir plus de données et d'inférer des conclusions plus robustes.

### Résultats du questionnaire de cybermalaise

Au seuil de 5%, nous avons démontré que notre solution augmente significativement le cybermalaise chez les utilisateurs.<sup>1</sup> Diminuer le cybermalaise est donc naturellement devenu une perspective d'amélioration.

### Résultats du questionnaire de présence

Nous avons utilisé le questionnaire de présence de l'UQO. Pour la sous-échelle "Réalisme" de leur nomenclature, notre solution a obtenu une moyenne de 30,6 et un écart-type de 4.<sup>2</sup> Ceci est du même ordre de grandeur que la norme établie dans le document de référence de l'UQO, réalisée sur une centaine de participants. C'est donc un résultat encourageant pour la suite.

### Résultats du questionnaire sur le produit

La troisième partie du questionnaire nous a permis de mesurer la qualité des fonctionnalités que nous avons proposées. Elle nous a permis de conclure que :

- Aucun résultat statistiquement significatif ne permet de montrer que le poids du casque gêne fortement l'utilisateur.<sup>3</sup>
- Aucun résultat ne nous permet de montrer que les environnements visuels dans lesquels nous immergeons les musiciens sont adaptés aux configurations de réverbération active du CNSMDP.<sup>4</sup> En effet, le 29 octobre, jour des tests, le système ambisonique n'était pas fonctionnel, ce qui nous a empêché d'acquérir des données. Cependant, les commentaires informels que nous avons échangés avec les musiciens lors de la première

<sup>1</sup> Questionnaire de cybermalaise de l'UQO. t-test unilatéral pour échantillons appariés, sur 3 échantillons par série ;  $p = 0.047$ . Voir détails des résultats en annexe.

<sup>2</sup> Sur 3 échantillons. Voir détails des résultats en annexe.

<sup>3</sup> Réponse sur échelle visuelle/analogique, à valeurs dans  $[0,10]$  (une valeur faible indique une gêne faible). Nous avons considéré qu'une valeur de gêne supérieure à 1 indique une forte gêne. Test réalisé : one-sample t-test unilatéral sur 3 échantillons, en comparaison avec  $\mu=1$ , au seuil de 5%. Voir détails des résultats en annexe.

<sup>4</sup> Réponse sur échelle visuelle/analogique, à valeurs dans  $[0,10]$  (une valeur faible indique que l'environnement sonore n'est pas assez réverbéré par rapport à l'environnement visuel, une valeur élevée indique le contraire, et la valeur 5 indique une adaptation parfaite). Voir détails des résultats en annexe.

session de tests nous ont indiqué que nous étions sur la bonne voie. D'autres séances de tests auraient pu permettre d'acquérir plus de données pour conclure, mais les vacances du Conservatoire nous ont empêché d'en mener de nouvelles.

- Les données montrent que le fait de ne pas voir l'instrument réel provoque une gêne significative.<sup>5</sup> Elles montrent aussi que le fait de ne pas voir les partitions provoque une gêne significative.<sup>6</sup> Cela confirme *a posteriori* la nécessité de notre deuxième objectif pour pallier les problèmes intrinsèques à la VR.
- Aucun résultat statistiquement significatif ne permet de montrer que le système de partitions apporte une aide à l'utilisateur.<sup>7</sup> Un biais que nous avons identifié et qui peut expliquer cette absence de résultat significatif concerne les instruments qu'ont utilisés tous les musiciens le jour du test. En effet, leurs instruments étaient en cuivre et provoquaient de fortes réflexions qui empêchaient le casque de se repérer correctement dans l'espace. Cela a causé des saccades qui ont rendu désagréable l'interaction avec les partitions. Néanmoins, il convient de noter que les commentaires informels que nous avons échangés avec les musiciens nous ont montré que le système leur était tout de même utile. Tester sur une diversité d'instruments plus grande aurait probablement pu nous aider à conclure.

## Conclusion et perspectives

### Conclusion

Nous avons développé des fonctionnalités pour chacun des trois objectifs que nous avons formulés.

En ce qui concerne le premier objectif (immersion dans un environnement visuel correspondant à la réponse sonore de la salle) :

- Nous avons proposé un logiciel de VR, dans lequel nous immergeons les musiciens dans divers environnements.
- Les tests ont montré que le réalisme n'est pas parfait, mais que le résultat est encourageant.
- Par manque de données, on ne peut pas conclure sur la correspondance visuo-auditive (et *a fortiori* sur la résolution du conflit sous-jacent), mais les commentaires informels nous montrent que nous sommes sur la bonne voie.
- Une des principales pistes d'améliorations concerne l'amélioration de la cybersickness, pour que notre solution puisse être utilisée pour de vraies répétitions sans affecter l'état des musiciens.

En ce qui concerne le deuxième objectif (résolution des problèmes intrinsèques à la VR) :

- Les tests utilisateurs ont permis de le justifier *a posteriori* (la gêne provoquée par le fait de ne pas voir la partition ni l'instrument est significative).
- Notre fonctionnalité se concentre uniquement sur la visualisation et l'interaction avec une partition virtuelle (l'idée de proposer un instrument virtuel a été abandonnée car trop complexe étant donné les délais).
- Nos résultats ne permettent pas de montrer que cette fonctionnalité apporte une aide au musicien. Néanmoins, nous avons identifié un biais qui permet d'expliquer ce fait, et les commentaires informels nous montrent que nous avons progressé sur le sujet.

En ce qui concerne le troisième objectif, notre solution se présente sous la forme d'un exécutable, qui peut se mettre en place simplement avec un unique installateur sur un ordinateur muni du casque adéquat. De plus, nous fournissons un guide technique et un guide utilisateur.

Ainsi, en proposant ces fonctionnalités, nous répondons à la problématique que nous avons formulée conjointement avec le CNSMDP. Nous espérons que cette solution que nous avons produite permettra d'accélérer le développement de la salle ambisonique du conservatoire.

### Perspectives

Nous avons identifié trois grandes perspectives, si le projet devait être amélioré ultérieurement :

- Une première perspective claire concerne **la baisse du cybermalaise** chez les utilisateurs. On pense par exemple à l'ajout de vie dans les modèles (spectateurs, etc.).

---

<sup>5</sup> Même configuration que pour la note 3.  $p = 0.0002$ . Voir détail des résultats en annexe.

<sup>6</sup> Même configuration que pour la note 3.  $p = 0.033$ . Voir détail des résultats en annexe.

<sup>7</sup> Réponse sur échelle visuelle/analogique, à valeur dans  $[0,10]$  (une valeur faible indique une forte aide, une valeur élevée indique une forte gêne, et la valeur 5 indique qu'il n'y a eu ni gêne ni aide : une valeur inférieure à 5 indique une aide). Test réalisé : one-sample t-test unilatéral sur 3 échantillons, en comparaison avec  $\mu=5$ , au seuil de 5%. Voir détail des résultats en annexe.

- Une autre perspective concerne l'utilisation de la **réalité augmentée** en complément de la réalité virtuelle. Cela pourrait permettre d'afficher dans le casque les vraies partitions, voire les vrais instruments et les autres musiciens, et ainsi répondre aux objectifs mis de côté pendant le projet pour compléter le deuxième objectif.
- Une dernière perspective concerne **l'optimisation des modèles**, pour passer sous Oculus (plus portable et moins coûteux).

### Répartition des tâches

**Marius** : graphic designer (choix et préparation des environnements)

**César** : data scientist (questionnaire et tests utilisateurs) & developer (développement du menu ergonomique)

**Louis-Justin** : code maintenir (qualité du code), 3D modeling (pupitre)

**Guillaume** : UX designer, developer (développement du système de partitions) & rédaction des guides

**Pierre** : developer (développement de la détection du tracker), film producer

**Florent** : project manager (planification) & developer (développement du *launcher*)

### Liste des environnements

- **Dojo : 12 X 11 m** - Le dojo est le lieu consacré à la pratique des budō (arts martiaux japonais), mais aussi à la méditation bouddhiste zen. En japonais, dō signifie littéralement la voie, et le dōjō est le lieu où l'on étudie/cherche la voie. Ce modèle de dojo est inspiré du film Matrix.
- **Gallery : 14.5 X 5.5 m** - Le musée Hallwyl est situé à Stockholm, en Suède. C'était autrefois la résidence de Walther et Wilhelmina von Hallwyl. Ce palais, achevé en 1898, a été construit comme résidence d'hiver pour le couple immensément riche. Le musée comporte une galerie de tableaux, située au dernier étage. La comtesse Wilhelmina von Hallwyl était une collectionneuse passionnée d'œuvres d'art néerlandaises et flamandes de l'âge d'or. Cette collection constitue une sorte d'encyclopédie de l'âge d'or de l'art néerlandais.
- **Madame Walker Theatre : 27 X 23 m** - Le Madam C. J. Walker Building, a été construit en 1927 dans la ville d'Indianapolis, dans l'État américain de l'Indiana. Il a été classé monument historique national en 1991. Le Walker Building, un bâtiment polyvalent de quatre étages, a été nommé en l'honneur de Madame C. J. Walker, une entrepreneuse américaine. Ce lieu historique de rassemblement et d'organisation d'événements communautaires et de programmes artistiques et culturels a été sauvé de la démolition dans les années 1970. Le bâtiment restauré, qui comprend des motifs africains, égyptiens et mauresques, est l'un des rares bâtiments Art déco africains restants aux États-Unis. Recommandé pour le modèle d'acoustique **Theatre**.
- **Museum : 38 X 22 m** - Le Natural History Museum of London est l'un des trois grands musées situés le long de Exhibition Road dans le quartier de Kensington à Londres (les deux autres sont le Science Museum et le Victoria and Albert Museum). Il abrite des collections de sciences de la vie et de la terre (environ 70 millions de spécimens). Rempli des trouvailles de l'ancien empire colonial, il comprend des collections apportées par l'explorateur James Cook et le naturaliste Charles Darwin. La salle Hintze est la salle principale du musée, nommée en l'honneur d'un généreux donateur. Au centre se trouve un squelette de baleine bleue de 25 mètres de long. Recommandé pour le modèle d'acoustique **Symphony theatre**.
- **Saint Peters : 37 X 17 m** - L'église Saint Peters est une église paroissiale de Ugborough, Devon, datant du début du 14<sup>ème</sup> siècle. Recommandé pour le modèle d'acoustique **Cathedral**.
- **The Guild Hall : 46 X 14 m** - Le Guildhall est un bâtiment de la Cité de Londres, dont il fut l'hôtel de ville pendant plusieurs siècles. L'édifice actuel, situé sur Cheapside et Basinghall Street, fut bâti entre 1411 et 1440, et il est le seul édifice médiéval non religieux dans la Cité de Londres ayant survécu jusqu'à aujourd'hui. Recommandé pour le modèle d'acoustique **Concert Hall**.
- **The King's Hall : 19 X 13 m** - Le château de Skokloster, construit entre 1654 et 1676, est l'un des plus importants musées baroques du monde et la plus grande demeure aristocratique jamais construite en Suède. La salle du roi est l'une des salles principales du château. Recommandé pour les modèles d'acoustique **Room** et **Small room**.
- **Tunnel : 200 X 4 m** - Le tunnel de Leake Street sous la gare de Waterloo, à Londres, est entièrement recouvert de graffitis. Les graffitis ont commencé pendant le Cans Festival, organisé par Banksy du 3 au 5 mai 2008. Ce modèle permet de visualiser un environnement à l'acoustique très atypique et fortement réverbératrice.
- **Eze village : Environnement extérieur** - Èze est une commune française située dans le département des Alpes-Maritimes. Elle s'étend en bord de mer du Cap Roux à la pointe de Cabuel. Perché en nid d'aigle au sommet d'une imposante et superbe falaise, ce village typiquement provençal offre de superbes panoramas sur la mer et la côte.

- **CNSMDP : 9 X 8 m** - Créé en 1795, le Conservatoire national supérieur de musique et de danse de Paris est le premier établissement public français de transmission des arts musicaux et chorégraphiques. En 1990, le conservatoire s'installe à la Cité de la musique au Parc de la Villette, dans le cadre des Grands travaux de François Mitterrand. Il dispose d'une salle ambisonique, c'est-à-dire à l'acoustique contrôlable.

## Résultats détaillés des tests statistiques

Cette partie se présente en deux parties :

- Nous présentons le questionnaire que nous avons proposé aux utilisateurs du CNSM lors des tests du 29 octobre.
- Nous présentons ensuite les résultats issus de cette séance de tests.

Par ailleurs, le questionnaire demande le “prototype testé”. Il correspond aux notions suivantes :

- NOSOUND : pas de réverbération active, pas de système de RV
- NOVR : système de réverbération active, sans système de RV
- VR : système de réverbération active, système de VR avec affichage des environnements uniquement (pas de système de partitions)
- AR : système de réverbération active, système de VR complet (avec affichage de partitions, et système d'interactions).

En pratique, nous n'avons testé que le prototype AR.



## Sound2Vision – Note d'information à l'attention du participant et formulaire de non opposition

Madame, Monsieur,

Nous sommes étudiants à l'Ecole des MINES ParisTech et nous avons développé une application 3D interactive dans le cadre de l'UE 31 MOVIE (MOndes Vlruels : Enjeux, technologies et société) que nous suivons dans le cadre de notre formation. Nous vous proposons de participer à une étude utilisateur qui a pour but d'évaluer cette application que nous avons développée.

Vous pourrez prendre le temps de lire et comprendre ces informations, de réfléchir à votre participation, et nous demander de vous expliquer ce que vous n'aurez pas compris.

Notre application de réalité virtuelle vise à proposer un environnement visuel immersif correspondant à l'ambiance sonore offerte par la réverbération active. Nous cherchons à déterminer si utiliser cette application a une réelle plus-value pour le musicien, c'est-à-dire si l'immersion est accentuée et si cela ne génère pas de situation d'inconfort.

### Comment se déroulera cette étude ?

L'étude a lieu dans la salle de réverbération active du CNSMDP.

Vous serez équipé du casque HTC Vive de réalité virtuelle et de votre instrument. Vous serez assis ou debout (selon votre instrument).

Vous allez jouer de votre instrument sans casque ni réverbération, sans casque mais avec réverbération, puis en totale immersion, puis ensuite avec la vision de vos mains et de partitions (avec casque). Ensuite, vous remplirez un questionnaire pour connaître vos sensations dans chaque situation.

### Quels sont les risques prévisibles ?

Les risques possibles sont :

- inconfort dû à la lourdeur du casque
- cybersickness, qui correspond à un ensemble de symptômes dû au port du casque et la non-cohérence entre la vue et les autres sens
- inconfort de jeu dû à la non perception visuelle de l'instrument

Veuillez ne pas vous déplacer hors de la zone indiquée avec le casque pour éviter tout risque de chute ou de choc.

### Que vont devenir vos données recueillies lors de l'étude ?

Toutes les données collectées le sont dans le but d'évaluer notre application 3D interactive, elles ne seront pas traitées ultérieurement de manière incompatible avec ces finalités. Un numéro de code vous a été attribué, les données seront ainsi conservées sous une forme garantissant l'anonymat.

Les résultats de cette recherche peuvent être présentés et/ou publiés. Cependant, vos données personnelles ne seront aucunement identifiables car elles auront été préalablement rendues confidentielles grâce au codage qui ne mentionne ni votre nom, ni votre prénom.

### Quels sont vos droits ?

Vous êtes libre d'accepter ou de refuser de participer à cette étude ou d'interrompre votre participation sans avoir à vous justifier.

Durée totale de l'étude : 30 minutes

Nom/Prénom/Identifiant du participant :

Acceptez-vous de participer à cette étude utilisateur ?

☐ oui

☐ non

Date :

Signature :

## Sound2Vision – Questionnaire préliminaire (cybermalaise)

Identifiant :	Date :
---------------	--------

### Questionnaire sur les cybermalaises

*Encerclez à quel point chaque symptôme ci-dessous vous affecte présentement.*

1. Inconfort général			
Pas du tout	Un peu	Modérément	Sévèrement
2. Fatigue			
Pas du tout	Un peu	Modérément	Sévèrement
3. Mal de tête			
Pas du tout	Un peu	Modérément	Sévèrement
4. Fatigue des yeux			
Pas du tout	Un peu	Modérément	Sévèrement
5. Difficulté à faire le focus			
Pas du tout	Un peu	Modérément	Sévèrement
6. Augmentation de la salivation			
Pas du tout	Un peu	Modérément	Sévèrement
7. Transpiration			
Pas du tout	Un peu	Modérément	Sévèrement
8. Nausées			
Pas du tout	Un peu	Modérément	Sévèrement
9. Difficulté à se concentrer			
Pas du tout	Un peu	Modérément	Sévèrement
10. Impression de lourdeur de tête			
Pas du tout	Un peu	Modérément	Sévèrement
11. Vision embrouillée			
Pas du tout	Un peu	Modérément	Sévèrement
12. Etourdissement les yeux ouverts			
Pas du tout	Un peu	Modérément	Sévèrement
13. Etourdissement les yeux fermés			
Pas du tout	Un peu	Modérément	Sévèrement
14. Vertiges (perte de l'orientation par rapport à la position verticale)			
Pas du tout	Un peu	Modérément	Sévèrement
15. Conscience de l'estomac (sentiment d'inconfort sans nausées)			
Pas du tout	Un peu	Modérément	Sévèrement
16. Rots			
Pas du tout	Un peu	Modérément	Sévèrement

### Sound2Vision – Questionnaire post-expérience (cybermalaise)

Identifiant :	Date :
Entourez le prototype correspondant : NOSOUND NOVR VR AR	

*Encerlez à quel point chaque symptôme ci-dessous vous affecte présentement.*

17. Inconfort général			
Pas du tout	Un peu	Modérément	Sévèrement
18. Fatigue			
Pas du tout	Un peu	Modérément	Sévèrement
19. Mal de tête			
Pas du tout	Un peu	Modérément	Sévèrement
20. Fatigue des yeux			
Pas du tout	Un peu	Modérément	Sévèrement
21. Difficulté à faire le focus			
Pas du tout	Un peu	Modérément	Sévèrement
22. Augmentation de la salivation			
Pas du tout	Un peu	Modérément	Sévèrement
23. Transpiration			
Pas du tout	Un peu	Modérément	Sévèrement
24. Nausées			
Pas du tout	Un peu	Modérément	Sévèrement
25. Difficulté à se concentrer			
Pas du tout	Un peu	Modérément	Sévèrement
26. Impression de lourdeur de tête			
Pas du tout	Un peu	Modérément	Sévèrement
27. Vision embrouillée			
Pas du tout	Un peu	Modérément	Sévèrement
28. Etourdissement les yeux ouverts			
Pas du tout	Un peu	Modérément	Sévèrement
29. Etourdissement les yeux fermés			
Pas du tout	Un peu	Modérément	Sévèrement
30. Vertiges (perte de l'orientation par rapport à la position verticale)			
Pas du tout	Un peu	Modérément	Sévèrement
31. Conscience de l'estomac (sentiment d'inconfort sans nausées)			
Pas du tout	Un peu	Modérément	Sévèrement
32. Rots			
Pas du tout	Un peu	Modérément	Sévèrement

### Sound2Vision – Questionnaire post-expérience (présence)

Identifiant :	Date :
Entourez le prototype correspondant : NOSOUND NOVR VR AR	
Si VR ou AR :                      Preset Sonore :	Environnement Visuel :

*Décrivez votre expérience dans l'environnement en entourant la case appropriée de l'échelle en 7 points, et ce en accord avec le contenu de la question et les étiquettes descriptives. Veuillez prendre en compte l'échelle en entier lorsque vous inscrivez vos réponses, surtout lorsque des niveaux intermédiaires sont en jeu. Répondez aux questions indépendamment les unes des autres et dans l'ordre dans lequel ils apparaissent. Ne sautez pas de questions et ne retournez pas à une question précédente afin de modifier votre réponse.*

*Ce questionnaire est issu du Laboratoire de Cyberpsychologie de l'UQO.*

33. Dans quelle mesure étiez-vous capable de contrôler les événements ?

Pas du tout			Assez			Complètement
-------------	--	--	-------	--	--	--------------

34. Dans quelle mesure l'environnement était-il réactif (sensible) aux actions que vous y faisiez ?

Pas réactif			Modérément réactif			Complètement réactif
-------------	--	--	--------------------	--	--	----------------------

35. Dans quelle mesure vos interactions avec l'environnement vous semblaient-elles naturelles ?

Extrêmement artificielles			A mi-chemin			Complètement naturelles
---------------------------	--	--	-------------	--	--	-------------------------

36. Dans quelle mesure les aspects visuels de l'environnement vous invitaient-ils à vous y impliquer ?

Pas du tout			Assez			Complètement
-------------	--	--	-------	--	--	--------------

37. Dans quelle mesure les mécanismes permettant votre mouvement dans l'environnement vous semblaient-ils naturels ?

Extrêmement artificiels			A mi-chemin			Complètement naturels
-------------------------	--	--	-------------	--	--	-----------------------

38. Dans quelle mesure vos sens étaient-ils trompés par le réalisme du mouvement des objets à travers l'espace ?

Pas du tout			Modérément trompés			Très trompés
-------------	--	--	--------------------	--	--	--------------

39. Dans quelle mesure les expériences que vous avez vécues dans l'environnement virtuel ressemblaient-elles à celles de l'environnement réel ?

Pas ressemblant			Modérément ressemblant			Très ressemblant
-----------------	--	--	------------------------	--	--	------------------

40. Étiez-vous capable d'anticiper les conséquences des mouvements que vous faisiez ?

Pas du tout			Assez			Complètement
-------------	--	--	-------	--	--	--------------

41. Jusqu'à quel point étiez-vous en mesure d'explorer activement l'environnement de façons visuelle ?

Pas du tout			Assez			Complètement
-------------	--	--	-------	--	--	--------------

42. Jusqu'à quel point la sensation de déplacement à l'intérieur de l'environnement virtuel était-elle confondante (réaliste) ?

Pas confondante			Modérément confondante			Très confondante
-----------------	--	--	------------------------	--	--	------------------

43. A quelle distance pouviez-vous examiner les objets ?

Pas proche du tout			Plutôt proche			Très proche
--------------------	--	--	---------------	--	--	-------------

44. Jusqu'à quel point pouviez-vous examiner les objets sous différents angles ?

Pas du tout			Assez			Complètement
-------------	--	--	-------	--	--	--------------

45. Jusqu'à quel point étiez-vous impliqué(e) dans l'expérience vécue dans l'environnement virtuel ?

Pas du tout engagé(e)			Moyennement engagé(e)			Complètement absorbé(e)
-----------------------	--	--	-----------------------	--	--	-------------------------

46. Jusqu'à quel point avez-vous ressenti un délai séparant vos actions de leurs conséquences ?

Aucun délai			Délai modéré			Long délai
-------------	--	--	--------------	--	--	------------

47. A quel rythme vous êtes-vous adapté(e) à l'expérience vécue dans l'environnement virtuel ?

Pas adapté(e) du tout			Lentement			En moins d'une minute
--------------------------	--	--	-----------	--	--	--------------------------

48. En termes d'interactions et de déplacements dans l'environnement virtuel, jusqu'à quel point vous sentiez-vous compétent(e) à la fin de l'expérience ?

Pas compétente			Raisonnement compétente			Très compétente
-------------------	--	--	----------------------------	--	--	--------------------

49. Jusqu'à quel point la qualité visuelle de l'appareillage graphique vous a-t-elle incommodé(e) dans l'exécution des tâches requises ?

Pas du tout			Assez incommodé(e)			Tâches complètement empêchées
-------------	--	--	-----------------------	--	--	-------------------------------------

50. Dans quelle mesure les mécanismes de contrôle de votre mouvement ont-ils interféré avec l'exécution des tâches requises ?

Pas du tout			Assez interféré			Grandement interféré
-------------	--	--	--------------------	--	--	-------------------------

51. Jusqu'à quel point êtes-vous parvenu(e) à vous concentrer sur les tâches requises plutôt que sur les mécanismes utilisés pour effectuer lesdites tâches ?

Pas du tout			Assez			Complètement
-------------	--	--	-------	--	--	--------------

52. Dans quelle mesure les aspects auditifs de l'environnement vous invitaient-ils à vous y impliquer ?

Pas du tout			Assez			Complètement
-------------	--	--	-------	--	--	--------------

53. Dans quelle mesure arriviez-vous à identifier correctement les sons produits dans l'environnement ?

Pas du tout			Assez			Complètement
-------------	--	--	-------	--	--	--------------

54. Dans quelle mesure arriviez-vous à localiser correctement les sons produits dans l'environnement ?

Pas du tout			Assez			Complètement
-------------	--	--	-------	--	--	--------------

55. Dans quelle mesure pouviez-vous explorer activement et de façon tactile (par le toucher) l'environnement ?

Pas du tout			Assez			Complètement
-------------	--	--	-------	--	--	--------------

56. Jusqu'à quel point pouviez-vous déplacer ou manipuler les objets dans l'environnement virtuel ?

Pas du tout			Assez			Complètement
-------------	--	--	-------	--	--	--------------

## Sound2Vision – Questionnaire post-expérience (qualité du produit)

Identifiant :	Date :
Entourez le prototype correspondant : NOSOUND NOVR VR AR	
Si VR ou AR :            Preset Sonore :	Environnement Visuel :

Sur les échelles verticales, notez avec un trait le niveau auquel vous pensez vous situer.

57. Quel instrument avez-vous joué ?

--

58. Gêne liée au poids du casque

Très grande gêne
Pas de gêne du tout

59. Adaptation de l'environnement sonore à l'environnement virtuel : étant donné l'environnement visuel...

... l'environnement sonore était trop réverbéré
... l'environnement sonore était adapté
... l'environnement sonore n'était pas assez réverbéré

60. Gêne procurée par le fait de ne pas voir l'instrument réel

Très grande gêne
Pas de gêne du tout

61. Gêne procurée par le fait de ne pas avoir la partition réelle

Très grande gêne
Pas de gêne du tout

62. Aide ou gêne procurée par le fait de voir la partition virtuelle

Très grande gêne
Très grande aide

63. Aide ou gêne procurée par l'interaction avec la partition virtuelle

Très grande gêne
Très grande aide

64. Autres remarques et commentaires ?

--

# utilisateur	3	4	5
Date	29/10/2021	29/10/2021	29/10/2021
Prototype (NOSOUND, NOVR, VR, AR) AR	AR	AR	
Identifiant unique de la réponse	4	5	6

Cybermalaise prélim ([0,3])	-	-	-
1	2	0	1
2	2	1	2
3	2	0	0
4	2	0	0
5	1	0	1
6	0	0	0
7	0	0	0
8	0	0	0
9	0	0	1
10	1	0	1
11	2	0	0
12	2	0	0
13	0	0	0
14	1	0	0
15	0	0	0
16	0	0	0
Cybermalaise prélim ([0,48])	15	1	6

Cybermalaise post ([0,3])	-	-	-
17	2	1	1
18	2	0	1
19	2	1	0
20	2	0	1
21	2	0	2
22	0	0	0
23	0	1	2
24	0	0	0
25	0	1	1
26	2	0	1
27	0	0	1
28	2	0	0
29	0	0	0
30	2	1	0
31	0	0	0
32	0	0	0
Cybermalaise post ([0,48])	16	5	10

Présence ([1,7])	-	-	-	
33		5	5	6
34		7	6	6
35		4	5	5
36		2	6	6
37		3	5	4
38		3	4	4
39		4	4	5
40		3	6	6
41		4	6	5
42		4	1	5
43		1	3	5
44		6	4	6
45		7	5	6
46		7	5	6
47		2	3	6
48		2	5	5
49		3	3	4
50		1	4	3
51		5	4	6
52		1	6	6
53		1	6	5
54		1	3	5
55		1	3	3
56		6	1	3
Présence		83	103	121
Catégorie : Qualité de l'interface		11	12	13
Catégorie : Réalisme		27	30	35
Catégorie : Total net		73	84	99

Qualité	-	-	-	
57 (qualitative)	Trombone	Trombone	Trombone	
58		6,4	1,4	4
59 (non répondue, car problème technique au cnsn)	-	-	-	
60		7,1	7,6	7,3
61		3,8	6,9	3,8
62		3,1	6,9	6,6
63		9,5	7,1	7,1

Les interprétations de ces résultats sont effectuées dans le document principal. Notons néanmoins que :

- Comme indiqué, la réponse 59 (adaptation du système visuel au preset auditif) n'a pas pu être correctement prise en compte puisque le système de réverbération active n'était pas fonctionnel ce jour-là ;
- La réponse 63 présente de mauvais résultats, mais nous avons identifié un biais pour l'expliquer (le cuivre des instruments utilisés). Réaliser de nouveaux tests avec d'autres instruments permettrait d'obtenir un résultat moins biaisé.