DES OUTILS POUR LA CRÉATION SONORE IN SITU

Denez Thomas
Université Rennes 2, Orbe
denez.thomas@univ-rennes2.fr

RÉSUMÉ

Les pratiques musicales qui s'écartent des lieux traditionnels de l'écoute sont nombreuses et variées. Elles prennent la forme d'installations, de parcours sonores, de performances *in situ*, ayant en commun un certain refus d'une écoute homogénéisante, celle de la salle de concert ou des enregistrements stéréophoniques. Ces pratiques entretiennent un rapport privilégié avec l'espace sonore alors considéré dans toute sa singularité comme partie intégrante de l'œuvre. Dans cet article, nous nous intéressons à ces types de composition qui, souvent, font usage de technologies numériques, notamment pour s'affranchir – ou profiter – des contraintes imposées par le lieu. En particulier, il s'agit de se concentrer sur l'utilisation d'appareils mobiles et de systèmes embarqués – *smartphones* et nano-ordinateurs de type *Raspberry Pi* – pour la création et la réception des œuvres sonores situées. Dans cette optique, nous présentons la plateforme web *Nodal.studio* – que nous développons avec l'entreprise Orbe – pour en démontrer la capacité à prendre en compte la multiplicité de ces pratiques.

1. INTRODUCTION

La multiplication, à partir de la seconde moitié du XX^{e} siècle, des pratiques sonores dites *in situ* [1] s'accompagne des évolutions technologiques de l'enregistrement, de la synthèse et de la diffusion du son : « les moyens électroniques offraient la possibilité de travailler avec des durées échappant aux restrictions physiques du geste et de la respiration. » [1] En particulier avec l'essor de l'informatique musicale et de sa démocratisation, les contraintes imposées par la traditionnelle salle de concert sont plus facilement détournées. On explore d'autres durées, mais également d'autres manières d'envisager l'espace sonore, avec des dispositifs de plus en plus variés permettant de « favoriser les potentialités subjectives de l'écoute, selon des relations multiples et plurilocales » [3].

Si l'expérimentation de nouvelles manières de composer en étroite relation avec l'espace d'écoute est un des enjeux majeurs de la création sonore contemporaine, les outils dont disposent les artistes doivent répondre à certaines exigences en termes d'accessibilité, de versatilité et de rapidité de prototypage. Les nano-ordinateurs à carte unique, avec en particulier le *Raspberry Pi*, ont progressivement gagné en popularité chez les artistes, notamment pour leur faible coût. Ils sont généralement utilisés en contexte muséal en tant que lecteurs multimédias hautement personnalisables. Dans cet article, nous voulons encourager l'usage de ce type de matériel, non seulement comme système de restitution, mais aussi comme outil d'expérimentation artistique *in situ*. De la même manière, nous nous intéresserons à l'utilisation d'appareils mobiles – *smartphones* et tablettes – comme interfaces de contrôle et de réception des œuvres.

En nous appuyant notamment sur les travaux de Renaud Meric et de Pascale Criton sur l'espace sonore, nous tenterons tout d'abord de définir le cadre philosophique qui motive notre approche de la création sonore *in situ*. Nous détaillerons ensuite les possibilités offertes par l'utilisation d'appareils mobiles et de systèmes embarqués dans ce contexte. Enfin, nous présenterons la plateforme web *Nodal.studio*, un outil dédié à la création d'expériences dites de « média situé ». Nous discuterons de son potentiel pour le prototypage rapide et la réalisation d'œuvres directement sur le lieu de réception.

2. CONTEXTE ET ENJEUX

2.1. Les espaces de la composition et de la réception

Dans un entretien qu'il accorde à Antoine Pecqueur à propos de l'acoustique des salles de concert [8], Pierre Boulez évoque les difficultés qu'il a pu rencontrer, en tant que chef d'orchestre, à adapter l'interprétation à des espaces tous différents. Il regrette le manque de temps passé sur le lieu de la représentation. Selon lui, des efforts devraient être faits dans la construction de salles de répétition de « la même surface qu'une salle de concert. » Ce que Pierre Boulez décrit pour l'interprétation de partitions par un orchestre est tout à fait transposable à la composition. Si les espaces de diffusion de la musique sont tous différents, on peut difficilement espérer, en tant que compositeur·rice, une réception unique, standardisée de l'œuvre.

2.1.1. Espaces sonores et processus

Dans son ouvrage *Appréhender l'espace sonore : l'écoute entre perception et imagination* [6], Renaud Meric commente les travaux de Michel Chion sur les « deux espaces de la musique concrète » [2], à savoir l'espace interne, propre à la composition et l'espace externe, dépendant

[1] Nous entendons par « pratique sonore *in situ* » toute pratique artistique à dominante sonore, qu'elle soit considérée comme musicale ou non, qui intègre le lieu et ses spécificités comme composante de l'œuvre.

du contexte d'écoute. Tout en élargissant la question des deux espaces aux autres musiques – et pas uniquement à la musique concrète –, Renaud Meric propose le terme de *processus* pour remplacer celui d'espace interne : « Le compositeur ne conçoit pas un espace – interne – devant être déployé et altéré dans un espace externe, mais un processus – nécessairement mouvant – qui s'extériorisera dans l'espace. La distinction est assez nette ici : le processus n'a pas de forme préétablie ou réifiée et il n'a aucune existence propre avant d'être perçu dans un espace. Le compositeur lui-même écoute et compose son œuvre en relation étroite avec l'espace – un « espace externe » (celui d'un studio, d'un lieu de composition) – et n'a aucune possibilité de s'en extraire : d'autre part, il compose en sachant pertinemment que son œuvre connaîtra divers espaces. »

La notion de processus que nous décrit Renaud Meric est particulièrement pertinente dans le cadre de notre approche de la création *in situ*. Elle souligne non seulement l'indissociabilité de l'œuvre musicale et de l'espace – l'une ne pouvant exister qu'à travers l'autre –, mais aussi, par extension, l'importance de ne pas considérer l'œuvre comme entité immuable.

2.1.2. Composer et diffuser dans un même espace

La création sonore *in situ* n'est, par essence, pas concernée par la séparation entre l'espace de la composition et celui de la réception par le public. Il ne s'agit pourtant pas d'une solution au problème que nous évoquions plus haut avec l'exemple des salles de concert. La recherche d'une écoute homogénéisée est, nous semble-t-il, aux antipodes des préoccupations des artistes qui investissent volontairement des lieux qui ne sont pas, *a priori*, dédiés à la musique. Pascale Criton le résume d'ailleurs très bien dans un article intitulé *L'écoute plurielle* [3] : « Loin de proposer un point de vue – ou d'écoute unique – il s'agit alors de tirer parti de l'espace donné, d'explorer (exploiter) la plasticité acoustique du lieu : jouer sur les contiguïtés, les ouvertures, les seuils, les volumes et les distances. » La création sonore *in situ* ne représente pas un moyen de s'affranchir de l'inévitable subjectivité de l'écoute, elle invite au contraire à la célébrer. Toujours dans le même article, Pascale Criton insiste par ailleurs sur l'importance de ne pas réduire cette subjectivité aux seules considérations acoustiques. Elle inclue nécessairement le « travail d'une "autoréférence existentielle" de l'auditeur-visiteur, agissant comme une (rétro)projection sémiotique dans laquelle se mêlent réflexions, sensations, connaissances, expériences sonores, tactiles, visuelles, individuations paradoxales cumulées dans l'entrelacement mobile de la mémoire et des sens. » Cela rejoint la thèse de Renaud Meric pour qui l'écoute est nécessairement un entrelacement entre perception et imagination.

2.2. Enjeux

Nous l'avons vu, si l'on considère la subjectivité de l'écoute non plus comme une contrainte, mais comme une dimension qui mérite d'être explorée, on est en mesure d'enrichir son œuvre de modes de réception variables. Les œuvres *in situ*, lorsqu'elles n'imposent pas un point d'écoute unique, mais invitent au contraire à se déplacer dans l'espace sonore, poussent cette subjectivité à son paroxysme. Proposer aux artistes des outils pour expérimenter de nouveaux modes de création sonore à réception variable fait partie des enjeux majeurs de notre recherche.

Pour que de tels outils permettent l'expérimentation la plus libre possible, ils doivent selon nous :

- être accessibles, simples d'utilisation ;
- permettre la mise en pratique rapide d'une idée de dispositif ;
- être mobiles : l'objectif n'est pas de recréer un environnement de studio sur le lieu de l'œuvre, mais justement de permettre à l'artiste de composer tout en se déplaçant dans l'espace d'écoute ;
- proposer suffisamment de fonctionnalités – en particulier en termes de synthèse et de traitement audio –, pour être en mesure de ne pas brider la créativité de l'artiste.

3. APPAREILS MOBILES ET SYSTÈMES EMBARQUÉS POUR LA CRÉATION SONORE *IN SITU*

3.1. *Raspberry Pi*

Nous l'évoquions en introduction, les nano-ordinateurs comme le *Raspberry Pi* [2] sont largement utilisés par les artistes en contexte muséal. Ils sont notamment appréciés pour leur faible coût, leur petite taille – aisément dissimulables –, mais aussi pour leur simplicité d'utilisation.

Le *Raspberry Pi* n'est pas conçu spécifiquement pour l'audio, mais il existe des interfaces, sous la forme de cartes d'extension, qui permettent d'obtenir une bonne qualité de son et une latence faible. Certaines interfaces audio sont également équipées d'un amplificateur [3] pour permettre l'utilisation d'enceintes passives, mais aussi d'autres systèmes de diffusion sonore, comme les exitateurs électrodynamiques qui transmettent le son en faisant vibrer la surface sur laquelle ils sont posés.

Le *Raspberry Pi* permet l'installation de nombreux systèmes d'exploitation, la distribution officielle étant un dérivé de *Debian* appelé *Raspberry Pi OS*. Une fois connecté à un hautparleur, il offre des possibilités très larges en termes d'installation sonore, puisque l'on peut y installer de nombreux outils dédiés à l'informatique musicale, comme *Pure Data*, *Csound* ou encore FAUST [7]. Le *Raspberry Pi* est équipé d'une interface Wi-Fi, il est donc possible de contrôler à distance les paramètres sonores d'un programme que l'on aurait préalablement installé.

[2] Il existe plusieurs modèles de *Raspberry Pi*, nous prenons comme référence le *Raspberry Pi 4 Model B*.

[3] Généralement, les interfaces audio avec amplificateur nécessitent une alimentation externe qui vient remplacer celle du *Raspberry Pi*.

3.2. *Smartphones*

Les *smartphones* sont des outils particulièrement intéressants pour la création sonore *in situ*, dans la mesure où l'on peut les utiliser tout en se déplaçant dans l'espace d'écoute. Par exemple, dans une situation où l'on aurait plusieurs couples *Raspberry Pi*/hautparleur disposés dans différentes pièces, on serait en mesure de les contrôler individuellement pour composer en confrontation continue avec l'espace sonore. Il existe d'ailleurs des applications – comme *TouchOSC* – pour *iOS* et *Android* dédiées au contrôle de paramètres sonores à distance via le protocole OSC (*Open Sound Control*), largement supporté par les logiciels comme *Pure Data*. On dispose alors d'une interface contenant des boutons et des potentiomètres virtuels, mais certaines applications permettent également l'envoi des données des capteurs de l'appareil – accéléromètre, gyroscope, magnétomètre – et offrent ainsi un autre type d'interaction possible avec le dispositif.

Non seulement les *smartphones* sont de très bons outils de création *in situ*, mais ils peuvent également servir à la réception des œuvres, en étant eux-mêmes le dispositif de restitution sonore. Les hautparleurs intégrés sont à considérer parmi les options possibles, mais leur portée n'est généralement pas très importante, en particulier dans un environnement bruyant. L'utilisation d'un casque audio est également courante, notamment pour des œuvres dans lesquelles les sources sonores sont virtuellement placées dans l'espace. On préfèrera toutefois l'utilisation de casques ouverts, qui laissent entendre davantage l'environnement, aux casques fermés. Pour reprendre les mots de l'artiste Dominique Petitgand : « utiliser un casque [fermé], c'est instaurer la défaite de l'espace, sa négation, c'est-à-dire : une non-installation. » [9]

3.3. *Soundworks*

Soundworks [4] est un *framework* web dont l'objectif principal est la simplification du développement de systèmes musicaux distribués. [4] Il a été conçu dans le cadre de l'ANR CoSiMa [5] (*Collaborative Situated Media*) par l'équipe ISMM de l'IRCAM. Une application développée avec *Soundworks* connecte plusieurs clients – majoritairement des *smartphones*, mais aussi des nano-ordinateurs de type *Raspberry Pi* – autour d'un serveur *Node.js* et à travers une communication *WebSocket*. Le *framework* lui-même n'intègre pas d'outils de synthèse, d'analyse ou de traitement audio. Il se concentre principalement sur la mise en réseau des composantes de l'installation. En cela, il permet de rapidement mettre en pratique différentes « topologies d'interaction » [5].

Étant un *framework JavaScript*, *Soundworks* s'adresse à un public de développeur·euse·s web. Cependant, une nouvelle version majeure du *framework*, notamment marquée par une réduction considérable de la surface d'API avec la mise de place d'un système de *plugins*, a largement simplifié son utilisation. [4]

[4] `https://collective-soundworks.github.io/`

[5] `https://cosima.ircam.fr`

4. NODAL.STUDIO

4.1. Présentation de la plateforme

Nodal.studio [6] est une plateforme web dont le développement – assuré par l'entreprise Orbe [7] – a été entamé dans le cadre des projets CoSiMa [8] (ANR) et RAPID-MIX [9] (H2020). Il s'agit d'un outil de création d'applications basées sur *Soundworks* – majoritairement à destination des *smartphones* – qui lient l'espace, le corps et les médias. Son interface nodale permet, sans avoir à manipuler de lignes de code, de créer des projets plus ou moins complexes à partir de composants de haut niveau. L'outil comporte deux applications distinctes : une partie *authoring* (fig. 1) pour l'édition de projets et une partie *runtime* permettant leur exécution. Parmi ses fonctionalités, on compte :

- l'export sous la forme d'applications web et/ou natives (*iOS* et *Android* via *Apache Cordova*) ;
- l'import et gestion de médias (images, sons, vidéos) ;
- des modules de synthèse, traitement et analyse audio haut niveau (*Web Audio API*) ;
- un moteur de spatialisation sonore (HRTF) ;
- des modules d'interface avec les ressources du *smartphone* (centrale inertielle, GPS, BLE, etc.) ;
- des modules de logique (test, calcul, routage, etc.) ;
- des modules d'analyse de données en temps réel : reconnaissance de mouvements (IRCAM XMM) et reconnaissance d'activité (posture statique, marche, course à pied, etc.) ;
- des modules de communication (protocoles HTTP et OSC) ;
- un système de synchronisation d'évènements (notamment sonores) et de partage de données entre clients (*Soundworks*, protocole *WebSocket*) ;
- un éditeur d'interfaces graphiques de type WYSIWYG ;
- un système de gestion de sessions (groupements de clients) pour les expériences à durée limitée et/ou restriction géographique ;
- l'intégration de la bibliothèque *OpenLayers* pour la cartographie dynamique.

Depuis sa création, *Nodal.studio* a été utilisée pour développer de nombreuses applications, notamment dans les domaines de la réalité augmentée sonore (parcours sonores spatialisés) et de la création musicale collaborative. On compte aussi des applications dans le domaine de la danse, avec par exemple le projet *Vibes* [10], dans lequel les danseurs et danseuses, équipé·e·s d'un *smartphone* et d'écouteurs, improvisent à partir de protocoles chorégraphiques dynamiques et influent sur la musique avec leurs mouvements.

[6] `https://nodal.studio`

[7] `https://orbe.mobi`

[8] CoSiMa est également le projet ANR qui a initié le développement de *Soundworks*.

[9] `http://rapidmix.goldsmithsdigital.com`

[10] `https://relais-culture-europe.eu/fr/projet/vibes-connected-dance`

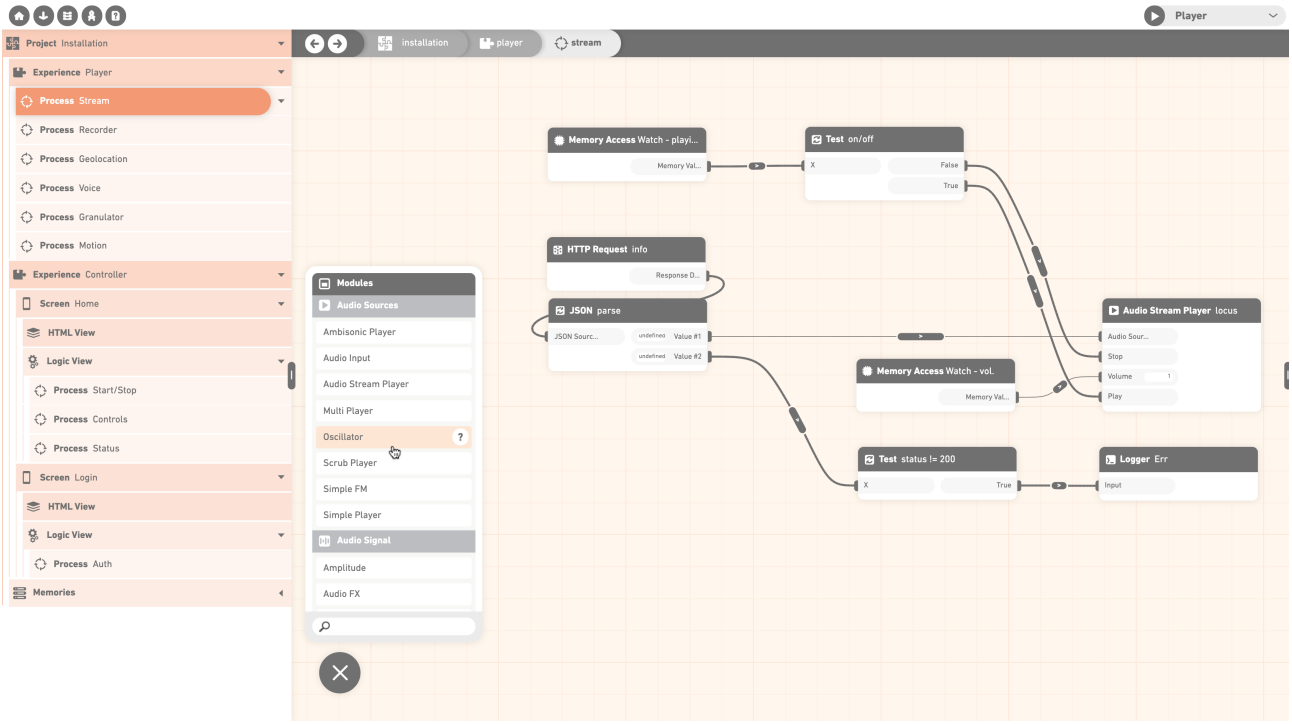


Figure 1. Aperçu de l'environnement *Authoring* de *Nodal.studio*.

En 2018, l'exposition *Les contraintes de l'endroit* [11], sous le commissariat de Matthieu Saladin, a eu lieu sur le campus de l'Université Paris 8. Entièrement invisibles, les œuvres de Jean-Philippe Antoine, Xavier Boissarie, Romain Perrot, Dominique Petitgand, Matthieu Saladin et Thomas Tilly sont perceptibles uniquement par l'intermédiaire d'une application pour *smartphone* développée avec *Nodal.studio*. Il s'agit d'installations sonores *in situ*, virtuellement placées à différents endroits du campus, qui s'exécutent sur l'appareil des personnes qui s'en approchent, grâce à une localisation GPS et BLE.

4.2. Architecture d'un projet

Une application *Nodal.studio* se structure généralement sur quatre niveaux principaux : *project*, *experience*, *screen* et *process* [12]. Le projet représente l'application elle-même, c'est-à-dire le plus haut niveau hiérarchique possible.

4.2.1. Expérience

Un projet contient toujours une ou plusieurs expériences. Il s'agit le plus souvent du niveau utilisé pour séparer les différents types d'interaction avec l'application. Par exemple, on retrouve régulièrement dans un projet une expérience dédiée à l'édition par l'artiste et une autre à la lecture par les utilisateur·rice·s. En termes de topologies d'interaction [5], on peut considérer chaque expérience comme un type de nœud dans le graphe. Ainsi, dans un projet d'installation sonore, les différents objets responsables de la diffusion du son – couples *Raspberry Pi*/hautparleur, par exemple – sont représentés par la même expérience.

4.2.2. Écran

Une expérience peut contenir un ou plusieurs écrans, responsables de la partie graphique de l'application. Chaque écran dispose d'une interface appelée *HTML View* et d'une partie logique. La figure 2 présente un aperçu de l'éditeur WYSIWYG permettant la composition graphique d'un écran.

4.2.3. Processus

Le processus est le plus bas niveau hiérarchique d'un projet. Il est utilisé dans la partie logique d'un écran, ou directement au niveau de l'expérience s'il ne dépend pas d'une interface graphique. C'est à l'intérieur des processus que l'on ajoute et interconnecte les modules, composants fonctionnels de *Nodal.studio*. Nous avons d'ailleurs un aperçu de l'intérieur d'un processus en figure 1 avec, en l'occurrence, un simple *streaming* d'un des micros ouverts du projet *locustream* [13].

La relation entre le processus de *Nodal.studio* et le concept décrit par Renaud Meric que nous évoquions dans la section 2 n'est de toute évidence pas anodine. En effet,

[11] `http://www.labex-arts-h2h.fr/les-contraintes-de-l-endroit.html?lang=fr`

[12] Respectivement : projet, expérience, écran et processus. Parmi ces quatre niveaux, trois sont utilisés, avec le nom d'utilisateur, pour forger l'URL permettant d'accéder au projet. On a donc une URL de type *https://nodal.mobi/[username]/[project]/[experience]/[screen]*. Notons qu'il est possible de créer un projet sans écran si aucune interface graphique n'est nécessaire.

[13] `https://locusonus.org/locustream/`

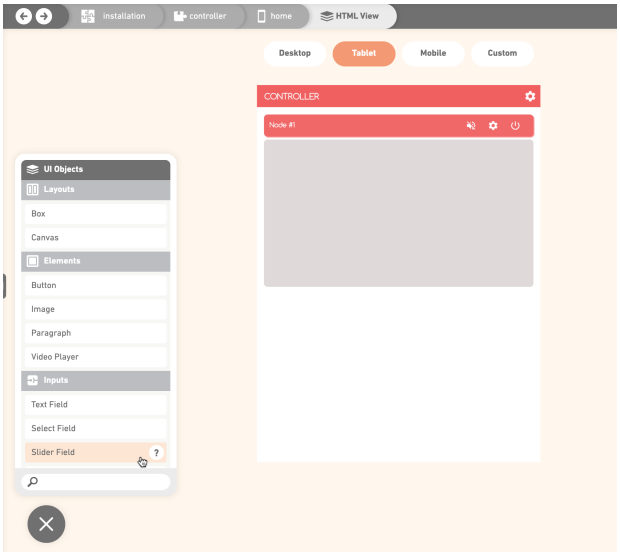


Figure 2. Aperçu de l'*HTML View*, l'éditeur d'interface graphique WYSIWYG de *Nodal.studio*.

une expérience contient généralement de nombreux processus conçus en confrontation permanente avec l'espace d'écoute et qui, ensemble, font d'elle une œuvre *in situ*.

4.3. *Nodal.studio* pour la création sonore *in situ*

La plateforme *Nodal.studio* est fondée sur une philosophie similaire à celle de *Soundworks*, à savoir la volonté de rendre possible la mise en place rapide d'expériences situées. Elle utilise d'ailleurs ce *framework* précisément dans cette optique. L'approche choisie est celle de l'exhaustivité : permettre l'expérimentation sonore la plus large possible, tout en proposant des modules de haut niveau. La balance entre rapidité de prototypage, accessibilité et versatilité est un idéal particulièrement difficile à atteindre. Les modules doivent être simples d'utilisation, mais également permettre une grande liberté de paramétrage. *Nodal.studio* est régulièrement utilisée dans le cadre d'intensifs de création artistique *in situ*. Il est donc primordial d'être en mesure d'expérimenter le plus tôt possible. Bien sûr, l'utilisation des technologies web, en particulier sur des *smartphones* d'entrée de gamme, n'est pas motivée par une volonté de performance [14] , mais plutôt par ce qu'elles permettent en termes de d'accessibilité et rapidité de mise en place.

Outre ses qualités pour le prototypage, un autre intérêt de *Nodal.studio* pour la création *in situ* tient dans sa capacité à tirer profit des possibilités offertes par les appareils mobiles. Pouvoir circuler dans l'espace d'écoute en modifiant en temps réel les paramètres de l'œuvre est un avantage non négligeable pour la composition. De même, *Nodal.studio* rend l'utilisation des capteurs embarqués dans l'appareil ou de la localisation GPS très simple, ce qui permet, par exemple, la réalisation de parcours sonores. En se déplaçant, l'artiste peut sélectionner des processus sonores spatialisés pour les placer virtuellement sur son chemin. Ces derniers se déclencheront sur le *smartphone* des auditeur·rice·s qui s'en approcheront.

[14] Notons toutefois que l'on peut espérer des progrès de l'audio dans le web en termes de performances dans un futur proche, en particulier avec l'arrivée des *AudioWorklets* – dont les spécifications sont actuellement à l'état de brouillon –, en combinaison avec *WebAssembly*.

5. CONCLUSION

Dans son ouvrage *Appréhender l'espace sonore : l'écoute entre perception et imagination* [6], Renaud Meric affirme que les musiques électroacoustiques « mettent en œuvre des mouvements éphémères qui ne sont pas directement écrits, et qui ne peuvent émerger que dans la confrontation d'une écoute et de l'espace. » C'est ce caractère mouvant, auquel la composition ne peut échapper, que nous avons essayé d'aborder à travers le prisme de la création sonore *in situ*. Nous avons voulu présenter des outils qui, selon nous, peuvent permettre aux artistes d'expérimenter avec l'espace d'écoute dans toute sa singularité. Le développement de la plateforme *Nodal.studio*, que nous poursuivons activement, s'inscrit dans cette logique.

6. RÉFÉRENCES

[1] Bosseur, J. Y. *Musique et arts plastiques : interactions au XXe et XXIe siècles*, Minerve, Paris, 2015.

[2] Chion, M. « Les deux espaces de la musique concrète », *L'espace du son*, Musiques et Recherches, Ohain, 1998 (réédition 1988).

[3] Criton, P. « L'écoute plurielle », *Musique et écologies du son. Propositions théoriques pour une écoute du monde*, L'Harmattan, Paris, 2016.

[4] Matuszewski, B. "Soundworks - A Framework for Networked Music Systems on the Web - State of Affairs and New Developments.", *Proceedings of the Web Audio Conference (WAC) 2019*, Trondheim, 2019.

[5] Matuszewski, B. Schnell, N. Bevilacqua, F. "Interaction Topologies in Mobile-Based Situated Networked Music Systems", Wireless Communications and Mobile Computing, Hindawi Publishing Corporation, 2019.

[6] Meric, R. *Appréhender l'espace sonore. L'écoute entre perception et imagination*, L'Harmattan, Paris, 2012.

[7] Michon, R. Orlarey, Y. Letz, S. Fober, D. Roosenburg, D. "Embedded RealTime Audio Signal Processing With Faust", *International Faust Conference (IFC-20)*, Paris, 2020.

[8] Pecqueur, A. « Entretien avec Pierre Boulez », *Les espaces de la musique*, Parenthèses, Paris, 2015.

[9] Petitgand, D. *Installations (documents)*, Éditions MF, Paris, 2009.