UN DISPOSITIF PÉDAGOGIQUE À BASE DE SMARTPHONES POUR EXPÉRIMENTER UNE MUSIQUE MIXTE

Philippe Caillot
Université Paris 8 - 2 rue de la Liberté - 93526 Saint-Denis
Laboratoire CICM/MUSIDANSE

RÉSUMÉ

La très large diffusion auprès d'un public jeune du smartphone et le développement des applications web ces dernières années permettent d'envisager son utilisation comme instrument digital dans un cadre pédagogique. Cet article relate une expérience de conception et de mise en œuvre d'un instrument de musique électronique (Digital Music Instrument, DMI), ainsi qu'une discussion sur la communication induite par le dispositif entre les instrumentistes.

1. INTRODUCTION

Dans le cadre de nos missions d'enseignement, nous devions proposer un contexte de jeu instrumental pour un groupe de 24 jeunes musiciens amateurs âgés de 13 ans en moyenne (figure 4), collégiens en classe à horaires aménagés musique (CHAM) de 4ème dans un conservatoire de Seine-Saint-Denis. La thématique imposée s'articulait autour des chants d'oiseaux dans la musique.

Notre proposition a été construite autour d'un dispositif de musique mixte, mêlant instruments acoustiques et électroniques (à base de smartphones), et l'élaboration, par les élèves impliqués, d'une comprovisation [2]. Nous avons adapté pour cette occasion la synthèse par corpus interactive CATART [10] dans une application pour smartphone.

Après quelques répétitions, une restitution publique a eu lieu en janvier 2026 pour l'événement "Nuit des conservatoires" avec une mise en espace des musiciens entourant le public. Cette expérience a été l'occasion de vérifier et d'évaluer la qualité de l'interaction orchestrale entre les musiciens, et ainsi d'évaluer par ce biais le DMI proposé.

Nous allons présenter dans une première partie le cahier des charges de conception, puis les résultats musicaux obtenus lors de la restitution publique du projet, suivis d'une discussion des différents enjeux pour l'interaction entre les musiciens et les modalités d'évaluation.

2. ÉTAT DE L'ART, UTILISATION DU SMARTPHONE COMME DMI

Un des arguments pour le choix du smartphone comme base technique dans la conception d'un DMI tient dans la présence, dans le même objet physique, de tous les éléments nécessaires à sa réalisation. Cette propriété a été exploitée extensivement par les concepteurs de DMI dès l'apparition du premier modèle d'iPhone et a permis un travail artistique dans de multiples directions.

L'aspect mobilité de l'objet smartphone a conduit à des expériences géolocalisées, avec la possibilité du déplacement dans un espace intérieur ou extérieur (Atau Tanaka [13], *Murmures Urbains* [9]). Cette faculté est liée à sa légèreté, à ses dimensions très réduites, à son autonomie de fonctionnement sur batterie, à la présence d'un capteur de géolocalisation GPS ainsi que des réseaux Bluetooth à basse consommation (BTLE) et Wifi. Cette capacité nous intéresse dans notre cadre pédagogique, où les espaces bâtis investis ne sont pas nécessairement dédiés à la pratique d'une musique mixte et demandent habituellement une installation *ad hoc*. Un DMI, sous la forme d'un smartphone qui tient dans la main, nous permet une facilité de déplacement et d'installation utile dans un espace contraint.

Les possibilités de mise en réseau ont conduit à des usages de jeu musical collectif avec le partage des données d'utilisation entre terminaux, qui permet notamment la synchronisation d'évènements sonores. (*Cosima* [1]).

Le *MoPhO*, Mobile Phone Orchestra [14] est un ensemble de musiciens dédié à l'utilisation du smartphone comme instrument de musique. Il explore à travers des compositions dédiées l'utilisation des différents capteurs présents sur l'appareil dans un jeu musical collectif, à l'image d'un orchestre. Cette dimension orchestrale nous semble une bonne orientation pour notre cadre pédagogique. Nous devons en effet nous adresser simultanément aux 24 musiciens de la classe.

La programmation des smartphones nécessitait auparavant de coder et compiler séparément les applications pour les deux plateformes informatique actuelles, iOS et Android, qui utilisent des langages de programmation différents (Swift pour iOS, Kotlin pour Android). L'utilisation de Javascript, langage interprété et disponible sur toutes les plateformes, le développement des librairies audio en Javascript (Web Audio API [1]) et la possibilité de créer des applications installables multiplateformes à partir d'un code unique (Progressive Web App [2]) permettent d'envisager un développement bien plus rapide et efficace [4].

1 . https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/API/Web_Audio_API

2 . https://developer.mozilla.org/fr/docs/Web/Progressive_web_apps

3. CONCEPTION

3.1. Cahier des charges et contraintes

L'élaboration du dispositif ne pouvait pas se limiter à l'aspect artistique et technique mais devait prendre en compte également le cadre pédagogique de son utilisation ainsi que les aspects temporels et matériels qui allaient influer directement sur le résultat final.

3.1.1. Une commande pédagogique sur la thématique des oiseaux dans la musique

Nous devions répondre à une proposition de participation à la *Nuit des conservatoires*, évènement qui engendre habituellement une forte affluence du public dans les locaux du conservatoire, et permet une visibilité extérieure des actions pédagogiques.

La thématique générale de la soirée s'est articulée autour des "oiseaux dans la musique" à travers les différentes périodes historiques. Pour notre contribution, la commande consistait à transformer auditivement l'auditorium du conservatoire en volière à l'aide d'un dispositif de musique mixte.

3.1.2. Un DMI proposé à une classe entière de collégiens

Le dispositif était destiné à des instrumentistes d'une classe CHAM qui a la particularité d'être orientée, dans son cursus, vers la création musicale. Ces élèves bénéficient, en plus de leurs études classiques de conservatoire, d'un cours hebdomadaire de composition et d'improvisation par groupe de douze musiciens. Une initiation à la musique mixte est abordée dans le programme pédagogique du cursus, sur un plan pratique de l'expérimentation créative avec l'instrument étudié.

Par la configuration des cours, le dispositif technique proposé devait nécessairement impliquer tous les élèves de la classe, et donc inclure simultanément les 24 musiciens pendant la restitution, et par groupe de 12 élèves dans les temps de répétition. Pour des questions d'équité, et à la suite d'une demande légitime de la part des élèves, il s'est avéré obligatoire d'équiper la totalité des élèves avec un DMI.

3.1.3. Une communication orchestrale

Le DMI proposé devait vérifier également certains principes pédagogiques liés au fonctionnement du cours d'improvisation libre au sein duquel le projet allait être mené. La communication orchestrale entre les musiciens [16], obtenue habituellement des élèves avec leurs instruments de musique classiques lors des séances d'improvisation, devait être maintenue avec l'utilisation d'un DMI. Cette communication visuelle, corporelle, est nécessaire pour coordonner, synchroniser le jeu collectif et affiner la précision du jeu instrumental individuel.

Les élèves, afin de pouvoir investir le DMI dans une démarche créative originale, devaient s'emparer du dispositif et être en mesure de l'assimiler et de le réemployer d'une manière personnelle. À l'image de l'objet partition, pensé par Christopher Small non comme une œuvre mais comme un moyen de musiquer [3] , le DMI devait permettre de pratiquer une musique en groupe.

3.1.4. Un calendrier de conception contraint

Une des contraintes concerne la durée de la restitution, d'une dizaine de minutes pour ce projet, ainsi que du nombre très restreint de répétitions (4 séances sur un mois à raison d'une heure par semaine), avec des musiciens amateurs peu habitués à des projets musicaux mixtes. Le temps d'installation et de désinstallation devait être extrêmement réduit, pour des questions de temps de changement de plateau à effectuer sans régie, la restitution de notre projet s'insérant entre d'autres propositions musicales. La réalisation devait être accomplie sans budget dédié et en complète autonomie technique.

Par ailleurs, compte tenu du délai de conception court entre la date de proposition du projet et celle de la restitution, le DMI devait pouvoir être développé rapidement avec une première version opérationnelle et fiable dès la première répétition.

3.1.5. Un impératif budgétaire

Un argument important, qui a orienté ce projet vers l'utilisation du smartphone, répond à un impératif économique. Nous devions équiper 24 musiciens. La quasi-totalité des élèves concernés possèdent déjà un smartphone personnel, préalablement à notre proposition. Le coût de ce matériel est, de fait, supporté par les familles des élèves et n'a nécessité aucun budget de la part de la structure qui portait l'évènement. Cet aspect a rendu possible une expérimentation qui sans cela ne serait pas entrée dans un cadre budgétaire très restreint.

3.2. Choix du dispositif technique

Le dispositif technique comporte deux parties distinctes ; une première sous la forme d'un patch Max (figure 2), une deuxième sous la forme d'une application web (figure 3). Le patch Max permet de préparer les fichiers utilisés par l'application sur smartphone.

3.2.1. Avantages du dispositif sur smartphone

Nous avons constaté que le dispositif technique smartphone est très familier aux élèves, qui l'utilisent d'une manière très fluide et familière. Ils ont, par leur usage fréquent, une compréhension quasi immédiate de l'interface utilisateur des applications, ce qui va potentiellement faciliter et accélérer l'apprentissage du DMI (figure 8).

Un avantage de l'écran tactile du smartphone est de permettre de faire coïncider la visualisation d'informations et le contrôle tactile. Cette particularité rend l'utilisation

3 . Si ce concept a été popularisé par Christopher Small [12], le terme « musiquer » a été employé préalablement par l'ethnomusicologue Gilbert Rouget [8].

de l'application plus intuitive qu'un contrôleur générique, et son apprentissage potentiellement plus rapide.

Nous avions suivi, avec ce même groupe d'élèves, un atelier philosophique en partenariat avec la structure *Maison de la philosophie* [4] située à proximité du conservatoire sur le thème de l'utilisation de la technique à des fins artistiques. L'utilisation du smartphone, d'une manière détournée par rapport à son usage initial, fait suite à cette série d'échanges avec l'intervenant philosophe et donne un sens réflexif à l'expérience pour ces musiciens amateurs.

3.2.2. Moteur sonore : utilisation et adaptation de la synthèse concaténative CATART

Notre choix, pour le moteur sonore de l'application, s'est porté sur la synthèse concaténative CATART [11], dont nous avons adapté certains éléments visuels en JavaScript.

La synthèse concaténative est une technique basée sur l'utilisation d'un corpus de sources sonores, segmenté suivant des descripteurs audios choisis (CATART [10, 11]). Un algorithme permet de sélectionner parmi les segments l'unité qui correspond le mieux au son ou à la phrase qui doit être synthétisée. Le segment peut être transformé éventuellement afin de correspondre au mieux à la cible recherchée. Les unités sélectionnées peuvent alors être concaténées. Cette forme de synthèse constitue une extension de la synthèse granulaire, en permettant de placer chaque grain dans un espace à deux dimensions, suivant sa proximité déduite de sa description avec les autres grains.

Cette technique permet d'exploiter en détail la richesse de sources sonores hétérogènes, en gardant un contrôle efficace, et en utilisant des descripteurs pertinents sur le plan de la perception pour spécifier une cible dans un espace de description multi-dimensionnel. Ce principe de synthèse permet de créer facilement des textures sonores expressives et évolutives.

Les dernières générations de smartphones permettent actuellement le jeu granulaire de corpus sonore avec une latence audio très réduite, même sur des modèles d'entrée de gamme, sur les deux plateformes iOS et Android. Nous avons constaté une légère limitation de la polyphonie sur certains modèles de smartphones sous Android qui n'a pas affecté finalement la conduite de ce projet.

Il s'agissait, dans notre projet, de reproduire musicalement un espace sonore de volière à partir d'enregistrements d'oiseaux effectués en forêt et probablement à distance, de type field-recording et d'une durée plutôt longue (de l'ordre de quelques minutes). Le choix de la synthèse par corpus CATARTs'est révélé particulièrement efficace avec son principe de découpage granulaire. Il nous est apparu particulièrement adapté pour jouer, sous forme improvisée, avec les corpus de sons d'oiseaux. Nous répondions ainsi à la thématique proposée pour la restitution et à l'objet du cours d'improvisation.

4 . https://maisondelaphilo-romainville.org/

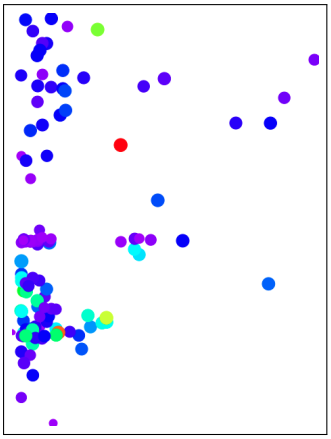


Figure 1. Disposition des grains avant l'application de l'algorithme polyspring.

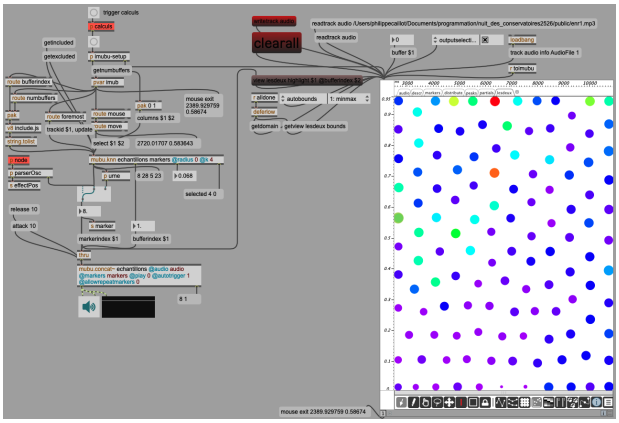


Figure 2. Patch Max / Catart.

3.2.3. L'espace réduit d'un écran de smartphone

L'interface utilisateur est une carte en deux dimensions faisant apparaître chaque grain dans une disposition, une couleur et une taille dépendant des descripteurs choisis. La présentation sous forme de carte sonore de ce principe de synthèse granulaire nous semblait pouvoir s'adapter facilement sur l'écran du smartphone tactile et multipoint. Les grains ainsi placés peuvent apparaître très proches les uns des autres, particulièrement sur un écran de taille réduite de smartphone (figure 1).

L'algorithme *polyspring* [6] basé sur une triangulation et un modèle de ressort en extension permet, sur des itérations, d'éloigner chaque grain de ses voisins, tout en gardant la cohérence structurelle de voisinage des descripteurs. Cette nouvelle disposition des grains va nous permettre de pouvoir les jouer individuellement, ce mode de jeu s'ajoutant au jeu continu (figure 2).

3.2.4. Le patch Max

CATART s'insère dans le conteneur *Mubu* qui permet de synchroniser, avec un alignement temporel, les sons échantillonnés et les données issues des différents descrip-

teurs audio. *Mubu* contient, dans ses outils, une API en JavaScript qui nous a permis de récupérer les données de localisation cartésiennes de chaque grain correspondant aux données de début et fin dans le fichier audio complet, et de constituer ainsi les fichiers JSON envoyés vers l'application smartphone.

Le patch Max ainsi constitué permet de tester rapidement la validité d'un corpus sonore choisi, dans sa diversité sonore et sa jouabilité.

3.2.5. Développement web : l'application sur smartphone

Du côté smartphone, la Web Audio API offre tous les outils JavaScript, avec un routing modulaire et une latence faible, pour jouer un échantillon sonore à partir d'un buffer audio.

La partie visuelle de l'application reconstitue la carte issue de CATART (figure 2). Nous avons utilisé la librairie graphique dédiée à la conception de jeux vidéo en deux dimensions PixiJs [5] pour Html5, avec un moteur graphique optimisé. Cette librairie contient une partie dédiée à l'interaction tactile et permet d'associer un évènement à chaque toucher d'objet graphique (sprite) sur l'écran du smartphone. Il a ainsi été possible de s'approcher du rendu visuel obtenu de CATART dans Max. Nous voyons la similarité, dans le placement des grains et dans les couleurs, entre le patch Max (figure 2) et l'application (figure 3).

La capture de pression sur l'écran, auparavant disponible sur les smartphones et qui nous aurait permis d'implanter un contrôle du volume, a été abandonnée malheureusement il y a quelques années par les fabricants. Le contrôle du volume n'a pas été implanté dans cette version de l'application ; l'utilisateur pouvait donc uniquement agir sur le contrôle du volume général du smartphone.

Nous avons utilisé les capteurs d'orientation du smartphone pour piloter la vitesse de lecture des grains, et obtenir ainsi une variation des hauteurs sur les sons toniques. Cela permet d'une part de générer une légère variation des hauteurs entre instrumentistes, et d'éviter ainsi à peu de frais la répétition à l'identique d'un même son, le smartphone n'étant jamais tenu par le musicien parfaitement horizontalement. D'autre part, cela ouvre également une possibilité de déformer le son et de proposer une variation de jeu.

Il est également possible d'ajouter des filtres audio disponibles dans l'API Web audio. Nous avons utilisé une ligne à retard avec réinjection, avec un contrôle sous forme de slider *wet and dry* (figure 3).

3.2.6. L'utilisation hors ligne de l'application

Dans un premier temps, nous avions testé la possibilité de servir l'application sur un serveur local, avec un réseau wifi local. Cette solution offrait la possibilité de récupérer via Websocket les données d'utilisation datées de l'application, permettant ainsi l'analyse fine de son utilisation, mais nécessitait un routeur wifi local. Nous avons préféré, pour des questions de temps d'installation, y renoncer et installer

5 . https://pixijs.com/

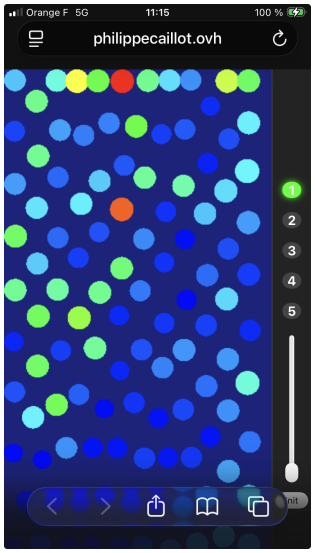


Figure 3. Visuel application DMI sur un Iphone.

l'application sur un site distant, rendant ainsi l'application disponible en dehors du temps de répétition.

Le modèle des Progressive Web Applications permet une utilisation hors ligne des applications web. Un *Service Worker* met en cache les sources à la suite d'un téléchargement initial et contrôle les versions. Ce principe de fonctionnement est tout à fait adapté aux conditions pédagogiques et matérielles de ce projet, avec le besoin d'une mise en place et d'un accès rapide au DMI en répétition comme en concert. La mise en cache des fichiers sons permet de pallier le risque du manque de réseau GSM dans certaines parties du bâtiment accueillant le projet, et l'impossibilité de jouer qui en découlerait. Le nombre de musiciens impliqués (24) impose de simplifier au maximum les procédures d'installation.

Le code de l'application est disponible sur la plateforme Github. [6]

3.3. Choix et préparation du corpus sonore

Le choix du corpus sonore répond en premier lieu à la thématique proposée sur les oiseaux. Notre souhait étant de transformer, le temps de la restitution, l'auditorium en volière. Les enregistrements sur lesquels nous avons travaillé ont été choisis sur le site *Freesound* [7] , qui propose une grande variété de sons de type field recording, sous licence Creative Commons, permettant leur réutilisation. Parmi la grande variété des propositions, notre choix s'est porté sur des séquences qui comportaient peu de son d'ambiance autre que le chant des oiseaux. Nous avons ainsi évité les sons pollués par le trafic routier, ou enregistrés en proximité d'une rivière qui auraient pu brouiller le message sonore.

Nous avons ainsi constitué cinq corpus différents, qu'il est possible de sélectionner sur l'application. Chaque corpus est retravaillé en montage audio, afin de sélectionner

6 . https://github.com/Kaio12/nuit_des_conservatoires2526
7 . https://freesound.org/

les passages qui nous semblaient les plus pertinents, et pour normaliser les niveaux sonores. Chacun des 5 corpus devait se différencier nettement afin de proposer la possibilité de contrastes, de ruptures musicales dans les différentes parties de la comprovisation.

Chaque corpus a été dans un premier temps testé dans le patch Max afin de vérifier le nombre de grains générés par l'algorithme de CATART, et la validité musicale d'un premier jeu sur la carte produite, jouée "à la souris". Après validation, un deuxième test a été effectué sur un smartphone afin de vérifier le résultat audible sur le petit haut-parleur. Le spectre des chants d'oiseaux choisis, avec une forte présence autour de 2500Hz se prête plutôt bien à ce type de sonorisation.

4. ASPECTS PÉDAGOGIQUES ET ORGANISATIONNELS

4.1. Musiciens participants au projet

Les musiciens de notre projet suivent un cursus de Classe à Horaires Aménagés Musique, et sont habituellement en fin de deuxième cycle instrumental de conservatoire, c'est-à-dire qu'ils pratiquent leur instrument depuis 6 ou 7 années (figure 4). Leur cursus dans ce conservatoire se caractérise par la particularité d'être orienté vers la création musicale, avec chaque semaine un cours de composition et un cours d'improvisation d'une heure chacun et des restitutions fréquentes de leurs travaux. Ces élèves sont donc habitués à écrire de la musique et également à jouer de leur instrument sans partition.

Pour l'organisation de ce type d'évènement, un public captif, comme c'est le cas ici dans un cadre scolaire, permet une disponibilité et une participation des musiciens à chaque étape du projet, de la conception à l'évaluation finale.

4.2. Organisation pratique

La proposition pour la Nuit des conservatoires a été énoncée en octobre 2025, mais les élèves n'étaient disponibles pour répéter qu'à partir de début janvier 2026. Nous avons donc bénéficié, avant la restitution du 30 janvier 2026, de quatre répétitions d'une heure en effectif partiel de 12 musiciens, dans une salle de cours, d'une répétition pré-générale avec un effectif réduit, puis une répétition générale avec l'effectif complet le jour même de la restitution.

L'acoustique et la disposition des salles sont un aspect déterminant pour la validité de notre dispositif. La répétition pré-générale a été ainsi l'occasion de tester l'utilisation des smartphones dans l'espace de concert, en condition réelle, avec un éloignement des musiciens les uns des autres très différent de la situation en répétition, ce qui modifie nécessairement l'interaction inter-personnelle (figure 5).

Les deux premières répétitions ont permis pour chaque musicien de s'approprier le DMI et de découvrir chaque corpus sonore. Nous avons vérifié alors la possibilité d'installation et le bon fonctionnement de l'application sur tous

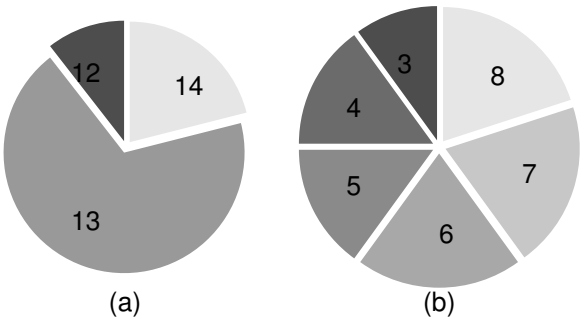


Figure 4. (a) Âge des participants, (b) Nombre d'années de pratique instrumentale.

les appareils. Nous redoutions la présence de modèles de smartphones anciens qui ne bénéficieraient pas de l'implantation de toutes les librairies JavaScript nécessaires à son fonctionnement. Le fait d'utiliser des objets proposés par le public visé nous expose à des éventuelles incompatibilités.

Nous avons constaté par ailleurs les difficultés d'accès au réseau GSM, ce qui nous a conduit à porter la web-app en PWA, afin de bénéficier du cache et donc de la possibilité de l'utilisation hors ligne.

4.3. Mise en pratique et comprovisation

À partir de la troisième répétition, nous avons demandé à deux élèves volontaires d'écrire un script pour la restitution (figure 6). Le principe de comprovisation, à mi-chemin entre une composition qui serait davantage fixée, et une improvisation plus ouverte, permet à la fois de s'adapter facilement à un contexte et de laisser une part d'improvisation aux musiciens.

Les deux comprovisations ont été dirigées ensuite par ces mêmes élèves, avec la technique du SoundPainting, particulièrement efficace pour ce type de projet, avec une gestuelle adaptée à des pratiques créatives [3].

La répétition générale a permis d'enregistrer la comprovisation avec un microphone ambisonique à l'ordre 1. Cet enregistrement a été utilisé pour évaluer le projet sur le plan musical, et sur le plan de l'équilibre sonore entre smartphones et instruments. La restitution publique a été enregistrée avec un modèle zoom ambisonique à même de garder une trace de l'évènement.

4.4. Questionnaire

La dernière partie de notre dispositif consiste en un questionnaire anonyme (figures 7, 8, 9 et 10) qui a été distribué après la restitution à l'ensemble des élèves participants. Il s'agissait pour nous de recueillir l'avis des musiciens sur la question de l'accessibilité de l'application et sa validité en temps qu'instrument de musique. Nous souhaitions évaluer la qualité du dispositif sur le plan de l'interaction inter-personnelle.

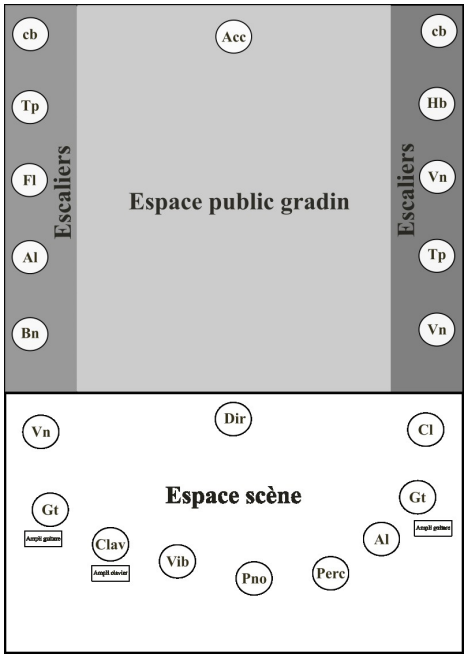


Figure 5. Disposition des musiciens dans l'auditorium.

5. RÉSULTATS

5.1. Équilibres sonores

Les différents enregistrements réalisés lors des répétitions préliminaires et notre écoute personnelle ont permis de valider le dispositif dans l'espace de la salle de cours habituelle (65 m^2), avec une douzaine de musiciens (piano, vents, cordes, percussions). L'atmosphère sonore créée par les smartphones était clairement audible, à la fois pour nous, extérieurs au groupe de musiciens, et pour les musiciens eux-mêmes dans les moments musicaux de mélanges smartphones/instruments. Les enregistrements réalisés lors de la générale du concert, avec le microphone ambisonique a permis de valider le dispositif, pour un *sweet spot* placé devant l'élève musicienne dirigeant l'ensemble, en l'absence du public dans les gradins.

Certains musiciens nous ont fait un retour critique sur l'impossibilité pour eux, placés en périphérie autour du gradinage (voir schéma) de mesurer la qualité de la projection de leur son instrumental, ce qui n'était pas le cas dans la salle de répétition où le retour acoustique était davantage présent.

Dans l'enregistrement ambisonique, encodé en binaural pour une écoute au casque, la "forêt sonore" est très présente, très dense dans les évènements sonores, et avec une localisation diffuse. Il est difficile de distinguer la position des sources, ce qui correspondait à l'objectif artistique initial. Les sons instrumentaux en revanche sont clairement identifiables et localisables. Nous retrouvons bien le côté immersif d'une forêt et les instruments acoustiques qui émergent.

5.2. Validité du choix du dispositif technique

Le choix du smartphone dans cette configuration spatiale et musicale s'est révélé pertinent pour ce projet. L'utilisation du DMI a été assimilée par les musiciens, ils se sont effectivement approprié le DMI dans son utilisation et ont su en relative autonomie s'en servir dans le cadre de la restitution. Les réponses aux questions 6 et 7 montrent une bonne adhésion des élèves au dispositif proposé (figure 9).

Les comprovisations écrites par les deux musiciennes (figure 6) et jouées successivement ont montré les différentes possibilités sonores du DMI, avec l'utilisation des 5 corpus et la possibilité de jouer sur la densité et le mélange des différents sons. L'adaptation de CATARTnous a semblé appropriée dans l'expression musicale qu'elle offre.

Après la proposition du dispositif smartphone, nous ne sommes plus intervenus dans l'aspect créatif de la restitution. Ce sont bien les élèves amateurs qui se sont appropriés le dispositif et ont pu s'exprimer de manière créative.

L'utilisation du smartphone s'est révélée assez surprenante pour le public présent, qui ne s'attendait pas à écouter une musique mixte réalisée par les élèves eux-mêmes. Les réactions et les retours ont été plutôt positifs.

6. DISCUSSION

6.1. Critique du smartphone comme objet

La taille et le poids réduits de l'objet smartphone, utilisé ici comme DMI, ont été déterminants dans la conduite du projet. Cet aspect a permis notamment d'exploiter une mise en espace de la restitution dans l'auditorium. Les dimensions réduites des espaces de circulation nécessitaient un encombrement réduit, et ont guidé la disposition spatiale des musiciens (figure 5), avec les instruments les plus encombrants disposés dans l'espace scénique, face au public, et les instruments joués en position debout placés dans les escaliers, en alternant les modes de production (cordes frottées, percussions, vents).

6.2. Critique du DMI du point de vue instrumental

En tant qu'instrumentiste et enseignant, notre première critique du DMI concerne la relation entre l'effectuation de gestes différenciés sur l'interface et son résultat sonore. De ce point de vue, notre DMI ne permet pas une diversité d'expression perceptible, les gestes des élèves se révélant très uniformes à l'écoute des enregistrements.

Une des formes d'apprentissage que nous utilisons dans cet atelier d'improvisation consiste en un principe de répétition / variation d'un geste (Piaget [7]) instrumental. L'itération du geste permet de se concentrer sur les variations effectuées et leur impact sur la qualité sonore du résultat. Ce travail, guidé à la fois par la curiosité et la déduction permet l'acquisition progressive d'un savoir-faire. Ce principe incite également à l'exploration des comportements de l'instrument dans ses limites d'utilisation (exploration des différents modes de jeu contemporains). Dans le cadre de notre DMI, nous avons bien l'exploration de la carte

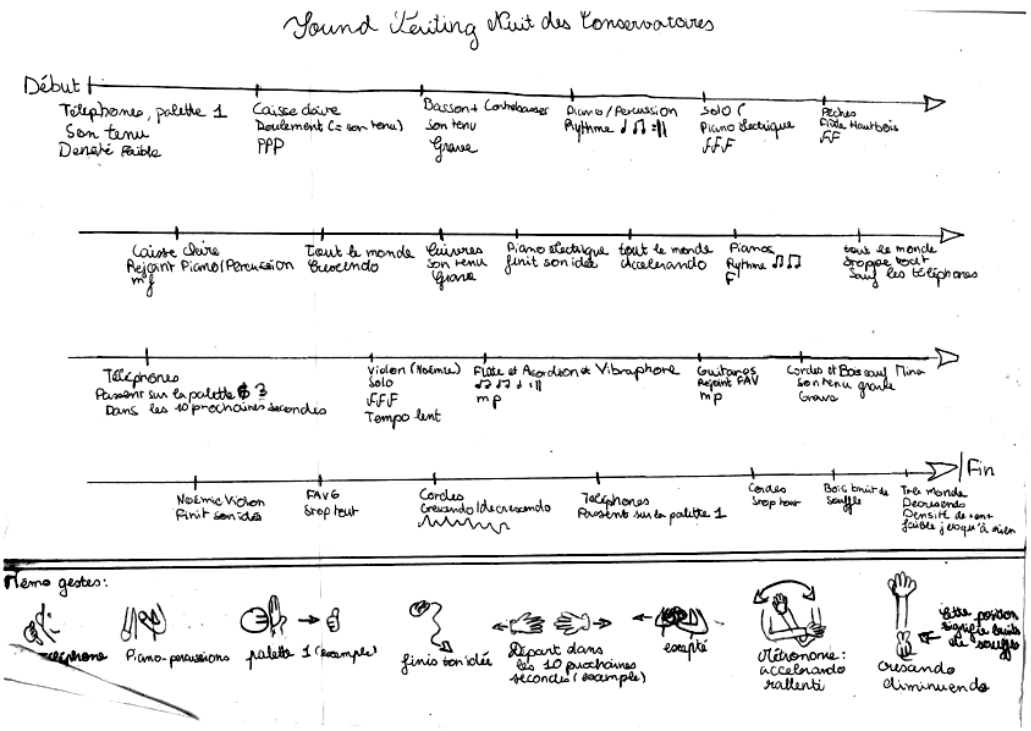
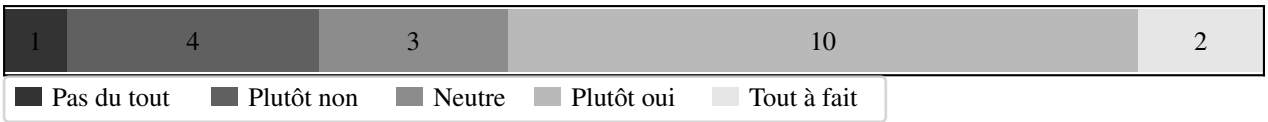
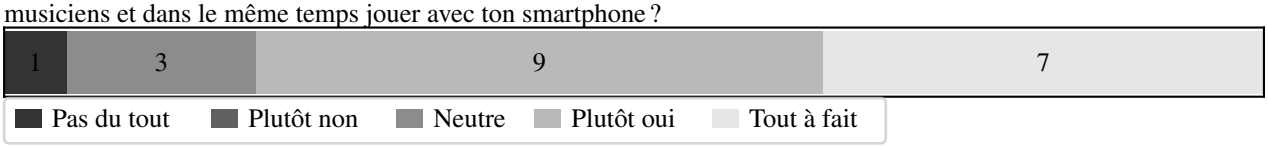


Figure 6. Script comprovisation d'une des deux élèves dirigeant l'ensemble.

Question 1 : Le smartphone utilisé avec l'application nuit des conservatoires est-il un instrument ?



Question 2 : Pendant le concert, dans quelle mesure étais-tu capable de suivre le jeu des autres musiciens et dans le même temps jouer avec ton smartphone ?



Question 3 : Pendant le concert, dans quelle mesure était-il possible pour toi de suivre la cheffe d'orchestre, et en même temps, de jouer avec le smartphone ?

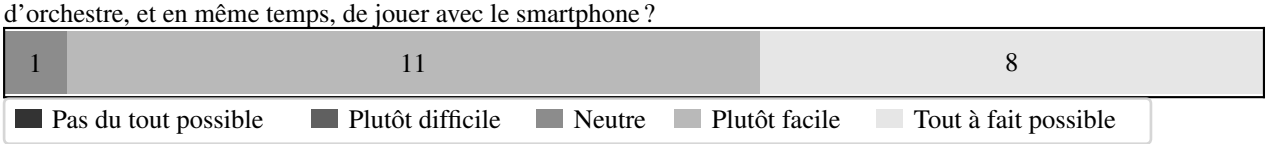


Figure 7. Aspects musicaux.

sonore des grains. Mais son fonctionnement est borné, limité au déclenchement de l'échantillon. Il n'y a qu'une seule possibilité offerte. Le DMI ne permet pas le développement d'un haut degré de musicalité, ni de découvrir des limites d'utilisation (Wessel [15]). Le contrôle discret du volume ne permet pas de continuité de nuance et manque pour constituer un instrument expressif.

Nous retrouvons à la question 8 (figure 9) des réponses très contrastées, qui soulignent à notre sens les limites musicales du DMI.

Un avantage certain du smartphone, possédé et donc disponible par les utilisateurs en dehors des répétitions, rend possible une utilisation fine des différentes possibilités. Une des difficultés rencontrées dans un cadre scolaire avec des DMI construits sur d'autres plateformes (ordinateurs portables, Raspberry Pi...) réside dans la fréquente impossibilité de pratiquer l'instrument de manière régulière et donc de progresser dans sa pratique.

Une limite du smartphone tient dans la partie acoustique, l'amplification s'est révélée suffisante dans notre

Question 4 : L'utilisation de l'application t'a t'elle paru intuitive ?

Question 5 : D'après toi, l'application nécessiterait-elle des explications complémentaires pour pouvoir être utilisée ?

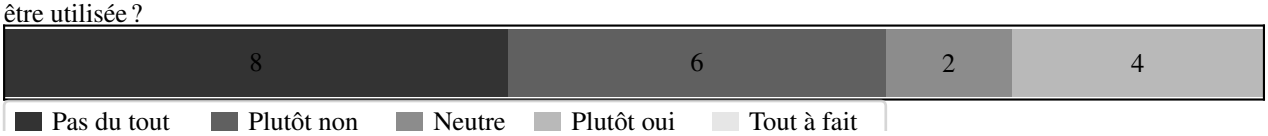
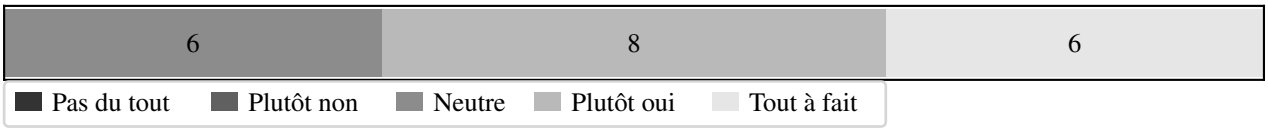


Figure 8. Aspects découverte de l'application.

Question 6 : As-tu pris plaisir à expérimenter ce dispositif lors des répétitions ?

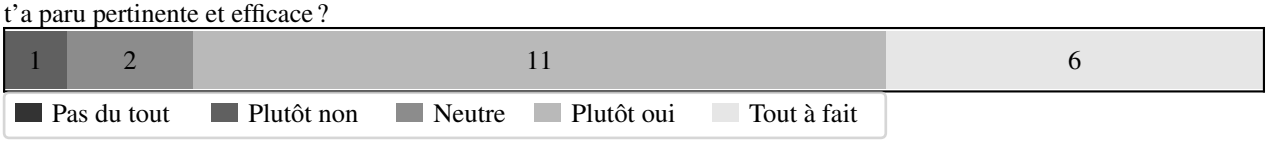


Question 7 : Est-ce que l'utilisation du smartphone était plaisante pour toi dans le cadre du concert ?

Figure 9. Evaluation de l'adhésion des élèves au dispositif technique.

Question 8 : Est-ce que cette expérience t'a permis de t'approprier le smartphone de manière créative ?

Question 9 : Est-ce que la disposition des musiciens (en entourant le public) adoptée pour le concert t'a paru pertinente et efficace ?



Question 10 : Est-ce que tu souhaiterais continuer cette expérience et tester d'autres dispositifs ?

Figure 10. Enquête de satisfaction.

dispositif et pour une utilisation dans un auditorium de taille réduite (140 places), mais poserait certainement un problème d'équilibre sonore dans d'autres contextes musicaux et pédagogiques (par exemple dans le cas d'une utilisation en extérieur).

6.3. Critique de la partie développement

Notre application a été développée dans un temps réduit, sur quelques semaines, avant d'être distribuée aux musiciens participants, avec une première version très proche de la version utilisée lors de la restitution.

L'interface de l'application ne permet pas une personnalisation de la part de l'utilisateur, ni sur le contrôle sonore, ni sur la disposition des points (Wendy Mackay [5]). Si nous avons corrigé certains dysfonctionnements logiciels à la suite de remarques des élèves, nous n'avons pas pu mettre en œuvre, faute de temps, une conception centrée sur l'utilisateur, ce qui pourrait constituer une piste de travail ultérieure.

L'utilisation du langage interprété JavaScript facilite et accélère le développement et la résolution d'éventuels dysfonctionnements. Sa disponibilité sur toutes les plateformes permet une rapidité de mise en œuvre et un contrôle de la validité du projet à toutes les étapes de conception. Il est possible de simuler le fonctionnement du smartphone directement sur l'ordinateur de développement en ouvrant simplement un navigateur. Cette possibilité ouvre des perspectives de recherches ultérieures dans l'ergonomie des dispositifs.

Les réponses aux questions 4 et 5 (figure 8) montrent la facilité qu'ont ces musiciens adolescents à s'approprier très rapidement l'application sur smartphone.

6.4. Limites de l'attention

Bien qu'il soit théoriquement possible de jouer de ce DMI sans regarder l'écran, les grains étant suffisamment proches les uns des autres et dans un affichage suffisamment dense, nous avons remarqué, lors des répétitions préliminaires, que l'attraction de l'image reste très forte chez les utilisateurs. Le regard d'un musicien sur le DMI smartphone quitte fréquemment les musiciens du groupe afin de contrôler la position de ses doigts sur l'écran. Le rapport peut même être inversé, avec un contrôle visuel épisodique de la situation musicale, seul le contrôle auditif étant actif. Ce DMI, dans la conception de son interface à partir de l'écran tactile, n'incite pas à l'observation du geste des autres et à l'interaction inter-personnelle. Par ailleurs, nous n'avons pas ajouté de retour tactile sur le déclenchement des grains qui auraient pu permettre ce jeu sans regard.

Le musicien sur smartphone doit suivre les indications de la cheffe d'orchestre et donc garder une attention continue sur les gestes donnés en soundpainting, ce qui est quasiment toujours possible pour les instruments traditionnels, et qui s'avère difficile ici avec la polarisation vers l'écran. Dans certains passages de la comprovisation, il doit également gérer la densité de jeu, et donc être attentif à la production sonore des autres musiciens, et adapter son jeu en conséquence.

Il y a donc une triple attention, sur le DMI, sur les indications de la cheffe d'orchestre et sur la production sonore du reste du groupe. Cette interaction fait partie des savoir-faire à acquérir au sein de l'atelier d'improvisation CHAM, les élèves étaient donc sensibilisés à cette approche en amont du projet.

Les réponses aux questions 2 et 3 du questionnaire (figure 7) montrent une adaptabilité des élèves à la situation. Même si l'ergonomie du DMI ne facilitait pas l'interaction, ils ont su s'y adapter et être à même de suivre les indications de la cheffe d'orchestre.

6.5. Aspects pédagogiques

Nous avons observé une progression des musiciens de séance en séance avec une autonomie croissante dans l'utilisation du DMI smartphone. Un des défauts de conception de l'application non corrigé vient de la perte de l'autorisation web audio en cas de changement d'écran. Il fallait alors réinitialiser l'application pour retrouver la production sonore. Les élèves ont rapidement trouvé et intégré la manipulation et sont arrivés à une disponibilité pour jouer assez rapide, surmontant les difficultés techniques.

Nous ne pouvons pas en revanche parler d'une pratique musicale improvisée, les possibilités du DMI étant trop limitées dans l'expression pour le permettre.

Les réponses à la question 10 (figure 10) montrent une certaine adhésion à la proposition ainsi qu'une perspective positive sur des expérimentations futures.

7. CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Le Smartphone nous paraît, à la suite de cette expérience, une bonne plateforme pour envisager l'élaboration d'un DMI, notamment dans un cadre pédagogique. Même si certaines limites nous sont apparues, comme l'indisponibilité de la capture de pression sur l'écran et la faible sonorisation, le DMI a bien permis une initiation à la musique mixte pour ces élèves. Cet aspect du cahier des charges est à notre sens rempli. Les enregistrements et le questionnaire ont permis de valider le cahier des charges initial. Pour une analyse plus fine de l'utilisation, la récupération des données d'utilisation, qui a manqué ici, serait souhaitable dans un travail ultérieur.

Les capacités techniques du smartphone en constante progression, sa mobilité et le fort taux d'équipement du public permettent d'envisager d'expérimenter des dispositifs créatifs, notamment pour un public scolaire. Nous pourrions envisager d'élargir le public visé à un plus grand effectif, pour une participation active du public entier à une situation de concert.

8. REMERCIEMENTS

Mes remerciements vont aux élèves musiciens de la classe CHAM qui ont accepté de nous suivre dans ce projet avec une très bonne implication dans chaque étape.

9. REFERENCES

[1] Bevilacqua, F., Matuszewski, B., Paine, G., and Schnell, N. On Designing, Composing and Perfor-

ming Networked Collective Interactions. *Organised Sound 26*, 3 (Dec. 2021), 333–339.

[2] Kim, J.-A. Réflexions sur la comprovisation de Sandeep Bhagwati : Théorie et pratique. *Circuit 28*, 1 (2018), 23–33.

[3] Lê Quang, V., and Canonne, C. S'entendre sur le soundpainting. *Circuit 30*, 2 (Aug. 2020), 69–78.

[4] Letz, S., and Ribeau, J. Applications audio web avec Faust : Innovations techniques au service de la transmission. In *Journées d'Informatique Musicale* (2025).

[5] Mackay, W. E. Triggers and barriers to customizing software. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems Reaching through Technology - CHI '91* (New Orleans, Louisiana, United States, 1991), ACM Press, pp. 153–160.

[6] Paredes, V., Bevilacqua, F., and Françoise, J. Polyspring : A python toolbox to manipulate 2-d sound database representations. In *Sound Music Computing* (2023).

[7] Piaget, J. *La Formation Du Symbole Chez l'enfant : Imitation, Jeu et Rêve, Image et Représentation*. Delachaux et Niestlé, 1978.

[8] Rouget, G. L'efficacité musicale : musiquer pour survivre. *L'Homme. Revue française d'anthropologie*, 171-172 (2004/déc./01), 27–52.

[9] Schnell, N. Murmures Urbains @ Chalon dans la rue 2015 – CoSiMa. http://cosima.ircam.fr/murmures-urbains/ (consulté le 3 mars 2026), June 2015.

[10] Schwarz, D. Corpus-based concatenative synthesis. Assembling sounds by content-based selection of units from large sound databases. *IEEE Signal Processing Magazine 24*, 2 (Mar. 2007), 92–104.

[11] Schwarz, D., Beller, G., Verbrugghe, B., and Britton, S. Real-time corpus-based concatenative synthesis with CataRT. In *Digital Audio Effects (DAFx)* (Montreal, Canada, Sept. 2006), pp. 279–282.

[12] Small, C., Sklower, J., and Hennion, A. *Musiquer : le sens de l'expérience musicale*. La rue musicale. Cité de la musique-Philharmonie de Paris, Paris, 2019.

[13] Tanaka, A. Creative applications of interactive mobile music. *The Oxford Handbook of Mobile Music Studies, Volume 2* (2014), 470–486.

[14] Wang, G., Essl, G., and Penttinen, H. Do mobile phones dream of electric orchestras ? In *ICMC* (2008).

[15] Wessel, D., and Wright, M. Problems and prospects for intimate musical control of computers. *Computer Music Journal 26*, 3 (2002), 11–22.

[16] Winkin, Y. *Anthropologie de la communication : de la théorie au terrain*, nouv. ed ed. No. 448 in Points essais. Éd. du Seuil [u.a.], Paris, 2001.