



**HAL**  
open science

# **SIMONE : un instrument distribué pour l'improvisation musicale**

Aliénor Golvet, Benjamin Matuszewski, Frédéric Bevilacqua

► **To cite this version:**

Aliénor Golvet, Benjamin Matuszewski, Frédéric Bevilacqua. SIMONE : un instrument distribué pour l'improvisation musicale. *Revue Francophone d'Informatique et Musique*, 2024, 10, 10.56698/rfim.766 . hal-04867428

**HAL Id: hal-04867428**

**<https://hal.science/hal-04867428v1>**

Submitted on 6 Jan 2025

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License

# *SIMONE* : un instrument distribué pour l'improvisation musicale

*SIMONE*: a distributed instrument for musical improvisation

## **Auteurs :**

Aliénor Golvet, STMS IRCAM-CNRS-Sorbonne Université, Paris, [alienor.golvet@ircam.fr](mailto:alienor.golvet@ircam.fr), ORCID: 0009-0004-9303-7642

Benjamin Matuszewski, STMS IRCAM-CNRS-Sorbonne Université, Paris, [benjamin.matuszewski@ircam.fr](mailto:benjamin.matuszewski@ircam.fr), ORCID: 0000-0002-2389-9106

Frédéric Bevilacqua, STMS IRCAM-CNRS-Sorbonne Université, Paris, [frederic.bevilacqua@ircam.fr](mailto:frederic.bevilacqua@ircam.fr), ORCID: 0000-0002-2086-3511

## **Résumé :**

Nous présentons *Simone* [simɔ̃n], un système Web pour l'improvisation collective en réseau basé sur des entrées audio (microphone). Inspirés par plusieurs exemples de systèmes de performance musicale en réseau, notre objectif était de concevoir un instrument distribué basé sur 3 concepts : l'improvisation collective, l'utilisation de la voix dans le processus de synthèse sonore, et l'échange d'information par le réseau. *Simone* est développé avec des technologies web et est utilisable avec un équipement matériel léger, portable et adapté à plusieurs situations. Cet article présente en premier lieu le design du système ainsi que de son implémentation technique. En second lieu, nous présentons des premiers exemples d'utilisation de *Simone* via un atelier réalisé avec 4 participants ayant improvisé avec le système, et via une étude au plus long cours avec un artiste improvisateur ayant utilisé le système dans différents contextes pendant plusieurs mois. *Simone* est disponible au téléchargement sous licence BSD-3-Clause à l'adresse suivante : <https://github.com/ircam-ismm/simone>

## **Abstract :**

We present *Simone* [simɔ̃n], a web-based system for networked collective improvisation based on audio inputs (microphone). Inspired by several examples of networked music performance systems, our goal was to design a distributed instrument based on 3 concepts: collective improvisation, the use of voice in the sound synthesis process, and the exchange of information through the network. *Simone* is developed using web technologies, and can be used with lightweight, portable hardware adapted to a variety of situations. This article first presents the design of the system and its technical implementation. Secondly, we present initial examples of *Simone's* use in a workshop we organized with 4 participants who improvised with the system, and in a longer-term study with an improviser who used the system in different contexts over several months. *Simone* is available for download under BSD-3-Clause license at <https://github.com/ircam-ismm/simone>

**Mots clés :** improvisation musicale, instrument distribué, mosaicing audio, web audio, nano-ordinateurs

**Keywords:** musical improvisation, distributed instrument, audio mosaicking, web audio, nano computers

## 1. Introduction

L'essor de la Web Audio API<sup>1</sup> depuis 2011 a accéléré l'utilisation de systèmes musicaux basés sur des navigateurs Web et l'émergence de nouvelles expériences musicales collectives. Ces travaux explorent notamment les diverses possibilités offertes par les réseaux : performances musicales à distance, participation du public, intégration de capteurs, systèmes de réalité virtuelle (Turchet et al. 2018).

Cependant, les questions de la conception instrumentale de système musicaux en réseau et de l'apprentissage et de l'appropriation collective des tels systèmes par les musicien·es restent largement inexplorées. En effet, si la communauté NIME (New Interfaces for Musical Expression) s'est depuis plusieurs années intéressée aux questions de conception et d'appropriation d'instruments (Magnusson 2009; Zappi et McPherson 2014), la majorité des travaux dans ce domaine concerne des pratiques où les musicien·nes utilisent leurs propres interfaces sans forcément être connectés par un réseau.

Dans ce papier, nous présentons Simone, un système Web pour l'improvisation collective en réseau basé sur des entrées audio (microphone). Simone est conçu comme instrument distribué proposant une interaction collective qui se décline en plusieurs variations dont chacune correspond à une topologie d'interaction particulière. Dans chaque variation, les musicien·nes occupent des rôles variés et échangent différents types d'information.

La conception de Simone a été influencée par des exemples antérieurs de systèmes de performance musicale en réseau et par une esthétique musicale proche du collage sonore, de l'improvisation bruitiste et de la musique concrète. Une des originalités de Simone est d'être conçu pour être utilisé via un ensemble hétérogène d'appareils (ordinateurs, tablette, téléphones portables, nano-ordinateur type Raspberry Pi) permettant ainsi de le déployer facilement dans différents types d'espace grâce à des moyens techniques légers et portables.

Nous commençons par présenter divers travaux précédents de performances et d'installations musicales en réseau, en particulier des systèmes qui, comme le nôtre, utilisent des microphones. Dans une deuxième partie, consacrée à Simone, nous introduisons les différents objectifs ayant guidé ce travail avant de présenter les éléments de design et d'implémentation, ainsi que les différentes variations du système. Nous présentons ensuite deux exemples d'utilisation de Simone. Dans un premier temps nous présentons des éléments issus d'un atelier réalisé à l'Ircam durant lequel nous avons demandé à quatre participants d'improviser collectivement avec les différents systèmes. Enfin, nous présentons un travail au plus long cours avec un musicien improvisateur qui a pu prendre en main Simone pendant plusieurs mois.

Les 4 premières parties de cet article ont été présentées au cours des Journées d'Informatique Musicale 2023. Cet article constitue une version révisée et étendue de cette soumission, avec notamment l'ajout de la dernière partie.

---

<sup>1</sup> WebAudio API Specification. <https://www.w3.org/TR/webaudio/>

Une version simplifiée de Simone a également fait l'objet d'une présentation publique lors des portes ouvertes de l'Ircam en janvier 2023.

## 2. Exemples historiques et influences

### 2.1. Instruments musicaux en réseau

Probablement parce qu'une analogie immédiate peut être opérée entre un réseau informatique et un ensemble de musicien·nes – dont les nœuds seraient les musicien·nes et les communications se feraient par les médiums acoustique et/ou visuel – les possibilités du réseau ont rapidement été explorées par les artistes dans diverses modalités (Collins 2010).

Les performances de musique en réseau ont ainsi été décrites comme explorant de nouveaux moyens de distribuer les ressources cognitives et l'information au sein d'un groupe, la modification des interactions et du jeu individuel en fonction de l'agentivité des autres musicien·nes et du réseau lui-même, la disparition de la séparation entre musicien·nes et public, ou encore la mise en œuvre de processus de création collective plutôt que la production d'une œuvre fixe (Kim-Boyle 2009).

L'exemple précurseur et paradigmatique de cet usage du réseau est le groupe *The Hub*, fondé en 1986 des suites de la *League of Automatic Music Composers* (Gresham-Lancaster 2017; Stone 2021). Bien que chaque musicien du groupe contrôlait un système de sa propre confection, leurs performances étaient fondées sur l'échange d'informations via un réseau local selon un protocole défini pour chaque pièce. Ainsi par exemple dans la pièce *Waxlips* (1991), chaque musicien reçoit des notes individuelles de la part des autres membres du groupe via le réseau. Ce musicien doit d'abord jouer la note reçue puis lui appliquer une transformation arbitraire avant de l'envoyer à un autre membre du groupe<sup>2</sup>.

Les expérimentations de *The Hub* serviront de modèle à de nombreux ensembles de musique tels que les *laptop orchestra* dans lesquels l'infrastructure en réseau prend une importance esthétique plus ou moins importante (Collins 2010; Trueman et al. 2006; Wang, Essl, et Penttinen 2008).

En suivant la distinction faite par Rohrhuber (Rohrhuber 2007) nous pouvons distinguer deux types de structures de partage d'information au sein d'un système de musique en réseau : soit l'accès simultané à un état commun et partagé, soit le partage et la circulation d'objets et d'informations au sein du réseau.

Dans la première catégorie nous pouvons par exemple évoquer l'Emupo (Canonne, Monteiro, et Rühl 2011), une interface pour l'improvisation musicale collective développée en Max/MSP. Destinée à être jouée de manière autonome ou pour compléter le jeu d'instrumentistes, l'Emupo peut être contrôlé par plusieurs utilisateur·ices à la fois, chacun·e prenant la main sur différents paramètres de production d'un même son donnant alors lieu à une interaction "intra-instrumentale".

---

<sup>2</sup> On trouvera un enregistrement de cette pièce ici : <https://artifactrecordings.bandcamp.com/track/waxlips>

Dans la seconde catégorie, l'ensemble *powerbooks unplugged* (Rohrhuber et al. 2007) propose des performances de groupe basées sur l'accès à un espace de partage d'informations où circulent extraits de code, commentaires des musicien·nes et messages provoquant la production d'événements sonores sur les hauts parleurs de n'importe quel ordinateur du réseau. L'exemple de *powerbooks unplugged* met aussi en évidence un autre des avantages offerts par l'aspect décentralisé de la production sonore : la possibilité de choisir librement la manière dont le son est spatialisé ainsi que le nombre de musicien·nes participant·es.

## 2.2. Utilisation du microphone

Divers travaux d'installations artistiques et d'instruments en réseau utilisant le microphone ont servi d'inspiration pour ce travail. Bien que l'usage de microphones et de la voix ait été exploré de nombreuses manières dans la communauté NIME (on en trouvera une recension et une taxonomie dans (Kleinberger et al. 2022)) nous nous concentrons dans cette section uniquement sur les systèmes en réseau.

*Voice Networks* (2003) (Weinberg 2005) de Gil Weinberg est une installation musicale collaborative proposant à des utilisateur·ices non-experts de participer à une expérience de création musicale collective et de mettre en évidence l'aspect social du jeu en groupe. L'installation est composée de quatre postes disposés en carré, face à face, autour d'un écran. Chaque poste est composé d'un microphone, d'une surface tactile et de haut-parleurs. Les participants peuvent enregistrer des boucles sonores avec leur micro et leur appliquer des transformations sonores à l'aide de la surface tactile qui contrôle à un patch Max/MSP. Le réseau est utilisé pour échanger les boucles sonores ainsi créées entre les participant·es.

*Talking Drum* (1995) (Brown 1999) de Chris Brown est une installation interactive composée d'un ensemble de "stations" (composées d'un microphone, de haut-parleurs et d'un ordinateur) disposées librement dans un même espace. Chaque ordinateur génère un rythme à partir d'un algorithme qui analyse ce qui est capté par le microphone. Bien que les différentes stations n'échangent pas d'informations, elles sont toutes synchronisées sur une même horloge. L'installation *Talking Drum* crée ainsi une expérience d'improvisation entre des duos humain/machine au sein d'un espace acoustique partagé entre les musicien·nes et le public.

*Auracle* (2004) (Freeman et al. 2005) conçu par Max Neuhaus est un synthétiseur collaboratif accessible sur internet<sup>3</sup> Le système analyse la voix captée par le microphone de chaque utilisateur·ice et en extrait plusieurs types de données de différents niveaux (descripteurs audios : RMS,  $f_0$ , classifications de "gestes" vocaux par analyse en composantes principales) pour contrôler un synthétiseur. *Auracle* est conçu comme un système qui répond à l'activité des utilisateur·ices et cherche à encourager une communication et un dialogue non verbal à travers une expérience musicale accessible via une interface destinée à un public non expert.

## 3. Simone

---

<sup>3</sup> <http://auracle.org/>

Inspirés par les travaux mentionnés ci-dessus, nous avons donc développé un instrument distribué pour l'improvisation collective, proposant un ensemble de variations autour d'un scénario d'interaction.

Notre objectif principal est de concevoir un système de création musicale collective qui favorise l'improvisation, l'utilisation de la voix dans le processus de synthèse sonore, et s'appuie sur l'échange d'information par le réseau. Le système est conçu comme un terrain d'expérimentation de divers paradigmes d'interaction collective et de leur appropriation par des musicien·nes. Il doit donc être accessible rapidement tout en possédant la profondeur et la flexibilité nécessaire pour qu'ils/elles ne se sentent pas limité·es dans un contexte d'improvisation et de création.

Un objectif secondaire est de concevoir un dispositif qui nécessite un équipement matériel minimal et suffisamment flexible pour s'adapter à différentes situations et disponible sur plusieurs types d'appareils différents : ordinateurs, téléphones portables, tablettes, nano-ordinateurs. *Simone* peut ainsi être utilisé à la fois comme installation sonore collaborative, comme instrument de musique collectif ou encore comme instrument de musique distribué contrôlable par une seule personne avec la possibilité de disposer les sources sonores dans l'espace comme on l'entend.

### 3.1. Éléments de design

Ce système d'improvisation collective est co-localisé et permet l'écoute mutuelle et les modalités d'interactions habituelles en improvisation (p. ex. gestes, regards).

Outre l'utilisation d'interfaces classiques d'interaction humain-machine (souris, clavier, écran), qui offrent des contrôles sur la synthèse sonore, nous cherchons également à explorer l'utilisation de la voix dans la construction collective d'un espace sonore.

L'utilisation conjointe du réseau et du microphone permet d'imaginer de nouvelles relations entre la voix et le son produit par l'instrument distribué et diverses manières de reconfigurer ou de déstabiliser des dynamiques d'improvisation collectives.

Du fait que la voix enregistrée est complètement altérée par une technique de *mosaicing* (décrite ci-dessous), *Simone* permet une expérience accessible aux utilisateur·ices qui pourraient être inhibé·es par le fait d'utiliser leur voix dans un contexte d'improvisation collective.

En effet, l'expérience de *Voice Networks* nous montre que “bien que la voix soit probablement le moyen de communication le plus intuitif et répandu dans la vie de tous les jours, certains participant·es étaient inhibé·es par le fait de l'utiliser dans le cadre d'une installation publique par pudeur ou tout simplement à cause du trac”<sup>4</sup> (Weinberg 2005).

---

<sup>4</sup> Regarding the choice of the voice as an intuitive and malleable gateway for creative and collaborative interaction, it was interesting to observe that although the voice is probably the most intuitive and prevalent means of communication in everyday life, some participants were inhibited to use it in a public installation setting due to its “committing” or “revealing” nature or perhaps due to common “stage fright”. (notre traduction)

Contrairement à d'autres gestes instrumentaux, l'usage de la voix engage un certain nombre de caractéristiques personnelles (âge, maîtrise du chant, santé physique, sexe, accent, etc...) qu'il peut être gênant de dévoiler.

### 3.2. Implémentation

#### Principes généraux

*Simone* est décliné en plusieurs variations qui diffèrent quant à leurs interfaces et quant aux topologies d'interactions mises en œuvre, mais qui partagent néanmoins un ensemble de caractéristiques communes :

- Le microphone est utilisé comme moyen d'enregistrement afin de commander la synthèse sonore.
- La synthèse sonore est basée sur le principe du *mosaicing* audio (Janer et de Boer 2008; Zils et Pachet 2001). Il s'agit d'une technique de synthèse dans laquelle un son appelé son modèle est découpé en segments et analysé. Chaque segment est ensuite associé à un segment qui lui est le plus proche dans un son dit générateur (en fonction d'une distance calculée sur la base de descripteurs audio pré-définis), le résultat final étant la concaténation des segments issus du son générateur. Ainsi, le son synthétisé partage à la fois la structure et l'évolution temporelle du son modèle et le timbre du son générateur.
- Le système utilise un réseau local pour partager des informations entre les agents (c.à.d. utilisateur-ices et terminaux). Les informations transmises (horloge synchronisée, fichiers audio, données d'analyse) dépendant du scénario considéré (cf. Figure 1).

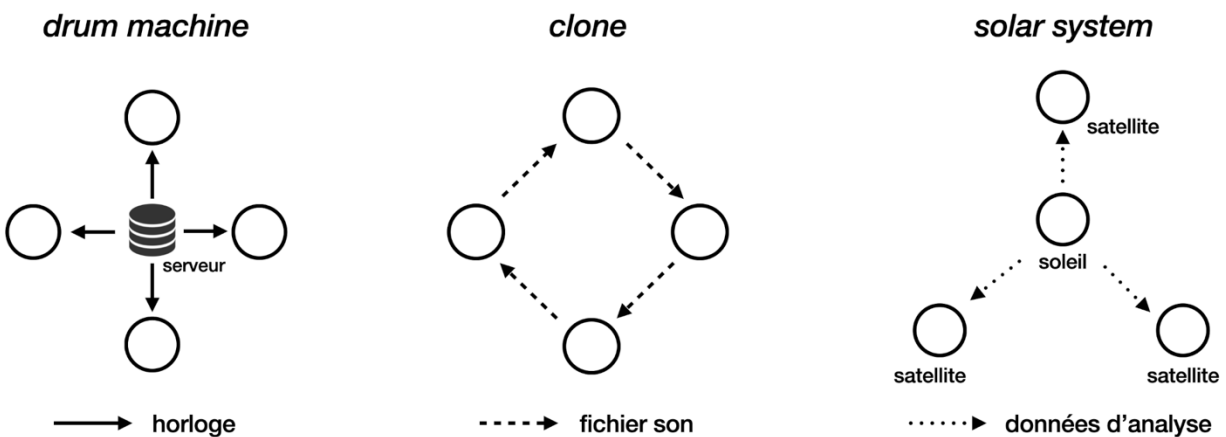


Figure 1. Diagrammes des échanges d'informations dans les trois systèmes présentés. Chaque cercle représente un client connecté au serveur

#### Principes généraux

L'application est entièrement développée avec le *framework soundworks* (Matuszewski 2020) basé sur les technologies Web, et est donc entièrement accessible depuis un navigateur Web. La synthèse sonore est réalisée grâce à un système d'analyse/synthèse par mosaicing développé avec l'API WebAudio. Le fichier son modèle enregistré est analysé grain par grain en temps réel. Pour chaque grain, on calcule un vecteur de MFCC (*Mel Frequency Cepstral Coefficients*), et on cherche ensuite dans le son générateur le grain qui a les MFCC les plus semblables via une recherche dans un arbre à n dimensions. Nous avons choisi d'utiliser des MFCC à douze bandes de fréquences comme descripteurs audio car ceux-ci sont particulièrement adaptés à l'analyse et la représentation de la voix. Il s'agit en outre d'un descripteur de dimension suffisamment haute pour encoder plusieurs dimensions perceptives des sons, tout en étant suffisamment basse pour pouvoir trouver rapidement le grain le plus semblable à un autre.

Par ailleurs l'énergie RMS (*Root Mean Square*) de chaque grain est calculée et est utilisée pour contrôler un gain lors de la resynthèse du son. Ainsi, un grain modèle de faible énergie donnera un son synthétisé de faible volume. Cet élément a été ajouté suite aux retours d'utilisateurs qui semblaient confus par le fréquent manque de lien entre la dynamique de volume du son modèle vue sur la forme d'onde affichée et le résultat sonore.

Outre les clients accessibles depuis le navigateur Web d'un ordinateur ou d'un téléphone portable, nous avons également développé des clients exécutés dans des nano-ordinateurs de type Raspberry Pi 4 (combinant les avantages d'être portables et modulaires, et possédant une bonne puissance de calcul). Ce portage simple de l'application en dehors du navigateur a notamment été rendu possible grâce à l'implémentation en Rust de la Web Audio API dont les *bindings* vers Node.js (Rottier et Matuszewski 2022) ont permis de réutiliser de larges parties du code JavaScript original.

### 3.3. Variations

Les principes généraux évoqués ci-dessus se déclinent selon différentes variations qui mettent en jeu différents moyens d'interactions et rôles exercés par les participant·es. Ces différents systèmes sont les suivants :

#### *Drum Machine*

Dans ce système, les utilisateur·rices enregistrent un son modèle avec le microphone et sélectionnent un son générateur parmi une banque de sons. Ils/elles peuvent ensuite sélectionner une section du son modèle à faire boucler. La durée de cette section est basée sur une grille rythmique commune à tou·te·s les participant·es qui partagent la même horloge. Le résultat peut être envisagé comme une sorte de boîte à rythmes distribuée.

#### *Clone*

Dans ce système, il est demandé aux utilisateur·rices de commencer à enregistrer un son d'une durée approximative de 30 secondes. Ce son est ensuite envoyé à un·e autre participant·e pour lui servir de son générateur dans l'interface de jeu. Ainsi, chaque participant·e doit apprendre à jouer avec la voix ou le son d'une autre personne.

#### *Solar System*



Contrairement aux précédents systèmes, les participant·es sont dans une configuration asymétrique. L'un·e d'entre eux/elles occupe un rôle central et est appelé·e le Soleil. Le Soleil peut enregistrer un son modèle. Les données d'analyse de ce son sont ensuite envoyées simultanément aux autres participant·es appelé·es Satellites pour contrôler la synthèse sonore par *mosaicing* sur leur client. En outre, les Satellites peuvent choisir leur propre son générateur parmi une banque de son et faire varier divers paramètres de synthèse. Ainsi, le même son modèle enregistré par le Soleil est simultanément réinterprété par différents sons générateurs sur chaque Satellite.

### ***Solar System embarqué***

En plus des versions collectives que nous venons de présenter, nous avons mis au point une version solo embarquée du système *Solar System*. Celui-ci peut en effet se concevoir avec un unique agent humain prenant le rôle central de Soleil et des clients non-humains contrôlables à distance prenant le rôle de Satellites.

Le dispositif prend alors la forme suivante : un nombre variable de Raspberry Pi sur lesquelles est installée l'application sont connectés à un même réseau local (cf. Figure 2). L'interface de contrôle est accessible dans un navigateur web. Celle-ci, similaire à celle utilisée par l'utilisateur·rice prenant le rôle de Soleil dans le système *Solar System* collectif, permet d'enregistrer un son modèle ainsi que pour chaque Satellite connecté de sélectionner le son générateur et de modifier les paramètres de synthèse.

Chaque Raspberry Pi, connectée à une paire de hauts parleurs, reçoit les données d'analyse de la part du serveur et synthétise le son en temps réel. Le système devient alors un véritable instrument où l'on contrôle simultanément plusieurs sources sonores de timbres différents mais contrôlées par le même son modèle. En faisant varier les volumes et les paramètres individuels, en choisissant des boucles plus ou moins longues, il est possible de créer une grande variété d'espace sonores différents.

La grande portabilité du matériel permet de disposer les sources sonores ainsi que d'en choisir le nombre de manière libre et adaptée à l'espace d'écoute. Il est à noter que le client est aussi accessible dans le navigateur internet ce qui permet à un membre du public de se connecter à l'application sur son téléphone et devenir ainsi lui-même une source sonore.

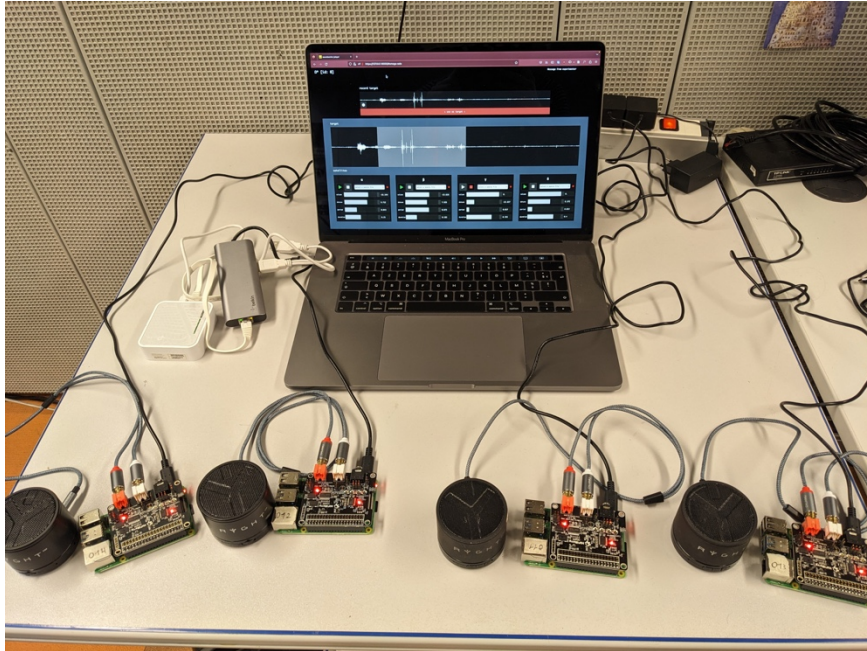


Figure 2. Le dispositif *Solar System* embarqué avec, à l'avant, quatre Raspberry Pi avec leurs enceintes et, à l'arrière, l'ordinateur avec l'interface de contrôle et un routeur wifi.

### 3.4. Interfaces

L'interface a fait l'objet de plusieurs itérations au cours des tests et réflexions. Une attention particulière a été portée sur la complexité et le nombre d'éléments de l'interface avec lesquels il est possible d'interagir, afin de faciliter l'appropriation du système dans un temps restreint et de promouvoir l'agentivité des participant·e·s dans un contexte d'improvisation collective.

Bien qu'elle diffère légèrement selon les différentes variations du système, l'interface comprend de manière générale les éléments suivants (cf. Figure 3) :

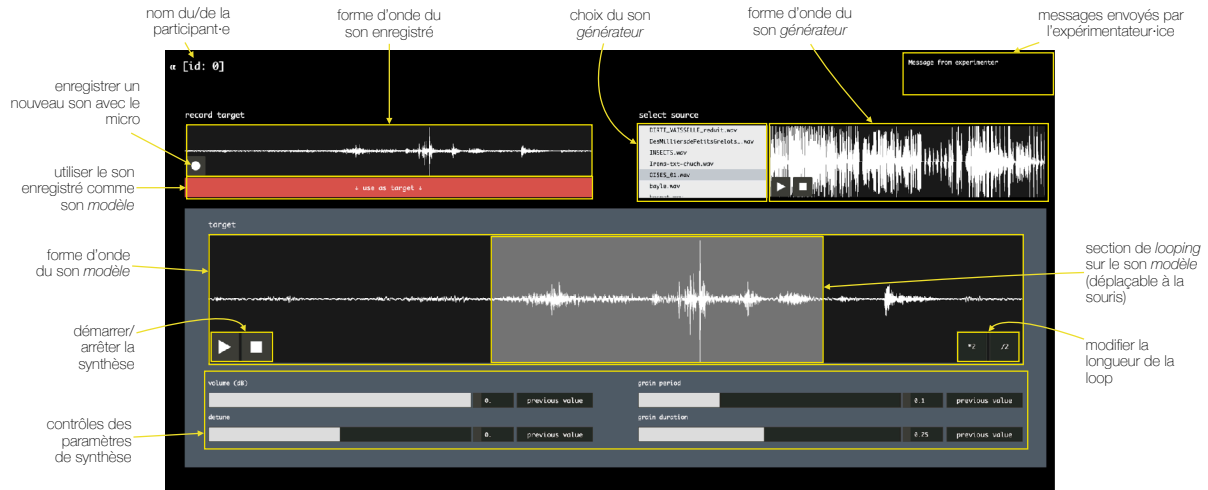


Figure 3. L'interface web du système *Drum Machine*. Les interfaces des autres systèmes sont sensiblement différentes et adaptées à chaque système.

Une zone d'enregistrement qui permet de déclencher l'enregistrement avec le micro et de visualiser la forme d'onde du son enregistré, un bouton permet à l'utilisateur·ice d'utiliser cet enregistrement comme son modèle (zone en haut à gauche dans la Figure 3). En haut à droite dans la Figure 3, une zone avec un menu permet de choisir le son générateur ainsi que d'en visualiser la forme d'onde et de l'écouter.

La zone centrale montre la forme d'onde du son modèle actuellement utilisé. L'utilisateur·trice peut sélectionner une section à boucler en utilisant la souris. La boucle sélectionnée peut être de longueur libre ou contrainte par une grille temporelle dans le cas du système *Drum Machine*. L'affichage de la forme d'onde du son modèle nous semble offrir un bon équilibre entre intuition du résultat sonore et invitation à l'exploration et au jeu. En effet, si la forme d'onde permet d'observer immédiatement le niveau sonore de chaque section du son modèle et donc du résultat synthétisé, les MFCC représentent également d'autres dimensions du son, ce qui ne permet pas d'anticiper précisément le résultat généré, poussant ainsi l'utilisateur·ice à l'exploration.

Enfin, dans la zone du bas de l'interface, différents *sliders* permettent de modifier différents paramètres de synthèse : volume, hauteur du son, période et durée des grains sonores. L'accès à ces quelques paramètres, très simples à percevoir et à contrôler, permet une plus grande variété de jeu instrumental et ouvre ainsi d'importantes possibilités de complémentarité et de dialogue entre les musicien·nes utilisateur·ices.

#### 4. Utilisation en situation d'improvisation collective

Une fois ces systèmes conçus et développés, nous avons mis en place un atelier d'improvisation avec quatre utilisateurs experts afin d'observer quels types d'interactions et de résultat sonore pouvaient émerger (cf. Figure 4). Les quatre participants de l'étude pilote étaient chercheurs en interaction humain-machine avec une expérience amateur ou professionnelle de la musique ou réalisateur en informatique musicale à l'Ircam, tous familiers de plusieurs logiciels et interfaces de création musicale numérique.

Cet atelier a également été l'occasion de recueillir des avis sur l'ergonomie et la simplicité d'utilisation des interfaces développées, nourrissant ainsi leur évolution vers la version présentée plus haut. Des enregistrements audio des improvisations réalisées lors de cette session sont disponibles à cette adresse : [https://archive.org/details/session3\\_202302](https://archive.org/details/session3_202302)<sup>5</sup>.



Figure 4. Photographie de l'atelier réalisé avec quatre participants.

#### 4.1. Déroulé de l'atelier

L'atelier a commencé par une présentation générale et une rapide explication du principe du *mosaicing* audio. Ensuite, pour chacun des trois systèmes, il a été demandé aux participants d'improviser collectivement pendant huit à dix minutes. À la fin de chaque improvisation, une discussion a eu lieu afin de recueillir leurs impressions, de partager leurs expériences et de répondre à quelques questions préparées à l'avance sur la prise en main du système et des interfaces ainsi que sur les interactions qui ont eu lieu pendant l'improvisation. L'atelier s'est terminé par une discussion générale. Nous avons choisi de présenter les systèmes dans un ordre prédéterminé (*Drum Machine*, *Clone*, *Solar System*), plutôt qu'aléatoire, pour des raisons de continuité dans l'apprentissage des interfaces.

La banque de sons générateur disponible propose un mélange de sons instrumentaux, de sons électroniques et de sons concrets<sup>6</sup>. En outre, un certain nombre d'objets et de petits instruments

---

<sup>5</sup> Un extrait vidéo est également disponible à l'adresse suivante :

<https://www.youtube.com/watch?v=dZPyDfiaDxI>

<sup>6</sup> En voici le détail : un extrait du *Quatuor à cordes n°5* de Bartók, un extrait des *Variations Goldberg* de Bach, un extrait du *Lamento della ninfa* de Monteverdi, un enregistrement au microphone de contact et un enregistrement de percussions improvisées réalisés par la première

étaient proposés aux participants qui ne souhaitaient pas forcément utiliser leur voix : un synthétiseur pour enfant, un kalimba, un accordéon pour enfant, une grenouille en bois et un petit sanglier en céramique renfermant une bille.

## 4.2. Remarques générales

Les participants ont tous globalement apprécié le dispositif et les moments d'improvisation. Si la première partie de la première session peut donner l'impression d'un manque d'écoute mutuelle qui nous semble certainement dû à la période de découverte du système, les participants ont très vite proposé des stratégies pour construire l'espace sonore, en se partageant les différents registres de hauteurs, de volumes, de timbre et de rythme. Les dernières minutes de la session *Clone* nous semblent à ce titre particulièrement exemplaire : alors qu'un participant maintient un rythme plus ou moins constant avec un enregistrement de kalimba, un autre fournit une nappe sonore et les deux participants restants interviennent de façon plus minimale avec des bruits de petites percussions répétitifs.

Les participants ont, dans l'ensemble, essayé de jouer avec les limites du système. Ils ont favorisé les boucles très courtes et ont joué avec les extrémités des *sliders* à leur disposition (durée des grains minimale pour donner un effet). Confrontés à la difficulté de négocier le silence et d'écouter les autres puisque le système de synthèse produit du son en continu, les participants ont rapidement appris à jouer avec le contrôle de volume.

L'utilisation du microphone à disposition a été variée et son intérêt dans la construction sonore globale a été noté : « tu peux vraiment ajuster tout ce que tu fais rythmiquement avec les boucles et savoir que tu vas enregistrer du silence ». Cependant, les participants ont globalement moins utilisé le microphone qu'envisagé et ont préféré explorer les autres possibilités offertes par l'interface. Cela peut s'interpréter de trois façons différentes.

Premièrement, les possibilités sonores du système sont larges et l'utilisation de la voix n'est strictement nécessaire qu'au début de l'improvisation : « c'est tellement riche avec très peu d'*input*, ça n'encourage pas de refaire des trucs avec la voix ».

Deuxièmement, les participants nous ont rapporté que l'utilisation du micro était rendue difficile par l'installation technique : le type de micro utilisé – un Shure SM58 sans pied – les obligeait à utiliser une de leurs mains pour enregistrer. L'utilisation d'un micro cravate ou d'un micro sur pied pourrait régler simplement ce problème.

Enfin, l'acte d'enregistrer un nouveau son avec sa voix peut être ressenti comme pouvant perturber l'espace sonore en construction : « dans le flot musical, [...] c'est une sacrée interruption. En gros, tu coupes tout ce qui se passe pour enregistrer ton truc sans que ça s'entende trop, c'est une autre sonorité... ». Ces deux derniers points mettent en évidence la manière dont des aspects tant techniques (point 2) que sociaux (point 3) sont en interrelation.

Par ailleurs, les participants ont apprécié la posture exploratoire offerte par le système : « Ouais c'est un peu au pif. Enfin, tu fais des trucs et "oh ouais trop bien" et tout et tu gardes et si c'est

---

autrice, un extrait d'une lecture en anglais et français par Monique Wittig, des extraits d'enregistrements de Christian Zanési et Bernard Parmegiani issus d'une banque de sample de l'INA-GRM.

pas bien ehh. Enfin du coup ça fait partie du jeu j'imagine », tout en remarquant qu'il était parfois frustrant de ne pas pouvoir bien anticiper le type de son produit : « Je pense qu'il y a des sons que j'aurais peut-être voulu faire mais je pense que j'en ai pas été capable et je sais pas si j'en aurais été capable ». Suite à ces remarques, nous avons implémenté un gain sur la synthèse contrôlé par la RMS du son modèle afin de donner une appréhension plus immédiate du volume sonore produit.

### **4.3. Différences selon les systèmes**

Les participants ont ressenti des impressions et des contraintes très différentes selon les systèmes.

Dans la session *Clone*, les participants ont trouvé le résultat sonore « plus aéré et plus subtil » et « plus facile à contrôler » qu'avec le système *Drum Machine* où « avec le choix des corpus on avait quand même des [...] présences sonores assez fortes ». L'un des participants fait ainsi remarquer que *Clone* favorise une écoute collective : « le fait que ça soit un nouveau matériau sonore et pas des matériaux qui sont dans une banque [...] incite plus à l'écoute ».

Avec le système *Solar System*, où les rôles sont asymétriques, les participants ont remarqué qu'ils avaient moins de contrôle à leur disposition sans que cela soit ressenti comme un problème : « c'était frustrant au début [mais] à la fin on sent qu'on a beaucoup plus de contraintes donc on devient un peu plus créatif ».

Les participants ont aussi bien perçu l'asymétrie entre les deux rôles au sein de ce système. L'un des participants ayant le rôle de Satellite s'est ainsi adressé au participant jouant le rôle de Soleil en lui disant « tu es compositeur et nous on interprète ». Cependant certains participants n'ont pas eu vraiment l'impression de jouer avec le Soleil et ont ressenti une certaine « déconnexion » en étant plus concentré sur le résultat sonore que sur ce qu'il faisait.

## **5. Travail avec un artiste improvisateur**

L'utilisation de la version *Solar System* embarquée fait l'objet d'une étude au long cours avec l'artiste et improvisateur Jean-Brice Godet<sup>7</sup>. Celui-ci s'est vu confier l'application *Simone* et un équipement composé de quatre puis huit Raspberry Pi et paires d'enceinte, ainsi que le matériel nécessaire pour créer un réseau local. En terme méthodologique, la seule consigne était d'utiliser l'instrument régulièrement et de documenter les différentes étapes de son apprentissage et de son utilisation.

### **5.1. Une deuxième phase de design centrée utilisateur**

Dans une première phase d'apprentissage, Jean-Brice a pu utiliser le dispositif chez lui en solo, ou avec nous en studio. Cette phase a aussi été l'occasion de prendre en compte ses remarques et de procéder à quelques modifications et ajouts dans l'interface de contrôle de l'instrument nous permettant ainsi de rentrer dans une deuxième étape de design prenant en compte les besoins réels d'un utilisateur.

---

<sup>7</sup> [jeanbricegodet.com](http://jeanbricegodet.com)



Nous avons tout d'abord ajouté une interface d'enregistrement directement accessible dans le navigateur. Celle-ci permet d'enregistrer un son avec le micro de l'appareil utilisé et d'uploader directement ce son dans la banque de son du serveur pour être utilisé en tant que son générateur par la suite.

La quantité de manipulation nécessaire pour contrôler quelques Raspberry Pi a très vite démontré l'importance d'un moyen de contrôler les sources sonores par groupes. Au lieu d'une interface permettant de créer différents groupes, ce qui aurait été trop lourd à manipuler et délicat à implémenter, nous avons préféré implémenter des *sliders* et boutons permettant de contrôler toutes les Raspberry Pi en même temps tout en laissant la possibilité d'en laisser certaines inchangées. Pour la même raison, nous avons aussi implémenté un système de *presets* permettant de sauvegarder des combinaisons de paramètres. Ces *presets* sont sauvegardés dans l'ordinateur de l'utilisateur grâce à la fonction *localStorage* de JavaScript, permettant ainsi de les conserver entre chaque session.

Pour faciliter la manipulation simultanée de plusieurs paramètres et pour mieux personnaliser son expérience de jeu, Jean-Brice nous a demandé d'implémenter des contrôles MIDI ce que nous avons fait à l'aide d'un composant web que nous avons développé.

Enfin, afin de provoquer un peu de variations dans certaines situations de jeu, nous avons décidé d'implémenter un nouveau paramètre de synthèse. Celui-ci, appelé *randomizer* modifie le processus de choix du grain dans la synthèse par *mosaicing*. Ainsi, au lieu de choisir le grain du son générateur le plus proche du grain modèle considéré, une valeur de *randomizer* de *n* permet d'aller chercher un grain au hasard parmi les *n* grains les plus proches.

En revanche, un certain nombre de modifications proposées par Jean-Brice n'ont pas été implémentées car elles n'étaient selon nous pas cohérentes avec le design et l'intention originale de l'instrument. Par exemple, Jean-Brice proposait de pouvoir dissocier les sections de boucle sur le son modèle de chaque Raspberry Pi. Ceci allait à l'encontre de la volonté d'avoir un dispositif dont les sources sonores sont contrôlées par la même entrée audio ce qui garantit une certaine cohérence acoustique.

Cette négociation entre utilisateur/musicien et concepteur·ices du dispositif montre toute la complexité dans la conception d'un instrument musical numérique. Lors d'une session de jeu avec un autre musicien, ce dernier a ainsi observé cette différence avec les instruments de musique plus traditionnel :

C'est aussi les limites de ce genre de trucs ouvert parce que si tu prends un instrument... tout instrument traditionnel genre violoncelle, piano ça a ses limites et c'est ce qui fait que quand t'en joues, tu connais les limites et quand t'écris pour, tu connais les limites même si tu penses que tu vas les pousser. Le danger du truc qui est modifiable à l'envi c'est que finalement... pourquoi est-ce que tu devrais...?

Un sentiment d'arbitraire peut donc naître chez l'utilisateur dans certains choix de design qui lui sont présentés car tout peut être modifié en quelques lignes de codes. Le fait de laisser trop de paramètres ou d'éléments modifiables à l'utilisateur peut se montrer être un frein au développement d'une pratique instrumentale avec le système. Il s'est alors montré important pour nous de poser des limites et de déclarer quels éléments du système étaient figés et n'avaient pas

vocation à être rediscutés. Ainsi, nous nous sommes généralement bornés à accepter des modifications pratiques de type *quality-of-life* qui ne modifiaient pas l'esthétique de l'instrument.

## 5.2. L'apprentissage de l'instrument et de techniques de jeu

Il est intéressant de constater qu'une des premières étapes du processus d'appropriation de l'instrument s'est opérée par la constitution d'une banque de son personnelle de sons générateur. Pour Jean-Brice, celle-ci s'est construite de plusieurs manières selon différentes intentions.

Une première partie de cette banque de son est constituée de sons que l'on pourrait qualifier de "sons tests" : sinus, clics, bruit rose, accord de piano, etc. Ces sons ont été envisagés dans un premier temps comme des briques de base pour comprendre comment l'instrument réagit et fonctionne. Cependant, ces sons se sont peu à peu révélés intéressants esthétiquement et ont donc intégré à part entière le matériel musical de Jean-Brice avec *Simone*, par exemple avec un recours fréquent à des masses de sinus légèrement décalés en fréquence.

Une seconde partie de cette banque de sons s'est constituée à partir d'enregistrements personnels de parties instrumentales (soit en solo soit en groupe). La familiarité avec le contenu timbral de ces enregistrements a certainement permis de faciliter le processus d'appropriation. L'utilisation de ce genre de sons permet aussi d'envisager l'utilisation de *Simone* par Jean-Brice dans la continuité de son travail d'instrumentiste, comme une sorte de remix et de déconstruction de sa propre pratique.

Enfin dans une dernière partie, la banque de son s'est enrichie de sons glanés dans le quotidien grâce à la page web dédiée à l'enregistrement de sons que nous avons développés, dans une démarche s'approchant d'une esthétique du détournement proche de la \textit{musique concrète}. Jean-Brice a ainsi pu enregistrer des sons issus d'un direct télévisé du tournoi Roland-Garros pour s'en servir quasi immédiatement dans *Simone* (cf. Figure 5)



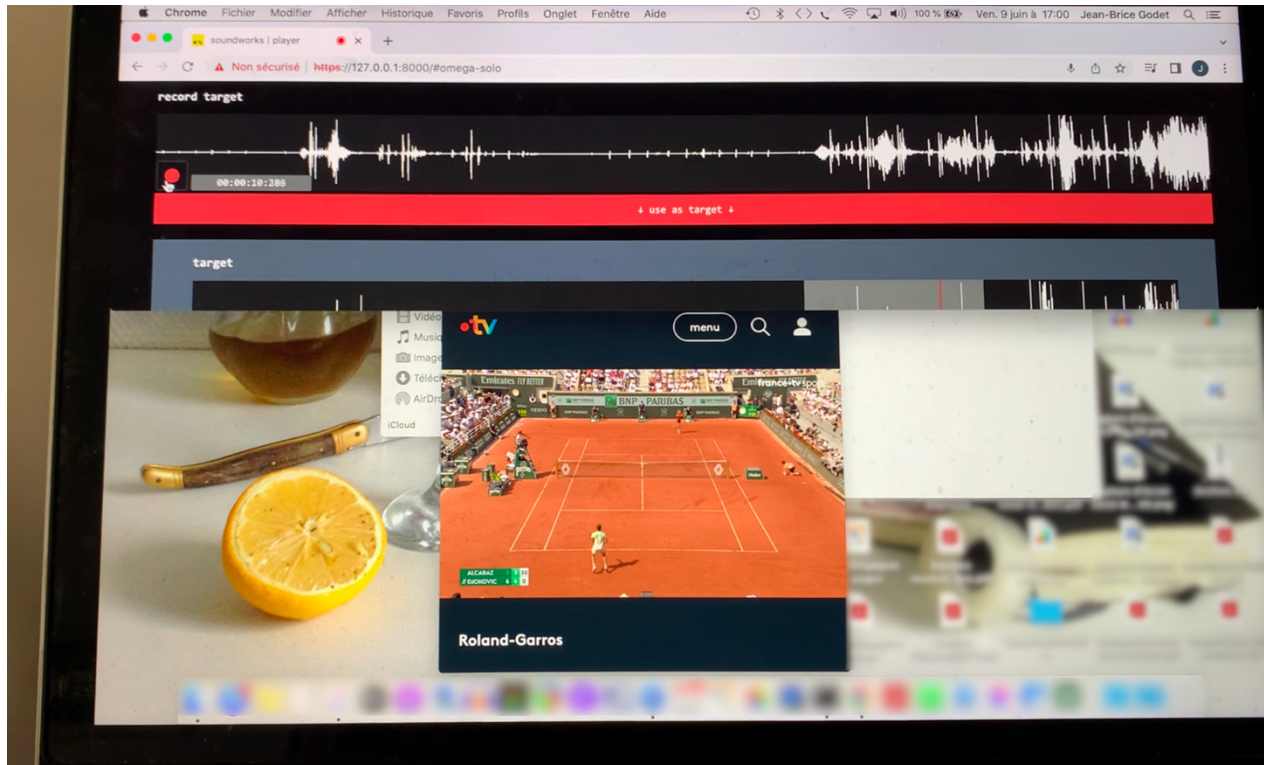


Figure 5. L'interface d'enregistrement de *Simone* ouverte en même temps qu'un direct télévisé de Roland-Garros sur l'ordinateur de Jean-Brice.

Au cours de l'utilisation de *Simone*, Jean-Brice a peu à peu développé des techniques et des habitudes de "jouage" (selon ses propres termes) faisant écho à sa propre pratique musicale avec des dictaphones et des lecteurs de cassettes. Jean-Brice fait ainsi ce rapprochement entre les deux pratiques en évoquant le grand nombre de "manipulations" nécessaires mais aussi en décrivant sa vision du jeu avec *Simone* comme "un enchaînement de matières sonores" avec superpositions et passages entre des matières "verticales" (cassures ou rythmes) et de matières "horizontales" (nappes sonores non rythmées).

D'autres habitudes de jouage développées consistent en l'utilisation du même son générateur sur chaque Raspberry Pi mais avec des jeux de paramètres différents pour créer des variations spatiales ou le fait de pousser le logiciel dans ses retranchements avec des jeux de paramètres qui causent ralentissements ou blocage du processus de calcul de la synthèse sonore.

Pour Jean-Brice, l'intérêt spécifique de *Simone* réside dans deux aspects. D'une part, bien que le dispositif soit composé de plusieurs sources sonores pouvant être très différentes les unes les autres suivant les combinaisons de paramètres et de sons générateur choisies, la nature du processus de synthèse et le fait que toutes ces sources soient contrôlées par le même son modèle crée un sentiment de cohérence global qui permet d'identifier toutes ces sources comme un seul instrument.

D'autre part, la multiplication des sources sonores et leur placement libre dans l'espace constitue un point fort et offre de nombreuses possibilités acoustiques. Ceci est particulièrement audible quand toutes les sources sont réglées sur les mêmes sons générateur avec des paramètres

légèrement différents. Jean-Brice décrit alors un sentiment de mouvement entre les sources sonores.

### 5.3. Différents contextes d'utilisation

Une fois cette première phase d'apprentissage achevée, nous avons pu, avec Jean-Brice, faire varier les contextes et les échelles d'utilisations. Outre des sessions en solo, Jean-Brice a aussi joué avec *Simone* avec d'autres musiciens, que ce soit en studio à l'Ircam avec un violoncelliste ou lors d'une résidence artistique en Suisse avec deux autres improvisateurs.

Lors d'une première session où nous n'avions pas expliqué le principe de *Simone*, le violoncelliste a révélé être confus, pensant qu'il s'agissait soit d'un simple système de diffusion avec des sons préparés, ou d'un système autonome d'improvisation humain-machine. Déjà habitué à jouer avec Jean-Brice, le violoncelliste a noté une familiarité de langage et reconnu une esthétique générale avec laquelle il était familier dans le jeu de Jean-Brice avec *Simone*. Notant que le rendu sonore *Simone* rejoignait celui d'esthétiques musicales électroacoustiques proches du travail sur bande ou du collage sonore, il a remarqué que cela l'avait orienté vers deux stratégies principales d'interaction, soit en rejoignant le côté textural de la musique, soit en s'y opposant en jouant de manière plus mélodique, regrettant ainsi que *Simone* n'offre pas de possibilités plus mélodiques.

La résidence artistique en Suisse a pu mettre en évidence les différences d'utilisation de *Simone* suivant les effectifs instrumentaux. Les autres musiciens ont en effet utilisé des instruments acoustiques (violon et trombone) et électroacoustiques (platines, *field recordings*). Jean-Brice a pu noter que l'expérience de jeu était plus aisée avec des instruments de nature électroacoustique, à l'esthétique plus proche de *Simone*, avec qui l'objectif est souvent la co-construction d'une matière sonore collective. Avec des instruments acoustiques, où le jeu improvisé nécessite bien souvent d'être plus réactif et de provoquer des ruptures, le jeu avec *Simone* était parfois rendu plus difficile à cause de la difficulté de totalement anticiper le résultat du processus de synthèse par *mosaicing* ainsi que par la faible réactivité d'un instrument manipulé à la souris. Dans tous les cas, si la crainte pouvait naître que la multiplicité des sources sonores risquerait de noyer l'espace auditif et de rendre les autres instruments inaudibles, Jean-Brice a pu noter que ce n'était pas le cas grâce au sentiment de cohérence entre les sources mentionné plus haut et à la couleur spécifique de la synthèse par *mosaicing*.

En fait on a des matières sonores très différentes [...] et je trouve cette synthèse elle est particulière. Même si le timbre est très différent en fonction des Raspberry elles sont quand même toutes connectées les unes aux autres. T'as une sorte de contrôleur flou mais t'as un contrôle sur tout en même temps [...] Y'a quand même une unité.

Enfin, Jean-Brice a aussi pu tester ponctuellement *Simone* sur un dispositif à quarante Raspberry Pi que nous avons installé à l'Ircam (cf. Figure 6). En terme sonore, cet essai s'est montré très probant, l'échelle et la taille du dispositif accentuant le phénomène de circulation du son mentionné plus haut. Il est cependant très vite apparu que l'interface de contrôle n'était pas adaptée à manipuler autant de sources sonores et demande donc un certain nombre d'adaptations et de modifications actuellement en cours de réflexion.



Figure 6. Jean-Brice utilisant Simone avec un réseau de quarante Raspberry Pi.

## 6. Conclusion

Nous avons présenté Simone, un instrument pour l'improvisation collective et distribuée conçu pour être utilisé par des utilisateur·ices expert·es dans un cadre d'improvisation.

À cette intention, nous avons fait tester Simone à un groupe de 4 utilisateurs experts lors d'un atelier consistant en plusieurs sessions d'improvisation collective et de discussions. Les retours collectés lors de cet atelier ont mis en évidence les points positifs et négatifs du système, et ont mené à un certain nombre de modifications dans sa conception.

Par ailleurs, la version embarquée du système fait actuellement l'objet d'une étude sur le long court, dont nous avons présenté ici les premiers résultats, dans laquelle nous l'avons confiée à un artiste actif dans le milieu de l'improvisation libre. Cette étude nous permet en particulier d'observer certains aspects de l'appropriation de l'instrument par cet artiste ainsi que les différentes techniques de jeu qu'il a adoptées ou développées au cours de sa prise en main dans différents contextes de jeu. Ces différentes observations nous ont permis d'éclairer une seconde phase de design de l'instrument.

## Bibliographie

Brown Chris (1999), « *Talking Drum : A Local Area Network Music Installation* ». *Leonardo Music Journal*, vol. 9, p. 23-28. DOI:10.1162/096112199750316767.

- Canonne Clément, Monteiro Roméo et Rühl Joris (2011), « L'EMUPO: Une interface logicielle pour l'improvisation collective ». *in* Actes des Journées d'Informatique Musicale, 2011, Saint-Etienne, France, URL: <https://hal.science/hal-03104816>.
- Collins Nick (2010) *Introduction to computer music*, Hoboken, John Wiley & Sons.
- Freeman Jason *et. al.* (2005) « Auracle: A Voice-Controlled, Networked Sound Instrument ». *Organised Sound*, vol. 10, n° 3, p. 221-31, DOI:10.1017/S1355771805000968.
- Gresham-Lancaster Scot (2017) « A Personal Reminiscence on the Roots of Computer Network Music », *Leonardo Music Journal* vol. 27, p. 71-77, DOI:10.1162/LMJ\_a\_01022.
- Janer Jordi et de Boer Maarten (2008) « Extending Voice-Driven Synthesis to Audio Mosaicing », *in* Proceedings of the 5th Sound and Music Computing Conference, 2008, Berlin, Allemagne.
- Kim-Boyle David (2009), « Network Musics: Play, Engagement and the Democratization of Performance », *Contemporary Music Review*, vol. 28, n° 4-5, p. 363-75. DOI:10.1080/07494460903422198.
- Kleinberger Rébecca, Singh Nikhil, Xiao Xiao et van Troyer Akito (2022), « Voice at NIME: a Taxonomy of New Interfaces for Vocal Musical Expression », *in* Proceedings of the International Conference on New Interfaces for Musical Expression, 2022, Auckland, Nouvelle Zélande. DOI:10.21428/92fbeb44.4308fb94.
- Magnusson Thor (2009), « Of Epistemic Tools: Musical Instruments as Cognitive Extensions », *Organised Sound*, vol. 14, n°2, p. 168-76, DOI:10.1017/S1355771809000272.
- Matuszewski Benjamin (2020), « A Web-Based Framework for Distributed Music System Research and Creation », *Journal of the Audio Engineering Society*, vol. 68, n° 10, p. 717-26. DOI:10.17743/jaes.2020.0015.
- Rohrhuber Julian (2007), « Network music ». *in* Nick Collins et Julio d'Escrivan (dir.), *The Cambridge Companion to Electronic Music*, Cambridge University Press, p. 140-55, DOI:10.1017/CCOL9780521868617.010.
- Rohrhuber Julian *et. al.* (2007), « Purloined Letters and Distributed Persons », *in* Music in the Global Village Conference, 2007, Budapest, Hongrie.
- Rottier Otto et Matuszewski Benjamin (2022), « A Rust Implementation of the Web Audio API », *in* Proceedings of the International Web Audio Conference, 2022, Cannes, France, URL: <https://hal.science/hal-03957504>.
- Stone Phil (2021), « Non-Mathematical Musings on Information Theory and Networked Musical Practice », *Organised Sound* vol. 26, n° 3, p. 327-32, DOI:10.1017/S1355771821000418.

Trueman Daniel, Cook Perry, Smallwood Scott et Wang Ge (2006), « PLOrk: The Princeton Laptop Orchestra, Year 1 », *in* Proceedings of the 2006 International Computer Music Conference, New Orleans, États-Unis.

Turchet Luca *et. al.* (2018), « Internet of Musical Things: Vision and Challenges », *IEEE Access*, vol. 6, p. 61994-62017, DOI:10.1109/ACCESS.2018.2872625.

Wang Ge, Essl Georg et Penttinen Henri (2008), « Do Mobile Phones Dream of Electric Orchestras? », *in* Proceedings of the 2008 International Computer Music Conference, Belfast, Irlande.

Weinberg Gil (2005), « Voice Networks: The Human Voice as a Creative Medium for Musical Collaboration », *Leonardo Music Journal*, vol. 15, p. 23-26, DOI:10.1162/lmj.2005.15.1.23.

Zappi Victor et McPherson Andrew, 2014. « Dimensionality and Appropriation in Digital Musical Instrument Design », *in* Proceedings of the International Conference on New Interfaces for Musical Expression, 2014, London, Royaume-Uni, DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.1178993>.

Zils Aymeric et Pachet François (2001), « Musical Mosaicing », *in* Proceedings of the COST G-6 Conference on Digital Audio Effects, 2001, Limerick, Irlande.