

UNE SURFACE SONORE INTERACTIVE POUR L'ACCESSIBILITÉ MUSICALE

Auteurs anonymes

RÉSUMÉ

L'accessibilité à la pratique musicale est un défi pour les personnes atteintes de troubles du spectre de l'autisme. Nous proposons de combiner l'exploration musicale et tactile au moyen d'une surface interactive où des matières variées sont liées à différents environnements sonores. Nous décrivons deux itérations du dispositif : une preuve de concept en résidence qui nous a permis de valider l'intérêt du dispositif puis une surface textile permettant une interaction plus riche, stimulante et facilement transportable dans des lieux d'accueil médico-sociaux.

Les premiers essais avec ces publics ont montré le potentiel de ce mode d'interaction. En particulier sur la facilité avec laquelle les participant·e·s ont exploré la surface, offrant ainsi la possibilité de leur proposer des interactions musicales variées à travers une interface plus accessible que les instruments de musique traditionnels.

Ce dispositif, toujours en cours de développement, prend place dans un projet plus large d'accessibilité aux pratiques musicales et propose une alternative intime et personnelle par rapport aux activités de création collective portée par le projet.

1. INTRODUCTION

Plusieurs études ont mis en évidence l'impact positif que la pratique musicale pouvait avoir sur les personnes atteintes des troubles du neurodéveloppement [9], en particulier les enfants et jeunes adultes atteints de troubles du spectre autistique (TSA) [7, 1]. Le dispositif présenté ici s'inscrit dans un programme plus large d'accessibilité à la musique visant à proposer des interactions gestuelles pour la création musicale en groupe dans des contextes médico-sociaux¹.

Certains publics, en particulier les personnes touchées par des troubles du spectre autistique, peuvent présenter des difficultés à gérer leurs émotions dans des contextes socialement stimulant [6]. C'est pourquoi nous avons souhaité proposer en marge du projet une activité plus intime permettant aux participants qui le souhaitent de s'isoler du reste du groupe tout en gardant un lien avec la séance en cours.

Nous présentons dans cet article une surface interactive permettant à l'utilisateur·rice de parcourir un ensemble de textures variées réparties sur une surface d'environ $1m^2$.

1. Le nom du projet est retiré pour la soumission

La carte ainsi formée présente différentes zones associées chacune à un son qui est déclenché et manipulé en détectant et suivant le déplacement de la main sur la surface.

Ce dispositif a connu jusqu'ici deux versions, un premier prototype directement accroché sur une table et un deuxième plus facile à déplacer prenant la forme d'un tapis sensoriel réalisé en collaboration avec une couturière. Ces deux dispositifs ont été testés avec différents publics atteints ou non par des troubles du spectre de l'autisme.

Nous présentons d'abord quelques travaux similaires sur les environnements multisensoriels adaptés, et en particulier les surfaces sensorielles liant le mouvement au son. Nous décrivons ensuite le principe de fonctionnement de base du système et les deux implémentations réalisées à ce jour. Enfin nous présentons quelques résultats préliminaires et les perspectives de développement à venir.

2. TRAVAUX SIMILAIRES

Nous présentons ici quelques travaux proposant différentes interactions multisensorielles pour des personnes atteintes de TSA ou des interactions musicales qui pourraient être adaptées à ces publics.

Les recherches sur les environnements interactifs pour les personnes atteintes de troubles du spectre de l'autisme soulignent l'importance d'interactions présentant des liens de cause à effet clairs et prédictibles [8]. Par exemple, plusieurs travaux proposent des dispositifs visuels et auditifs interactifs basés sur le déplacement des participant·e·s dans un espace permettant une interaction libre et non-intrusive [8, 10]. La position du corps ainsi que la dynamique du mouvement entraînent un impact visuel et auditif facilement répétable qui invitent à l'exploration et au jeu tout en favorisant la sensation d'agentivité. Cibrian et al. proposent une interaction similaire en rajoutant une dimension tactile à l'aide d'une surface en tissu déformable contre laquelle l'enfant peut s'appuyer [3]. Ils ont trouvés qu'un tel dispositif semble favoriser l'enfant à impliquer son corps pour explorer l'espace sensorimoteur à leur disposition.

Dans une visée plus musicale, Ichino et al. proposent de favoriser l'expression et la créativité des enfants à travers une palette de peinture connectée permettant de tracer des lignes sur un écran. Ces lignes de peintures sont alors transformées en une partition assimilable à un rouleau de piano [5]. Un autre système musicale impliquant aussi le corps a été développé par Frisson et al. [4]. Ici, la position des corps dans l'espace induit le mouvement d'un curseur

sur un écran situé en face des participants. Bouger ce curseur permet alors d'explorer une carte sonore basée sur l'analyse de similarité entre différentes boucles audio. Le dispositif est pensé comme une expérience interactive en groupe.

Une autre approche proposée par Savary et al., appelée *Dirti*, est d'utiliser un fluide ou des grains dans un récipient et de mesurer la déformation de la lumière à travers ce milieu avec une caméra pour contrôler un moteur de synthèse sonore concaténative. Nous trouvons le traitement du toucher d'un tel dispositif particulièrement intéressant, considérant les différences de ressenti tactile observées chez les personnes atteintes de TSA [2].

Le dispositif que nous concevons doit être simple à transporter et rapide à mettre en œuvre. Nous proposons ici un système à mi-chemin entre le textile interactif de Cibrian et al. et l'approche plus frugale de Savary et al. avec *Dirti*.

3. PRINCIPES D'INTERACTIONS

Le dispositif se base sur une surface composée d'un ensemble de matériaux divers répartis en zones. Ces zones correspondent à un découpage de la surface suivant les frontières entre des matériaux différents, des couleurs différentes ou des mises en formes différentes. Les zones peuvent éventuellement se superposer. Cette surface invite donc à parcourir par le toucher différentes textures.

L'interaction est basée sur l'association de ces zones avec différents environnements sonores. Les utilisateur-rices parcourent la surface librement et la présence de leur main dans une zone entraîne alors l'interaction avec l'environnement sonore correspondant. Les sons peuvent être de nature variée, des textures agissant comme des métaphores de l'action sur la matière ou des éléments plus musicaux. Dans leur forme la plus simple, se sont des boucles sonores qui sont jouées tant que la main se trouve dans la zone.

Le choix du son et de l'interaction a été jusqu'ici motivé par différents principes d'interactions :

- renforcer la sensation provoquée par la matière en accentuant une certaine propriété du toucher par une texture sonore (rugosité, douceur ou légèreté par exemple) ;
- accompagner l'exploration d'une zone par une nappe musicale ou un enregistrement de terrain, créant ainsi une atmosphère particulière ;
- motiver une action sur la surface en sonifiant par exemple la vitesse de déplacement de la main.

Des exemples concrets de ces principes sont donnés plus bas dans la description des surfaces réalisées

4. IMPLÉMENTATION

Nous avons testé ce principe d'interaction avec deux surfaces : un premier prototype réalisé dans le cadre d'une résidence de création et une deuxième surface réalisée par une couturière. Nous décrivons ici le flux de données

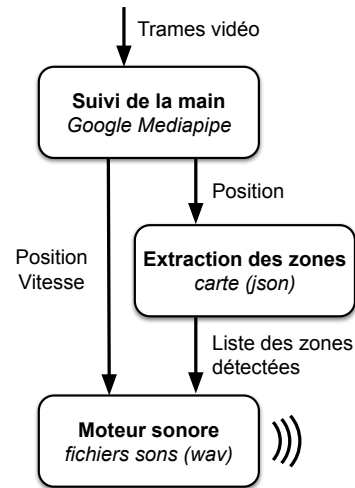


Figure 1. Processus permettant l'interaction mouvement-son à partir du déplacement de la main.

et les différentes étapes pour générer le son à partir du mouvement de la main.

4.1. Fonctionnement du système

Le système global se base sur deux scripts python en charge du suivi de la main et de la correspondance avec les zones de la surface et d'un serveur nodeJS en charge du moteur sonore. La figure 1 décrit le rôle de chaque programme avec les flux de données envoyés.

La position de la main sur la surface est déterminée en filmant la table par le dessus à l'aide d'une webcam et en utilisant Google Mediapipe² pour la détection et le suivi de la main. Ce modèle permet d'obtenir les jointures de la main ainsi que l'extrémité des doigts. Si une main est détectée, la position de l'extrémité de l'index est ensuite envoyée en OSC vers un second processus en charge de déterminer les zones parcourus par l'utilisateur-riche.

Pour détecter les zones parcourus par la main, le programme se base sur un fichier .json contenant pour chaque zone une liste de points formant le polygone entourant la zone. Le programme d'extraction des zones vérifie alors, pour une position donnée de l'index, si le point correspondant se trouve à l'intérieur ou non de chaque polygone. Le script génère alors une liste des zones dans lesquelles se trouve l'index.

Cette liste est ensuite transmise en OSC vers le moteur sonore. Le moteur sonore est basé sur les bindings nodeJS de l'implémentation RUST de la Web Audio API³. Le moteur sonore reçoit en même temps la position et la vitesse de déplacement de la main. Les sons correspondants aux zones parcourus sont alors déclenchés et d'éventuels effets sont appliqués en fonction de la position ou de la vitesse de la main.

2 . <https://github.com/cansik/mediapipe-osc>

3 . <https://github.com/ircam-ismm/node-web-audio-api>



Figure 2. Premier prototype créé en collant des matières à même la table.

4.2. Prototype initial : collage sur table

La première surface a été conçue à partir de matériaux standards : scotch tissé, post-its, scratch adhésif et straps. Le but était de faire une première preuve de concept rapidement dans un cadre de résidence de création. Ce prototype présentait cinq zones : une zone centrale de parcours et 4 zones périphériques, voir figure 2. Une vidéo présentant chaque zone est consultable [à ce lien](#).

Cette "table" exposait les trois principes énoncés plus haut. La surface centrale correspondait à un lieu de "ballade" où une boucle provenant d'un enregistrement en forêt était jouée à un volume variable en fonction de la vitesse de la main. La zone noire de scratch en bas était liée à l'enregistrement d'une main frottant un textile. La vitesse de la main était liée à la fréquence de coupure d'un filtre passe-bas. La zone des post-it fonctionnait sur le même principe mais cette fois avec un enregistrement de vent. Les deux autres zones étaient des boucles musicales accompagnant l'exploration de forme ou de texture de la zone.

4.3. Deuxième itération : surface textile

Suite à la première itération nous avons souhaité produire une deuxième version plus riche, facilement transportable et robuste. Pour rendre le dispositif simple à installer et plus portable nous avons aussi souhaité passer le traitement de donnée dans une Raspberry Pi 5 sur laquelle est directement accrochée la caméra. Jusqu'ici le traitement a été réalisé à l'aide d'une caméra branchée à un ordinateur portable.

Nous avons travaillé avec une costumière pour réaliser un tapis épais sur lequel sont cousues plusieurs matières textiles variées, voir figure 3. Des boutons en métal et plastique ainsi que des morceaux de bois sont aussi ajoutés pour diversifier l'expérience du toucher. Nous avons souhaité ici des zones plus évocatrices : prairie, mer, plage, volcan, fumée et ciel étoilé, propres à favoriser l'imaginaire et l'exploration.

Le nombre de zones et la diversité des matières et des couleurs nous ont demandé un travail de design sonore plus conséquent. Nous avons commencé par créer des boucles sonores variées pour chaque zone, sans interaction de vitesse. Le travail de design d'interaction est toujours en cours mais une première version est déjà figée. Elle est



Figure 3. Deuxième itération du dispositif sous la forme d'un tapis de 110x60cm réalisé en matières textiles par une costumière.

essayable dans un format web à cette [adresse](#).

Nous souhaitons mettre en place, à travers les deux zones centrales vertes superposées, une zone d'interaction plus riche, où la position de la main est liée de manière continue à certains paramètres sonores.

5. PREMIERS RÉSULTATS

Les deux itérations du projet ont été testées en situation avec des groupes de personnes atteintes de TSA, de 10 à 25 ans. Nous donnons ici quelques premières observations qui nous ont guidées dans la conception, ainsi que les limites actuelles constatées qui nous ont permises de dégager des pistes d'améliorations pour la suite du développement.



Figure 4. Participant portant son attention sur des boutons en métal lors de l'exploration de la surface textile.

Ces premiers essais ont mis en avant l'intérêt de ces publics pour la manipulation et le plaisir de l'exploration tactile. Pour les publics les plus jeunes, qui présentaient des troubles importants, un accompagnement a été nécessaire pour l'utilisation du dispositif. Sinon, un accompagnement a pu être nécessaire pour initier l'exploration, après quoi elle a pu s'effectuer en autonomie.

Nous avons observé que les participant-es ont présenté des modes d'explorations variées : plus ou moins vite, en s'attardant longtemps sur des zones spécifiques ou au contraire en navigant largement dans l'espace. Par exemple le petit coffre au trésor remplis de boutons en métal a



Figure 5. Participant explorant le premier prototype. L'écran au fond montre la détection de la main en direct du point de vue de la caméra.

beaucoup attiré un participant en situation de cécité, voir figure 4. Il n'était globalement pas simple de savoir si l'intérêt était lié à la matière, au son ou à la combinaison des deux modalités. Certaines personnes ont néanmoins manifesté un clair attrait pour la dimension sonore de l'installation. Nous sommes particulièrement intéressés par la possibilité de proposer à travers cette interface des interactions musicales riches plus facilement accessibles pour ces publics qu'avec des instruments de musiques traditionnels.

Pour certains participants avec des déficiences intellectuelles faibles, l'aspect technologique du dispositif attisait la curiosité. Aussi, la possibilité de voir en direct la vidéo de la détection de la main sur la surface ajoutée une dimension éducative intéressante comme le montre la figure 5.

Une limitation importante mise en avant par ces premiers essais était l'impossibilité d'utiliser le système à deux mains. Bien que le modèle de suivi permette de détecter plus d'une main, nous avons préféré commencer avec une seule main, notamment pour des questions de clarté du retour sonore. Il apparaît désormais claire qu'il serait intéressant d'ajouter cette possibilité, ce qui nous demande alors de gérer l'ajout de cette deuxième main. Une piste serait que la main la plus active entraîne un volume plus élevé que la main la moins active, avec un équilibre si les deux mains sont statiques.

Un autre point d'attention qui est ressorti concerne le point suivi sur la main. Pour l'instant le déclenchement n'est fait qu'à partir de l'index, mais dans certains cas il est plus intuitif d'explorer certaines textures avec d'autres parties de la main. Par exemple, les pièces de bois sur le tapis sont souvent explorées avec le haut de la paume plutôt que du bout des doigts. Mais, dans ce cas, l'index se trouve dans la zone bleue claire au-dessus et le son correspondant au bois n'est alors pas joué. Dans d'autres cas en revanche, l'exploration du bout des doigts est plus utilisée, justifiant de sonifier les zones à cet endroit. Peut-être conviendrait-il de sonifier les zones se trouvant sous plusieurs points de la main, au risque d'avoir un résultat moins clair.

6. CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

Nous avons présenté une surface interactive basée sur une cartographie entre des zones de l'espace et des sons. Nous proposons plusieurs principes d'interactions que nous avons essayés sur deux itérations. Cette dernière a fait l'objet d'un travail textile sur lequel nous travaillons encore activement pour concevoir un environnement sonore riche et intéressant.

Ces systèmes ont pu être essayés par des personnes atteintes de troubles du spectre autistique lors de différents ateliers. Ces essais soulignent l'intérêt suscité par ces publics pour ce type d'interaction et mettent en avant certaines limitations du dispositif actuel. Nous espérons permettre à ces publics de pouvoir s'exprimer à travers la manipulation de matières sonores, en utilisant l'exploration textile comme moyen de prendre conscience de sa capacité à agir sur le son, ouvrant ainsi la porte à des interactions plus complexes et permettant l'expression musicale à des personnes qui ont difficilement accès à une pratique musicale.

Nous sommes convaincus que ce dispositif complète le projet global d'accessibilité à la musique sur lequel nous travaillons, offrant un cadre plus intime et personnel à l'interaction musicale que le reste du projet. Nous allons continuer à travailler sur le dispositif pour le rendre plus simple à déplacer et affiner le design sonore. Nous réfléchissons actuellement aux possibilités de création collective que ce type de dispositif permettrait. En proposant, par exemple, des ateliers de composition en groupe de l'environnement tactile et sonore, à travers des collectes et des enregistrements en groupe.

Références

- [1] Marianna BOSO et al. « Effect of Long-Term Interactive Music Therapy on Behavior Profile and Musical Skills in Young Adults with Severe Autism ». In : *Journal of Alternative and Complementary Medicine* 13.7 (sept. 2007), p. 709-712. DOI : [10.1089/acm.2006.6334](https://doi.org/10.1089/acm.2006.6334).
- [2] Sheila CHRISTOPHER. « Touch Hypersensitivity in Children with Autism An Analysis ». In : *International Journal of Research and Analytical Reviews* 6.2 (2019), p. 616-622.
- [3] Franceli L. CIBRIAN et al. « BendableSound : An Elastic Multisensory Surface Using Touch-Based Interactions to Assist Children with Severe Autism during Music Therapy ». In : *International Journal of Human-Computer Studies* 107 (2017), p. 22-37.
- [4] Christian FRISSON et al. « LOOPJAM : UNE CARTE MUSICALE COLLABORATIVE SUR LA PISTE DE DANSE ». In : *Journées d'Informatique Musicale*. 2012.

- [5] Junko ICHINO et al. « Vuzik : The Effect of Large Gesture Interaction on Children’s Creative Musical Expression ». In : *Proceedings of the 26th Australian Computer-Human Interaction Conference on Designing Futures : The Future of Design*. OzCHI ’14 : The Future of Design. Sydney New South Wales Australia : ACM, 2 déc. 2014, p. 240-249. DOI : [10.1145/2686612.2686649](https://doi.org/10.1145/2686612.2686649).
- [6] Leo KANNER. « Autistic Disturbances of Affective Contact ». In : *Nervous child* 2.3 (1943), p. 217-250.
- [7] Hanna MAYER-BENAROUS et al. « Music Therapy for Children with Autistic Spectrum Disorder and/or Other Neurodevelopmental Disorders : A Systematic Review ». In : *Frontiers in Psychiatry* 12 (9 avr. 2021). DOI : [10.3389/fpsy.2021.643234](https://doi.org/10.3389/fpsy.2021.643234).
- [8] Narcís PARÉS et al. « Promotion of Creative Activity in Children with Severe Autism through Visuals in an Interactive Multisensory Environment ». In : *Proceedings of the 2005 Conference on Interaction Design and Children*. IDC05 : Interaction Design and Children. Boulder Colorado : ACM, 8 juin 2005, p. 110-116. DOI : [10.1145/1109540.1109555](https://doi.org/10.1145/1109540.1109555).
- [9] Medha RAMASWAMY et al. « Therapeutic Use of Music in Neurological Disorders : A Concise Narrative Review ». In : *Heliyon* 10.16 (30 août 2024). DOI : [10.1016/j.heliyon.2024.e35564](https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e35564).
- [10] Kathryn E. RINGLAND et al. « SensoryPaint : A Multimodal Sensory Intervention for Children with Neurodevelopmental Disorders ». In : *Proceedings of the 2014 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing*. UbiComp ’14 : The 2014 ACM Conference on Ubiquitous Computing. Seattle Washington : ACM, 13 sept. 2014, p. 873-884. DOI : [10.1145/2632048.2632065](https://doi.org/10.1145/2632048.2632065).