



Université de Bretagne Occidentale

TEMPS D'ACCUEIL EN LABORATOIRE

Sonification

Étudiant

KEBAILI AGHILES

Encadreur

DELCOMBEL NICOLAS

11 juin 2021

1 Introduction

De plus en plus d'attaques d'envergure ont lieu sur des réseaux informatiques importants. Le nombre de données à analyser étant en expansion constante, il devient de plus en plus difficile de détecter certains types de cyber-attaques. Afin de palier à ce problème, des visualisations interactives (Immersive analytics) sont créées pour aider les opérateurs dans leurs tâches de protection des réseaux.

L'"Immersive analytics", définit comme étant l'usage de nouvelles technologies offrant des interfaces multi-sensorielles permettant de s'immerger dans des données, peut répondre à certaines de ses problématiques. Ce projet TAL se concentre plus particulièrement sur la détection de cyber-attaques grâce à une nouvelle approche de visualisation de données faisant appel à la sonification.

L'ajout d'une nouvelle dimension sonore peut se mettre efficacement au service de la cybersécurité, et pourrait en plus de cela augmenter l'immersion de l'utilisateur et améliorer ses performances dans des environnement de réalité virtuelle et/ou augmentée, le but étant de combiner la sonification avec des méthodes classiques de détection d'anomalies.

2 Travaux connexes

La sonification a été employé dans diverses domaines très importants comme l'astrophysique, l'aéronautique, la chimie, et parfois dans le divertissement ou à des fins artistiques [8, 7, 3]. L'un des plus anciens travaux et le plus cité en sonification est le compteur Geiger-Müller [1], il s'agit d'un dispositif scientifique utilisant la sonification pour mesurer un taux de radiation. En aéronautique, Valery et al. [11] ont proposé une étude où deux groupes de pilotes, aveugles et voyants, ont réalisé une expérience consistant à exécuter diverses manoeuvres successives en vol, et ce, sur la base d'une sonification de l'avion. Les résultats suggèrent qu'un affichage auditif pourrait fournir des informations supplémentaires utiles aux pilotes en cas de désorientation. En chimie, Yeung et al. [2] ont mené une expérience dans laquelle ils ont associé différents éléments chimiques à un son. Après une période d'entraînement, ils ont été capables de classer correctement 98 %

des échantillons grâce aux signatures sonores. Dans le domaine de l'astrophysique, des expériences de sonification ont été faites par la NASA sur des données provenant de plusieurs missions, c'est dans un projet du Chandra X-ray center (CXC) qu'on a pu sonifier les données de trois grandes entités cosmiques : La nébuleuse du crabe, le Bullet Cluster et la supernova 1987A. Une démo de ces sonifications est disponible sur la page du Chandra X-ray [12].

Plus particulièrement, dans le domaine de la visualisation 3D, il y'a eu aussi de nombreux travaux. Ribeiro et al. [6] ont proposé une réalité augmentée auditive dans laquelle ils sonifient des objets qui ne produisent pas de son en réalité. Le but étant d'aider les personnes malvoyantes en exploitant la capacité innée de l'homme à localiser les sources sonores en 3D. Rau et al. [9], dans une étude de biologie structurale, ont pu ajouter une couche auditif à la visualisation moléculaire dans un environnement de réalité virtuelle. Le son a été employé pour mettre en évidence des événements importants lors des simulations de dynamiques moléculaires, et entre autre, avoir plus d'immersion. Roodaki et al. [10] proposent dans une étude sur un environnement de réalité augmentée sonifié, des techniques de *mappings* permettant à l'utilisateur de mieux s'adapter et de minimiser l'effort mentale lorsqu'il est mené à faire des tâches exigeantes en concentration. Ceci présente un avantage majeur par rapport aux méthodes de réalité augmentée visuelle conventionnelles, en particulier lorsque la quantité d'informations visuelles distrait l'utilisateur.

3 Informations contextuelles

3.1 La sonification

La sonification est un type d'affichage auditif (Auditory display) dont le but est la transmission d'informations à l'utilisateur via des sons [5]. Plus précisément, en sonification, on utilise des signaux acoustiques non verbaux afin de représenter des données, ce qui ouvre des possibilités alternatives ou complémentaires aux techniques de visualisation traditionnelles.

La transmission d'informations se fait à travers des *mappings* spécifiques, systémiques et reproductibles. Plus concrètement, ce mapping définit la relation entre un objet, une action et un effet sonore, chaque action ou changement de l'état d'un objet aura un

impact sur la sonification résultante (Corrélation positive ou négative). Il existe plusieurs types de *mappings*, en voici les plus connus :

Le pitch est la propriété la plus communément utilisée, elle représente la fréquence audio des signaux acoustiques. L'avantage de cette propriété est la facilité à distinguer ses changements, les utilisateurs sont généralement capables de percevoir les différentes fréquences d'un son. Par ailleurs, les concepteurs sonore utilisent cette propriété pour transmettre différents types d'informations en jouant sur la fréquence, on peut l'utiliser pour montrer qu'une valeur augmente ou diminue (Quantité, Taille. Etc).

Le timbre est l'utilisation de différentes voix instrumentales, mais tout en ayant un pitch est identique, par exemple un piano, un tuba ou un violon. C'est utile si on veut transmettre plusieurs catégories d'informations sur plusieurs objets différents.

La durée du son peut impacter la manière dont l'utilisateur interagit avec un objet, elle peut représenter, par exemple, un degré d'importance pour attirer l'attention de l'utilisateur, comme pour un message de *Warning*. Il est aussi possible d'ajuster la durée pour qu'elle coïncide avec mouvement ou une action, cela permet d'avoir plus d'immersion. Cependant, une durée trop longue peut avoir un impact négative sur l'expérience de l'utilisateur, peut aussi couvrir d'autres sons importants. Pour réduire la fatigue ou la confusion liées à un effet sonore très long, on peut ajouter un effet fondu du son en début et à la fin.

Le volume, ou **intensité**, est utile pour la transmission d'informations liées à une distance ou à une quantité, un faible volume peut signifier une grande distance par exemple.

La reconnaissance des changements dans un volume peut cependant, être très difficile pour un utilisateur, il faut s'assurer que le saut dans le volume est assez grand pour permettre à ce dernier de la distinguer. Il peut aussi être difficile de garantir les différents niveaux de volume standards sur plusieurs plateformes et appareils.

Le tempo est la propriété qui définit la vitesse à laquelle on joue une série de sons, peut transmettre des informations relatives à la vitesse, au mouvement et au temps. L'utilisation de cette propriété est très efficace pour la comparaison de différents niveaux de valeurs, et les changements de tempo sont facilement discernable par l'utilisateur.

La réverbération est le degrés ou la quantité

d'écho d'un effet sonore. Permet de créer des sons très réalistes et augmente ainsi l'immersion de l'utilisateur, cette propriété est donc très importante dans la sonification d'un environnement de réalité virtuelle ou augmentée. De nature, tout les sons possèdent un niveau de réverbération, mais il est possible de diminuer cette valeur pour avoir des sons plus claires. La réverbération peut être utilisée pour transmettre des effets d'instabilité ou d'interférence.

La spatialisation sonore est aussi l'une des propriétés clés pour avoir une immersion totale dans des environnements de réalité virtuelle ou augmentée. L'audition humaine est capable de déterminer, la position des sources sonores dans l'espace en se basant sur les signaux sonores reçus dans les deux oreilles, et en ajoutant cette dimension spatiale au son, on peut modéliser des mouvements physiques, on peut simuler un rendu d'éloignement ou placement horizontal pour donner l'illusion à l'utilisateur qu'un son provient de sa droite ou de sa gauche [13].

3.2 Les limites de la perception auditive

Comme nous avons pu le voir dans la sous-section précédente, il existe plusieurs propriétés sur lesquelles on peut jouer afin de créer une relation entre une interaction de l'utilisateur, et un son. Cependant, certaines de ses propriétés sont soumises à des contraintes physiques de la perception auditive humaine. Ne pas respecter ces contraintes peut parfois ruiner l'expérience de l'utilisateur, ou voir même être nocif à l'audition dans certains cas. Voici quelques valeurs utiles :

- **L'intensité** maximum qu'un être humain peut percevoir sans causer des dommages au système auditif est de 120 dB SPL, au delà de cette valeur, il y a risque de causer des douleurs et des lésions au niveau de l'oreille.
- La plage de **fréquences** perceptibles est de 16 Hz, pour un son grave, à environ 16 000 Hz, pour un son aigu [4]. La distinction entre deux fréquences voisines est possible jusqu'à environ 4000 Hz.
- Un certain temps est requis pour percevoir un son. Les sons d'une **durée** d'une dixième de seconde sont mal déterminés, la perception s'affine au fur et à mesure que la durée augmente, jusqu'à atteindre une audition optimale à partir d'une demi-seconde [14].

Références

- [1] Hans GEIGER et Walther MÜLLER. “Elektronenzählrohr zur messung schwächster aktivitäten”. In : *Naturwissenschaften* 16.31 (1928), p. 617-618.
- [2] Edward S YEUNG. “Pattern recognition by audio representation of multivariate analytical data”. In : *Analytical Chemistry* 52.7 (1980), p. 1120-1123.
- [3] John DUNN et Mary Anne CLARK. “Life music : the sonification of proteins”. In : *Leonardo* 32.1 (1999), p. 25-32.
- [4] Claude-Henri CHOUARD. “L’oreille musicienne : Les chemins de la musique de l’oreille au cerveau”. In : *IEEE transactions on Visualization and Computer Graphics* (2001), p. 348.
- [5] David K MCGOOKIN et Stephen A BREWSTER. “Understanding concurrent earcons : Applying auditory scene analysis principles to concurrent earcon recognition”. In : *ACM Transactions on Applied Perception (TAP)* 1.2 (2004), p. 130-155.
- [6] Flavio RIBEIRO et al. “Auditory augmented reality : Object sonification for the visually impaired”. In : *2012 IEEE 14th international workshop on multimedia signal processing (MMSP)*. IEEE. 2012, p. 319-324.
- [7] Robert JOHNSTONE. “Creating a coral symphony : sound art and sonification”. In : *Etropic : electronic journal of studies in the tropics* 12.2 (2013).
- [8] Emmanouel ROVITHIS, Andreas MNIESTRIS et Andreas FLOROS. “Educational audio game design : sonification of the curriculum through a role-playing scenario in the audio game ‘Kronos’”. In : *Proceedings of the 9th Audio Mostly : A Conference on Interaction With Sound*. 2014, p. 1-6.
- [9] Benjamin RAU et al. “Enhancing visualization of molecular simulations using sonification”. In : *2015 IEEE 1st International Workshop on Virtual and Augmented Reality for Molecular Science (VARMS@ IEEEVR)*. IEEE. 2015, p. 25-30.
- [10] Hessam RODAKI et al. “Sonifeye : Sonification of visual information using physical modeling sound synthesis”. In : *IEEE transactions on Visualization and Computer Graphics* 23.11 (2017), p. 2366-2371.
- [11] Benoit VALÉRY et al. “Can an aircraft be piloted via sonification with an acceptable attentional cost ? A comparison of blind and sighted pilots”. In : *Applied ergonomics* 62 (2017), p. 227-236.
- [12] NASA/CXC/SAO/K.Arcand SYSTEM Sounds (M. Russo A. SANTAGUIDA). *Data Sonification : A New Cosmic Triad of Sound*. 2020. URL : https://www.nasa.gov/mission_pages/chandra/news/data-sonification-a-new-cosmic-triad-of-sound.html.
- [13] WIKIPÉDIA. *Spatialisation sonore — Wikipédia, l’encyclopédie libre*. [En ligne ; Page disponible le 30-décembre-2020]. 2020. URL : http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Spatialisation_sonore&oldid=178222919.
- [14] WIKIPÉDIA. *Audition humaine — Wikipédia, l’encyclopédie libre*. [En ligne ; Page disponible le 26-mars-2021]. 2021. URL : http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Audition_humaine&oldid=181278721.