UNE SURFACE SONORE INTERACTIVE POUR L'ACCESSIBILITÉ MUSICALE

Victor Paredes
INRIA, équipe Loop
victor.paredes@inria.fr

Benjamin Gabriel
Minuit47
benjamingabriel.lasar@gmail.com

RÉSUMÉ

L'accessibilité à la pratique musicale est un défi pour les personnes autistes. 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 par la facilité avec laquelle les participant·es ont exploré la surface. Celle-ci offre ainsi la possibilité de 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 portées par le projet.

1. INTRODUCTION

Plusieurs études ont mis en évidence les effets positifs que les pratiques musicales pouvaient avoir sur les personnes autistes [8], en particulier les enfants et jeunes adultes [1,6]. Les pédagogies musicales conventionnelles, et potentiellement les instruments, ne sont pas ou peu adaptés à ces publics, en particulier s'ils présentent des déficiences intellectuelles et motrices associées. Nous nous intéressons dans ce travail à l'éveil musical, au premier contact avec un instrument de musique et, en particulier, à la prise de conscience de l'agentivité sur le son.

1.1. Cadre du projet et publics concernés

La surface interactive présentée ici s'inscrit dans un dispositif plus large d'accessibilité à la musique appelé AURA [1]. Ce projet vise à concevoir des interactions gestuelles pour la création musicale en groupe avec différents publics accompagnés. Il a émergé de l'expérience d'un des auteurs comme intervenant sur des ateliers musicaux en établissement d'accueil médicalisé (EAM).

Figure 1. Deuxième itération du dispositif sous la forme d'un tapis de $110 \times 60\,\mathrm{cm}$ réalisé en matières textiles par la costumière Laurane Le Goff.

L'objectif est de co-concevoir le dispositif avec les résident·es et les professionnel·les de l'EAM Gaïa à Noisy-le-Grand [2] pendant environ un an pour finalement le laisser au sein de l'établissement. Le projet en est actuellement à son cinquième mois de développement. L'établissement accueille des personnes autistes, principalement en hébergement permanent, aux profils variés : certaines non oralisantes, avec des déficiences intellectuelles plus ou moins importantes et parfois des particularités perceptives.

Les expérimentations menées jusqu'à présent ont impliqué différents publics accompagnés. À l'EAM, les ateliers concernent principalement des adolescent·es et de jeunes adultes. Les résidences de création ont également permis de travailler avec des enfants d'environ dix ans non oralisants ainsi qu'avec des adolescent·es oralisants. Cette diversité de profils reflète une réalité importante des contextes médico-sociaux : il n'est généralement pas possible de sélectionner précisément les profils des participant·es, et les dispositifs proposés doivent donc pouvoir s'adapter à une grande hétérogénéité de besoins, de capacités et de modalités d'interaction.

1.2. Problématique

L'idée de cette surface interactive a émergé pendant notre première résidence de création aux Rotondes à Luxembourg. Nous avons conçu pendant cette résidence un ensemble d'objets connectés (balles, rouleaux, bâtons entre autres) avec lesquels les participant·es pouvaient déclencher et manipuler des sons. Nous avons souhaité créer un

1 . https://www.minuit47-ciesanggenes.com/aura

2 . https://www.gapas.org/etablissement/gaia-e-m-noisy-le-grand

dispositif annexe à l'activité principale, proposant une expérience plus intime et exploratoire avec un objet sonore.

La question qui a guidé ce développement était la suivante : comment concevoir un couplage entre vision, toucher et son qui soit à la fois accepté par les publics accompagnés, invitant à l'exploration tactile et favorisant le jeu avec l'interaction sonore ? Plus particulièrement, nous cherchons à encourager la prise de conscience de l'agentivité sur le son, envisagée ici comme une première étape vers l'éveil musical et l'appropriation progressive d'une pratique instrumentale.

Ce travail a mené au développement d'une surface interactive permettant à l'utilisateur·rice de parcourir un ensemble de textures variées réparties sur une surface d'environ $1\,\mathrm{m}^2$. 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 costumière, présenté figure 1. Ces deux dispositifs ont été testés avec différents publics, autistes ou non.

Nous présentons d'abord plusieurs 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 du dispositif et les spécificités des deux prototypes. Chaque prototype a été testé en atelier avec des participant·es autistes accompagné·es par leurs encadrent·es. Nous rapportons pour chacun les premières observations issues de ces essais ainsi que les retours des accompagnant·es. Enfin, nous discutons les principaux enseignements tirés de ces expérimentations avant de conclure sur les perspectives de développement du dispositif.

2. TRAVAUX SIMILAIRES

Nous situons ce travail à l'intersection de trois thématiques de recherche : les environnements interactifs multisensoriels conçus pour des personnes autistes, les dispositifs d'interaction musicale corporelle et les interfaces tangibles fondées sur la manipulation de matières.

Plusieurs travaux sur les environnements multisensoriels destinés aux personnes autistes insistent sur l'importance de relations de cause à effet lisibles, prédictibles et facilement répétables. Le projet MEDIATE de Parés et al. propose un environnement interactif associant stimulations visuelles, sonores et vibrotactiles, conçu pour favoriser l'exploration, le plaisir de l'interaction et la sensation d'agentivité chez des enfants autistes non oralisants [7]. Ce travail met en évidence l'intérêt de dispositifs ouverts à l'exploration, mais aussi la nécessité d'un retour sensoriel suffisamment clair pour permettre aux utilisateurs d'associer leurs actions aux transformations de l'environnement. SensoryPaint, développé par Ringland et al., poursuit cette approche à travers un grand écran interactif combinant déplacement du corps, objets physiques et retour sonore [9]. Les auteurs montrent qu'un tel système peut soutenir l'engagement sensorimoteur et s'intégrer à des pratiques d'accompagnement existantes. Ces deux dispositifs reposent toutefois sur des environnements immersifs ou de grande échelle, principalement organisés autour de l'espace corporel et du retour visuel, là où notre proposition vise une interaction plus localisée, tactile et facilement déployable dans des contextes variés.

Le travail de Cibrian et al. sur BendableSound est plus proche de notre problématique. Il repose sur une surface multisensorielle élastique permettant de produire des sons par le toucher et la déformation d'un textile [2]. Ce dispositif a été conçu dans un contexte de musicothérapie avec des enfants autistes présentant des besoins de soutien importants. Les auteurs soulignent son accessibilité, son intérêt pour maintenir l'attention et son potentiel pour soutenir certains gestes de coordination. BendableSound confirme ainsi l'intérêt d'une interface musicale tactile qui ne repose pas sur les conventions des instruments traditionnels. Notre proposition s'inscrit dans cette continuité, mais s'oriente plutôt vers une surface composée de matières hétérogènes, dont les qualités tactiles sont directement mises en relation avec des environnements sonores distincts. Cette orientation est également motivée par les travaux récents sur la perception tactile dans l'autisme. Espenhahn et al. montrent que de jeunes enfants autistes présentent des différences mesurables dans certaines tâches de discrimination tactile et de jugement temporel, tout en soulignant que ces mesures ne se confondent pas avec les sensibilités tactiles rapportées par l'entourage [3]. Ces travaux invitent à considérer le toucher non comme une interaction systématiquement facilitante, mais comme une modalité riche, variable selon les personnes, et qu'il convient de laisser explorer de manière ouverte.

Des travaux issus de l'interaction musicale, montrent l'intérêt de dispositifs qui engagent directement le corps dans l'expression sonore. Vuzik, proposé par Ichino et al., permet à des enfants de composer par de grands gestes de peinture sur une surface numérique ; les auteurs observent que ce type d'interaction favorise des gestes plus amples et une compréhension plus globale de la création musicale [5]. LoopJam de Frisson et al. propose quant à lui une carte sonore collective parcourue par les déplacements des participants dans l'espace, produisant une forme de composition partagée en temps réel [4]. Ces dispositifs mettent en évidence le potentiel musical d'interactions corporelles directes et peu conventionnelles. Ils ne sont cependant pas spécifiquement conçus pour des publics autistes et privilégient soit une échelle collective, soit une forte médiation visuelle. À l'inverse, nous proposons une interaction plus intime, centrée sur la main, pouvant constituer une entrée progressive vers une expérience musicale individualisée.

Enfin, le projet DIRTI de Savary et al. ouvre une autre perspective en s'appuyant sur la manipulation de matériaux granulaires ou liquides, dont les transformations physiques

sont captées par vision et converties en contrôle sonore [10]. Cette approche met en avant la richesse expressive d'une matière qui conserve la trace des gestes et dont la forme évolue continûment. Elle constitue une référence importante pour penser le lien entre toucher, matière et son. Elle repose toutefois sur une logique assumée de complexité, de variabilité et de non-répétabilité de l'interaction. Dans notre contexte, où la lisibilité du couplage geste–son constitue un enjeu central, nous cherchons plutôt un compromis : conserver l'attrait d'une exploration tactile incarnée, tout en proposant des associations sonores suffisamment stables et identifiables pour soutenir le développement d'une sensation d'agentivité.

Cet état de l'art oriente directement plusieurs choix de conception de notre dispositif : l'importance d'un retour sensoriel clair, d'une exploration non contrainte et d'une interaction susceptible d'être comprise progressivement, le potentiel de s'affranchir des interfaces instrumentales traditionnelles pour favoriser une première expérience de création sonore et l'intérêt de faire du toucher non un simple moyen de déclenchement, mais le cœur même de l'expérience.

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 forme 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, ce 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'interaction :

- 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.

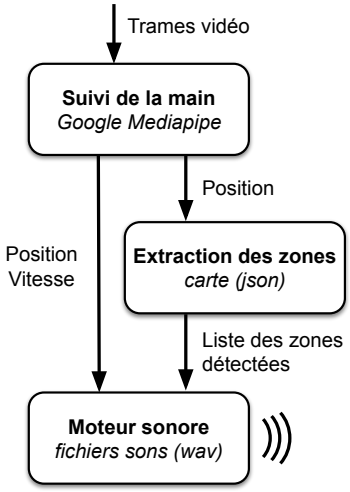

Figure 2. Processus permettant l'interaction mouvement-son à partir du déplacement de la main.

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 costumière. Nous décrivons ici le flux de données et les différentes étapes permettant de générer le son à partir du mouvement de la main.

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, ainsi que sur un serveur Node.js en charge du moteur sonore. La figure 2 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 MediaPipe [3] pour la détection et le suivi de la main. Ce modèle permet d'obtenir les articulations 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 parcourues par l'utilisateur·rice.

Pour détecter les zones parcourues 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 finalement une liste des zones dans lesquelles se trouve l'index.

Cette liste est transmise en OSC vers le moteur sonore. Celui-ci est basé sur les bindings Node.js de l'implémentation Rust de la Web Audio API [4]. Le moteur sonore reçoit en même temps la position et la vitesse de déplacement de la main. Les sons correspondant aux zones parcourues

3 . https://github.com/cansik/mediapipe-osc
4 . https://github.com/ircam-ismm/node-web-audio-api

Figure 3. Premier prototype créé en collant du gaffer, des post-its, du scratch et du strap sur une table.

sont alors déclenchés et d'éventuels effets sont appliqués en fonction de la position ou de la vitesse de la main.

5. PROTOTYPE INITIAL : COLLAGE SUR TABLE

La première itération du projet a été créée dans le cadre d'une résidence de création aux Rotondes à Luxembourg. Elle a été testée pendant la résidence en collaboration avec le CARR [5] , un service proposant un accueil extrascolaire spécialisé aux enfants et adolescents.

5.1. Description

La première surface a été conçue à partir de matériaux standards : scotch tissé, post-its, scratch adhésif et straps. Le but était de réaliser rapidement une première preuve de concept dans un cadre de résidence de création. Ce prototype présentait cinq zones : une zone centrale de parcours et quatre zones périphériques, voir figure 3. Le support ayant été rendu après la résidence, elle n'existe plus mais une vidéo montre ces différentes zones [6] .

Cette « table » exposait les trois principes énoncés plus haut. La surface centrale correspondait à un lieu de « balade » 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 et les zones de post-it étaient respectivement liées à l'enregistrement d'une main frottant un textile et à une combinaison d'enregistrements de vents. La vitesse de la main était liée à la fréquence de coupure d'un filtre passe-bas. La fréquence de coupure était réglée de manière à ne laisser passer aucun signal à vitesse nulle, à ne rendre audibles que les bas-médiums à faible vitesse (autour de 5 cm par seconde), puis à s'ouvrir progressivement pour atteindre sa valeur maximale lors de mouvements rapides ou brusques.

Les deux autres zones étaient des boucles musicales accompagnant l'exploration de la forme ou de la texture de la zone.

5 . https://www.apemh.lu/services/enfants-et-famille/accueil-extra-scolaire/carr/

6 . https://youtu.be/2ah3zQVDtKg

5.2. Résultats

Ce premier dispositif a été testé avec deux groupes : un groupe de quatre enfants âgés de 9 à 11 ans, tous non oralisants et présentant des déficiences intellectuelles importantes associées, et un groupe de trois adolescents verbaux présentant des déficiences intellectuelles légères. Les jeunes nécessitant un accompagnement constant durant l'atelier, nous avons recueilli les retours des éducateur·rices accompagnantes une semaine après l'atelier.

Dans les deux configurations, le dispositif a été accepté par l'ensemble des participants, y compris après environ une heure d'atelier. Ces premiers essais ont mis en évidence l'intérêt suscité par la manipulation de la surface et par l'exploration tactile des différentes matières. Les modalités d'engagement variaient toutefois selon les participants. Pour les enfants présentant les besoins de soutien les plus importants, l'utilisation du dispositif nécessitait la présence active d'un·e accompagnant·e. Chez les adolescents, un accompagnement pouvait être utile pour initier l'exploration, qui se poursuivait ensuite plus facilement de manière autonome.

Pour des raisons techniques nous avons dû placer la table dans la pièce où se déroulait l'atelier collectif. Les accompagnant·es ont recommandé de placer la table à l'écart de l'activité principale et de proposer l'expérience individuellement, plutôt qu'au sein d'un dispositif collectif simultané. Ils ont par ailleurs indiqué qu'un temps d'exposition plus long et des expériences répétées seraient nécessaires pour que certains enfants puissent construire progressivement une compréhension du lien entre le geste, la zone explorée et la réponse sonore.

Nous avons également observé que certains usages spontanés dépassaient les conditions techniques prévues par le prototype. En particulier, la superposition de deux mains sur la surface, qu'il s'agisse des deux mains d'un enfant ou de la main d'un·e accompagnant·e venant guider le geste, pouvait perturber le suivi visuel. Cette limite a constitué un premier indice de la nécessité d'élargir les modalités de détection au-delà d'une interaction strictement centrée sur une seule main.

Pour certains participant·es présentant une déficience intellectuelle légère, l'aspect technologique du dispositif attisait également la curiosité. La possibilité de voir en direct la vidéo de la détection de la main sur la surface ajoutait alors une dimension pédagogique que nous avons trouvée intéressante, comme le montre la figure 4.

6. DEUXIÈME ITÉRATION : SURFACE TEXTILE

6.1. Description

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 déplacer le traitement de données vers une carte Raspberry Pi 5 sur laquelle est

Figure 4. Participant explorant le premier prototype. L'écran au fond montre la détection de la main en direct du point de vue de la caméra.

directement fixée la caméra. Jusqu'ici, le traitement était réalisé à l'aide d'une caméra branchée à un ordinateur portable.

Nous avons travaillé avec la costumière Laurane Le Goff [7] pour réaliser un tapis épais sur lequel sont cousues plusieurs matières textiles variées, voir figure 1. Des boutons en métal et en plastique ainsi que des morceaux de bois sont aussi ajoutés pour diversifier l'expérience tactile. 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. Un format web a été créé pour pouvoir tester facilement le design sonore [8] .

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.

6.2. Résultats

La deuxième itération a été testée dans le cadre d'un atelier de pratiques musicales au sein de l'établissement d'accueil médicalisé Gaïa à Noisy-le-Grand. Nous rapportons ici à la fois nos observations lors de l'utilisation de la surface textile et les retours formulés par les professionnelles qui encadraient l'atelier : la psychomotricienne (P) et la coordinatrice culturelle (CC) de l'établissement. Comme pour les premiers ateliers, le dispositif se trouvait dans la même salle que l'activité collective.

7 . https://lauranelegoff.com
8 . https://fideljackson.github.io/JIM-DEMO/

Figure 5. Participant portant son attention sur des boutons en métal lors de l'exploration de la surface textile.

Les premières observations suggèrent que la surface textile a suscité une exploration active par les participant·es. Les accompagnantes ont notamment relevé qu'« ils ont quand même bien scanné la surface »(CC), soulignant la tendance de plusieurs personnes à parcourir largement le tapis plutôt qu'à rester concentrées sur une seule zone. Cette remarque rejoint nos observations : les participant·es ont adopté des modes d'exploration variés, certain·es se déplaçant rapidement d'une matière à l'autre, tandis que d'autres s'attardaient longuement sur des éléments spécifiques.

Le couplage tactile-son du dispositif semble avoir joué un rôle important dans cet engagement. Une accompagnante indiquait que « l'exploration avec la main est peut-être un peu plus simple et ça les a stimulés, ça se voit »(P). Cette remarque suggère que la surface textile offre une modalité d'entrée dans l'interaction particulièrement accessible pour certains publics.

Nous avons observé que certains participants se concentraient sur des zones précises. Plus généralement, il n'était pas toujours simple de déterminer si l'intérêt manifesté par les participant·es était principalement lié aux matières, aux sons associés ou à la combinaison de ces deux dimensions. Certaines personnes ont néanmoins montré un attrait net pour la dimension sonore de l'installation, en revenant vers certaines zones ou en répétant des gestes associés à des réponses sonores particulières.

Les accompagnantes ont enfin insisté sur la tendance spontanée de plusieurs participant·es à mobiliser l'ensemble de leurs mains dans l'exploration : « Ils ont trop envie de mettre les deux mains, d'être à fond dedans »(CC). Ce retour met en évidence un engagement corporel fort suscité par le tapis et signale un écart entre les gestes spontanément produits par les participant·es et le cadre d'interaction actuellement pris en charge par le système, fondé sur le suivi d'une seule main.

7. DISCUSSION

Les observations recueillies lors des deux itérations indiquent d'abord que le principe général du dispositif est

bien accepté par les publics rencontrés. Qu'il s'agisse du prototype initial ou de la surface textile, les participant·es se sont engagé·es dans l'exploration de l'objet, parfois après une phase d'accompagnement. Cette acceptabilité est un premier résultat important au regard de notre objectif : proposer une interface susceptible de faciliter un premier contact avec une interaction sonore, sans mobiliser d'emblée les conventions techniques ou symboliques associées aux instruments de musique traditionnels.

Les retours des accompagnant·es suggèrent toutefois que la construction du lien entre geste, toucher et réponse sonore ne peut être considérée comme immédiate pour l'ensemble des participant·es. Dans certains cas, cette relation semble nécessiter du temps, de la répétition et un accompagnement adapté. Cette remarque est centrale pour la question de l'éveil musical : si le dispositif vise à favoriser une prise de conscience de l'agentivité sur le son, celle-ci ne doit pas être présupposée dès les premières interactions, mais plutôt envisagée comme un processus susceptible de se construire progressivement au fil des expériences.

Les essais ont également mis en évidence un décalage entre la manière dont les participant·es explorés spontanément et les choix techniques actuellement retenus. 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 qu'avec le 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.

Ces observations ouvrent plusieurs pistes d'amélioration. Une première évolution consisterait à permettre l'utilisation simultanée des deux mains. Bien que le modèle de suivi permette de détecter plus d'une main, nous avons préféré commencer avec une seule, notamment pour des questions de clarté du retour sonore. Pour que le lien mouvement-son reste clair à deux mains, une possibilité serait de varier l'intensité des sons selon l'activité relative de chacune, par exemple en donnant davantage de poids à la main la plus mobile tout en maintenant un équilibre lorsque les deux restent statiques.

Ces premiers résultats renforcent l'intérêt d'une interface tactile et sonore comme médiation vers des formes d'expression musicale plus accessibles. L'enjeu n'est pas seulement de déclencher des sons, mais de construire un espace d'exploration dans lequel les participant·es peuvent éprouver qu'une action sur la matière produit une transformation audible du monde sonore. C'est dans cette articulation entre exploration multimodale, prise de conscience de la causalité et plaisir de l'interaction que nous situons le potentiel du dispositif.

8. CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

Nous avons présenté une surface interactive reposant sur une cartographie entre des zones tactiles et des environnements sonores. Ce dispositif a été décliné en deux itérations : un premier prototype de preuve de concept réalisé en résidence de création, puis une surface textile plus riche, robuste et transportable, conçue pour être utilisée dans des contextes médico-sociaux.

Les premiers essais menés avec des participant·es autistes montrent que ce type d'interface peut susciter l'exploration, soutenir l'engagement tactile et ouvrir un espace d'interaction sonore accessible. Ils mettent également en évidence plusieurs enjeux pour la suite du développement, en particulier l'adaptation du suivi gestuel aux usages spontanés des participant·es et l'approfondissement du design sonore afin de renforcer la lisibilité et la richesse de l'interaction.

Nous sommes convaincus que ce dispositif complète le projet AURA sur lequel nous travaillons, en offrant un cadre plus intime et personnel à l'interaction musicale que les activités de création collective développées par ailleurs. Les prochaines étapes porteront sur la portabilité du système, l'intégration de modalités d'interaction à deux mains, l'affinement du design d'interaction sonore et la poursuite de la co-conception avec les résident·es et les professionnel·les de l'EAM Gaïa.

9. REMERCIEMENTS

Nous remercions les Rotondes pour leur accueil et leur enthousiasme à construire avec nous ce projet. Nous remercions chaleureusement Laurane Le Goff pour la conception et la fabrication du tapis. Nous remercions enfin Rebecca Rabin pour son aide pour les entretiens à l'EAM.

Ce travail a été financé par GRACE, soutenu par le programme Interreg Grande Région 2021–2027 (co-financé par l'Union européenne et la PwC Luxembourg).

10. REFERENCES

[1] Marianna Boso, Enzo Emanuele, Vera Minazzi, Marta Abbamonte, and Pierluigi Politi. Effect of long-term interactive music therapy on behavior profile and musical skills in young adults with severe autism. *Journal of Alternative and Complementary Medicine*, 13(7) :709–712, September 2007.

[2] Franceli L. Cibrian, Oscar Peña, Deysi Ortega, and Monica Tentori. BendableSound : An elastic multisensory surface using touch-based interactions to assist children with severe autism during music therapy. *International Journal of Human-Computer Studies*, 107 :22–37, 2017.

[3] Svenja Espenhahn, Kate J. Godfrey, Sakshi Kaur, Carly McMorris, Kara Murias, Mark Tommerdahl, Signe Bray, and Ashley D. Harris. Atypical tactile perception in early childhood autism. *Journal of*

Autism and Developmental Disorders, 53(7) :2891–2904, July 2023.

[4] Christian Frisson, Stéphane Dupont, Julien Leroy, Alexis Moinet, Thierry Ravet, Xavier Siebert, and Thierry Dutoit. LOOPJAM : une carte musicale collaborative sur la piste de danse. In *Journées d'Informatique Musicale*, 2012.

[5] Junko Ichino, Aura Pon, Ehud Sharlin, David Eagle, and Sheelagh Carpendale. 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*, pages 240–249, Sydney New South Wales Australia, December 2014. ACM.

[6] Hanna Mayer-Benarous, Xavier Benarous, François Vonthron, and David Cohen. Music therapy for children with autistic spectrum disorder and/or other neurodevelopmental disorders : A systematic review. *Frontiers in Psychiatry*, 12, April 2021.

[7] Narcís Parés, Anna Carreras, Jaume Durany, Jaume Ferrer, Pere Freixa, David Gómez, Orit Kruglanski, Roc Parés, J. Ignasi Ribas, Miquel Soler, and Àlex Sanjurjo. 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*, pages 110–116, Boulder Colorado, June 2005. ACM.

[8] Medha Ramaswamy, Johann Laji Philip, Vijayan Priya, Snigdha Priyadarshini, Meenakshi Ramasamy, G. C. Jeevitha, Darin Mansor Mathkor, Shafiul Haque, Fatemeh Dabaghzadeh, Pratik Bhattacharya, and Faraz Ahmad. Therapeutic use of music in neurological disorders : A concise narrative review. *Heliyon*, 10(16), August 2024.

[9] Kathryn E. Ringland, Rodrigo Zalapa, Megan Neal, Lizbeth Escobedo, Monica Tentori, and Gillian R. Hayes. SensoryPaint : A multimodal sensory intervention for children with neurodevelopmental disorders. In *Proceedings of the 2014 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing*, pages 873–884, Seattle Washington, September 2014. ACM.

[10] Matthieu Savary, Diemo Schwarz, and Denis Pellerin. Dirti—dirty tangible interfaces. In *New Interfaces for Musical Expression (NIME)*, pages 347–350, 2012.