

Méthodologie de conception des interfaces tangibles audiovisuelles et artistiques

par

Marie-Eve BILODEAU

MÉMOIRE PRÉSENTÉ À L'ÉCOLE DE TECHNOLOGIE SUPÉRIEURE
COMME EXIGENCE PARTIELLE À L'OBTENTION DE LA MAÎTRISE
AVEC MÉMOIRE EN GÉNIE ÉLECTRIQUE
M. Sc. A.

MONTRÉAL, LE 31 MAI 2022

ÉCOLE DE TECHNOLOGIE SUPÉRIEURE
UNIVERSITÉ DU QUÉBEC



Marie-Eve Bilodeau, 2022



Cette licence Creative Commons signifie qu'il est permis de diffuser, d'imprimer ou de sauvegarder sur un autre support une partie ou la totalité de cette oeuvre à condition de mentionner l'auteur, que ces utilisations soient faites à des fins non commerciales et que le contenu de l'oeuvre n'ait pas été modifié.

PRÉSENTATION DU JURY

CE MÉMOIRE A ÉTÉ ÉVALUÉ

PAR UN JURY COMPOSÉ DE:

M. Ghyslain Gagnon, Directeur de mémoire
Département de génie électrique, École de technologie supérieure

M. Yan Breuleux, co-Directeur
École des arts numériques, de l'animation et du design, Université du Québec à Chicoutimi

M. Jérémie Voix, Président du jury
Département de génie mécanique, École de technologie supérieure

M. Christopher Lloyd Salter, Examineur externe
Department of Design and Computation Arts, Université Concordia

IL A FAIT L'OBJET D'UNE SOUTENANCE DEVANT JURY ET PUBLIC

LE 13 MAI 2022

À L'ÉCOLE DE TECHNOLOGIE SUPÉRIEURE

REMERCIEMENTS

J'aimerais prendre le temps de remercier les gens qui m'ont accompagnée tout au long de mon parcours à la maîtrise et qui ont rendu l'accomplissement de ce mémoire possible.

D'abord, je tiens à remercier mon directeur de maîtrise, Ghyslain Gagnon. Merci d'avoir osé avec moi dans le choix d'un sujet de recherche qui sort des sentiers battus. Merci de ton temps, de tes suggestions, de ton soutien et de ton enthousiasme dans nos bons coups.

Je désire également remercier mon co-directeur, Yan Breuleux. Merci pour ton apport artistique et tes suggestions toujours pertinentes. Merci d'avoir cru en notre projet de recherche et de l'amener à un autre niveau.

Je tiens à remercier toutes les personnes qui ont permis la réalisation de l'interface NUAGE et de l'expérimentation-spectacle. Je remercie Mykhailo Samoilenko, Vladimir Brailovski et Mario Corbin pour leur aide dans la conception du prototype d'interface NUAGE. Je remercie les artistes Rémi Lapierre et Claude Asselin pour la création de l'œuvre présentée dans le cadre de l'expérimentation. Finalement, je remercie tou-te-s les participant-e-s qui ont pris part à l'exercice.

Plus candidement, j'aimerais remercier ma psychologue, Geneviève, qui m'a accompagnée depuis le début de ma maîtrise et qui m'a grandement aidé à préserver ma santé mentale. Merci aussi au café Les Allumées à Sainte-Thérèse, duquel j'ai légèrement abusé de l'hospitalité, mais qui fut un réel refuge lors de mes longues heures de rédaction.

Merci à mes parents, Line et Serge, à ma soeur, Karine, à ma famille et à ma belle famille. Votre soutien et vos encouragements me sont chers. Merci également à mon amie Lauriane, pour ta complicité et ton écoute. Finalement, merci à mon amoureux, Vincent, pour ton soutien, ta confiance et ton écoute.

Je ressors de cette longue période un peu essoufflée, mais grandie et remplie de fierté.

Méthodologie de conception des interfaces tangibles audiovisuelles et artistiques

Marie-Eve BILODEAU

RÉSUMÉ

Les performances audiovisuelles sont des prestations artistiques où un-e ou plusieurs artistes génèrent et manipulent du contenu sonore et vidéo en temps réel devant un public. Les outils de création utilisés par les artistes pour ce genre de performances sont majoritairement logiciels. Ils n'offrent pas un large éventail de possibilités d'interaction. Souvent, les artistes se retrouvent littéralement caché-e-s derrière un écran. Cela rend leur présence scénique transparente.

Ce mémoire a comme objectif d'inspirer les chercheur-e-s et les designers à sortir des sentiers battus et de les guider dans la conception d'outils qui s'éloignent des traditionnelles interfaces utilisateurs graphiques. Ainsi, cette recherche présente une systématisation du processus de design des interfaces performatives audiovisuelles. Une nouvelle méthodologie de design, basée sur les concepts de l'interaction tangible et enracinée dans la recherche en interaction humain-machine est donc présentée.

La nouvelle approche méthodologique proposée fait l'objet de l'article «Digital Live Audiovisual Arts : A Novel Tangible Interaction Design Approach» par Marie-Eve Bilodeau, Ghyslain Gagnon et Yan Breuleux présenté dans ce mémoire. L'article dénote comment les différents types d'interfaces tangibles et leurs caractéristiques physiques propres permettent de remplir les intentions artistiques identifiées suivantes : l'Expressivité, la Performativité, la Participation, l'Esthétisme et l'Engagement. L'article présente une revue de la littérature exhaustive qui cartographie le domaine des «Digital Live Audiovisual Arts». Il définit une taxonomie des différents types d'interfaces et passe en revue les différentes méthodes d'évaluation adaptées au domaine.

Afin de mettre en œuvre et valider la méthodologie de design présentée, l'interface NUAGE a été développée puis évaluée au moyen d'une expérimentation avec participant-e-s humains. L'évaluation a pris la forme d'une prestation en direct d'une œuvre audiovisuelle immersive contrôlée par le NUAGE et présentée devant public dans le dôme intégral de la Société des arts technologiques de Montréal. Les résultats de l'expérimentation ont permis de démontrer l'efficacité de l'approche méthodologique proposée dans ce mémoire.

Ce mémoire crée des ponts entre différents domaines, notamment l'interaction humain-machine et l'art numérique. Il fournit une meilleure compréhension de la façon dont les artistes et le public interagissent avec les outils performatifs audiovisuels et il établit une plate-forme pour de futures recherches au sujet des systèmes tangibles artistiques.

Mots-clés: Interaction tangible, Interface utilisateur tangible, Digital Live Audiovisual Arts, Expérience utilisateur, interaction humain-machine

Tangible audiovisual and artistic interfaces design methodology

Marie-Eve BILODEAU

ABSTRACT

Audiovisual performances are artistic performances where one or more artists manipulate and generate sound and video content in real time in front of an audience. Creative tools for such performances are mainly software and do not offer a wide range of interaction possibilities. Often, artists find themselves literally hidden behind computer screens. Their stage presence is therefore transparent.

This thesis aims to inspire researchers and designers to think outside the box while designing creative tools and help them branch out from traditional graphical user interfaces. This research thus presents a systematization of the design process of audiovisual performative interfaces. A novel design approach, based on Tangible Interaction concepts and rooted in Human-Computer Interaction research, is therefore presented.

The proposed methodological approach is the subject of the paper titled "Digital Live Audiovisual Arts : A Novel Tangible Interaction Design Approach" by Marie-Eve Bilodeau, Ghyslaine Gagnon and Yan Breuleux reported in this thesis. The article explains how the different types of tangible interfaces and their distinctive physical characteristics fulfill the following identified artistic intentions : Expressiveness, Performativity, Participation, Aesthetics and Engagement. To map the "Digital Live Audiovisual Arts" domain, the paper presents an exhaustive literature review. It also defines an interface types taxonomy and reviews suited evaluation methods.

To implement and validate the novel methodology, the interface NUAGE was developed. It was later evaluated by the means of an experiment with human participants. The evaluation took the shape of a live immersive audiovisual performance controlled by the NUAGE and presented to an audience in the dome of the Société des arts technologiques in Montreal. The results of the experiment demonstrated the effectiveness of the methodological approach proposed in this thesis.

This thesis brings together different perspectives on understanding Human-Computer Interaction. It provides a better understanding of how artists and audiences interact with audiovisual performance tools and sets a platform for future research on artistic tangible systems.

Keywords: Tangible Interaction, Tangible User Interface, Digital Live Audiovisual Arts, Audience Experience, User Experience, Human-Computer Interaction

TABLE DES MATIÈRES

	Page
INTRODUCTION	1
0.1 Objectifs	3
0.2 Démarche de travail et organisation du document	3
 CHAPITRE 1 DIGITAL LIVE AUDIOVISUAL ARTS : A NOVEL TANGIBLE INTERACTION DESIGN APPROACH	 7
1.1 Introduction	7
1.2 Defining Some Key Concepts of Tangible Interaction	10
1.2.1 Materiality, Physical Embodiment of Data and Affordance	11
1.2.2 Bodily Interaction and Real Space Embeddedness	12
1.3 Previous research on Tangible Interaction Applications and design frameworks for AV	 12
1.3.1 Musical Interfaces	12
1.3.2 Video Interfaces	15
1.3.3 Audiovisual Interfaces	17
1.3.4 Previous AV design frameworks	19
1.4 Proposed Design Intentions Approach for Digital Live Audiovisual Arts	20
1.4.1 Expressiveness	21
1.4.2 Performativity	22
1.4.3 Participation	23
1.4.3.1 Collaboration between artists	23
1.4.3.2 Audience shift from spectator to performer	24
1.4.4 Aesthetics	25
1.4.5 Engagement	26
1.4.5.1 User engagement	26
1.4.5.2 Audience engagement	27
1.5 Digital Live Audiovisual Arts Interface Types	27
1.5.1 Interactive Surfaces or Tabletops	29
1.5.2 Constructive Assemblies	29
1.5.3 Token+Constraints	29
1.5.4 Pressure-Based Interfaces	30
1.5.5 Wearables	30
1.5.6 Motion-Based Interfaces	30
1.5.7 Augmented Common Instruments	31
1.5.8 Interface types and DLAA design intentions	31
1.6 Design and Evaluation Methods for Digital Live Audiovisual Arts	32
1.7 Conclusion and future work	34
 CHAPITRE 2 CONCEPTION DUNE INTERFACE AUDIOVISUELLE	 37
2.1 Développement du prototype	37

2.1.1	Présentation sommaire de l'interface NUAGE	37
2.1.2	Implémentation matérielle	40
2.1.2.1	Structure physique de l'interface	40
2.1.2.2	Plateforme de prototypage électronique et capteurs	43
2.2	Utilisation du NUAGE	44
CHAPITRE 3 ÉVALUATION DU PROTOTYPE		47
3.1	Protocole d'expérimentation	47
3.1.1	Création d'une œuvre audiovisuelle par les participants-artistes	48
3.1.2	Expérimentation-spectacle : présentation de l'œuvre des participants-artistes devant les participant-e-s-public	50
3.2	Description sommaire de l'œuvre et de la prestation	51
3.2.1	La Satosphère, lieu de la prestation	52
3.2.2	Description technique de l'œuvre	54
3.3	Présentation des questionnaires	57
3.3.1	Préquestionnaire aux participant-e-s-public	57
3.3.2	Post-questionnaire aux participant-e-s-public	58
3.3.2.1	Justification des questions	59
3.3.3	Post-questionnaires aux participants-artistes	61
3.3.3.1	Justification des questions	62
3.4	Présentation et analyse des résultats	63
3.4.1	Démographie des participant-e-s-public	64
3.4.2	Présentation des résultats des post-questionnaires	65
3.4.3	Analyse des résultats en lien avec les intentions de design DLAA	67
3.4.3.1	Expressivité	68
3.4.3.2	Performativité	69
3.4.3.3	Participation	71
3.4.3.4	Esthétisme	73
3.4.3.5	Engagement	74
3.4.4	Propositions d'améliorations au prototype	75
3.4.5	Propositions d'améliorations à la scénographie de la prestation	76
CONCLUSION		77
RECOMMANDATIONS ET TRAVAUX FUTURS		81
ANNEXE I	NUAGE : A DIGITAL LIVE AUDIOVISUAL ARTS TANGIBLE INTERFACE	85
ANNEXE II	DESSINS TECHNIQUES	103
LISTE DE RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES		104

LISTE DES TABLEAUX

	Page
Tableau 1.1	Summary of the Digital Live Audiovisual Arts Design Intentions Approach 21
Tableau 1.2	Implementation types and their associated design intentions 31
Tableau 3.1	Préquestionnaire : Questions de classification 57
Tableau 3.2	Préquestionnaire : Questions par rapport aux connaissances et à l'expérience des participant-e-s 57
Tableau 3.3	Post-questionnaire aux participant-e-s-public : Questions de classification 58
Tableau 3.4	Post-questionnaire aux participant-e-s-public : Questions qualitatives 59
Tableau 3.5	Questions aux participant-e-s-public et intentions de design associées 60
Tableau 3.6	Post-questionnaire aux participants-artistes : Questions de classification 61
Tableau 3.7	Post-questionnaire aux participants-artistes : Questions qualitatives 62
Tableau 3.8	Questions aux participants-artistes et intentions de design associées 63

LISTE DES FIGURES

	Page
Figure 0.1	Exemples d’interfaces tangibles audiovisuelles 2
Figure 1.1	Model of Tangible Interaction, inspired by Ishii (2008) 11
Figure 1.2	Musical interfaces exemples : a) reacTable, Taken from Jordà (2008), b) Block Jam, Taken from Newton-Dunn, Nakano & Gibson (2003), c) AudioCubes, Taken from Schiettecatte & Vanderdonckt (2008), d) Polymetros, Taken from Bengler & Bryan-Kinns (2013) 13
Figure 1.3	Video interface exemples : a) Live Cinema Instrument, Taken from Lew (2004), b) LogJam, Taken from Cohen, Withgott & Piernot (1999), c) VPlay, Taken from Taylor, Izadi, Kirk, Harper & Garcia- Mendoza (2009), d) Rhythmism, Taken from Iwata, Inakage et al. (2007) 16
Figure 1.4	Audiovisual interfaces exemples : a) Ashitaka, Taken from Moody, Fells & Bailey (2007), b) Immertable, Taken from Baldassarri, Cerezo & Beltrán (2017) , c) uPoi, Taken from Sheridan & Bryan- Kinns (2008) 17
Figure 1.5	Loose illustration of different types of interfaces : a) Interactive surface, b) Constructive assembly, c) Token+constraint, Inspired by Ullmer, Ishii & Jacob (2005), d) Pressure-based interface, e) Wearable, f) Motion-based interface, g) Augmented common instrument 28
Figure 1.6	DLAA design methodology 32
Figure 2.1	Photo de l’interface NUAGE 38
Figure 2.2	Schéma fonctionnel de l’interface NUAGE 39
Figure 2.3	a) Base, b) couvercle et c), d) assemblage du moule 40
Figure 2.4	Dessin technique d’une vue a) de coupe, b) explosée et c) assemblée du modèle de l’interface NUAGE et du placement ses capteurs 41
Figure 2.5	Étapes de la confection de l’interface NUAGE 42
Figure 2.6	L’interface NUAGE assemblée avec les capteurs 43
Figure 2.7	Placement des capteurs dans l’interface NUAGE 44

Figure 2.8	Exemple d'utilisation du prototype NUAGE	45
Figure 3.1	Yan Breuleux et Rémi Lapierre effectuant des tests de l'interface NUAGE et de leur œuvre a) au laboratoire Mimesis du NAD ainsi que b) dans la Satosphère de la SAT	49
Figure 3.2	Présentation de l'œuvre dans la Satosphère : a) Vue de l'artiste-performeur et du public, b) Vue du public, c) Séance de discussion informelle	51
Figure 3.3	Yan Breuleux performant l'œuvre «Close to me» à la SAT (a), Exemples de visuels de l'œuvre (b, c et d)	52
Figure 3.4	a) Représentation CAD du 3e étage de la SAT, Tirée de SAT (2022), b) Schéma de la scénarisation de la prestation	53
Figure 3.5	Schéma des technologies utilisées pour la prestation lors de l'expérimentation	54
Figure 3.6	Exemple de visuels de l'œuvre où sont illustrés les systèmes de particules formant la masse (A) et l'arrière-plan (B)	55
Figure 3.7	Exemple comparatif d'une modification aux paramètres de bruit (a et b), de distance entre les particules (c et d), de la lumière (e et f) et de la forme 3D (g et h) de la masse du premier système de particule	56
Figure 3.8	Résultats des préquestionnaires : Tranche d'âge des participant-e-s-public	64
Figure 3.9	Résultats des préquestionnaires : Occupation des participant-e-s-public	64
Figure 3.10	Résultats des préquestionnaires : Questions qualitatives	65
Figure 3.11	Résultats des post-questionnaires aux participant-e-s-public	66
Figure 3.12	Résultats des post-questionnaires aux participants-artistes	67
Figure 4.1	Inspirations et tests visuels du nouveau projet Nuages	83

LISTE DES ABRÉVIATIONS, SIGLES ET ACRONYMES

2D	Deux dimensions
3D	Trois dimensions
AV	Audiovisuel
CAD	Computer-aided design
DEL	Diode électroluminescente
DJ	Disc-Jockey
DLA	Digital Live Art
DLAA	Digital Live Audiovisual Arts
DMI	Digital Musical Instrument
ÉTS	École de technologie supérieure
GUI	Graphical User Interface
HCI	Human-Computer Interaction
I2C	Inter-Integrated Circuit
MIDI	Musical Instrument Digital Interface
NAD	École des arts numériques, de l'animation et du design
OSC	Open Sound Control
SAT	Société des arts technologiques
TUI	Tangible User Interface
UQAC	Université du Québec à Chicoutimi
USB	Universal Serial Bus
VJ	Video-Jockey

INTRODUCTION

Les performances audiovisuelles (AV) sont des prestations artistiques où un·e ou plusieurs artistes manipulent des outils, principalement numériques, afin de générer du contenu sonore et vidéo en temps réel devant un public. Auparavant principalement présentées dans les discothèques, ces performances prennent maintenant place dans divers lieux, tels des théâtres, des salles de concert et des scènes extérieures (Catala, 2010). Plusieurs festivals internationaux les placent au cœur de leur programmation. Pensons au Ars Electronica en Autriche, au Néo en France, au festival ELEKTRA à Montréal ainsi qu’aux multiples éditions de MUTEK à travers le monde. Ces festivals comptent des milliers d’adeptes. L’édition 2019 du Ars Electronica a accueilli 110 000 visiteur·euse·s et 1449 artistes et scientifiques de 45 pays différents (Hinterleitner, 2019). L’édition 2019 de MUTEK à Montréal a quant à elle accueilli plus de 65 000 festivalier·ère·s et 153 artistes de 26 pays (MUTEK, 2019).

Les outils de création utilisés lors des performances AV sont principalement logiciels. Souvent, les artistes sont littéralement cachés derrière leur ordinateur. Leur présence scénique devient alors quasi transparente. L’interaction avec le public est conséquemment minime. La compréhension de l’audience par rapport au rôle des artistes AV et de l’impact de leurs actions peut ainsi être compromise. Cela peut également conduire à un désengagement de la part du public envers la prestation et ses auteur·trice·s.

Plusieurs interfaces matérielles AV intéressantes ont été proposées comme alternatives à l’ordinateur dans les dernières décennies. Ce mémoire s’intéresse principalement aux alternatives qui sont des interfaces utilisateurs tangibles (ou « Tangible user interfaces » (TUIs)). L’une des plus connues est sans doute l’instrument numérique musical nommé reacTable (Jordà, Geiger, Alonso & Kaltenbrunner, 2007). Notons également comme exemple les AudioCubes (Schietecatte & Vanderdonckt, 2008) et les Polymetros (Bengler & Bryan-Kinns, 2013). Des images de ces trois instruments sont présentées à la figure 0.1.

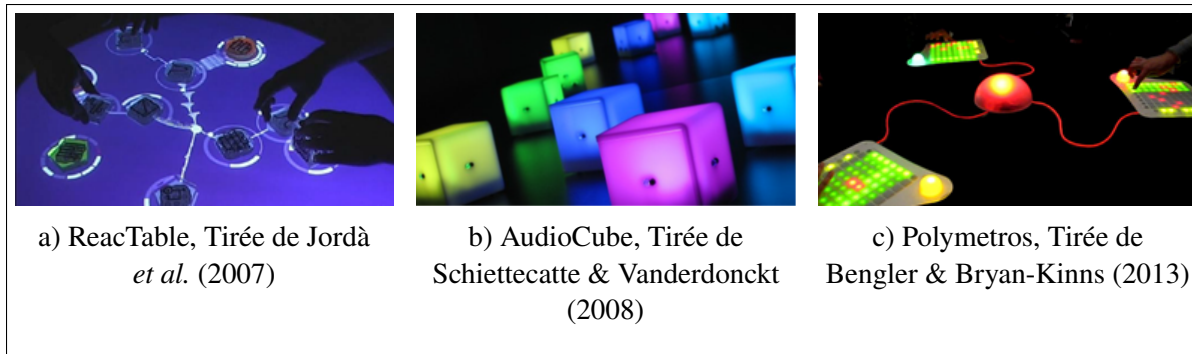


FIGURE 0.1 Exemples d'interfaces tangibles audiovisuelles

Ces interfaces tangibles offrent davantage de possibilités d'interaction et d'expressivité à l'utilisateur-trice. Ils offrent également un intérêt visuel accru pour l'observateur-trice. Toutefois, ces alternatives ne sont pas aussi accessibles que les outils logiciels. Elles sont souvent construites par des artistes qui sont autodidactes et n'ont pas nécessairement les connaissances requises pour concevoir ce genre d'interface. Il y a un manque de littérature scientifique qui considère les réels besoins des artistes AV en matière d'outils, ainsi que les besoins de leur audience. Les domaines de la lutherie numérique et de la «computer music» nous offrent de nombreuses pistes de réflexion quant à la conception des interfaces artistiques musicales. Il existe toutefois un manque de littérature qui détaille les critères de conception propres aux interfaces réunissant à la fois l'audio et la vidéo (Moody, 2009).

Ce mémoire répond à ces besoins en créant des ponts entre les recherches en design d'interaction, interaction humain-machine (ou «Human-Computer Interaction» (HCI)) et les domaines artistiques. Ainsi, il fournit une meilleure compréhension de la façon dont les artistes et le public interagissent avec les outils performatifs AV. Grâce à la proposition d'une méthodologie de design centrée autour de l'utilisateur-trice et de son audience, le processus de conception de ces interfaces sera systématisé. Cela permettra aux artistes et designers de concevoir des outils plus accessibles et mieux adaptés aux requis du domaine des interfaces performatives AV. Ce mémoire présente également l'implémentation de cette méthodologie. Le développement et

l'évaluation empirique d'un prototype d'interface tangible AV nommé NUAGE ont permis de valider et tester la méthodologie.

Ainsi ce mémoire propose une recherche originale qui, nous l'espérons, inspirera les chercheur·e·s et les designers à sortir des sentiers battus et à proposer des outils différents des traditionnelles interfaces utilisateurs graphiques (ou «Graphical User Interfaces» (GUIs)) et à développer des dispositifs d'interactions mieux adaptés aux utilisateur·trice·s et à leur public.

0.1 Objectifs

Les objectifs de ce mémoire sont les suivants :

- Fournir une meilleure compréhension des besoins des artistes et du public par rapport aux interfaces utilisées en contexte de performance audiovisuelle.
- Documenter l'état de l'art de la recherche en interaction tangible appliquée au domaine des interfaces performatives audiovisuelles.
- Identifier les critères de conception propres aux interfaces performatives audiovisuelles.
- Systématiser le processus de conception des interfaces performatives audiovisuelles.
- Valider la méthodologie proposée par la conception et l'évaluation d'un prototype d'interface original.
- Faire le pont entre les recherches en interaction humain-machine et le domaine artistique des performances audiovisuelles.

0.2 Démarche de travail et organisation du document

La méthodologie de recherche suivante permet de répondre aux objectifs énumérés précédemment.

D'abord, le premier chapitre présente l'article «Digital Live Audiovisual Arts : A Novel Tangible Interaction Design approach» (soumis pour publication en janvier 2021 à l'ACM International

Conference on Interactive Media Experiences). L'article présente une revue de la littérature exhaustive et propose une méthodologie de design et d'évaluation des interfaces tangibles performatives AV.¹

L'article du chapitre 1 débute par une revue de la littérature expliquant les principes de l'interaction tangible («Tangible Interaction»). Un survol des études précédentes au sujet d'interfaces tangibles appliquées aux domaines musical, vidéo et audiovisuel et par rapport aux méthodologies de design des interfaces AV fait également partie de cette revue de la littérature. L'article présente ensuite la méthodologie de design nommée «Digital Live Audiovisual Arts» (DLAA). Celle-ci est basée à la fois sur les principes de l'interaction tangible et sur les intentions de design («design intentions») ci-après : l'Expressivité («Expressiveness»), la Performativité («Performativity»), la Participation, l'Esthétisme («Aesthetics») et l'Engagement. Une taxonomie des types d'interfaces AV est présentée, puis, finalement, l'article passe en revue les différentes méthodes d'évaluation adaptées aux spécificités des interfaces tangibles performatives AV.

La conception d'un prototype d'interface performative AV nommé NUAGE a permis de mettre en œuvre et valider la méthodologie DLAA détaillée au chapitre 1. Le NUAGE est une interface tangible et combine deux types d'interfaces présentés dans la taxonomie de l'article du chapitre 1. Le chapitre 2 décrit le processus de développement du prototype.

L'article «NUAGE : A Digital Live Audiovisual Arts Tangible Interface» (accepté en février 2022 pour publication à l'International Symposium on Electronic Art) présenté à l'Annexe I fournit un condensé de la méthodologie du chapitre 1 ainsi que de la conception du prototype.

Le dernier chapitre présente l'évaluation du prototype suivant les recommandations du chapitre 1. Cette évaluation prend la forme d'une prestation en direct devant public d'une œuvre AV

¹ L'article «Digital Live Audiovisual Arts : A Novel Tangible Interaction Design approach» n'a pas été accepté pour publication dans la forme présentée au chapitre 1. C'est pourquoi une portion importante de cet article a pu être resoumise dans l'article «NUAGE : A Digital Live Audiovisual Arts Tangible Interface» présenté à l'Annexe I.

contrôlée par l'interface. Cette méthode d'évaluation permet de vérifier si les caractéristiques du prototype répondent aux intentions de design suggérées par l'article. Le chapitre 3 présente le protocole de l'expérimentation avec participant-e-s humains, l'œuvre développée pour la prestation, ainsi que les questionnaires remis aux participant-e-s. Enfin, une analyse des résultats et une conclusion sont présentées.

CHAPITRE 1

DIGITAL LIVE AUDIOVISUAL ARTS : A NOVEL TANGIBLE INTERACTION DESIGN APPROACH

Marie-Eve Bilodeau¹ , Ghyslain Gagnon¹ , Yan Breuleux²

¹ Département de Génie Électrique, École de Technologie Supérieure,
1100 Notre-Dame Ouest, Montréal, Québec, Canada H3C 1K3

² École des arts numériques, de l'animation et du design, Université du Québec à Chicoutimi,
1501 rue de Bleury, Montréal, Québec, Canada H3A 0H3

Article soumis pour publication à l'«ACM International Conference on Interactive Media
Experiences» en janvier 2021

Abstract

Audiovisual performance combines musical and video arts together in a live artistic context. Tools to create such performances are often only software and do not provide the artists a wide range of interaction possibilities. A show where the performer's actions are hidden behind his/her computer screen can be visually less interesting. To provide guidance to designers and help them branch out from the traditional graphical user interfaces, we propose a different and structured design approach, Digital Live Audiovisual Arts, that builds upon Tangible Interaction concepts. We map Digital Live Audiovisual Arts by providing an overview of common applications (musical, video and audiovisual) and previous audiovisual frameworks, investigating its distinctive design intentions (Expressiveness, Performativity, Participation, Aesthetics and Engagement), proposing interface types taxonomy and identifying its suited design and evaluation methods. We thus bring together different perspectives on understanding Human-Computer Interaction and set a platform for future research on artistic tangible systems.

1.1 Introduction

Audiovisual (AV) performance takes its origin in diverse artistic currents. From visual music to live experimental cinema and psychedelic light shows, AV performance has a nonlinear

historical background (Alexander & Collins, 2017). AV performance is also often associated with Video-Jockey (VJ) culture which takes its roots in the '80s electronic music clubbing scene. Back then, video projections played a background role and were used as a simple asset to the musical performance of a Disk-Jockey (DJ) (Catala, 2010). Many multimedia practices paved the way to AV performance, a more elaborated, artistic and creative practice that combines audio and visual content in a balanced and fusional relationship. AV performance also distanced itself from clubs and is now presented in concerts, theaters, festivals and exhibitions venues (Catala, 2010).

The advent of new technologies allowed for real-time effective manipulation and generation of images and sounds. It also placed the laptop as one of the central and main tools used by AV performers. While software-based music and video applications are widely used, easily accessible and have introduced new sounds and possibilities, a “Laptop Show”, where the actions of the performer are hidden behind a screen, is definitively less interesting and comprehensive for an audience than seeing an artist perform with a complex instrument (Lew, 2004; Pedersen & Hornbæk, 2009). As wittily highlighted by Klemmer, Hartmann & Takayama (2006), how can the audience know that *“the performer is not just checking his email?”*.

Aside from computers, new kinds of hardware tools have been developed to support and enhance performers practice. Examples are the reacTable (Jordà *et al.*, 2007), the Live Cinema Instrument (Lew, 2004) and the uPoi (Sheridan & Bryan-Kinns, 2008). Those interfaces seem to be a good alternative to laptops, providing more visibility and affordance to AV performances. However, hardware tools are not as easily accessible as software tools. Artists who make their own tools are often self-taught and may not have proper knowledge on how to build such interfaces. Moreover, there is a lack of scientific literature identifying the particular design requirements of AV instruments (Moody, 2009). This paper addresses this problem by presenting a new promising approach, Digital Live Audiovisual Arts (DLAA), to help shape those requirements.

DLAA is a novel design approach that builds upon Tangible Interaction principles to guide the development of AV performative instruments. The proposed model is based on the physical,

material and tangible embodiment of digital data. The term “Digital Live Audiovisual Arts” is used in this paper in a nod to the term Digital Live Art (DLA) that was proposed in Sheridan, Bryan-Kinns & Bayliss (2007) paper and described as “*the intersection of live art, computing and human-computer interaction*”. By adding the “Audiovisual” term to DLA we bring together the notions of real-time AV performance, Tangible Interaction, Human-Computer Interaction, User Experience, computer-based art and artistic intent. DLAA has the particularity to combine different artistic design intentions such as Expressiveness, Performativity, Participation, Aesthetics and Engagement under a single and common approach in cohesion with AV performances design requirements. Furthermore, it allows to study such intentions from the perspective of a direct user, the performer, and from the perspective of other people involved in the interaction, i.e. the audience.

In this paper, we start by defining the conceptual foundations of Tangible Interaction in the context of AV Arts to give the reader a better understanding of its main concepts. Building upon those principles, the following sections aim to map the novel DLAA approach. In Section 1.3, we give an overview of previous research on three AV performance Tangible Interaction applications : musical, video and AV interfaces and on previous AV design frameworks. Then, in Section 1.4, we present the DLAA design approach by identifying the distinctive intentions that can be achieved using tangible interfaces as performative AV instruments : Expressiveness, Performativity, Participation, Aesthetics and Engagement. Next, in Section 1.5, we introduce the DLAA taxonomy to identify the design implementation types : Interactive surfaces or tabletops, Constructive assemblies, Token+Constraints, Pressure-based interfaces, Wearables, Motion-based interfaces and Augmented common instruments. Finally, in Section 1.6, we propose design and evaluation methodologies that are suited for this novel approach.

By proposing this novel DLAA approach, we aim to provide a structured understanding of the peculiar design requirements of AV performative instruments. We make connections between different domains to propose a unified approach. This, we hope, will foster research and design to branch out from the common computer interfaces and develop better suited and accessible interaction devices for both the user and the audience.

1.2 Defining Some Key Concepts of Tangible Interaction

Tangible Interaction takes its roots in Ishii & Ullmer (1997) own updated vision of Human-Computer Interaction (HCI). In 1997, they introduced the concept of Tangible User Interfaces (TUIs). Different from the traditional Graphical User Interfaces (GUIs), where “painted bits” on a screen are controlled by a mouse, a keyboard or a tactile interface, TUIs aimed for a more engaging and seamless relationship with the digital world. Ishii’s “tangible bits” concept focus on the physical representation of digital information, exploiting the richness of possible interfaces given by the “real” physical world (Ishii & Ullmer, 1997).

Building upon those concepts, Hornecker & Buur (2006) Tangible Interaction framework focus less on the design of the visible interface but on the design of the interaction itself. Apart from Ishii data-centered viewpoint on tangibles, their vision also includes action-centered viewpoints like movement, body and space centered interaction design. Tangible Interaction is an umbrella term describing an interdisciplinary research field encompassing HCI, Computer Science, Product and Industrial Design and Interactive Art studies, among others (Hornecker, 2015). Hornecker & Buur (2006) described the characteristics of such systems and interfaces with four main design principles : tangibility and materiality, physical embodiment of data, bodily interaction and real space embeddedness.

To give the reader a better understanding of the conceptual foundations of the Tangible Interaction approach, the following subsections will detail the main design concepts that applies to AV performance. Figure 1.1 is a model of Tangible Interaction adapted from Ishii (2008) and will serve as a guide for the following concepts. It is a metaphor of a seashore where the digital world is represented under the water and the physical world is represented above. As an example, let’s imagine that Figure 1.1 represents a new kind of music player interface. The cube in the figure represents the player. It is tangible, it can be moved around by a user to enable its functionalities. For the sake of this example lets say that putting the cube upside down starts the music and moving it around switches songs.

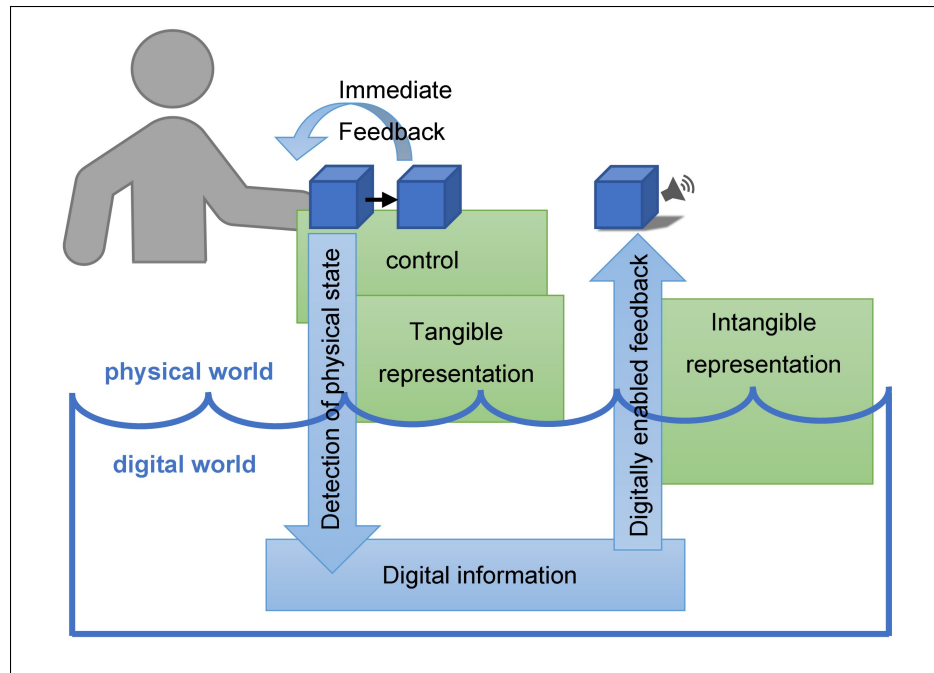


FIGURE 1.1 Model of Tangible Interaction, inspired by Ishii (2008)

1.2.1 Materiality, Physical Embodiment of Data and Affordance

Embodiment is the incarnation of something intangible, like an idea, an information or a concept, into something tangible. For tangible interfaces, the digital data is physically represented by an object or an interface. This coupling must have affordance, in other words, it must be significative, must have meaning and must be easily understandable for the user and/or the observer (Hornecker & Buur, 2006; Ishii, 2008). In Figure 1.1, the player and the music are physically embodied by the cube.

This direct physical manipulation of the tangible object controls the digital information and provides immediate tangible feedback. Intangible feedback can also be provided to the user once the physical action has occurred. These two levels of feedback are more concrete than with GUIs which only provide intangible representation, audio and graphics, of the data (Ishii, 2008). In Figure 1.1, tangible feedback is provided by the movement of the cube by the user. This physical

change of state is controlled by the user and digitally detected. Therefore, an intangible feedback, here sound change, is provided to the user after the manipulation.

1.2.2 Bodily Interaction and Real Space Embeddedness

Tangible Interaction profits from the richness and multiple possibilities of full-body interaction, using not only our visual skills, but also our sensorimotor skills and our spatial memory skills (Paradiso, 2017). This can be really useful when eye-free interaction is needed, which can often be the case in an artistic performance (Taylor *et al.*, 2009).

The last key principle of Tangible Interaction is its embeddedness in the real physical space. When interacting with a tangible system, the user moves the objects or him/herself spatially, giving a meaning to his/her actions in the real world. Real space embeddedness also implies that the interaction is visible, can engage the full body and is a performative action (Hornecker & Buur, 2006). The application of such concepts by our novel DLAA design approach will be discussed later in Section 1.4 of this paper.

1.3 Previous research on Tangible Interaction Applications and design frameworks for AV

This section provides an overview of past research on AV performative instruments that have Tangible Interaction characteristics. In addition to the description and analysis of three main applications : musical, video and AV interfaces, several reasons making Tangible Interaction suited for AV performance are detailed here. We provide examples of such applications, highlight gaps in the literature and propose future research directions. Furthermore, we review previous AV design frameworks and justify the needs for a new and unified approach.

1.3.1 Musical Interfaces

Digital Music Instruments (DMIs) are systems that can generate new or electronic sounds or that can provide new ways to manipulate sound. The digital nature of such instruments allows for live

and pre-recorded edition, sequencing and storage. Some systems focus on the creative aspect of making music, generating or modulating sounds, while other focus more on the practicality of being able to control, play, loop or edit sounds. Examples of such musical interfaces detailed here can be seen in Figure 1.2.

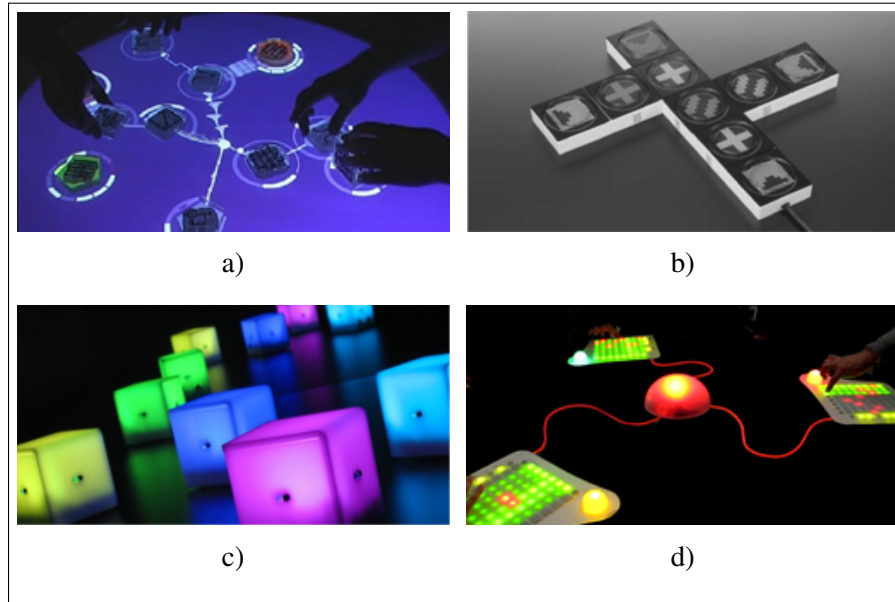


FIGURE 1.2 Musical interfaces examples : a) reacTable, Taken from Jordà (2008), b) Block Jam, Taken from Newton-Dunn *et al.* (2003), c) AudioCubes, Taken from Schietecatte & Vanderdonckt (2008), d) Polymetros, Taken from Bengler & Bryan-Kinns (2013)

Jordà (2008) examined the reasons which make music performances suited for testing Tangible Interaction systems. Conversely, the suitability of TUIs for making innovative DMI was also studied. The collaborative aspect of music performance, the real-time interaction it requires, the complex and expressive nature of music making, and the visual feedback provided by tangible systems are among the reasons that make music and tangibles benefits from one another (Jordà, 2008).

A well-known example of novel digital instrument is the reacTable (Jordà *et al.*, 2007). The Icelandic signer Björk has incorporated it into her shows, hence popularising it. The reacTable is a tabletop instrument using the modular synthesis metaphor. Different tangible objects can

be combined on an interactive surface to create an infinity of sounds. Rotating the objects and finger drawing around them allows to adjust the parameters of the different effects. The tabletop interface as well as its large size promotes collaboration and shared-control among performers.

Building on the reacTable principles, the mixiTUI (Pedersen & Hornbæk, 2009) focuses on the possibility to have pre-recorded samples, being more a sequencer than a synthesizer. This design focus less on creativity, but more on the engaging and collaboration aspect of the tangible interface. Block Jam (Newton-Dunn *et al.*, 2003) is also a music sequencer tool. Different assemblage of its building blocks sends MIDI messages to control a sound engine. Another notable tangible system for controlling music is the Audiopad (Patten, Recht & Ishii, 2002). Other DMI examples are the AudioCubes (Schietecatte & Vanderdonckt, 2008) which are tangible cubes for music generation. Placing them nearby each other connects them and allows the performer to create different sounds. The Patchblocks (Mindflood, 2019) and the Polymetros (Bengler & Bryan-Kinns, 2013) are also notable interfaces for sound generation.

Some DMIs emulate existing analogic instruments but are only the physical interface to digitally created sounds. Examples are MIDI keyboards, electronic drums and digital wind instruments (see (Roland, 2019; AKAI, 2019; SOMA, 2019)). Examples of DMI exploring new tangible ways to manipulate sounds are the LightPad (ROLI, 2019), the LinnStrument (Linn, 2019) or the Continuum (Haken, 2019) which all use haptic sensors surfaces.

Lots of research has been done on tangible musical interfaces as shown by the lasting popularity of the International Conference on New Interfaces of Musical Expression (NIME, 2019). Here, we have seen musical applications of tangible devices created to explore new sounds or new ways to play music. We also noted some useful characteristics of DMIs such as their collaborative, complex and expressive nature, the fact that they require to be real-time and that they can provide an interesting visual feedback to the audience.

1.3.2 Video Interfaces

Video Interfaces are another AV performance application domain of Tangible Interaction. Video interfaces are used by Visual-Jockeys (VJs) and artists who perform Live Cinema. VJs are described in Hook, Green, McCarthy, Taylor, Wright & Olivier (2011) paper as “*visual artist whose practice is based upon the live performance of visual media such as video or computer generated imagery*”. Lew (2004) describes Live Cinema as the art of performing real-time manipulation of moving images in front of an audience. Lew divides the genre of Live Cinema in three categories : Abstract synthetic cinema, Graphical Cinema and Camera-based Cinema (Lew, 2004). The terms video live art will be used as an umbrella term to emphasis the artistic, creative and real-time performative aspect of this application domain. Similar to music, video applications include interfaces for the exploratory creation of content, as well as for the control, edition and storage of images. Figure 1.3 shows some examples of such interfaces.

Tools for creating, editing and performing video live art are mainly software. Well-known software include Resolume (2019) and modul8 (garageCube, 2019). Apart from controlling them with a mouse and a computer keyboard, they can be controlled with classical MIDI devices. Few researches diverge from this traditional model. Still, Hook *et al.* (2011) identified the expressive interaction suitability of TUIs in VJ practice. The VJs participants of the Hook *et al.* (2011) experiment evoked the need for immediate response and the desire to manipulate media in a haptic direct way. The VJs also expressed that they wanted their actions to be visible by the public. These needs can be addressed by tangible systems and will be discussed more in the following sections.

Some tangible interfaces used to control, edit and play video are the following. The Live Cinema Instrument (Lew, 2004) is a video-editing tool that enables real-time performance of camera-based cinema. It uses a standing canvas to explore the footage and a video drum turntable to playback the footage. Zingerle & Freeman (2011) introduced the VJacket, a wearable control interface that interprets the VJ’s movement in order to control VJ programs. The LogJam

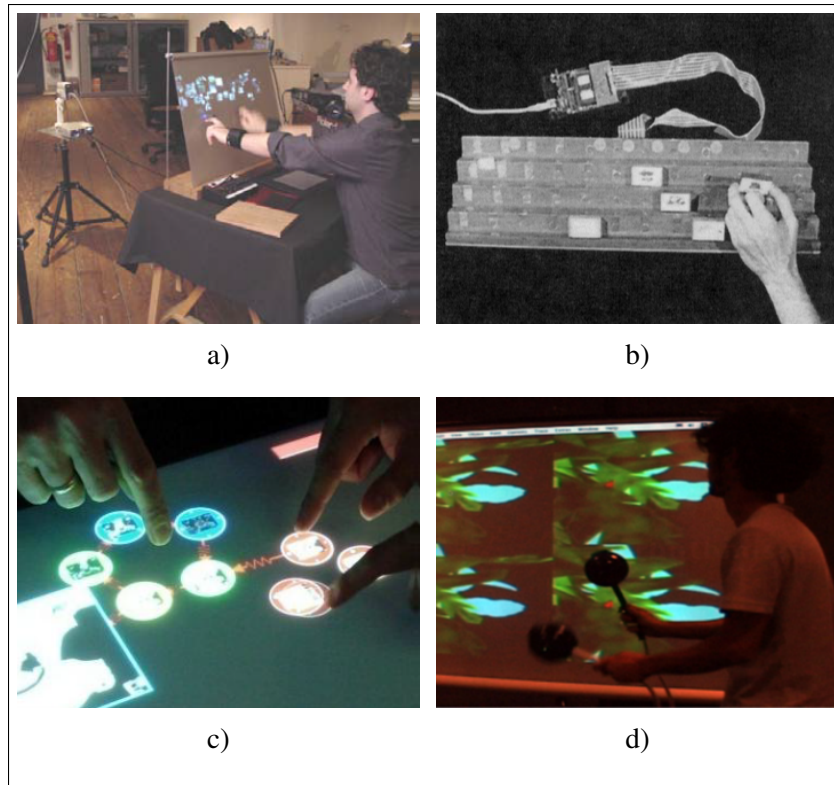


FIGURE 1.3 Video interface examples : a) Live Cinema Instrument, Taken from Lew (2004), b) LogJam, Taken from Cohen *et al.* (1999), c) VPlay, Taken from Taylor *et al.* (2009), d) Rhythmism, Taken from Iwata *et al.* (2007)

(Cohen *et al.*, 1999), Media Crate (Bartindale, Hook & Olivier, 2009) and WaveForm (Banerjee, Burstyn, Girouard & Vertegaal, 2011) projects also fall in this category.

Other tangible video interfaces are instruments that can generate live creative content. Rhythmism (Iwata *et al.*, 2007) is a VJ performance system with maracas based devices. By shaking the maracas, the artist can create different effects. Another example of video instrument is the VPlay (Taylor *et al.*, 2009), a table top instrument based on the principle of video synthesizer. It could be described as a video metaphor to the reacTable (Jordà *et al.*, 2007).

From this review, it can be noted that the focus of tangibles in video live art is mainly on controlling and rearranging premade sequences and less on creating new ways to generate unique visuals. Supporting this idea, Correia & Tanaka (2014) also stated that only a small number of

tools focus on computer-generated graphics and that the majority of them are for manipulating the video. This subsection provides examples on how the need for visual, tangible and affordable feedback for the artist and the audience can be addressed by tangible interfaces.

1.3.3 Audiovisual Interfaces

Another domain of AV performance where Tangible Interaction applies is AV interfaces. We use the terms AV performative instruments as an umbrella term to regroup tangibles that are not only music or video-based, but that gather both. AV performances are live events where the performers use various control instruments to manipulate and generate sounds and visuals in real-time (Catala, 2010). Some examples of such interfaces are given below and represented in Figure 1.4.

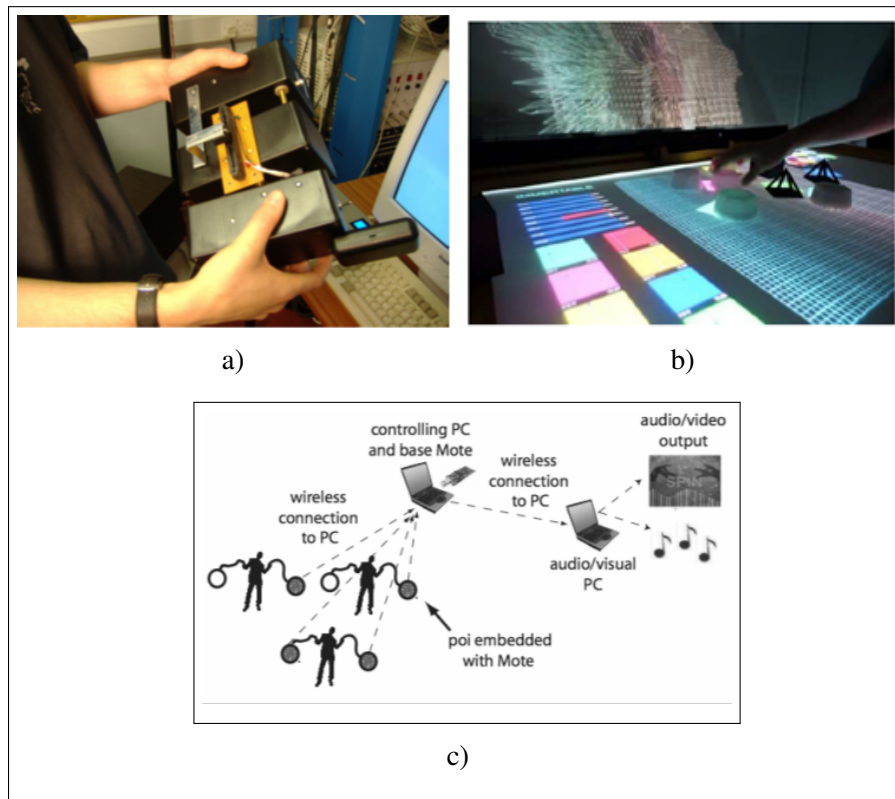


FIGURE 1.4 Audiovisual interfaces examples : a) Ashitaka, Taken from Moody *et al.* (2007), b) Immertable, Taken from Baldassarri *et al.* (2017) , c) uPoi, Taken from Sheridan & Bryan-Kinns (2008)

The possibility for mixing audio and visual content in an artistic way are variate. Levin (2000) provides an exhaustive historical background revue of AV performative instruments. Levin (2000) describes characteristics that are desirable to create expressive AV instruments. One of those is the capability to manipulate both audio and video simultaneously in real-time, another is to have a complex but still understandable interface. Such goals can be achieved with tangible systems and will be discussed more in the following sections.

The design of the tangible interface of the Ashitaka (Moody *et al.*, 2007) AV instrument was guided by the aim to link the audio and video output experience together as a whole instead of as two distinct streams. The paper proposes to achieve this synergy by mapping the motion properties in video, for example the position of an object in an image, to motion properties in sound, for example the amplitude, creating “audiovisual parameters”. The Ashitaka tangible interface is a clay metaphor. When the instrument is twisted, stretched or moved around, the user gestures are mapped to the “audiovisual parameters” digital outputs.

The uPoi instrument, proposed by Sheridan & Bryan-Kinns (2008), was designed to encourage the audience to participate in an artistic performance by becoming performers themselves. The multi-sensorial AV and tangible characteristics of the instrument were designed to attract the public. The uPoi was built for performances in non-controlled environment, such as outdoor festivals and itinerant street shows. The uPoi is an augmented version of the Maori’s poi which consist of balls or weights attached at the end of a string. When swung around the body, the poi creates various artistic patterns. A wireless sensor is placed at the end of the uPoi and sends acceleration messages to a computer. Another computer receives this data and outputs audio and video according to the performer’s uPoi movements.

The Immertable (Baldassarri *et al.*, 2017) is a tabletop tangible instrument made to control AV and musical performances. Using the reacTable’s principles, physical objects moved on top of an interactive surface are used to control the different elements of a performance. One advantage over the reacTable is the possibility of the Immertable to be customised to the artist’s will.

Other differences are the remote and gestural control possibilities and the vertical transparent visualisation display.

While doing this overview of the musical, video and AV performative arts application domains of Tangible Interaction, it quickly became evident that the musical domain has been given the most attention by researchers and the AV interface domain the least. Perhaps future research should focus more on video and AV applications. It can be noted that few TUIs music and video tools reviewed are self-contained, most rely on the use of an external software, controlled by MIDI for example. Although MIDI can enable more possibilities, it can also result on a performer looking constantly on his computer and interacting less with the crowd. The computer can also hide the artist manipulation of other interfaces if it is placed in front of them.

1.3.4 Previous AV design frameworks

In AV performances, the users are artists performing in real-time with musical, video or AV instruments in front of an audience. The users are not only executing a formal task on an interface but are creating and expressing themselves with it. Furthermore, the artists are not using the interface in an individual, lonesome manner, but are sharing their experience in real-time with a responding audience.

While the studies in the previous sections provided us with various examples of inspiring musical, video and audiovisual interface applications, they mainly relied on prototyping as a way to test new ideas. A structured design approach would provide a more unified and generalizable understanding of what specific characteristics of AV interfaces enhance the user and the audience experience.

Over time, HCI studies have focused mainly on task-oriented, efficient and practical design (Sheridan *et al.*, 2007). For example, Tangible Interaction has previously addressed practical applications such as learning (Marshall, 2007), programming (Sapounidis & Demetriadis, 2016) or urban planning (Underkoffler & Ishii, 1999). The peculiar design requirements of AV interfaces call for a different approach. An approach that is not single-user driven and is inspired

by the creative and expressive nature of interactive arts and that still benefits from Tangible Interaction principles.

Previous design approaches have taken artistic needs into account. For example, many studies have addressed the design particularities of DMIs and proposed frameworks for their development (examples are : (Birnbaum, Fiebrink, Malloch & Wanderley, 2005; Magnusson, 2010; Malloch, Birnbaum, Sinyor & Wanderley, 2006; Morreale, De Angeli & O'Modhrain, 2014)).

While some concepts of DMI frameworks can apply to AV performative interfaces, only a few studies have addressed the peculiar design requirement of interfaces combining audio and video.

For example, Levin (2000) identified design patterns that guided his work and provided interface design opportunities for AV performances. Franco, Griffith & Fernström (2004) identified issues, such as Real-time capabilities, Expressiveness, Mapping flexibility and Learnability, for building flexible and expressive AV systems. Correia & Tanaka (2017) proposed guidelines for the design of AV user interfaces. The guidelines are divided in three categories : Maximizing AV Experience, Optimizing Interface Functionality and Aesthetics and Media Strategies.

To continue along this path, this paper seeks to further define the peculiar requirements of artistic AV interfaces by providing guiding concepts. It distinguishes itself by proposing an original structured design approach that highlights the needs for tangibility, and that puts the interest of the user and the audience at the center of its preoccupation.

1.4 Proposed Design Intentions Approach for Digital Live Audiovisual Arts

We present in this section our DLAA design approach structured by five main and distinctive design intentions : Expressiveness, Performativity, Participation, Aesthetics and Engagement. Those design intentions offer a wide perspective on the different goals a designer may want to achieve by developing AV performative instruments. While the design of Tangible Interaction systems has been studied before to pursue each of those intentions individually (examples are : (Hummels, Ross & Overbeeke, 2003; Jordà *et al.*, 2007; Newton-Dunn *et al.*, 2003; Petrelli,

Soranzo, Ciolfi & Reidy, 2016; Ross & Keyson, 2007; Sheridan & Bryan-Kinns, 2008; Wyeth, 2008)), DLAA has the particularity to bring all those key intentions together under a single and common approach that offers conceptual design guidance. Furthermore, it allows to study such intentions from a direct user's perspective and from an observer's perspective.

The five DLAA design intentions are defined in the following subsections. Examples and explanations on how they can be enhanced by Tangible Interaction guiding concepts are provided. Table 1.1 offers a summary on how those principles (physical embodiment of data, materiality, affordance, real-space embeddedness, bodily interaction) apply to the design intentions approach.

TABLEAU 1.1 Summary of the Digital Live Audiovisual Arts Design Intentions Approach

Design Intentions	Expressiveness	Performativity	Participation	Aesthetics	Engagement
Tangible Interaction principles	Affordance	Visibility	Collaboration	Attractiveness	Representativity
	Physicality	Intuitiveness	Modularity	Enjoyment	Attention
	Liveness	Unobtrusiveness	Controllability	Resonance	Involvement
	Individuality	Flexibility	Understandability	Coherence	Usability
	Complexity	Intriguingness	Multi-user	Appeal	Endurability

1.4.1 Expressiveness

Expressiveness can be described as the ability to transmit one's emotions and intentions through his/her action. Expression is achieved in various ways with TUIs.

By analysing VJ practice, Hook *et al.* (2011) identified how TUIs help the artist express him/herself. They identified themes linked to Affordance (Aspirational, Evocative, Meaningful), Physicality (Hapically Direct, Visible Interaction, Manipulate Media, Constraining Interaction) and the importance of Liveness (responsive, improvisational) in the practice.

Ross & Keyson (2007) developed principles for designing expressive tangible interfaces. The context and the nature of the interaction, as well as the different physical properties of the interface can enable creativity and expression in various ways. The authors give the example of a door, which can be hardly slammed or softly closed to express different emotions. They also highlighted how expressiveness is subjective and that it may be experienced differently by one

another. Therefore, such individualism should be considered, allowed and maybe enhanced by the interface.

Correia & Tanaka (2014) interviews with AV performers highlighted the fact that artists want *“to be able to make visuals “like a musician” and the desire to play an AV tool with the same expressivity and fluency as a traditional musical instrument.”* The fact that the interface must be easy to use and flexible is also a way to make it expressive. On the other hand, complex interface can allow the user to become skilled and therefore explore and be creative (Hook *et al.*, 2011).

1.4.2 Performativity

Performance is another key concept of DLAA. Hornecker & Buur (2006) stated that :

“Performativity implies that the detailed HOW of doing something is an integral part of the action’s communicative effect. [. . .] As an aside, performativity can be enhanced by tangible manipulation, as the material objects are visible as well and may require large movements” (Hornecker & Buur, 2006).

TUIs benefit to performance in various ways. Sheridan & Bryan-Kinns (2008) proposed guidelines on how to design interactive tangibles for performance. Focusing on live and in-the-field performance, they iteratively design the uPoi and came up with six requirements. The design must be Intuitive (Responsive), Unobtrusive, Enticing (Visible and Attractive), Portable, Robust and Flexible (Controllable).

The studies of Correia & Tanaka (2014) showed that the majority of artists are concerned about whether the audience understands and feels the liveness of their practice. The VJacket (Zingerle & Freeman, 2011), was designed to enhance a VJ’s performance, making his/her movement connected with the video and therefore more visible to the audience.

In their paper about interaction design, Klemmer *et al.* (2006) discuss how visibility is an important factor in live music performance :

“Because performers sat motionless behind their computers (except for some mouse-clicking) the act of performance, although still taking place, was rendered invisible, and as a result audiences became both disengaged and suspicious”.

While software-based music has introduced new sounds and possibilities, a “Laptop Show” is definitively less interesting and comprehensive for an audience than seeing an artist perform with a complex instrument (Lew, 2004; Pedersen & Hornbæk, 2009).

Paradiso (2017) explains how tangible modular synthesizer attract the audience in shows. The researcher stated that the sight of such an intriguing and complex instrument fascinates the public, which is indeed great for a performance. Jordà (2008) also stated that the visual feedback given by the reacTable brings *“the physical performance back to live computer music”*. This helps the public understand the performance.

1.4.3 Participation

The participation DLAA design intention illustrates the relation between different artists that perform and create together. Participation also highlights the importance of the relation between the artist and the audience. The following examples demonstrate how some particularities of Tangible Interaction can contribute to this intention.

1.4.3.1 Collaboration between artists

Like highlighted by Jordà (2008), few musical instruments are multi-user, still, music is well known to be a group (or band) activity. The design of TUIs can address this issue. The reacTable (Jordà *et al.*, 2007), is an example of novel musical instrument explicitly made to promote collaboration. Its multi-user and shared-control tabletop interface enhance participation. Many researches state that tabletops are well suited for collaboration and a lot of tangible collaborative tools are based on that same principle (Shen, Everitt & Ryall, 2003; Tang, Tory, Po, Neumann & Carpendale, 2006).

In the video domain, Taylor *et al.* (2009) VPlay system aimed to improve collaboration between VJs and between the performer and the audience. The multi-touch interaction surface enables the possibility to have many users at the same time manipulating the interface.

While designing Block Jam, Newton-Dunn *et al.* (2003) wanted to create a collaborative musical instrument. The tangible interface and the modular nature of the blocks permitted a face-to-face collaboration among users. The sequencer nature of the tool permitted remote collaboration of users, each using their own instrument with different sounds and tempo to create a richer music experience.

The Polymetros (Bengler & Bryan-Kinns, 2013) is another example of musical instrument that promotes collaborative music-making. Developed for a wide and novice public, it consists of several illuminated buttons panels connected to a central hub. The physical presence of the individual alike panels as well as their disposition around the central hub invites to collaboration. The authors identified that the “sense of control” over their own contribution is very important for participants in a collaborative process. Each participant must be able to easily identify what they individually bring to the performance and what other participants individually add too. This can be achieved with clear visual and audio feedbacks related with the participants’ actions.

1.4.3.2 Audience shift from spectator to performer

Tangibles can enhance audience participation in different ways. Discussed earlier, visual feedback can help the audience appreciate their experience. Another way to enhance their experience is by letting them be a part of the performance.

Sheridan *et al.* (2007) categorised the different stages of the audience involvement in a digital live art context. They examined the transition between the audience’s behaviors of “spectating”, “participating” and “performing”. Spectating can be described as a passive awareness that a performance is going on. The audience does not interact with the performance, is simply watching and might not understand what is going on. Participating starts when the audience engage with the performance, interacts simply with it even though they do not fully understand

its frame. The performing stage arises when the audience has gained skills and understand the meaning of its actions. This is when the audience can start to express itself and be creative.

To favorize the transition from spectating to performing, it is important that the audience understand how they can interact with the performance. While testing the uPoi, Sheridan & Bryan-Kinns (2008) tried to rise the audience attention by costuming herself, making her prototype visually interesting and having experts already performing with the object. Taylor *et al.* (2009) reported that the intriguing nature of their tabletop video instrument attracted the audience to come try and play with it. To encourage participation, a clear, direct, real-time correlation must be understandable between the real-life interactions and the digital outputs of the TUI. Affordance here is the key ; some materials, sizes and shapes might suggest different interaction ways and outputs than others.

Correia & Tanaka (2014) placed audience involvement as a key theme of their investigation. The workshop they conducted raised ideas on how to enhance audience participation. For example, the public movements, their degree of activity or their phone's signals could modify certain aspects of the performance.

1.4.4 Aesthetics

Aesthetic is the affective appeal, perceived beauty, attractiveness and enjoyment we feel for certain characteristics of objects (Djajadiningrat, Matthews & Stienstra, 2007; O'Brien, 2008; Petrelli *et al.*, 2016).

Shaer, Hornecker et al. (2010) survey on tangibles identified aesthetics as a promising field of research in TUIs. Some researchers focused on the aesthetics of the physical elements of tangible objects, others on the aesthetics of interactions. The authors stated that “*arts-based research often aims for a poetic aesthetic that goes beyond form*”.

Hummels *et al.* (2003) research on aesthetic tangibles focused on their resonant aspects. The appearance of an object must be coherent with its use, its purpose and its feedback. Petrelli *et al.*

(2016) studied how the aesthetics of hybrid objects are perceived by humans. Objects mixing different sizes, shapes, materials and behaviours were evaluated to determine what impressions they gave to people. The researchers identified subjective attributes like “Interesting, Comfortable, Playful, Surprising, Pleasant, Special and Relaxing” to describe the objects. Their results show that certain aesthetics should be preferred to achieve certain impressions. Djajadiningrat *et al.* (2007) paper highlights that the visual appeal is not the only important aspect of aesthetics to consider when designing tangibles, the aesthetics of the interaction we have with the objects must also be considered.

1.4.5 Engagement

Engagement is the capacity of gaining one’s attention or devotion, maintaining it and doing it for a long period of time (Maleshkova, Purver, Weyrich & McOwan, 2016). Different factors constituting Engagement are defined in O’Brien & Toms (2008) paper : perceived usability, aesthetic appeal, novelty, felt involvement, focused attention, and durability.

In DLAA, we are interested in the artist engagement towards his/her tools and methods, but we are also interested in the audience engagement toward a performance in which the artist is using tangible digital instruments.

1.4.5.1 User engagement

Csikszentmihalyi (1997) flow theory propose that continued immersion and enjoyment comes from the balance between skills and challenges in one’s interaction. Building from this idea, the Wyeth (2008) framework describes how the balance of TUI attributes, its representational and control qualities, leads to a more engaging use of tangible systems. As previously seen in the expressive design intention section, complexity and flexibility of interface controls are qualities desired by artists. Again, the role of a strong representation of the digital data, whether in a tangible or digital overlaying way allows for an affordable and intuitive understanding of the interface.

1.4.5.2 Audience engagement

Using appealing visible and comprehensible interfaces is also a good way to maintain the audience attention. In a laptop-based show, the audience may perceive the artist to lack of control over the occurring performance, due to his/her minimal or hidden actions. This can lead to a loss of interest and attention in the performance and therefore a loss of engagement (Pedersen & Hornbæk, 2009). Furthermore, encouraging the public to participate is a way to make them feel involved in a performance. Those two ideas have been developed in the previous sections.

The DLAA approach defines how five key AV interface design intentions, Expressiveness, Performativity, Participation, Aesthetics and Engagement, can be fulfilled by using Tangible Interaction principles. It structures design requirements and gives guidelines for developing AV artistic devices that provide a more seamless and fluid interaction with the user and the public.

1.5 Digital Live Audiovisual Arts Interface Types

TUIs have previously been categorised according to the style of mapping employed to couple physical and digital aspects of a system. For example, Ullmer & Ishii (2000) make the distinction between spatial, relational and constructive systems. Koleva, Benford, Ng & Rodden (2003) proposes to characterize the mappings according to the “degree of coherence” of the coupling between the physical and digital objects. The categories proposed by the previous paper are the following : general purpose tool, specialised tool, identifier, proxy, projection and illusion of same object (Koleva *et al.*, 2003). TUIs have also been categorised according to the structural approaches used to build a system. Ullmer *et al.* (2005) identify the structural approaches in three key categories : “interactive surfaces”, “constructive assemblies” and “token+constraints”. Ishii (2008) added other categories such as tangible telepresence, tangibles with kinetic memory, continuous plastic TUI and augmented everyday objects.

Building on the previous categorisations of tangible systems, the DLAA design approach proposes to structure the different tangible interface architecture possibilities in a way that applies more

specifically to the peculiarities of AV performative systems. The following seven different interface types are proposed : Interactive surface, Constructive assembly, Token+constraint, Pressure-based interface, Wearable, Motion-based interface and Augmented common instruments. Figure 1.5 illustrates such concepts. We added the concepts of pressure-based, wearables and motion-based interfaces to the already existing notions of interactive surface, constructive assembly and token+constraint systems. Our last category “augmented common instruments” is similar to the “augmented everyday objects” one presented by Ishii (2008) but is adapted to AV instruments. This classification represents of the variety of the AV tools presented in Section 1.3. It is important to note that AV tangibles interfaces are not necessarily confined into those categories and can combine two or more types of architectures into one.

One goal of this categorisation is to highlight the wide set of design tools available to designers while creating an interface. It provides practitioners with an overview of the design possibilities within DLAA. This section will also highlight how certain types of interface foster the design intentions mentioned in the previous section (see Table 1.2). Thus, this will help designers to better communicate, justify and evaluate their design choices.

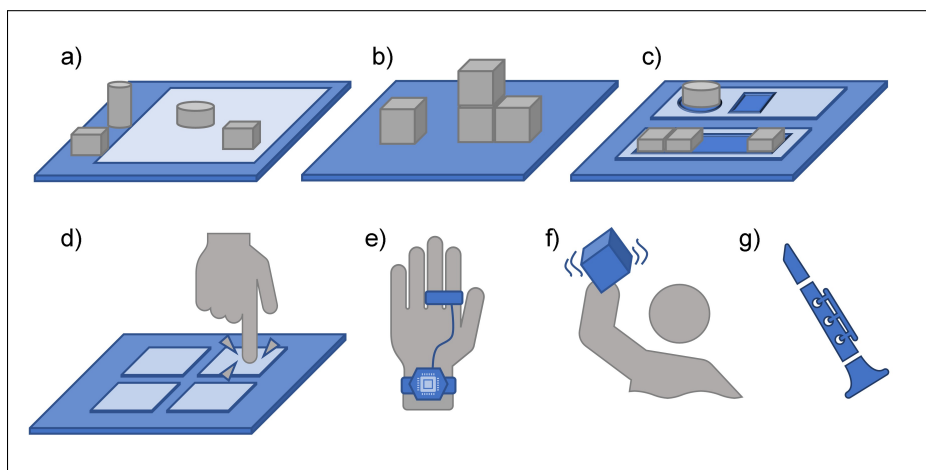


FIGURE 1.5 Loose illustration of different types of interfaces : a) Interactive surface, b) Constructive assembly, c) Token+constraint, Inspired by Ullmer *et al.* (2005), d) Pressure-based interface, e) Wearable, f) Motion-based interface, g) Augmented common instrument

1.5.1 Interactive Surfaces or Tabletops

Typical tabletop tangible systems contain physical objects whose presence and movements are tracked on top of a graphically augmented surface (Ishii, 2008). Those types of tangibles are frequent in digital live arts, perhaps the best-known example is the reacTable (Jordà *et al.*, 2007). Other examples are the mixiTUI (Pedersen & Hornbæk, 2009), the Audiopad (Patten *et al.*, 2002), the Media Crate (Bartindale *et al.*, 2009) and the VPlay (Taylor *et al.*, 2009).

1.5.2 Constructive Assemblies

This second type of interface is based upon building blocks and LEGO™. This architecture implies the modular construction of a system created by the physical connection of objects or by the near placement of such objects (Ishii, 2008). The AudioCubes (Schietecatte & Vanderdonckt, 2008) are one example of nearby constructive assembly. Digital modular synthesizers can be classed as constructive assembly. They consist of several different modules who have compatible hardware connectors that when patched together enable various sounds. By adding different patch connections, the artist creates unique music. Building on this concept, block assembly mimicking the behaviour of modular have emerged like Block Jam (Newton-Dunn *et al.*, 2003) and the Patchblocks (Mindflood, 2019).

1.5.3 Token+Constraints

Ullmer *et al.* (2005) give a very exhaustive description of the token+constraint tangible interface type : “*tokens are discrete, spatially reconfigurable physical objects that typically represent digital information. Constraints are confining regions within which tokens can be placed*”. In this architecture, the physical tokens can be manipulated and associated within the spatial or mechanical constraints of the system. The LogJam (Cohen *et al.*, 1999) system is an example of such architecture.

1.5.4 Pressure-Based Interfaces

Pressure-based interfaces are systems that respond to a physical force applied on them or on their components. Pressure-based interfaces can be mechanical switches, like the common and simple push-buttons. They can also be reactive to impact or sense the amount of pressure applied on them. Examples are MIDI piano-like keyboards, pads and haptic sensors surfaces (ROLI, 2019; Linn, 2019; Haken, 2019). The Polymetros (Bengler & Bryan-Kinns, 2013) system is another example.

1.5.5 Wearables

Wearable systems are in continuous physical contact with the user's body, unlike other forms of interfaces (Picard & Healey, 1997). They can be used to track the user's movement, like for example in the VJacket project (Zingerle & Freeman, 2011), where sensors were integrated into clothing and the dancing movements of the user were used to interact with video projections. In the WaveForm system (Banerjee *et al.*, 2011), the glasses and gloves worn by the user are used by the system to track the position and the movement of the user. The in-air gestures of the user are used to control video animations on a distant display.

1.5.6 Motion-Based Interfaces

Motion-based systems react to the physical displacement, acceleration or movement of the interface. For example, the maracas-like Rhythmism systems (Iwata *et al.*, 2007) need to be shaken or turned to modify the visual effects on a video. The uPoi (Sheridan & Bryan-Kinns, 2008) generates different visual and sounds according to the acceleration of the instrument when swung around the body of the performer. The Ashitaka (Moody *et al.*, 2007) instrument reacts to its interface being stretched, twisted and moved around.

1.5.7 Augmented Common Instruments

This last type of interface is similar to Ishii (2008) description of “Augmented Everyday Objects” but is adapted to the domain of Digital Live Arts. Augmented Common Instruments take the shape and features of pre-existing artistic objects but are digitally augmented. Examples are the MIDI keyboards and electronic wind instruments (Roland, 2019; AKAI, 2019; SOMA, 2019).

1.5.8 Interface types and DLAA design intentions

Table 1.2 highlights the prevalent implementation types usage for the realisation of the different DLAA design intentions. For example, the collaborative aspect of interactive surfaces has already been demonstrated several times (Shen *et al.*, 2003; Tang *et al.*, 2006). Also, wearable and motion-based interfaces may provide more visibility to the interaction and therefore enhance performativity. Interfaces requiring precise motions and constant attention such as constructive assembly and Token + constraints can allow for more engagement. Table 1.2 is to be used as a guide and taken with a pinch of salt since many different factors other than implementation types can contribute to the fulfillment of the design intentions. Other interface characteristics to consider, such as complexity and affordance, have been previously discussed in Section 1.4. Future research could concentrate on the evaluation and comparison of the different types of interface and the fulfillment of the different DLAA design intentions.

TABLEAU 1.2 Implementation types and their associated design intentions

Design intentions / Implementation types	Expressiveness	Performativity	Participation	Aesthetics	Engagement
Interactive surface			X		X
Constructive assembly	X	X			X
Token+constraint	X				X
Pressure-based interface			X		X
Wearable	X	X		X	
Motion-based interface	X	X	X	X	
Augmented common instrument	X	X	X		

1.6 Design and Evaluation Methods for Digital Live Audiovisual Arts

This section proposes design and evaluation methodologies suited for the DLAA design approach. We aim to provide guidance on how to develop and assess tangible systems in an artistic context and in a context where the artist's actions are being watched by an audience. The proposed design process, summarized in Figure 1.6 and subsequently detailed, can be divided in three iterative stages : Analysis, Development and Evaluation.

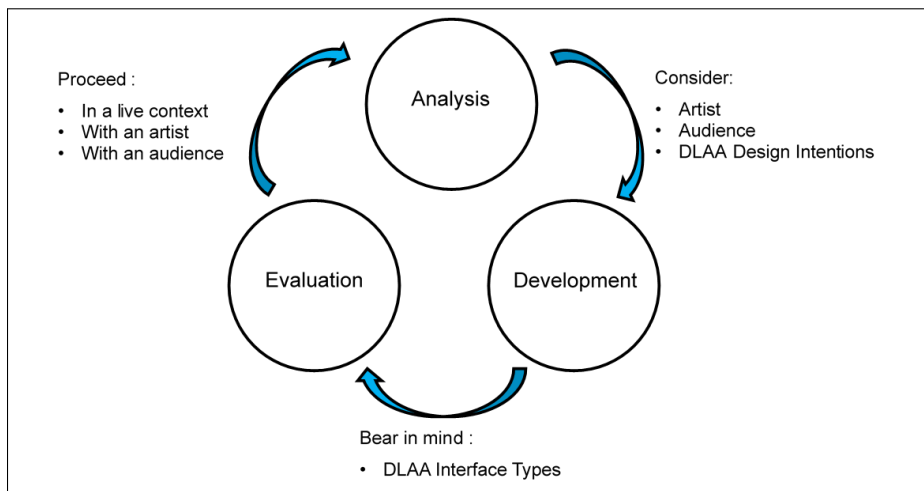


FIGURE 1.6 DLAA design methodology

The design process of AV performative instruments is often centered around the user. Examples are (Bilda, Edmonds & Candy, 2008; Correia & Tanaka, 2014; Pedersen & Hornbæk, 2009). Likewise, the DLAA approach is centered around the rich and complex user's relationship with interfaces. Starting by analysing and understanding the user is a good way to come up with design parameters. DLAA is also centered around the needs of the audience. Therefore, we propose, as a first stage of design, to study artist practice and to also take good care of examining audience needs. The different design intentions of the DLAA approach, detailed in section 1.4, provide useful insights for this analysis stage. Following are some examples of analysis and design methodologies used in a similar context.

Hook *et al.* (2011) proposed a qualitative method to study the expressive interaction of artists with technology. They first made a Documentary Film to portray their own comprehension of

VJ practice. Then they took a focus group approach to exchange with VJ about the correctness of their interpretation. Finally, they used a Creative Response activity in which they asked several Vjs to re-edit parts of the documentary. Hook *et al.* (2011) argue that their method allows further analysis and reflections which could not arise from the use of focus groups alone. Pedersen & Hornbæk (2009) came up with requirements for their interface by interviewing electronic musicians in the form of contextual inquiries and unstructured interviews. No matter the structure of the analysis, it to be formal or informal questionnaires, observation, or more qualitative techniques, taking the artist and the audience singularities in consideration will help understand the real needs of a system.

Once the design requirements are fixed, the second stage of the process is to design and prototype the interface. Bearing in mind the different DLAA interface types and how they can fulfil specific design intentions is useful in this development stage. Iterative prototyping has been frequently used in to develop tangible systems (Shaer *et al.*, 2010). For example, Sheridan & Bryan-Kinns (2008) used an iterative method to design the uPoi for performative Digital Live Art. By testing the prototypes in a live environment, they came up with guidelines for such interfaces. Iterative design allows researchers to build prototypes in collaboration with performers or by iteratively evaluating and modifying their prototype while performing with it.

The last stage of the design process is the evaluation of the prototype. Evaluation of a design allows to gain insights on how human interact with systems and on how to build better systems for such interactions. While the design of AV instruments within the DLAA approach should take into consideration different and peculiar artistic intentions, the evaluation stage should also consider those particularities.

In-the-field studies should be privileged since they allow for the measure of “*higher-level interaction qualities such as legibility of actions, user engagement, and collaboration*” (Shaer *et al.*, 2010). For example, previous in-the-field evaluations of AV prototypes were done in Nightclubs (Taylor *et al.*, 2009), live music festivals (Schiettecatte & Vanderdonckt, 2008; Sheridan & Bryan-Kinns, 2008), concert venues (Jordà *et al.*, 2007; Pedersen & Hornbæk, 2009),

museums (Bengler & Bryan-Kinns, 2013; Jordà *et al.*, 2007) and conference environments (Bartindale *et al.*, 2009; Jordà *et al.*, 2007; Newton-Dunn *et al.*, 2003). The replication of the real context of use, which in the context of this paper is often a live AV performance in front of an audience, is encouraged.

Subjective methods, employed by previous researchers for evaluating AV performative instruments, include questionnaires (Bartindale *et al.*, 2009; Bengler & Bryan-Kinns, 2013; Pedersen & Hornbæk, 2009) and informal interviews (Newton-Dunn *et al.*, 2003; Taylor *et al.*, 2009). Those can provide insights on the participant's perspective, but self-reported methods can be biased by the fact that the participant unconsciously answer what they think would please you. Also, post-experiment interviews do not record the entire participant reactions along the experience, but only their final impressions (Mandryk, Inkpen & Calvert, 2006).

Examples of methods that can be considered objective when carefully orchestrated and previously used to evaluate AV instruments are direct observation of user (Bengler & Bryan-Kinns, 2013; Jordà *et al.*, 2007; Newton-Dunn *et al.*, 2003; Schiettecatte & Vanderdonckt, 2008; Sheridan & Bryan-Kinns, 2008; Taylor *et al.*, 2009), video footage (Bartindale *et al.*, 2009; Bengler & Bryan-Kinns, 2013; Schiettecatte & Vanderdonckt, 2008; Taylor *et al.*, 2009; Xambó, Hornecker, Marshall, Jordà, Dobbryn & Laney, 2017) and data collection (Bengler & Bryan-Kinns, 2013; Xambó *et al.*, 2017). Those techniques can provide information about the user behaviour during his/her experience by analysing body language and gestures (Mandryk *et al.*, 2006). Unfortunately, research methods mentioned above often lack to detail the way they analysed the data they collected.

1.7 Conclusion and future work

This article presented DLAA, a novel approach to the design of performative AV instruments based on Tangible Interaction principles. We have seen how the key concepts of Tangible Interaction are applied in a distinctive way by DLAA. Those concepts are : tangibility and materiality, physical embodiment of data, bodily interaction and real space embeddedness. In

order to map this approach, we explored its specific applications, detailed its peculiar design aspirations, characterised its interface types and described its suited design and evaluation methodologies.

This paper emphasized that the interaction with an interface should not only be studied from the point of view of the direct user but should also be studied more broadly if other people are involved in the interaction. Few researches consider the audience reaction to a performer using a tangible system, which takes a strong role in our DLAA approach. Future work should focus on investigating the audience understanding and perception of the performers' actions.

While Shaer *et al.* (2010) survey highlighted the need for an evaluation methodology specific to TUIs, there also is a need for art-related tangible systems to have their own evaluation methodology since their application is different from more traditional TUIs. The appeal to the audience should also be evaluated. Furthermore, the use of physiological and neuronal metrics could benefit to the evaluation of performative AV tangibles, taking advantage of previous studies in user experience and video-game.

In conclusion, DLAA gives a better comprehension and perspective on how both the artists and the public interact and appreciate AV Tangible Interaction systems. It also structures, guides and systematizes the design process of such instruments. It provides designers with an alternative design approach that can be used in many different and artistic fields.

CHAPITRE 2

CONCEPTION D'UNE INTERFACE AUDIOVISUELLE

Afin de mettre en œuvre et valider la méthodologie de design présentée dans l'article du chapitre 1, un prototype d'interface AV a été développé. Il s'agit d'un outil tangible qui peut contrôler la génération d'effets sonores et vidéos en temps réel dans un contexte de prestation AV. Ce prototype a été évalué empiriquement lors d'une expérience avec participant-e-s humains, détaillée au chapitre suivant. Deux participants-artistes ont reçu le mandat de créer une œuvre AV avec l'interface. La séance de collecte de données a pris la forme d'une prestation de l'œuvre en direct devant des participant-e-s-public. Les impressions des participants-artistes ainsi que celles des participant-e-s-public ont subséquemment été récoltées.

La conception du prototype et son évaluation ont comme objectif de valider la proposition de la méthodologie de design centrée autour de l'utilisateur·trice et de son audience, d'améliorer le prototype d'interface audiovisuel, d'identifier les exigences de conception particulières des instruments audiovisuels et de systématiser le processus de design des interfaces audiovisuelles.

Le processus de développement du prototype de l'interface NUAGE est résumé dans l'article «NUAGE : A Digital Live Audiovisual Arts Tangible Interface» présenté à l'Annexe I. Les sections suivantes présentent de façon plus détaillée ce processus.

2.1 Développement du prototype

2.1.1 Présentation sommaire de l'interface NUAGE

Afin de créer une interface répondant aux besoins des artistes et de leur public, la méthodologie de design DLAA a été suivie. Ainsi, l'approche basée sur les différentes intentions de design a guidé les choix esthétiques et fonctionnels de la conception de l'interface.

Le prototype NUAGE proposé est une interface utilisateur tangible. Il s'agit d'une structure 3D de silicone en forme de nuage (voir la figure 2.1). Il implémente un mélange de deux des sept types d'interfaces présentées dans la section 1.5 du chapitre 1.

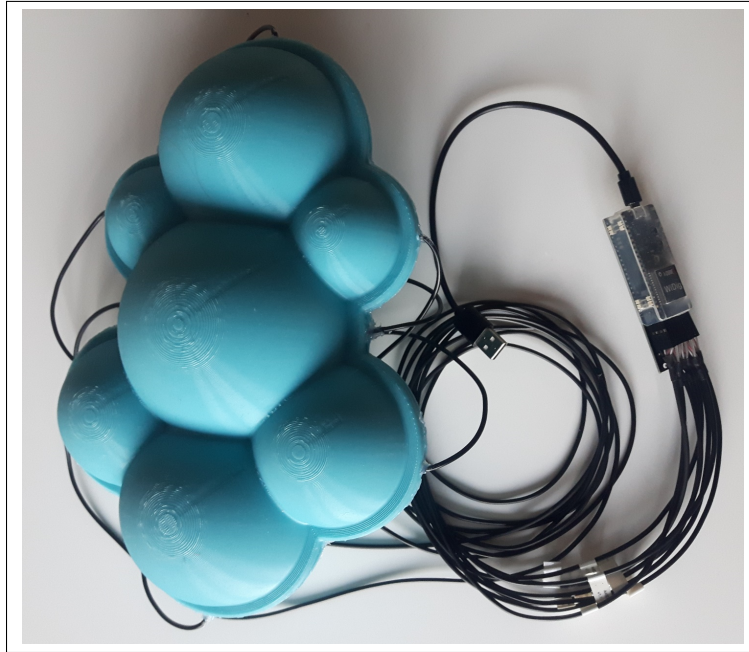


FIGURE 2.1 Photo de l'interface NUAGE

Le premier type d'interface implémenté par le NUAGE est celui à pression tactile variable («pressure-based»). L'interface est compressible. Elle est composée de sept cavités ou bulles creuses et indépendantes munies chacune d'un capteur de pression barométrique. L'utilisateur·trice peut tenir l'interface entre ses deux mains et la compresser à sa guise pour créer divers effets. Presser sur une bulle modifie la pression ambiante à l'intérieur de celle-ci, ce qui pourrait par exemple faire changer la couleur d'une image.

Le deuxième type d'interface implémenté par le prototype est celui à base de mouvement («motion-based»). L'interface est munie d'un capteur d'orientation placé en son centre. Ainsi l'utilisateur·trice peut la déplacer librement dans les airs et créer divers effets. Remuer et tourner le NUAGE dans l'espace modifie ses valeurs d'orientation, ce qui pourrait par exemple accélérer le tempo d'une pièce musicale.

Les différents capteurs sont reliés à une plateforme de prototypage électronique qui transmet les mesures des capteurs par WiFi et le protocole de communication «Open Sound Control» (OSC). Les mesures transmises peuvent alors être captées par divers logiciels de génération de contenu et utilisées pour contrôler des effets audiovisuels telles qu’illustrées par la figure 2.2.

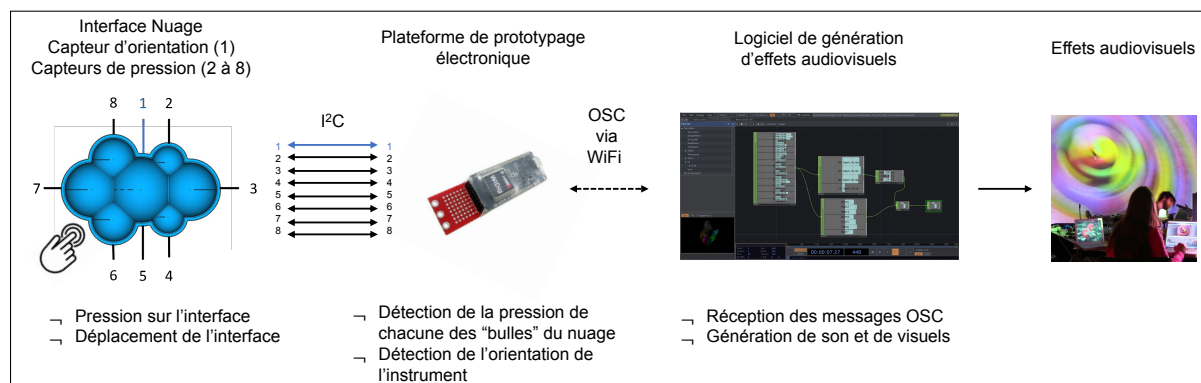


FIGURE 2.2 Schéma fonctionnel de l'interface NUAGE

La combinaison de ces deux types d'interfaces permet théoriquement de combler toutes les intentions de design des instruments audiovisuels, comme proposé dans le tableau 1.2, soit : l'Expressivité, la Performativité, la Participation, l'Esthétisme et l'Engagement. Comme mentionné dans l'article de l'Annexe I, la nature colorée, intrigante et même rigolote de l'interface sont des éléments qui la rendent visuellement attrayante pour l'artiste et son public. Cela répond aux intentions d'Engagement, de Performativité et d'Esthétisme. Le fait que l'interface puisse être remuée au gré des envies de l'utilisateur·trice répond aux intentions d'Expressivité et de Participation. Notons également que l'utilisation du NUAGE est intuitive. Sa nature molle et sa grosseur moyenne donnent l'envie de le prendre dans ses mains, de le secouer et de peser sur ses bulles. Ces caractéristiques favorisent l'engagement de l'utilisateur·trice.

L'expérimentation, présentée au chapitre suivant, a comme objectif de confirmer que l'interface tangible proposée présente des caractéristiques physiques et visuelles qui favorisent ces intentions et répond donc aux exigences particulières du design des instruments audiovisuels.

2.1.2 Implémentation matérielle

2.1.2.1 Structure physique de l'interface

La structure de l'interface est formée de silicone. Afin d'obtenir la forme de nuage désirée, un moule dans lequel le silicone a été coulé a été développé.

Le moule est composé de deux pièces, une base et un couvercle. La figure 2.3 présente une photo du moule et de son assemblage. Couler du silicone dans la base, puis refermer l'assemblage avec le couvercle permet de créer une demi-section creuse du NUAGE. Le NUAGE est donc composé de l'assemblage de deux sections de silicone. Les capteurs sont insérés à l'intérieur de chaque bulle creuse telle que le démontre la figure 2.4. Les deux sections sont ensuite collées ensemble.

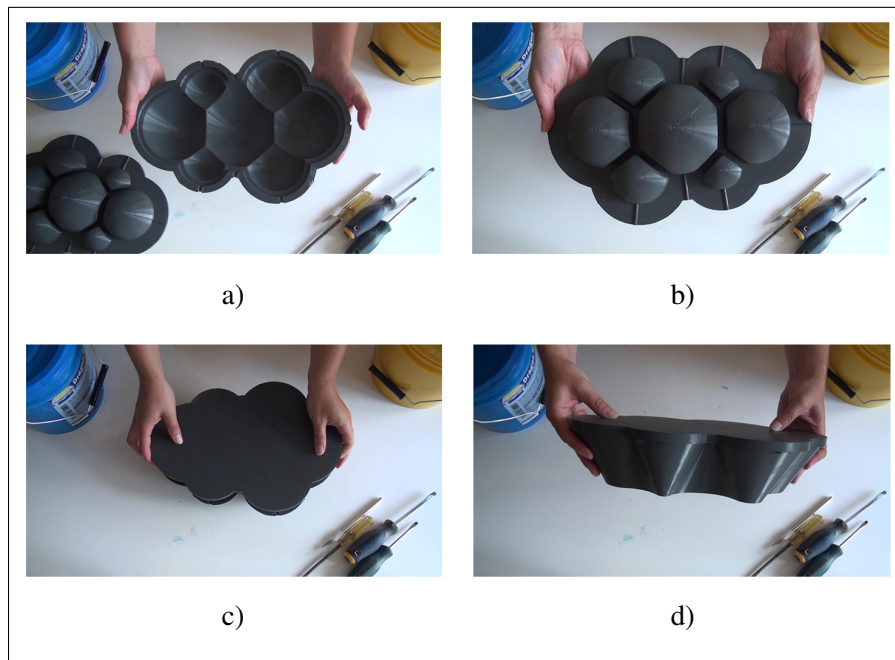


FIGURE 2.3 a) Base, b) couvercle et c), d) assemblage du moule

Le moule a été conçu en collaboration avec Mykhailo Samoilenko, assistant de recherche au département de génie mécanique de l'ÉTS. Les dessins techniques qu'il a réalisés en conception assistée par ordinateur ont fourni le modèle 3D utilisé dans la fabrication additive (impression

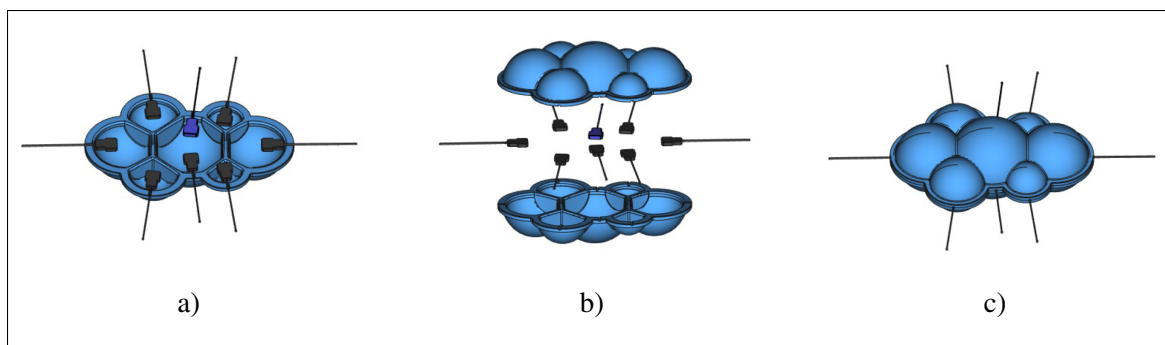


FIGURE 2.4 Dessin technique d'une vue a) de coupe, b) explosée et c) assemblée du modèle de l'interface NUAGE et du placement ses capteurs

3D) du moule. Ces dessins sont disponibles à l'Annexe II, ils décrivent les composants et l'assemblage du moule.

La figure 2.5 illustre le processus détaillé de la confection de l'interface. D'abord, un agent de démoulage est appliqué sur toute la surface du moule (image 2.5b). Le produit utilisé est le Ease ReleaseTM 200 de Mann Release Technologies (Macungie, PA).

Ensuite, le mélange de silicone est préparé. Le produit utilisé est le silicone Dragon SkinTM 20 de Smooth-On, Inc.(Macungie, PA). Il s'agit de mélanger le composant A du produit (image 2.5c) avec le colorant de la couleur désirée (image 2.5d) puis avec le composant B du produit (images 2.5e et 2.5f).

Une fois le mélange de silicone prêt, celui-ci est coulé dans la base du moule (images 2.5g et 2.5h). Le couvercle du moule est placé sur la base (image 2.5i). Une pression est appliquée afin de garder le tout en place (image 2.5j). Après un temps de séchage d'environ quatre heures, le silicone est prêt à être démoulé (images 2.5k et 2.5l). Une demi-section creuse et souple du NUAGE est ainsi obtenue (images 2.5m et 2.5n).

Ce processus est répété deux fois afin d'obtenir deux demi-sections en forme de nuage. Les capteurs sont insérés dans chacune des cavités (image 2.5o). Les deux sections sont ensuite collées ensemble avec la colle Sil-PoxyTM (Smooth-On, Inc., Macungie, PA). Cela forme donc

la forme 3D du NUAGE et ses sept cavités, ou bulles, indépendantes, scellées et creuses. Une image de l'interface assemblée avec les huit capteurs est présentée à la figure 2.6.

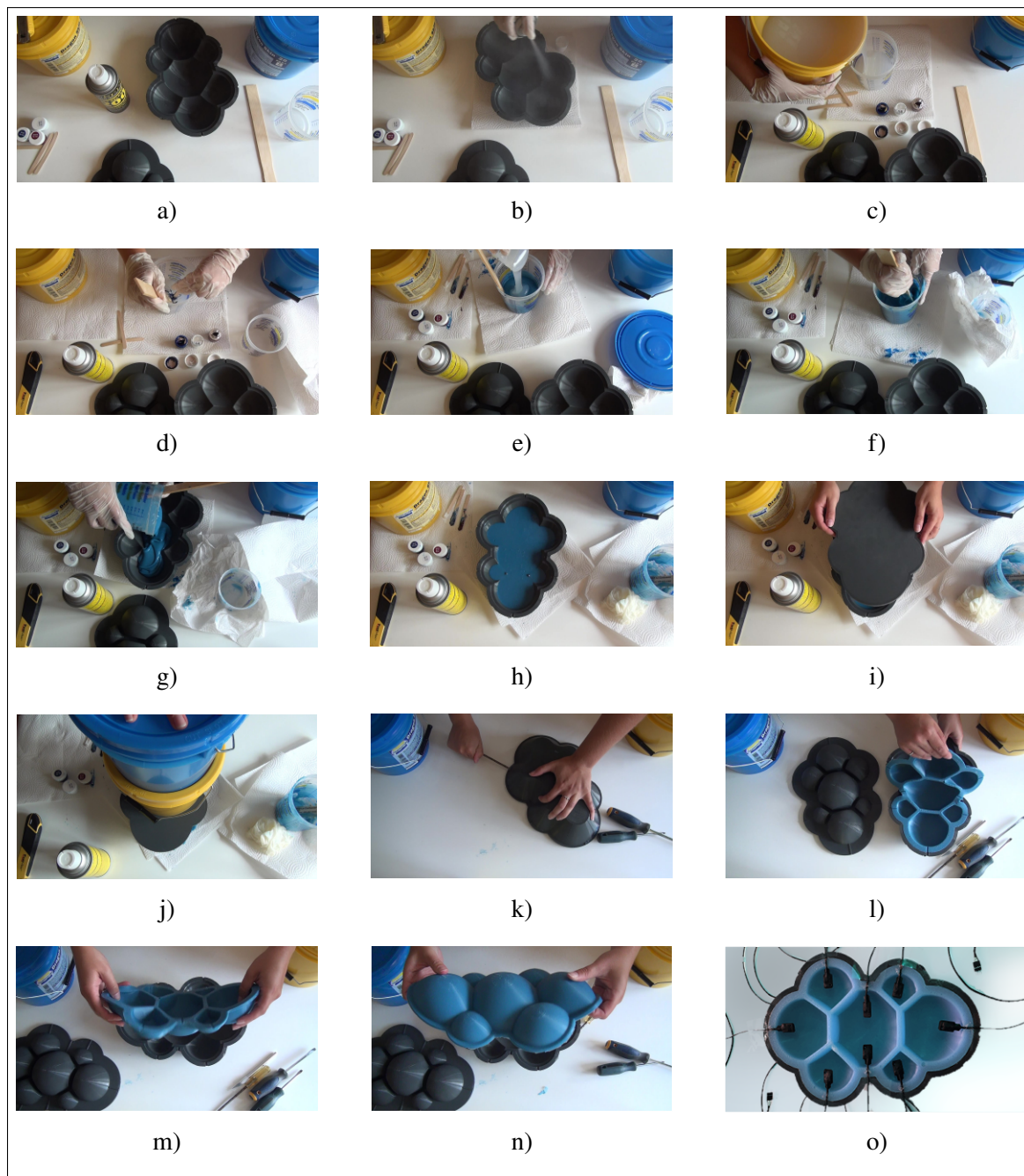


FIGURE 2.5 Étapes de la confection de l'interface NUAGE

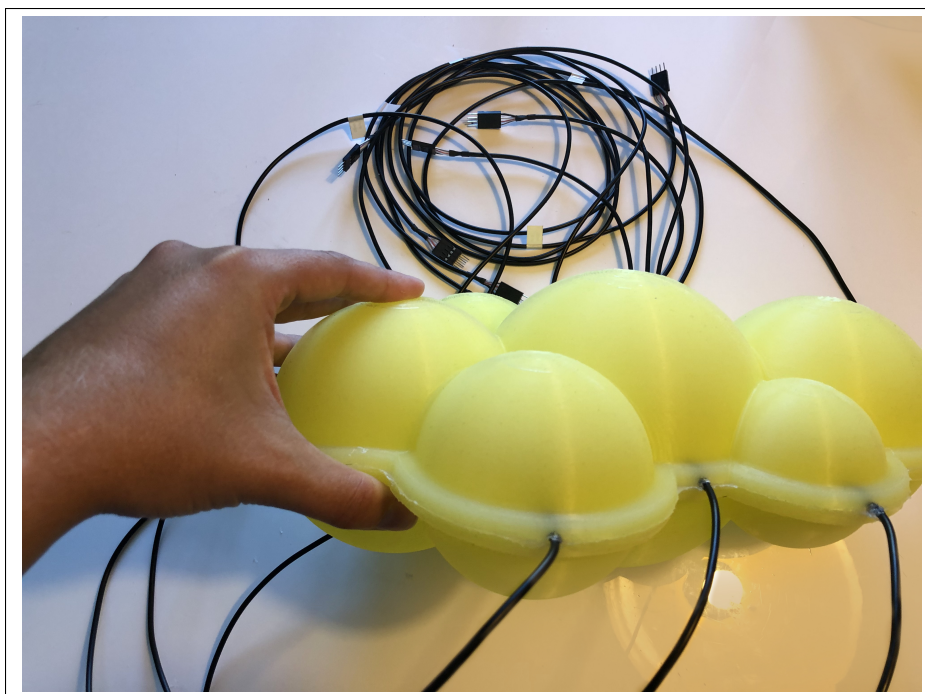


FIGURE 2.6 L'interface NUAGE assemblée avec les capteurs

2.1.2.2 Plateforme de prototypage électronique et capteurs

L'implémentation matérielle du NUAGE a été réalisée avec la gamme de produits I-CubeX (Infusion Systems Ltd., Montréal, QC) (I-CubeX, 2021a). Le WiDig (Infusion Systems Ltd., Montréal, QC) (I-CubeX, 2021d) est la plateforme de prototypage électronique à laquelle sont connectés les capteurs. Les huit entrées du WiDig sont connectées à des capteurs numériques. Le micrologiciel déjà implémenté dans le WiDig permet de communiquer par I2C avec les capteurs et de prétraiter les signaux. Le WiDig encode les signaux des capteurs en OSC et les transmet par WiFi. La plateforme permet aussi de transmettre des messages MIDI par Bluetooth. La plateforme est alimentée par USB, une batterie est fournie.

Un capteur d'orientation «Orient4D» (Infusion Systems Ltd., Montréal, QC) (I-CubeX, 2021c) est connecté à l'entrée 1 du WiDig. Celui-ci se trouve dans la bulle centrale du NUAGE. Le capteur peut envoyer différents signaux de sorties selon différents réglages, soit des signaux de

quaternions, d'angles Euler, de force du champ magnétique, d'accélération linéaire, de vitesse angulaire ou de température.

Sept capteurs barométriques «Air2D» (Infusion Systems Ltd., Montréal, QC) (I-CubeX, 2021b) sont connectés aux entrées 2 à 8 du WiDig. Ces capteurs permettent de mesurer la pression barométrique. Ils possèdent une plage de données de 10 à 1200 mbar avec une précision de 2,5 mbar. Il y a un capteur barométrique inséré au centre de chacune des sept bulles du NUAGE. Les signaux des capteurs sont encodés avec une résolution de 7 bits. La fréquence d'échantillonnage est de 330 Hz lorsque les huit capteurs sont en fonction. La figure 2.7 démontre l'emplacement des capteurs.

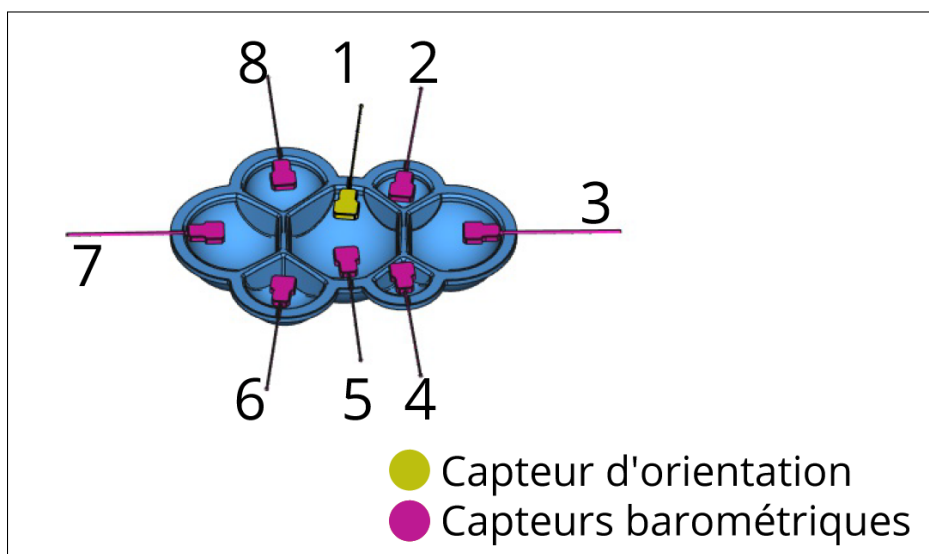


FIGURE 2.7 Placement des capteurs dans l'interface NUAGE

2.2 Utilisation du NUAGE

Le NUAGE vise à être utilisé comme une interface de contrôle. C'est-à-dire qu'il ne produit pas d'action, d'effets sonores ou visuels, par lui-même. Il ne fait que transmettre des données OSC. Au même titre qu'un clavier MIDI ou un «Drum Pad» ne produisent pas de son par eux-mêmes. Un logiciel externe doit interpréter les données reçues et les jumeler à un son, un effet visuel, une action.

Le protocole OSC est très commun en audiovisuel. Plusieurs logiciels de création numérique supportent la fonction de réception des données OSC. Le choix de la plateforme de création demeure donc une décision propre à l'utilisateur·trice. Libre aussi à il·elle de déterminer ce qu'il·elle veut accomplir avec les données reçues de chacun des capteurs.

Le NUAGE vise à être utilisé dans un contexte de création et l'interprétation d'œuvre AV. Une utilisation simple du NUAGE pourrait être de jumeler chacune de ses bulles avec une note de musique. Une utilisation plus poussée pourrait être de changer l'octave d'une note selon la pression exercée sur une même bulle. Une autre possibilité est de combiner les données de plusieurs capteurs pour générer des effets complexes. Bref, il existe une pléiade d'utilisations possibles. Cette grande flexibilité permet, comme discuté plus tôt au chapitre 1, à l'utilisateur·trice d'être plus expressif·ive dans son individualité. La figure 2.8 démontre une utilisation du NUAGE qui contrôle des effets visuels sur un écran vidéo.



FIGURE 2.8 Exemple d'utilisation du prototype NUAGE

La section suivante présente le protocole d'évaluation du prototype NUAGE. Afin d'évaluer l'interface dans un contexte d'utilisation réel, une œuvre AV performative a été réalisée. Cela fournit un exemple d'une utilisation possible du NUAGE. Il est intéressant de noter que, comme le NUAGE est un contrôleur, il pourrait être utilisé dans des contextes totalement différents des prestations AV. Par exemple, il pourrait être utilisé pour contrôler des jeux vidéo ou même des machines industrielles.

CHAPITRE 3

ÉVALUATION DU PROTOTYPE

Ce chapitre présente l'évaluation du prototype d'interface NUAGE. Cette évaluation a comme objectif de valider le design de l'interface ainsi que la méthodologie de conception proposée. En d'autres mots, il s'agit de confirmer que le NUAGE répond aux intentions de design DLAA qui ont influencé sa conception, soit : l'Expressivité, la Performativité, la Participation, l'Esthétisme et l'Engagement. Finalement, il s'agit de déterminer quelles caractéristiques de l'interface favorisent ces intentions.

L'évaluation a été réalisée au moyen d'une expérimentation avec participant·e·s humains. Les prochaines sections présentent le protocole d'expérimentation, l'œuvre qui a été réalisée dans ce cadre, ainsi que les questionnaires remis aux participant·e·s. Une discussion et une analyse des résultats récoltés sont également proposées.

La réalisation de cette expérimentation a permis d'identifier des éléments d'amélioration au prototype de l'interface NUAGE. De plus, elle fournit une meilleure compréhension des besoins des artistes et de l'audience par rapport aux prestations utilisant des interfaces tangibles AV.

3.1 Protocole d'expérimentation

Afin d'évaluer le prototype d'interface NUAGE, une expérimentation avec participant·e·s humains a été réalisée. Celle-ci a été approuvée par les comités d'éthique de la recherche de l'ÉTS et de l'UQAC. Le protocole d'expérimentation se base sur les recommandations de méthodologies d'évaluation appropriées pour l'approche de design DLAA proposées à la section 1.6 du chapitre 1.

Une première recommandation dans l'évaluation des interfaces tangibles AV est de favoriser un contexte d'expérimentation qui se rapproche le plus possible du contexte réel d'utilisation des interfaces. Ainsi, l'évaluation devrait être réalisée sur le terrain («in-the-field»). L'utilisation projetée du NUAGE est la création et la performance d'œuvres AV. C'est donc dans ce contexte

que l'expérimentation a eu lieu. Deux artistes ont reçu le mandat de créer une œuvre AV utilisant l'interface NUAGE. La séance de collecte de données a pris la forme d'une prestation de l'œuvre en direct devant public.

Une deuxième recommandation de la section 1.6 est de prendre en compte les besoins des artistes et du public à la fois. Ainsi l'expérimentation a sondé ces deux groupes. Les impressions des artistes ainsi que celles du public ont été récoltées à l'aide de questionnaires et de discussions informelles.

L'expérimentation nécessitait la participation d'artistes, identifiés dans ce mémoire par le terme «participant-artiste», ainsi que le recrutement d'un public, dont les membres sont identifiés par le terme «participant-e-public». Les prochaines sections détaillent les grandes étapes de l'expérimentation.

3.1.1 Création d'une œuvre audiovisuelle par les participants-artistes

Le prototype d'interface NUAGE a d'abord été présenté aux participants-artistes de l'École des arts numériques, de l'animation et du design (NAD) de l'Université du Québec à Chicoutimi. Seul le fonctionnement de base de l'interface a été expliqué aux participants-artistes. Ils ont reçu le mandat de réaliser une œuvre AV de cinq minutes en utilisant l'interface NUAGE comme instrument de contrôle. Ils ont été libres de créer l'œuvre à leur façon. Le participant-artiste Rémi Lapierre a réalisé la partie visuelle de l'œuvre. Il a développé un système de génération procédural d'animations 3D à l'aide du logiciel TouchDesigner (Derivative, Toronto, ON). Le participant-artiste Yan Breuleux a réalisé la partie sonore de l'œuvre en collaboration avec Claude Asselin. Le contenu sonore a été conçu à l'aide du logiciel GRM Tools.

L'œuvre audiovisuelle finale résulte de la mise en commun des produits des participants-artistes. Certains paramètres visuels et sonores implémentés sont variables. Ainsi, la manipulation en direct de l'interface NUAGE par un artiste-performeur contrôle et génère divers effets AV. Les participants-artistes ont choisi de développer leur œuvre pour la présenter dans un format de dôme 360° immersif («FullDome») à la Société des arts technologiques (SAT) à Montréal.

La conception de l'œuvre s'est déroulée principalement de septembre à novembre 2021 au moyen de séances de travail collaboratif dans les locaux du laboratoire Mimesis au NAD. Des tests dans la salle de spectacle Satosphère de la SAT ont permis de finaliser la scénographie de l'œuvre. La figure 3.1 montre les participants-artistes effectuant des tests au NAD (3.1a) et à la SAT (3.1b). La section 3.2 fournit une description plus détaillée des aspects artistiques, scénographiques et techniques de l'œuvre.

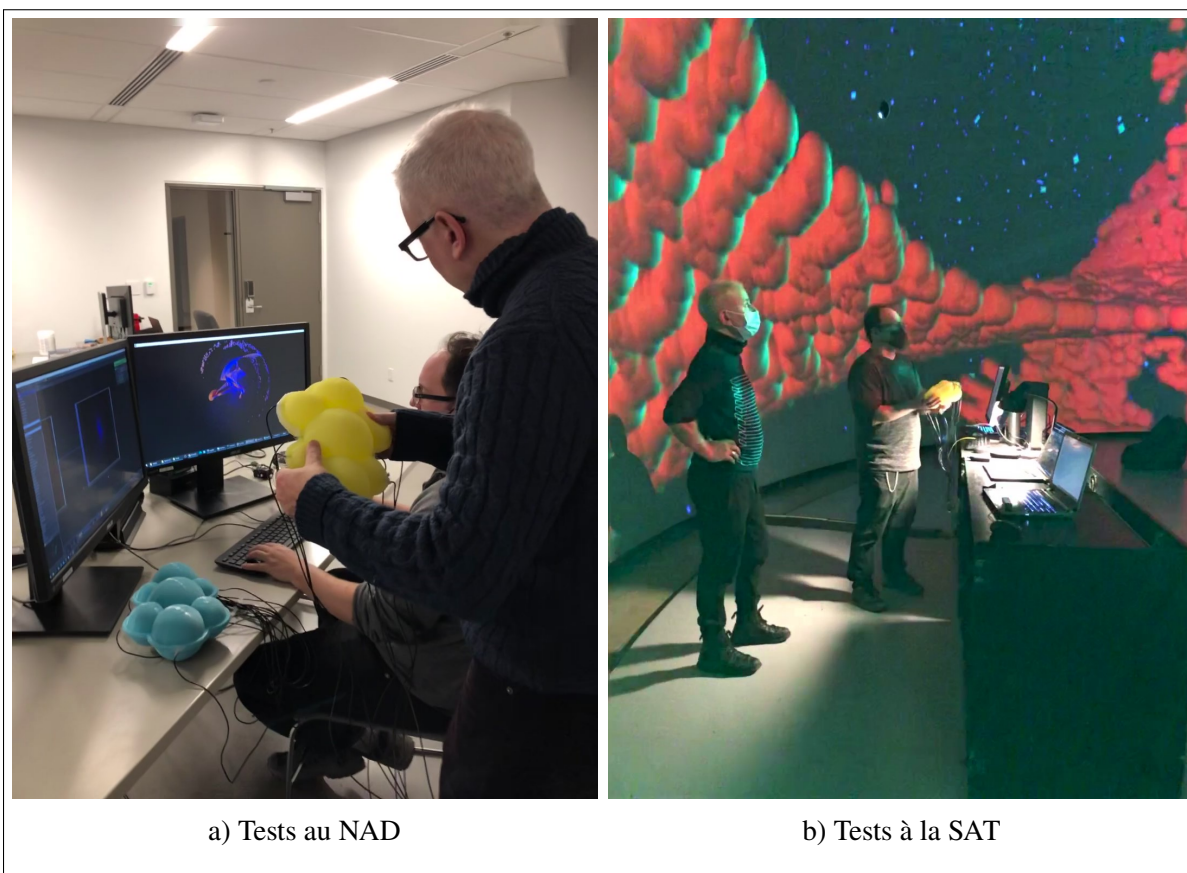


FIGURE 3.1 Yan Breuleux et Rémi Lapierre effectuant des tests de l'interface NUAGE et de leur œuvre a) au laboratoire Mimesis du NAD ainsi que b) dans la Satosphère de la SAT

3.1.2 Expérimentation-spectacle : présentation de l'œuvre des participants-artistes devant les participant-e-s-public

L'expérimentation-spectacle s'est déroulée en deux séances dans la Satosphère de la SAT. Lors de la première séance, six participant-e-s-public ont participé à l'expérimentation. Douze participant-e-s-public ont participé à la deuxième séance.

Les participant-e-s-public ont d'abord été accueillis dans la salle adjacente à la Satosphère. Ils y ont reçu un préquestionnaire à remplir. Celui-ci est détaillé à la section 3.3. Les participant-e-s-public ont ensuite été invités à entrer et prendre place dans la salle de spectacle. Un mot d'introduction a précédé la prestation. Celui-ci présentait une mise en contexte de l'expérimentation, les considérations éthiques, l'interface, les participants-artistes et l'œuvre. Finalement, le rôle des participant-e-s-public a été expliqué.

Les participant-e-s-public ont reçu comme instruction de simplement observer le spectacle. Le participant-artiste Yan Breuleux a interprété l'œuvre. Ce rôle d'interprète est désigné par le terme «artiste-performeur» dans le texte. La prestation AV, qui était d'une durée approximative de cinq minutes, est détaillée à la section 3.2 suivante.

Après la prestation de l'œuvre, tou-te-s les participant-e-s, artistes et public, ont rempli un post-questionnaire. Le post-questionnaire est décrit à la section 3.3. Une discussion informelle a suivi. L'objectif de cette discussion était de récolter les impressions des participant-e-s sur la prestation et sur l'interface NUAGE.

L'expérimentation s'est ensuite répétée avec le deuxième groupe de participant-e-s-public. La figure 3.2 présente des moments de l'expérimentation.

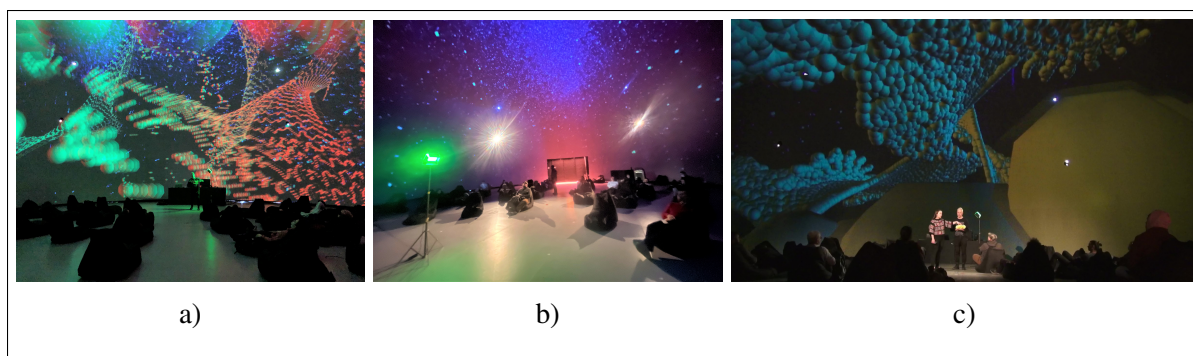


FIGURE 3.2 Présentation de l'œuvre dans la Satosphere : a) Vue de l'artiste-performeur et du public, b) Vue du public, c) Séance de discussion informelle

3.2 Description sommaire de l'œuvre et de la prestation

Le titre de la pièce développée par les participants-artistes Yan Breuleux et Rémi Lapierre en collaboration avec Claude Asselin est «Close to me».

La pièce explore la relation entre le performeur, l'interface et son environnement. L'œuvre est inspirée par la métaphore du NUAGE. C'est-à-dire que l'œuvre s'inspire de la matérialité de l'interface. Les codes visuels de l'interface y sont repris. Les visuels de l'œuvre s'inspirent de la structure en bulle, de la malléabilité et de la déformabilité du NUAGE. Le principe même des «nuages» est développé. Il est associé aux «nuages de points» et aux «nuages de particules».

La prestation débute alors que l'artiste-performeur, le participant-artiste Yan Breuleux, tient l'interface très près de lui. Il la serre contre son torse, affectueusement. Lentement, une masse colorée, formée d'un assemblage de bulles descend vers lui. Les mots «Close to me» sont alors répétés dans la pièce musicale.

Tout au long de la prestation, l'artiste-performeur joue avec la notion de distance entre lui, l'interface et les visuels. En pressant sur les différentes bulles du NUAGE, il déplace la masse générée dans l'espace, fait entrer le spectateur dedans, puis le fait ressortir progressivement. Des sons d'ambiance numérique enveloppent le public alors que l'artiste-performeur, au centre, manipule en temps-réel l'interface NUAGE de ses deux mains. La figure 3.3 présente l'artiste-

performeur interprétant l'œuvre ainsi que des exemples de visuels générés au cours de la performance.



FIGURE 3.3 Yan Breuleux performant l'œuvre «Close to me» à la SAT (a), Exemples de visuels de l'œuvre (b, c et d)

3.2.1 La Satosphère, lieu de la prestation

La prestation de l'œuvre a eu lieu dans l'espace appelé Satosphère de la Société des arts technologiques à Montréal. Cette salle de spectacle est dotée d'une zone de projection sphérique

de 360° en forme de dôme. Le dôme intégral mesure dix-huit mètres de diamètre par treize mètres de haut. L'espace est doté de huit projecteurs vidéo et cent cinquante-sept haut-parleurs (SAT, 2022). La figure 3.4a présente un dessin CAD du troisième étage de la SAT. Le dôme immersif de la Satosphère et l'espace adjacent y sont représentés.

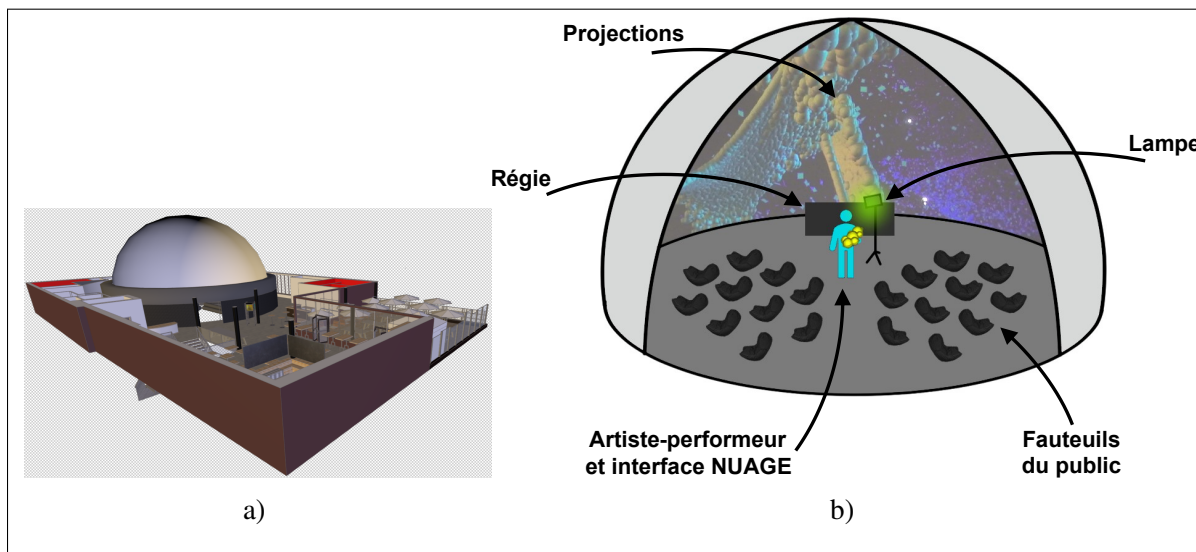


FIGURE 3.4 a) Représentation CAD du 3e étage de la SAT, Tirée de SAT (2022), b) Schéma de la scénarisation de la prestation

Lors de la prestation, les participant-e-s-public ont pris place dans des fauteuils-pirois au sol. Cela crée un environnement où la-le participant-e-public est entouré de vidéo et cela donne une forte impression d'immersion. La régie a été installée à l'avant de l'espace. L'artiste-performeur, le participant-artiste Yan Breuleux, se tenait devant la régie pour interpréter l'œuvre, à l'avant-centre de l'espace. Une lampe à diode électroluminescente (DEL) portable l'éclairait. Les participant-e-s-public étaient installé-e-s face à l'artiste-performeur et espacé-e-s dans la salle. Les images 3.2a et 3.2b démontrent l'emplacement de l'artiste-performeur et des participant-e-s-public dans l'espace lors de la prestation. La figure 3.4b fournit un schéma technique de l'installation.

3.2.2 Description technique de l'œuvre

La performance a été développée en grande partie à l'aide du logiciel TouchDesigner. TouchDesigner est un environnement de programmation visuelle, ou dite graphique, destiné à la création d'applications interactives AV. Il permet de générer, intégrer et contrôler du contenu multimédia en temps réel (Derivative, 2017). Le logiciel peut recevoir et transmettre plusieurs types de données en temps réel, dont l'OSC. Le schéma technique des systèmes utilisés lors de l'expérimentation est présenté à la figure 3.5.

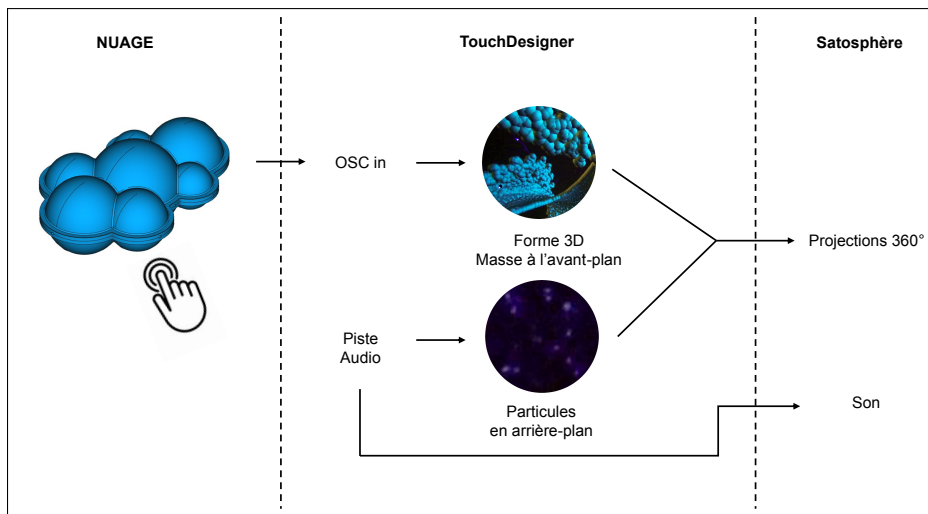


FIGURE 3.5 Schéma des technologies utilisées pour la prestation lors de l'expérimentation

Les animations visuelles génératives ont été développées au moyen d'algorithmes procéduraux. Ceux-ci génèrent des formes 3D à la fois de façon aléatoire et contrôlée par des paramètres variables.

Deux systèmes de particules distincts constituent les visuels de l'œuvre. Un système de particule est un système constitué de plusieurs petites formes, des particules, qui peuvent changer de couleur, de forme, de grosseur, de vélocité, naître et mourir. C'est par la multiplication de ces particules que des objets ou des textures complexes peuvent être modélisés. Les systèmes de particules permettent, entre autres, de modéliser des éléments naturels, tels les nuages, l'eau

ou le feu (Reeves, 1983). Le participant-artiste a créé dans TouchDesigner deux systèmes de particules qui peuvent être manipulés de diverses façons.

Le premier système de particule est constitué de particules 3D sphériques. Lorsque ces particules s'assemblent, leurs formes ressemblent à celle du NUAGE. Ce système est à l'avant-plan des visuels de l'œuvre. Il forme une grande masse colorée qui flotte dans l'espace. Le point A de la figure 3.6 illustre cela. Cette masse peut être déplacée dans l'espace. Sa forme, sa densité et son apparence peuvent être changées. Une série de paramètres contrôlés par les données reçues du NUAGE agissent sur la masse.

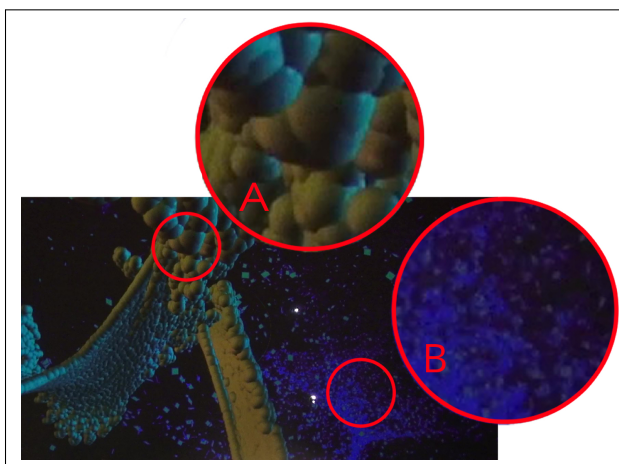


FIGURE 3.6 Exemple de visuels de l'œuvre où sont illustrés les systèmes de particules formant la masse (A) et l'arrière-plan (B)

Le NUAGE transmet les données d'orientation et les données de pression de chacune des bulles par OSC via WiFi. Celles-ci sont reçues par le logiciel TouchDesigner, traitées puis assignées à un paramètre de la masse. Les données du capteur d'orientation affectent les paramètres de rotation et translation de la masse. Les données de pression de chacune des bulles du NUAGE ont été assignées à des paramètres différents qui affectent la masse. Les images de la figure ?? démontrent des exemples de modification de certains paramètres. Ainsi presser plus ou moins fort

sur une ou des bulles fait varier un des paramètres suivants de la masse (en ordre d'assignation sur le NUAGE) :

1. Compression de la masse sur elle-même
2. Contrôle de trajectoire de la masse dans l'espace
3. Contrôle de la quantité de bruit appliqué aux particules de la masse
4. Éloignement en hauteur de la masse
5. Contrôle de l'espacement entre les particules de la masse
6. Contrôle des effets de lumières sur la masse
7. Génération aléatoire des différentes formes et couleurs de la masse

Le deuxième système de particules est constitué de formes 2D carrées et bleues. Celui-ci est en arrière-plan des visuels de l'œuvre et est moins proéminent. Le point B de la figure 3.6 illustre ce système. Les paramètres de résistance et de turbulence du système de particules sont affectés par l'amplitude du contenu sonore de l'œuvre. Bien que la pièce musicale soit préenregistrée, et non générée en temps réel, celle-ci est en interaction avec le reste de la performance. Le contenu sonore a été conçu à l'aide du logiciel GRM Tools (INA, Paris). L'échantillon sonore «Close to me» a permis de réaliser la pièce musicale.

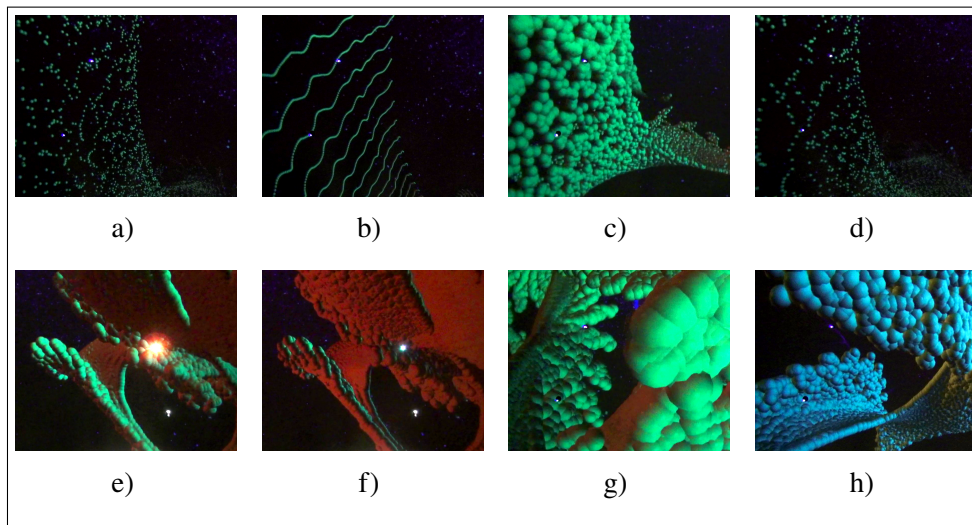


FIGURE 3.7 Exemple comparatif d'une modification aux paramètres de bruit (a et b), de distance entre les particules (c et d), de la lumière (e et f) et de la forme 3D (g et h) de la masse du premier système de particule

3.3 Présentation des questionnaires

Cette section présente les questionnaires remis aux participant-e-s de l'expérimentation avant et après celle-ci. Une justification de la pertinence des questions est également présentée.

3.3.1 Préquestionnaire aux participant-e-s-public

Le préquestionnaire remis aux participant-e-s-public avant l'expérimentation avait comme objectif d'obtenir un portrait démographique des participant-e-s. D'abord, les questions de classification du tableau 3.1 étaient posées. Puis, les questions du tableau 3.2, par rapport aux connaissances et à l'expérience des participant-e-s au sujet des performances AV, étaient posées au moyen d'une échelle de type Likert.

TABLEAU 3.1 Préquestionnaire : Questions de classification

Question	Réponse					
Adresse e-mail						
Prénom et Nom						
Occupation						
Tranche d'âge	18-24 ans	25-34 ans	35-44 ans	45-54 ans	54-64 ans	65 ans et +

TABLEAU 3.2 Préquestionnaire : Questions par rapport aux connaissances et à l'expérience des participant-e-s

Dans quelle mesure êtes-vous d'accord avec les affirmations suivantes ?	Tout à fait d'accord	Plutôt d'accord	Neutre	Plutôt en désaccord	Tout à fait en désaccord
J'ai déjà assisté à plusieurs performances audiovisuelles.	☐	☐	☐	☐	☐
Je suis familier-ère avec les outils logiciels utilisés pour les performances audiovisuelles. (ex : TouchDesigner, Resolume, Modul8, etc.)	☐	☐	☐	☐	☐
Je suis familier-ère avec les instruments et outils de contrôle utilisés lors des performances audiovisuelles. (ex : Contrôleur midi, synthétiseur, etc.)	☐	☐	☐	☐	☐

3.3.2 Post-questionnaire aux participant-e-s-public

Le post-questionnaire remis aux participant-e-s-public après l'expérimentation avait comme objectif de valider la méthodologie DLAA en déterminant si l'interface répond aux différentes intentions de design proposées par celle-ci. Un autre objectif était de déterminer quelles caractéristiques de l'interface favorisent ces intentions. Cette section présente le post-questionnaire et justifie l'utilisation des questions.

D'abord, les questions de classification suivantes (tableau 3.3) étaient posées :

TABLEAU 3.3 Post-questionnaire aux participant-e-s-public : Questions de classification

Question	Réponse
Adresse e-mail	
Prénom et Nom	

Ensuite, les questions qualitatives du tableau 3.4 étaient posées au moyen d'une échelle de type Likert. Le terme «artiste» fait référence à l'artiste-performeur. «L'outil» fait référence au NUAGE.

Finalement, une section pour laisser des commentaires en lien avec la prestation et les outils utilisés était disponible.

TABLEAU 3.4 Post-questionnaire aux participant-e-s-public : Questions qualitatives

	Dans quelle mesure êtes-vous d'accord avec les affirmations suivantes ?	Tout à fait d'accord	Plutôt d'accord	Neutre	Plutôt en désaccord	Tout à fait en désaccord
1	J'ai apprécié la performance que je viens de vivre.	☐	☐	☐	☐	☐
2	Les outils utilisés par l'artiste lui permettaient de transmettre ses émotions.	☐	☐	☐	☐	☐
3	Les outils utilisés par l'artiste démontraient que le spectacle était en direct.	☐	☐	☐	☐	☐
4	L'artiste était expressif.	☐	☐	☐	☐	☐
5	Les gestes de l'artiste étaient visibles.	☐	☐	☐	☐	☐
6	Les outils utilisés par l'artiste étaient visibles.	☐	☐	☐	☐	☐
7	Voir un-e artiste utiliser ses outils augmente mon intérêt envers une performance.	☐	☐	☐	☐	☐
8	Les outils utilisés par l'artiste étaient visuellement intéressants.	☐	☐	☐	☐	☐
9	Les outils utilisés par l'artiste étaient intrigants.	☐	☐	☐	☐	☐
10	Les outils utilisés par l'artiste étaient esthétiquement attrayants.	☐	☐	☐	☐	☐
11	Mon intérêt est resté constant tout au long de la performance.	☐	☐	☐	☐	☐
12	L'artiste maîtrisait ses outils.	☐	☐	☐	☐	☐
13	L'artiste était en contrôle de la performance.	☐	☐	☐	☐	☐
14	J'ai vécu le spectacle de façon passive.	☐	☐	☐	☐	☐
15	J'ai ressenti une connexion avec l'artiste et l'œuvre.	☐	☐	☐	☐	☐
16	Les actions posées par l'artiste entraînaient des effets visuels clairs.	☐	☐	☐	☐	☐
17	Les actions posées par l'artiste entraînaient des effets sonores clairs.	☐	☐	☐	☐	☐

3.3.2.1 Justification des questions

Tel que mentionné précédemment, le choix des questions est lié aux intentions de design DLAA, soit l'Expressivité, la Performativité, la Participation, l'Esthétisme et l'Engagement. Le tableau 1.1 présenté dans l'article du chapitre 1 offre un résumé des principes qui favorisent ces différentes intentions et sert de point de référence à cette justification.

La première question en est une d’appréciation générale de la prestation. Elle est liée aux intentions d’Engagement et d’Esthétisme. En se référant au tableau 1.1 on peut noter les notions d’implication («Involvement») et de plaisir («Enjoyment»). Les questions 2, 3 et 4 sont liées à l’intention d’Expressivité. Elles adressent les notions de transmission des émotions et d’impression de temps réel («Liveness»). Les questions 5, 6 et 7 portent sur le principe de visibilité («Visibility») de la performance. Cela fait référence à l’intention de Performativité. L’Esthétisme est abordé par les questions 8, 9 et 10. L’esthétisme intrigant («Intriguingness») de la question 9 est également lié à l’intention de Performativité. Les questions 11, 12, 13 et 14 évoquent les intentions d’Engagement et de Participation. Elles questionnent l’attention, l’implication et l’impression de contrôle («Controllability») de la performance. Finalement, les questions 15, 16 et 17 adressent les intentions de Participation, d’Engagement et d’Expressivité. Elles abordent les principes d’affordance, de compréhension («Understandability») et d’implication. Le tableau 3.5 résume les liens entre les questions aux participant-e-s-public et les intentions de design qui leur sont associées.

TABLEAU 3.5 Questions aux participant-e-s-public et intentions de design associées

Intentions de design/ Questions	Expressivité	Performativité	Participation	Esthétisme	Engagement
1				X	X
2	X				
3	X				
4	X				
5		X			
6		X			
7		X			
8				X	
9		X		X	
10				X	
11			X		X
12			X		X
13			X		X
14			X		X
15			X		X
16	X		X		
17	X		X		

3.3.3 Post-questionnaires aux participants-artistes

Le post-questionnaire aux participants-artistes est très semblable à celui proposé aux participant-e-s-public. Les questions ont toutefois été adaptées pour questionner l'expérience propre des artistes.

D'abord, les questions de classification suivantes (tableau 3.6) étaient posées :

TABLEAU 3.6 Post-questionnaire aux participants-artistes : Questions de classification

Question	Réponse
Adresse e-mail	
Prénom et Nom	

Ensuite, les questions qualitatives du tableau 3.7 étaient posées au moyen d'une échelle de type Likert. «L'outil» fait référence au NUAGE.

Finalement, une section pour laisser des commentaires en lien avec la prestation et les outils utilisés était disponible.

TABLEAU 3.7 Post-questionnaire aux participants-artistes : Questions qualitatives

	Dans quelle mesure êtes-vous d'accord avec les affirmations suivantes ?	Tout à fait d'accord	Plutôt d'accord	Neutre	Plutôt en désaccord	Tout à fait en désaccord
18	L'outil utilisé me permettait de transmettre mes émotions.	☐	☐	☐	☐	☐
19	L'outil utilisé est réactif en temps-réel.	☐	☐	☐	☐	☐
20	L'interface permet une certaine créativité.	☐	☐	☐	☐	☐
21	Mes gestes étaient visibles du public.	☐	☐	☐	☐	☐
22	Les outils utilisés étaient visibles par le public.	☐	☐	☐	☐	☐
23	Lors d'une performance, je désire que mes outils soient visibles du public.	☐	☐	☐	☐	☐
24	L'interface est visuellement intéressante.	☐	☐	☐	☐	☐
25	L'interface est esthétiquement attrayante.	☐	☐	☐	☐	☐
26	Je maîtrisais mon outil.	☐	☐	☐	☐	☐
27	J'étais en contrôle de la performance.	☐	☐	☐	☐	☐
28	L'outil est complexe.	☐	☐	☐	☐	☐
29	J'ai ressenti une connexion avec le public.	☐	☐	☐	☐	☐
30	Mes actions posées entraînaient des effets visuels clairs.	☐	☐	☐	☐	☐
31	Mes actions posées entraînaient des effets sonores clairs.	☐	☐	☐	☐	☐
32	Il existe un lien clair entre mes actions et les effets audiovisuels créés.	☐	☐	☐	☐	☐

3.3.3.1 Justification des questions

Tout comme les questions aux participant-e-s-public, le choix des questions aux participants-artistes est lié aux intentions de design DLAA résumées dans le tableau 1.1 du chapitre 1.

Les questions 18, 19 et 20 abordent l'intention d'Expressivité. Elles évoquent les principes de transmission des émotions et d'impression de temps réel. Les questions 21, 22 et 23 adressent la visibilité de la performance, faisant référence à l'intention de Performativité. Les questions 24 et 25 abordent l'Esthétisme. Les questions 26, 27 et 28 évoquent les intentions

d'Engagement et de Participation. Elles questionnent l'implication et l'impression de contrôle de la performance. La question 28 peut également faire référence à l'Expressivité, par le principe de la complexité («Complexity»). Finalement, les questions 29, 30, 31 et 32 sondent les principes d'affordance, de compréhension et d'implication. Elles adressent donc les intentions de Participation, d'Engagement et d'Expressivité. Le tableau 3.8 résume les liens entre les questions aux participants-artistes et les intentions de design qui leur sont associées.

TABLEAU 3.8 Questions aux participants-artistes et intentions de design associées

Intentions de design/ Questions	Expressivité	Performativité	Participation	Esthétisme	Engagement
18	X				
19	X				
20	X				
21		X			
22		X			
23		X			
24				X	
25				X	
26			X		X
27			X		X
28	X		X		X
29			X		X
30	X		X		
31	X		X		
32	X		X		

3.4 Présentation et analyse des résultats

Cette section présente les données récoltées lors de l'expérimentation ainsi que leur analyse. Elle présente les résultats des questionnaires, ainsi que les conclusions tirées des discussions informelles ayant eu lieu à la fin des séances d'expérimentation. Des recommandations d'améliorations à apporter à l'interface NUAGE, ainsi qu'à la manière de réaliser une prestation en l'utilisant sont également présentées.

3.4.1 Démographie des participant-e-s-public

Les dix-huit participant-e-s-public (N=18) étaient composé-e-s d'étudiant-e-s, de professionnel-le-s et de retraité-e-s. La majorité était âgée de 25 à 34 ans. Les figures 3.8 et 3.9 démontrent la distribution des participant-e-s-public.

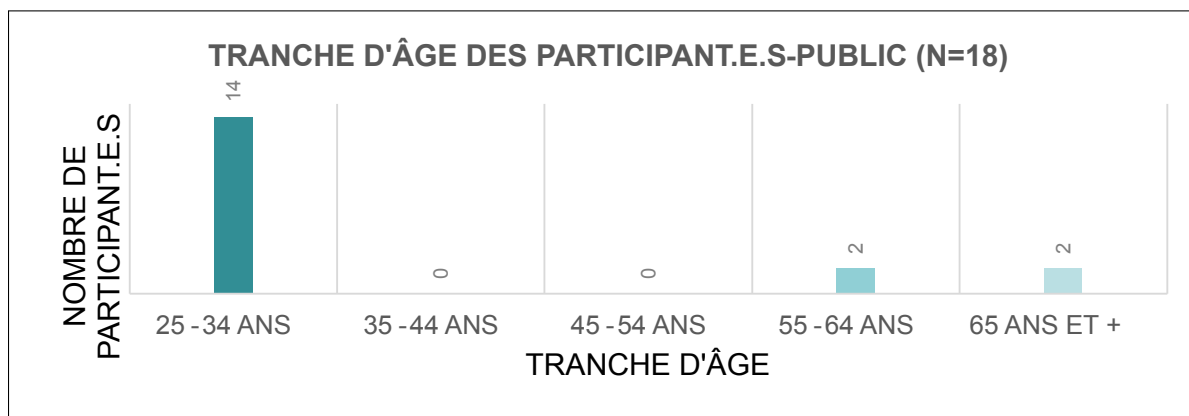


FIGURE 3.8 Résultats des préquestionnaires : Tranche d'âge des participant-e-s-public

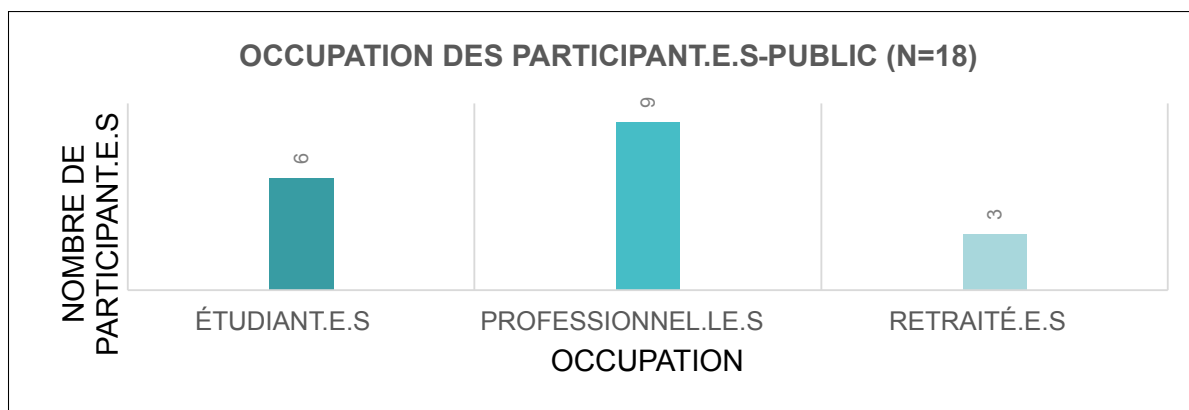


FIGURE 3.9 Résultats des préquestionnaires : Occupation des participant-e-s-public

Comme démontré par la figure 3.10, les participant-e-s-public n'étaient majoritairement pas familier-ère-s avec les outils logiciels et de contrôle des performances AV. Le nombre d'individus ayant ou non assisté à plusieurs performances AV dans le passé était distribué.

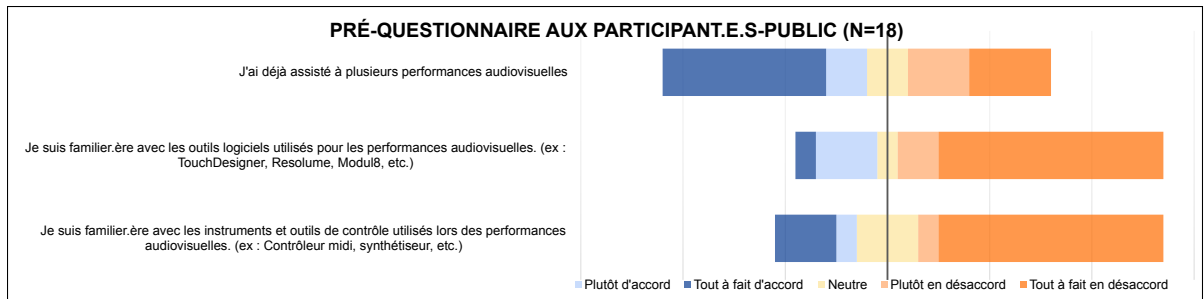


FIGURE 3.10 Résultats des préquestionnaires : Questions qualitatives

3.4.2 Présentation des résultats des post-questionnaires

La figure 3.11 présente les résultats des post-questionnaires aux participant-e-s-public. La figure 3.12 présente les résultats des post-questionnaires aux participants-artistes. Les sections suivantes discutent des intentions de design DLAA par rapport à l'évaluation de l'interface NUAGE.

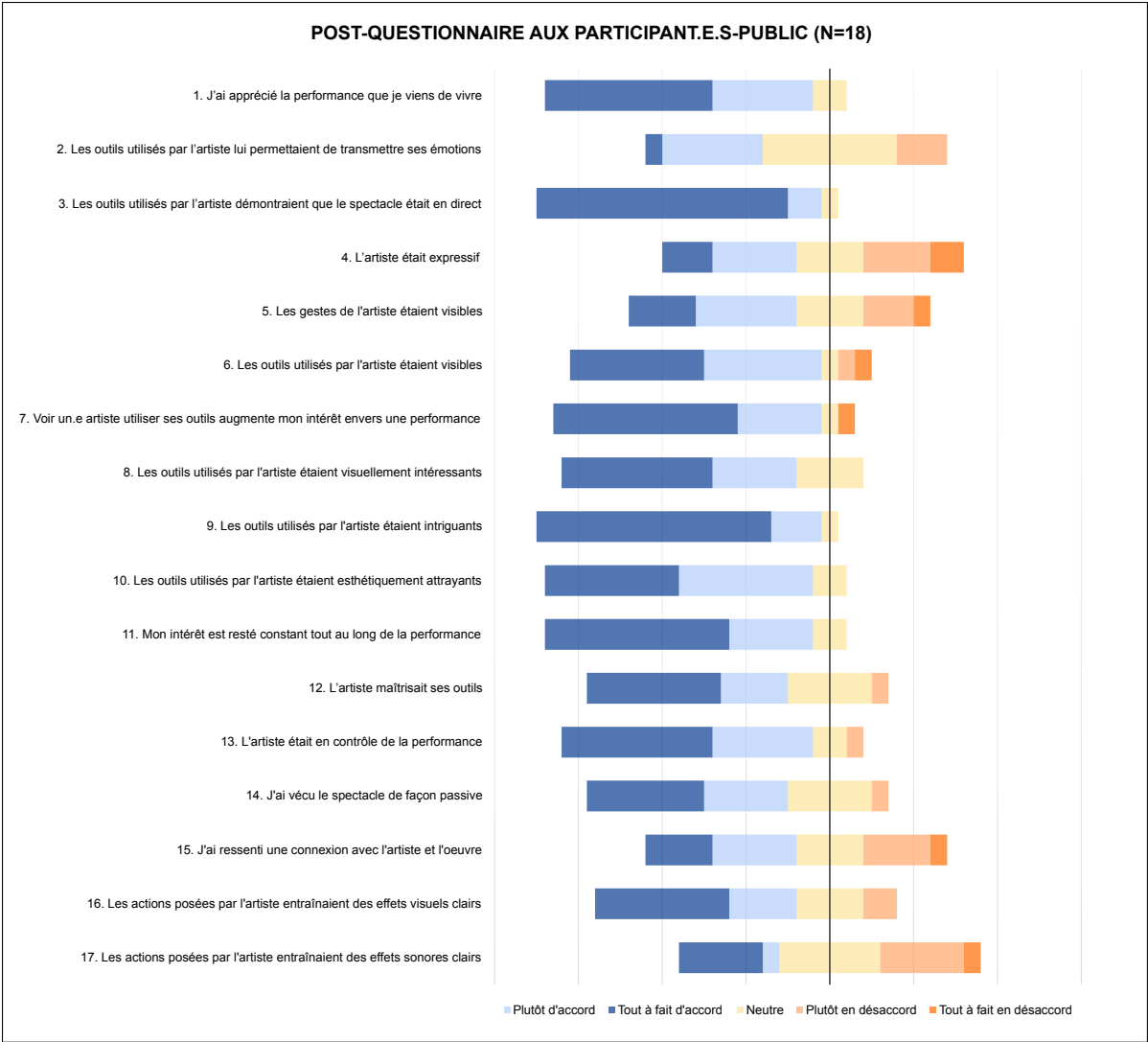


FIGURE 3.11 Résultats des post-questionnaires aux participant.e-s-public

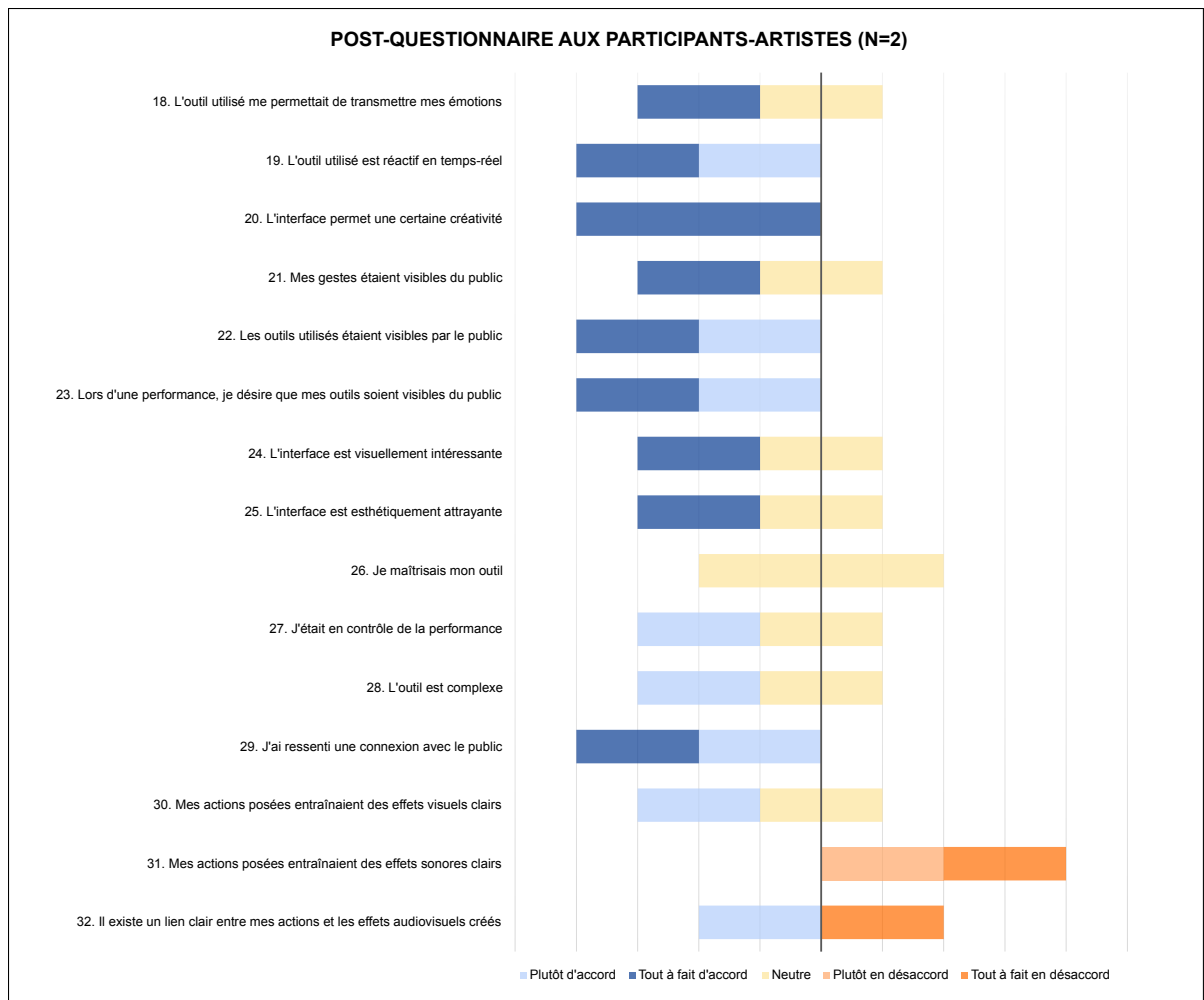


FIGURE 3.12 Résultats des post-questionnaires aux participants-artistes

3.4.3 Analyse des résultats en lien avec les intentions de design DLAA

Les intentions de design DLAA ont influencé la conception de l'interface tangible NUAGE. Le prototype d'interface est donc évalué par rapport à l'Expressivité, la Performativité, la Participation, l'Esthétisme et l'Engagement qu'il procure à ses utilisateur·trice·s direct·e·s, les participants-artistes. Ces intentions sont également étudiées par rapport à la perception de l'audience, les participant·e·s-public, lorsqu'elle a assisté à la performance dans laquelle l'artiste-performeur a utilisé ladite interface. Pour ce faire, les résultats des post-questionnaires ainsi que certains éléments des discussions informelles sont analysés.

3.4.3.1 Expressivité

L'Expressivité est un premier élément identifié comme une intention de design pour la conception de l'interface NUAGE. Tel que décrit à la section 1.4.1, certains principes qui favorisent l'Expressivité sont ceux d'affordance, de physicalité («Physicality»), de temps réel, d'individualité («Individuality») et de complexité de l'interface.

Les résultats obtenus quant à l'expressivité de l'artiste-performeur perçue par les participant-e-s-public sont distribués (question 4). Des résultats semblables peuvent être notés pour la capacité perçue de l'outil à transmettre les émotions de l'artiste (question 2). Certains paramètres physiques de l'interface ont contribué à cela. Par exemple, les participant-e-s ont noté que l'amplitude des gestes de l'artiste était restreinte. En effet, la méthode de contrôle de l'interface par pression sur les bulles ne favorise pas les gestes amples. Elle favorise plutôt des gestes précis et peu visibles. La méthode de contrôle par les capteurs d'orientation du NUAGE pourrait quant à elle engendrer des gestes plus amples avec l'interface. Toutefois, les participants-artistes ont jugé que les résultats obtenus avec ce capteur n'étaient pas assez précis et fluides pour être utilisés à leur plein potentiel lors de l'expérience. Une fréquence d'échantillonnage des capteurs de l'interface plus élevée permettrait de régler cela. Ainsi, la théâtralité des actions de l'artiste-performeur était modeste lors de la performance.

Les participant-e-s-public et artiste ont majoritairement perçu que l'outil était réactif en temps réel, ce qui favorise l'Expressivité (questions 3 et 19). Un-e participant-e-public a fait remarquer que certains des effets visuels générés présentaient des mouvements rapides, saccadés, voire brusques. Selon lui-elle cela rendrait la performance plus humaine. Des visuels plus léchés auraient autrement pu sembler préenregistrés.

Les participants-artistes ont indiqué un niveau de complexité moyenne de l'interface (question 28). L'artiste-performeur a soutenu que l'outil avait été simple à apprendre et que son utilisation était intuitive. Les participants-artistes ont tous deux soutenu que l'interface leur permettait une certaine créativité (question 20). Une complexité plus grande, par l'ajout de nouvelles possibilités de contrôle, engendrerait plus d'Expressivité. Par exemple, les participants-artistes ont tous deux

exprimé le souhait d'avoir des contrôles de type bouton-déclencheur sur le NUAGE. L'ajout de ce type de contrôle susciterait des gestes différents avec l'interface. Cela créerait des gestes plus saccadés, agressifs, expressifs. L'artiste-performeur pourrait par exemple frapper ou taper sur l'interface.

Un autre point à améliorer pour favoriser l'expressivité de l'interface est l'affordance entre l'outil et le contenu généré. La majorité des participant-e-s a répondu positivement à l'affirmation : «Les actions de l'artiste entraînaient des effets visuels clairs» (questions 16 et 30). Cela peut s'expliquer par les ressemblances entre la matérialité du NUAGE et les formes générées dans l'œuvre. Un-e participant-e a noté que les visuels semblaient provenir du même univers que le NUAGE, qu'il y avait un dialogue entre l'outil et le contenu. Par contre, dans le cas des effets sonores générés, les participant-e-s n'ont pas indiqué que les actions de l'artiste-performeur entraînaient des effets clairs (questions 17 et 31). Ces résultats n'étonnent pas, car, tel que mentionné dans la section 3.2, le contenu sonore de l'œuvre n'était pas contrôlé directement par l'interface NUAGE. Le programme développé par les participants-artistes ne permettait pas cela. Ajouter la possibilité de contrôle du contenu sonore à une prochaine œuvre ajouterait certainement de l'affordance et donc de l'Expressivité à la prestation.

3.4.3.2 Performativité

La Performativité est un deuxième élément identifié comme une intention de design pour la conception de l'interface NUAGE. Certains éléments qui favorisent la performativité des interfaces tangibles identifiés à la section 1.4.2 sont les suivants : la visibilité, l'intrigue et la flexibilité («Flexibility»).

Dans leurs réponses au post-questionnaire, les participant-e-s-public ont en grande majorité affirmé que «voir un-e artiste utiliser ses outils augmente [leur] intérêt envers une performance» (question 7). De leur côté, les participants-artistes ont aussi indiqué majoritairement que «lors d'une performance, [ils] désire[nt] que [leurs] outils soient visibles du public» (question 23). Cet élément de visibilité est donc très important pour ces deux groupes. Un-e participant-e a noté

que le fait de voir l'artiste-performeur à l'avant manipuler l'interface a ajouté à son expérience et lui a donné envie d'en savoir plus sur l'artiste. L'artiste-performeur a relaté avoir apprécié la possibilité de performer avec un outil devant un public, que cela créait un lien qu'il recherchait avec le public. Ce lien est plus direct que lorsque l'œuvre est préenregistrée.

Il est notable de constater que les réponses aux questions au sujet de la visibilité de l'outil versus celles par rapport à la visibilité des gestes de l'artiste obtiennent des résultats différents (questions 5, 6, 21 et 22). Selon les résultats, les participant-e-s ont majoritairement trouvé que l'outil était visible, alors que, pour la visibilité des gestes, les réponses étaient plus divisées. La taille et la couleur jaune de l'outil, ainsi que l'éclairage sur celui-ci ont favorisé cette visibilité. Les gestes de l'artiste-performeur étaient moins visibles en raison de leur petite amplitude.

Lors des discussions informelles, le thème de la visibilité de l'artiste-performeur a été souvent abordé. Certain-e-s participant-e-s-public n'avaient pas remarqué l'artiste-performeur dès le début de la prestation. Certain-e-s ont principalement regardé les visuels et moins l'artiste-performeur. Cela peut s'expliquer par la scénarisation de la présentation de l'œuvre. De par la position physique imposée par les sièges de type pouf à billes, certain-e-s spectateur·trice-s ont eu tendance à regarder les projections en hauteur, au plafond, davantage que de regarder à la hauteur de l'artiste-performeur. Ce type de siège encourage une position presque couchée sur le dos. La·le spectateur·trice doit donc lui-elle-même prendre l'initiative d'effectuer des allers-retours visuels puisqu'il-elle ne peut regarder à la fois l'artiste-performeur et le plafond. Pour contrer cela, les participant-e-s ont proposé de mettre l'emphasis sur l'artiste-performeur au moyen d'éléments de scénographie. Par exemple, l'artiste-performeur pourrait être surélevé au moyen d'une plateforme. Un jeu d'éclairage théâtral mettrait l'emphasis sur l'artiste-performeur. Une autre idée serait d'ajouter des éléments visuels à l'interface. Par exemple, lui incorporer des lumières DELs clignotantes attirerait l'attention des spectateur·trice-s.

Les participant-e-s-public ont noté en grande majorité que l'outil était intrigant (question 9). Certain-e-s ont mentionné leur envie de le toucher, de l'essayer. Cela est dû à sa forme rigolote et

sa couleur pimpante. Un·e participant·e a noté trouver que les fils ajoutaient à l'aspect intrigant de l'objet et que cela lui conférerait un aspect moins commercial, plus complexe, plus technique.

Au sujet des fils, bien qu'ils apportent un élément visuel intéressant, ils peuvent restreindre la flexibilité de l'interface. En effet, ils peuvent entraver certains mouvements. Ils rendent le NUAGE moins portable et moins robuste. L'artiste-performeur a mentionné sa peur de briser l'interface et d'arracher les fils par inadvertance. Une recommandation serait de les retirer dans une future itération du prototype.

3.4.3.3 Participation

La Participation est un troisième élément identifié comme une intention de design pour la conception de l'interface NUAGE. Tel que décrits à la section 1.4.3, certains principes qui favorisent la Participation sont la collaboration, la modularité («Modularity»), la contrôlabilité, la compréhension, et la possibilité d'une interface d'être multi-utilisateur·trice («Multi-user»).

Lors de l'expérimentation, la participation directe du public était assez restreinte. Le public avait un rôle de spectateur·trice et non de participant·e actif·ive. Comme le démontrent les résultats à la question 14, les participant·e·s-public ont majoritairement vécu le spectacle de façon passive. L'œuvre et le contexte ne favorisaient pas une participation dynamique du public.

Plusieurs participant·e·s-public ont exprimé leur désir de tester le NUAGE. Dans une itération future de l'œuvre, il serait favorable d'impliquer davantage le public. L'intuitivité des gestes à poser sur l'interface et la facilité à la comprendre favoriserait un partage de l'interface avec les membres du public. L'interface pourrait, par exemple, leur être remise à certains moments du spectacle pour qu'ils l'essaient et contrôlent eux-mêmes des aspects AV de la prestation.

Bien que la participation du public n'était pas directe, une partie des participant·e·s-public a tout de même indiqué avoir «ressenti une connexion avec l'artiste et l'œuvre» (question 15). Les participants-artistes ont aussi affirmé avoir «ressenti une connexion avec le public» (question 29).

Cette connexion indique un lien avec le public, une complicité qui favorise l'engagement des deux parties.

Un autre élément qui favorise la Participation est la notion de maîtrise et de contrôle des outils et du contenu généré. Les participants-artistes ont trouvé qu'ils maîtrisaient moyennement leur outil (question 26). Ils ont accordé une cote légèrement favorable en ce qui concerne le niveau de contrôle de la performance (question 27). Les participant-e-s-public ont, quant à eux-elles, perçu une maîtrise et un contrôle légèrement supérieur de la part de l'artiste-performeur (questions 12 et 13). Ces notions de maîtrise et contrôle sont importantes lorsque la collaboration entre plusieurs utilisateur·trice·s ou entre l'artiste et le public est souhaitée. Chaque participant-e doit être en mesure de reconnaître sa propre contribution au contenu. Ce sentiment de maîtrise et de contrôle provient également de la compréhension des actions posées et de leurs effets directs en découlant. Plus ce lien d'affordance est clair, plus la Participation est possible. Or, tel que discuté auparavant dans la section 3.4.3.1, ce lien perçu entre les actions et les effets AV créés était mitigé lors de l'expérimentation.

Certaines caractéristiques de l'interface sont propices à la collaboration. La forme, la taille du NUAGE et la division de ses capteurs par bulle pourraient entraîner un contrôle à quatre mains simultanément. La méthode de transmission des données par OSC via WiFi permet l'utilisation de plusieurs NUAGEs à la fois. Sa portabilité permet également l'échange de l'outil entre plusieurs personnes. La modularité des contrôles, assignable à différents contenus possibles, favorise également la participation de plusieurs artistes. Tel qu'expérimenté dans la création de l'œuvre pour l'expérimentation, le NUAGE peut favoriser une collaboration entre différents artistes. Dans cet exemple, un artiste a réalisé le contenu visuel alors que d'autres se sont occupés de la création sonore. Leurs visions ont ensuite été mises en commun pour créer la prestation «Close to me» avec le NUAGE.

3.4.3.4 Esthétisme

L'Esthétisme est une autre intention de design à laquelle a tenté de répondre le NUAGE. L'attraction («Attractiveness»), le plaisir, la résonance, la cohérence et l'intérêt («Appeal») envers une interface sont des principes qui favorisent l'Esthétisme tels que décrits précédemment à la section 1.4.4. Les réponses aux questions posées aux participant-e-s-public et artistes par rapport à l'esthétisme du NUAGE étaient en très grande majorité positives. Les participant-e-s-public ont en majorité apprécié la performance (question 1). Aucun-e participant-e n'a noté que l'outil n'était pas visuellement intéressant (questions 8 et 24) ou esthétiquement attrayant (questions 10 et 25). Les réponses des participant-e-s-public à la question 9 par rapport à l'aspect intrigant de l'interface sont considérablement positives. À la lumière de ces résultats, l'esthétisme physique du NUAGE ne fait pas débat. La forme ronde rigolote de l'outil et sa couleur jaune pimpante ont contribué à cela. Lors des discussions informelles, les participant-e-s ont mentionné l'aspect enfantin, coquin et espiègle du NUAGE. Certain-e-s l'ont comparé à un jouet. Cela contribue à la curiosité, au plaisir ressenti et à l'attraction éprouvée envers l'interface. Beaucoup ont mentionné l'envie de toucher l'interface, de jouer avec elle.

L'esthétisme des interactions de l'artiste-performeur avec le NUAGE n'a pas été évalué directement par les post-questionnaires aux participant-e-s. Il était plutôt question de la visibilité des actions posées sur l'interface, de la compréhension de celles-ci et de l'expressivité de l'artiste-performeur. Les gestes de l'artiste-performeur ont été décrits précédemment comme étant de faibles amplitudes, modestement théâtraux et moyennement visibles. Les effets AV générés n'ont pas été perçus comme ayant un lien majoritairement compréhensible avec l'interface. Cette cohérence et résonance est à améliorer. Ainsi, l'esthétisme des interactions avec le NUAGE est un aspect à peaufiner. L'ajout de nouveaux moyens d'interaction avec l'interface est une solution. L'ajout de contrôles de type bouton-déclencheur et l'amélioration de la sensibilité du capteur d'orientation permettraient en sont des exemples. La visibilité des interactions est elle aussi à revoir.

3.4.3.5 Engagement

L'Engagement est le dernier élément identifié comme une intention de design pour la conception de l'interface NUAGE.

Les questions 1, 11, 12, 13, 14 et 15 évaluent le niveau d'engagement des participant-e-s-public envers la prestation. Tel que décrit à la section 1.4.5, la capacité de la prestation à attirer l'attention du public et à la maintenir favorise l'engagement de l'audience par rapport à une prestation. Les réponses à la question 11 démontrent que l'intérêt des participant-e-s-public est resté fort majoritairement constant tout au long de la performance. Les participant-e-s-public ont aussi en grande majorité apprécié la performance (question 1). Ces deux résultats démontrent un niveau d'engagement soutenu de la part des participant-e-s-public.

L'amélioration de certains points déjà mentionnés aux sections précédentes contribuerait à augmenter le niveau d'engagement des participant-e-s-public envers la prestation. L'amélioration de la visibilité de l'interface et de l'artiste-performeur, l'amélioration de l'affordance entre l'interface et le contenu généré, l'encouragement de la participation active du public et l'amélioration du niveau de contrôle et de maîtrise des outils par l'artiste-performeur en sont des exemples.

Les questions 26, 27, 28 et 29 permettent d'évaluer le niveau d'engagement des participants-artistes envers l'interface NUAGE. La maîtrise de l'interface et le sentiment de contrôle de la performance sont des éléments qui favorisent l'engagement d'un-e utilisateur-trice. Dans leurs réponses au post-questionnaire, les participants-artistes étaient neutres quant à leur niveau de maîtrise de l'outil (question 26). Ils étaient «plutôt d'accord» et «neutre» au sujet des affirmations sur la complexité de l'outil et sur leur sentiment de contrôle de la performance (questions 27 et 28). Cela ne dénote pas d'un niveau élevé d'engagement envers l'interface.

Afin d'améliorer l'engagement des participants-artistes envers le NUAGE, une plus longue période d'expérimentation avec l'interface avant la performance serait bénéfique. La répétition et la pratique permettraient aux artistes de mieux comprendre et connaître les possibilités de

contrôle de l'interface. Cela leur apporterait un niveau de confort et de confiance qui favoriserait un plus grand engagement envers l'interface.

3.4.4 Propositions d'améliorations au prototype

Cette section résume les améliorations à apporter au prototype de l'interface NUAGE. Il s'agit de recommandations pour la conception d'une future itération de l'interface.

Premièrement, la robustesse du NUAGE est à améliorer. La technique d'assemblage du NUAGE, qui consiste à coller ensemble deux demi-parties de silicone, contribue à la fragilité de l'interface. Les fils qui sortent du NUAGE pour aller se brancher à la plateforme de prototypage WiDig diminuent également la robustesse de l'interface. Pour améliorer la robustesse de l'interface, il faudrait donc revoir la conception matérielle de celle-ci. Une option serait d'intégrer les fils et le WiDig à l'intérieur du NUAGE. Il faudrait également réduire la surface de collage ou alors intégrer la forme du NUAGE en un seul morceau qui n'aurait pas besoin d'assemblage.

Deuxièmement, certains éléments de convivialité de l'interface sont à améliorer. D'abord, les participants-artistes ont mentionné avoir éprouvé de la difficulté à se rappeler à quelle bulle ils avaient assigné leurs différents effets AV. L'ajout de repères visuels ou tactiles, tels que des couleurs ou des textures différentes, sur chacune des bulles permettrait de les différencier plus rapidement. Aussi, l'ajout de rétroactions tactiles ou visuelles lorsqu'une pression est appliquée sur l'interface permettrait plus d'affordance au NUAGE. Cela pourrait se faire en ajoutant des DELs à l'intérieur de chacune des bulles et faire varier leur intensité lumineuse lorsqu'une pression est appliquée sur une bulle. Ensuite, comme mentionné précédemment, les participants-artistes ont évoqué le besoin d'ajouter des contrôles de type bouton-déclencheur au NUAGE. Cela apporterait plus de possibilités de contrôle à l'interface.

Lors des discussions informelles, les participants-artistes ont évoqué que le processus de configuration et de mise en marche de l'interface était complexe. La conception d'une application de configuration simplifiée et centralisée faciliterait le processus de mise en marche du NUAGE.

Finalement, la fluidité des données transmises par le NUAGE pourrait être améliorée. Afin de lisser les données transmises, un filtre pourrait leur être appliqué. Une autre méthode serait d'augmenter la fréquence d'échantillonnage des données des capteurs.

3.4.5 Propositions d'améliorations à la scénographie de la prestation

La méthodologie DLAA prend en compte la perception de l'audience comme critère dans la conception des interfaces tangibles AV. L'expérience de l'audience est nécessairement influencée par la scénographie de la prestation au cours de laquelle une interface est utilisée. Ainsi, cette section propose quelques améliorations à la scénographie de la prestation de l'œuvre des participants-artistes. Ces propositions sont tirées de l'analyse des résultats de l'expérimentation ainsi que des discussions informelles avec tou-te-s les participant-e-s.

D'abord, lors des discussions, il a été question du manque de compréhension du rôle de l'artiste-performeur et de son interface dans la manipulation du contenu généré. Ce manque de compréhension pourrait être comblé de diverses façons. Au début de la prestation, l'artiste-performeur pourrait par exemple expliquer le fonctionnement sommaire de son interface. Cette explication pourrait aussi être remise au public sous forme de pamphlet. Une autre option serait l'ajout du contrôle des effets sonores qui engendrerait une compréhension plus grande du lien entre l'interface et le contenu généré. Finalement, l'artiste-performeur pourrait faire participer le public à la prestation. Ainsi l'audience serait en mesure d'expérimenter par elle-même avec l'interface et d'interagir avec le contenu généré.

Le manque de visibilité de l'artiste-performeur, de ses gestes et de son interface est un point de discussion notable qui a été soulevé plusieurs fois lors des séances d'expérimentation. La mise en valeur de l'artiste-performeur, par exemple en le surélevant sur une plateforme ou par l'ajout d'éclairages scéniques, contribuerait à augmenter sa visibilité. Demander à l'artiste-performeur d'exagérer ses gestes avec l'interface engendrerait plus de visibilité à ceux-ci et apporterait plus d'expressivité et de théâtralité à la performance. Cela favoriserait l'engagement de l'audience envers la performance.

CONCLUSION

En situation de spectacle performatif audiovisuel, la présence scénique des artistes-performeur·euse·s et de leurs outils de création est souvent transparente.

Principalement des interfaces graphiques traditionnelles, les outils utilisés lors des performances AV ne permettent qu'une interaction limitée avec le public. Les gestes des artistes-performeur·euse·s sont souvent cachés derrière un ordinateur. Cela peut minimiser la compréhension du public par rapport au rôle de l'artiste et de ses actions. De cela résulte une diminution de l'engagement du public envers la prestation.

Ce mémoire propose les interfaces utilisateurs tangibles comme une alternative aux habituels GUIs. Les TUIs favorisent une plus grande visibilité et expressivité des artistes. Ils permettent également des possibilités d'interaction plus nombreuses avec le public. La littérature scientifique ne détaille toutefois pas comment concevoir des interfaces qui répondent aux critères particuliers des performances mariant l'audio et le vidéo dans un but artistique. Elle ne détaille pas non plus comment répondre aux besoins propres des artistes et de leur audience en termes d'outils AV.

Répondant à ces manques, ce mémoire a présenté une systématisation du processus de conception des interfaces performatives AV basé sur les concepts de l'interaction tangible. Cette systématisation a ensuite été mise en œuvre par la conception et l'évaluation expérimentale d'une interface AV originale, le NUAGE.

Le premier chapitre a présenté une revue de la littérature exhaustive. Cette revue a permis la conceptualisation d'une approche méthodologique de design des interfaces tangibles performatives AV. Cette nouvelle approche méthodologique, nommée DLAA, prend racine à travers les cinq grandes intentions de design qui ont été identifiées : l'Expressivité, la Performativité, la Participation, l'Esthétisme et l'Engagement. Ces intentions de design reflètent les objectifs à accomplir dans la conception des interfaces AV. Les outils performatifs AV développés doivent

donc permettre la transmission de ces intentions. Ces cinq intentions identifient les besoins particuliers des artistes et du public en matière d'outils AV.

La revue de la littérature du chapitre 1 a également permis la définition d'une taxonomie originale classifiant les divers types d'interfaces tangibles AV. Les catégories suivantes ont été proposées : les surfaces ou tables interactives («Interactive Surfaces or Tabletops»), les interfaces avec jetons et contraintes («Token + Constraints»), les assemblages et constructions («Constructive Assemblies»), les interfaces à pression tactile variable («Pressure-Based Interfaces»), les interfaces portables («Wearables»), les interfaces à base de mouvement («Motion-Based Interfaces») et les instruments communs augmentés («Augmented Common Instruments»). Cette classification taxonomique est mise en relation dans le texte avec les différentes intentions de design. Cette qualification relationnelle permet l'identification rapide des critères de conception des interfaces AV. Elle permet également une meilleure compréhension de la façon dont les différents aspects matériels des interfaces peuvent répondre aux besoins particuliers des artistes et de leur public.

Le chapitre 1 fait également la revue des différentes méthodes d'évaluation des interfaces tout en recommandant celles qui sont appropriées pour les interfaces performatives AV. La méthodologie développée au chapitre 1 a comme objectif de servir de base structurante dans l'élaboration du design des interfaces performatives AV. L'approche a mis l'accent sur le besoin d'étudier les interfaces du point de vue de leur utilisateur·trice direct·e, dans le cas-ci les artistes, et a également mis l'accent sur l'importance de les étudier du point de vue de l'observateur·trice, dans le cas-ci l'audience.

Afin de mettre en œuvre et valider la méthodologie proposée au chapitre 1, une nouvelle interface originale nommée NUAGE a été conçue. Le chapitre 2 a présenté la conception et l'implémentation matérielle du prototype d'interface NUAGE. L'interface NUAGE est une interface AV tangible à pression tactile variable et à base de mouvement. Elle implémente deux

des types d'interfaces de la taxonomie et a été conçue pour répondre à toutes les intentions de design DLAA.

Le prototype d'interface NUAGE a été évalué en contexte réel d'utilisation au moyen d'une expérimentation avec participant-e-s humains. Le chapitre 3 a présenté le protocole d'expérimentation ainsi que les résultats. Deux participants-artistes ont créé une œuvre AV immersive contrôlée par le NUAGE. L'œuvre a été présentée à la SAT devant des participant-e-s-public. Les données d'appréciation de la performance et de l'interface ont été récoltées au moyen de questionnaires et de discussions informelles. Le développement du protocole d'expérimentation, des formulaires de questions et des sujets de discussion a été guidé par la méthodologie DLAA et les cinq intentions de design. L'analyse des résultats de l'expérimentation a permis de proposer des améliorations au prototype ainsi qu'à la prestation de l'œuvre créée par les participants-artistes.

La méthodologie DLAA a permis d'obtenir des critères clairs pour la conception et l'évaluation du NUAGE. Elle a simplifié et systématisé ces deux processus. Les résultats de l'expérimentation démontrent que le NUAGE a plusieurs qualités qui répondent aux besoins des artistes et de leur public. La méthodologie a donc permis d'obtenir un prototype d'interface AV original, pertinent et qui sort des sentiers battus.

En conclusion, ce mémoire a su créer des ponts entre les recherches en interaction humain-machine et les domaines artistiques. Il fournit une meilleure compréhension de la façon dont les artistes et le public interagissent avec les outils performatifs audiovisuels et il établit une plate-forme pour de futures recherches au sujet des systèmes tangibles artistiques.

RECOMMANDATIONS ET TRAVAUX FUTURS

Considérations techniques

Il est important de noter que l'interface NUAGE a été développée dans le but spécifique de tester la méthodologie de conception DLAA. Il s'agit d'un prototype élémentaire qui, pour les fins de cette étude, n'avait pas besoin d'être robuste. Peu de considérations ont été portées à ses qualités technologiques puisqu'il s'agissait d'une première itération du prototype. Dans l'optique de réutiliser l'interface lors de productions audiovisuelles ou même dans l'optique d'en faire un prototype de qualité commerciale, une évaluation technique de l'interface serait de mise.

Concernant les aspects électroniques de l'interface, plusieurs éléments seraient à revisiter. D'abord, des tests de performance devraient être réalisés. Il serait intéressant de mesurer la latence du système et de la minimiser. Il serait aussi pertinent de tester différentes méthodes de lissage des données et de déterminer la fréquence d'échantillonnage idéale des capteurs. L'interopérabilité de l'interface devrait également être évaluée. Bien que la méthode de transmission des données par OSC via WiFi ait permis l'interconnexion facile entre l'interface et plusieurs logiciels de conception sonore et visuelle, d'autres protocoles de communication pourraient être testés. Finalement, la consommation électrique du système devrait être mesurée et minimisée.

Ensuite, une évaluation des qualités ergonomiques et physiques de l'interface serait pertinente. Il s'agirait de revoir la grosseur et le positionnement de chacune des bulles et d'étudier la possibilité de réduire ou d'augmenter leur nombre. La grosseur générale de l'interface ainsi que son poids devraient être analysés. Le choix des matériaux devrait aussi être réévalué. Finalement, il serait important d'effectuer des tests de solidité et d'impact avec l'interface.

Recommandations par rapport à l'expérimentation

La présente recherche a présenté une expérimentation utilisant une méthodologie qualitative d'évaluation basée sur des questionnaires et des discussions informelles. Comme mentionné à la section 1.6, ces méthodes subjectives d'évaluation peuvent engendrer des résultats biaisés. L'utilisation de critères quantitatifs, par exemple par la prise de mesures physiologiques autant sur les participants-artistes que les participant-e-s-public tout au long de la prestation, permettrait une évaluation future plus objective. La réalisation d'une étude comparative entre une performance contrôlée par une interface tangible et une deuxième même performance contrôlée uniquement par une interface graphique serait également pertinente.

Ce mémoire s'est concentré sur la conception d'interfaces AV généralistes, sans regard au contexte spécifique de la présentation artistique et sans regard aux propos de l'œuvre qui les utiliserait. Au cours de l'expérimentation, on a pu constater que l'environnement et le mode de présentation en dôme intégral avaient influencé la perception et l'appréciation de l'audience envers les outils utilisés par les artistes et envers la performance en général. Les performances artistiques AV comptent plusieurs médiums de présentation possibles. Pensons aux projections sur des monuments architecturaux autant que sur des toiles de projection planes ou, comme dans le cas de l'expérimentation du chapitre 3, dans un format de dôme immersif. Dans une future recherche, il serait intéressant de reprendre l'expérimentation dans un autre environnement, ou dans une scénarisation différente de l'œuvre pour comparer les résultats. Plus globalement, il serait intéressant de s'attarder aux méthodologies d'évaluation propres aux différents médiums de présentation.

Travaux futurs

Ce mémoire a permis une première collaboration multidisciplinaire entre les professeurs Ghyslain Gagnon et Yan Breuleux. Faisant suite aux résultats de l'expérimentation présentée dans ce

mémoire, un nouveau projet de recherche-création est en cours. Ce projet interinstitutionnel est dirigé par le professeur Yan Breuleux et réunit Ghyslain Gagnon, la professeure Myriam Boucher de la Faculté de musique de l'Université de Montréal et plusieurs de leurs   tudiant  s.

Le projet, intitulé Nuages, mènera à la création d'une nouvelle performance AV pour le dispositif de projection en dôme intégral de la SAT. Il présentera une itération améliorée de l'interface NUAGE ainsi qu'une version plus longue et bonifiée de l'œuvre immersive «Close to me». Inspirée par la métaphore l'interface et du nuage, la performance AV présentera diverses simulations interactives de nuages et différentes stratégies de visualisation du son. L'œuvre, d'une durée d'environ trente minutes, comportera six tableaux qui exploreront la métaphore sous toutes ses formes. Par exemple des nuages de données («dataclouds»), de points («pointclouds»), de son («soundclouds»), de gaz et volumétriques («3D clouds») seront modélisés. La figure 4.1 présente quelques inspirations et tests visuels réalisés à la SAT pour le projet Nuages. L'interface tangible NUAGE permettra entre autres de contrôler les mouvements de caméra et de transformer les formes générées dans l'espace de projection du dôme.

Ce nouveau projet vise à étudier les relations entre la narrativité d'une interface et le processus de composition en temps réel de formes audio et visuelles procédurales. Il mettra en place les conditions nécessaires au développement futur d'un protocole d'évaluation des expériences immersives en format de dôme intégral.

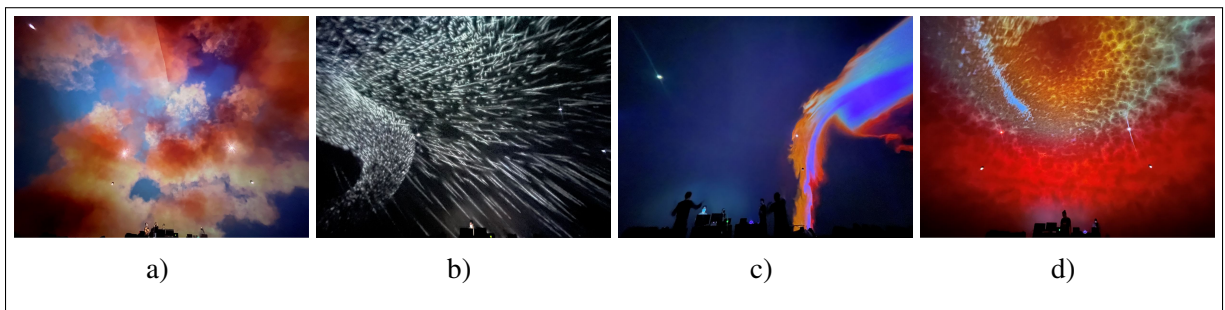


FIGURE 4.1 Inspirations et tests visuels du nouveau projet Nuages

ANNEXE I

NUAGE : A DIGITAL LIVE AUDIOVISUAL ARTS TANGIBLE INTERFACE

Marie-Eve Bilodeau¹ , Ghyslain Gagnon¹ , Yan Breuleux²

¹ Département de Génie Électrique, École de Technologie Supérieure,
1100 Notre-Dame Ouest, Montréal, Québec, Canada H3C 1K3

² École des arts numériques, de l'animation et du design, Université du Québec à Chicoutimi,
1501 rue de Bleury, Montréal, Québec, Canada H3A 0H3

Article accepté en février 2022 pour publication à l'«International Symposium on Electronic Art 2022»

Abstract

This paper presents a literature review rooted in Human-Computer Interaction research as the methodological basis for the proposal of a tangible interface called NUAGE. It is aimed at artists, performers and designers in the research field of Digital Live Audiovisual Arts.

Audiovisual performance combines musical and video arts together in a live artistic context. Tools to create such performances are often only software and do not provide the artists a wide range of interaction possibilities. A show where the performer's actions are hidden behind his/her computer screen can be visually less interesting. To provide guidance to designers and help them branch out from the traditional graphical user interfaces, we propose a different and structured design approach, Digital Live Audiovisual Arts, that builds upon Tangible Interaction concepts. We map Digital Live Audiovisual Arts by investigating its distinctive design intentions (expressiveness, performativity, participation, aesthetics and engagement) and proposing interface types taxonomy. To implement and validate this novel methodology, we developed NUAGE, an original performative interface. We thus bring together different perspectives on understanding Human-Computer Interaction and set a platform for future research on artistic tangible systems.

1. Introduction

Software-based music and video applications are widely used, easily accessible and have introduced new sounds and possibilities. However, a “Laptop Show”, where the actions of the performer are hidden behind a screen, is definitively less interesting and comprehensive for an audience than seeing an artist perform with a complex instrument (Lew, 2004; Pedersen & Hornbæk, 2009). As wittily highlighted by Klemmer *et al.* (2006), how can the audience know that “*the performer is not just checking his email?*” .

Aside from computers, new kinds of hardware tools have been developed to support and enhance audiovisual (AV) performers practice. Examples are the reacTable (Jordà *et al.*, 2007), the Live Cinema Instrument (Lew, 2004) and the uPoi (Sheridan & Bryan-Kinns, 2008). Those interfaces seem to be a good alternative to laptops, providing more visibility and affordance to AV performances. However, hardware tools are not as easily accessible as software tools. Artists who make their own tools are often self-taught and may not have proper knowledge on how to build such interfaces. Moreover, there is a lack of scientific literature identifying the particular design requirements of AV instruments (Moody, 2009).

This paper addresses this problem by presenting a new promising approach, Digital Live Audiovisual Arts (DLAA). DLAA is a methodology that provides designers, artists and makers a structured understanding of the design needs of AV performative instruments. This, we hope, will foster research and design to branch out from the common computer interfaces and develop better suited and accessible interaction devices for both the user and the audience.

The following sections aim to map the novel DLAA approach. We start by defining its conceptual foundations to give the reader a better understanding of its main concepts. We then present the DLAA design approach by identifying the distinctive intentions that can be achieved using tangible interfaces as performative AV instruments. Next, we introduce the DLAA taxonomy to identify the different design implementation types.

In the last section of this paper we put the DLAA methodology into action. We present NUAGE, an original AV interface developed using the DLAA approach. NUAGE is an interface made to control audio and video content in a live, real-time context. A picture of the interface can be seen in Figure I-1. NUAGE is aimed to be used by an artist during a performance in front of an audience. The prototyping of the interface allowed us to test and validate the DLAA method.



Figure-A I-1 NUAGE interface prototype during audiovisual tests

2. Digital Live Audiovisual Arts

DLAA is a novel design approach that builds upon Tangible Interaction principles to guide the development of AV performative instruments.

Tangible Interaction takes its roots in Ishii & Ullmer (1997) own updated vision of Human-Computer Interaction (HCI). In 1997, they introduced the concept of Tangible User Interfaces (TUIs). Different from the traditional Graphical User Interfaces (GUIs), where “painted bits” on a screen are controlled by a mouse, a keyboard or a tactile interface, TUIs aimed for a more engaging and seamless relationship with the digital world. Ishii’s “tangible bits” concept focus on the physical representation of digital information, exploiting the richness of possible interfaces given by the “real” physical world (Ishii & Ullmer, 1997).

Building upon those concepts, Hornecker & Buur (2006) Tangible Interaction framework focus less on the design of the visible interface but on the design of the interaction itself . Apart from Ishii data-centered viewpoint on tangibles, their vision also includes action-centered viewpoints like movement, body and space centered interaction design. Tangible Interaction is an umbrella term describing an interdisciplinary research field encompassing HCI, Computer Science, Product and Industrial Design and Interactive Art studies, among others (Hornecker, 2015). Hornecker and Buur described the characteristics of such systems and interfaces with four main design principles : tangibility and materiality, physical embodiment of data, bodily interaction and real space embeddedness (Hornecker & Buur, 2006). The proposed model is thus based on these concepts.

The term “Digital Live Audiovisual Arts” is used in this paper in a nod to the term Digital Live Art (DLA) that was proposed in Sheridan *et al.* (2007) paper and described as “*the intersection of live art, computing and human-computer interaction*” . By adding the “Audiovisual” term to DLA we bring together the notions of real-time AV performance, Tangible Interaction, Human-Computer Interaction, User Experience, computer-based art and artistic intent. DLAA has the particularity to combine different artistic design intentions such as expressiveness, performativity, participation, aesthetics and engagement under a single and common approach in cohesion with AV performances design requirements. Furthermore, it allows to study such intentions from the perspective of a direct user, the performer, and from the perspective of other people involved in the interaction, i.e. the audience.

3. Proposed Design Intentions Approach for Digital Live Audiovisual Arts

We present in this section our DLAA design approach structured by five main and distinctive design intentions : Expressiveness, Performativity, Participation, Aesthetics and Engagement. Those design intentions offer a wide perspective on the different goals a designer may want to achieve by developing AV performative instruments. While the design of Tangible Interaction systems has been studied before to pursue each of those intentions individually (examples are : (Hummels *et al.*, 2003; Jordà *et al.*, 2007; Newton-Dunn *et al.*, 2003; Petrelli *et al.*,

2016; Ross & Keyson, 2007; Sheridan & Bryan-Kinns, 2008; Wyeth, 2008)), DLAA has the particularity to bring all those key intentions together under a single and common approach that offers conceptual design guidance. Furthermore, it allows to study such intentions from a direct user's perspective and from an observer's perspective.

The five DLAA design intentions are defined in the following subsections. Examples and explanations on how they can be enhanced by Tangible Interaction guiding concepts are provided. Table I-1 offers a summary on how those principles (physical embodiment of data, materiality, affordance, real-space embeddedness, bodily interaction) apply to the design intentions approach.

Tableau-A I-1 Summary of the Digital Live Audiovisual Arts Design Intentions Approach

Design Intentions	Expressiveness	Performativity	Participation	Aesthetics	Engagement
Tangible Interaction principles	Affordance Physicality Liveness Individuality Complexity	Visibility Intuitiveness Unobtrusiveness Flexibility Intriguingness	Collaboration Modularity Controllability Understandability Multi-user	Attractiveness Enjoyment Resonance Coherence Appeal	Representativity Attention Involvement Usability Endurability

3.1 Expressiveness

Expressiveness can be described as the ability to transmit one's emotions and intentions through his/her action. Expression is achieved in various ways with TUIs.

By analysing VJ practice, Hook *et al.* (2011) identified how TUIs help the artist express him/herself. They identified themes linked to affordance, physicality and the importance of liveness in the practice.

Ross & Keyson (2007) developed principles for designing expressive tangible interfaces. The context and the nature of the interaction, as well as the different physical properties of the interface can enable creativity and expression in various ways. The authors give the example of a door, which can be hardly slammed or softly closed to express different emotions. They also highlighted how expressiveness is subjective and that it may be experienced differently by one another. Therefore, such individualism should be considered, allowed and maybe enhanced by the interface.

Correia & Tanaka (2014) interviews with AV performers highlighted the fact that artists want *“to be able to make visuals “like a musician” and the desire to play an AV tool with the same expressivity and fluency as a traditional musical instrument.”* The fact that the interface must be easy to use and flexible is also a way to make it expressive. On the other hand, complex interface can allow the user to become skilled and therefore explore and be creative (Hook *et al.*, 2011).

3.2 Performativity

Performance is another key concept of DLAA. Hornecker & Buur (2006) stated that :

“Performativity implies that the detailed HOW of doing something is an integral part of the action’s communicative effect. [. . .] As an aside, performativity can be enhanced by tangible manipulation, as the material objects are visible as well and may require large movements”.

TUIs benefit to performance in various ways. Sheridan & Bryan-Kinns (2008) proposed guidelines on how to design interactive tangibles for performance. Focusing on live and in-the-field performance, they iteratively design the uPoi and came up with six requirements. The design must be Intuitive (Responsive), Unobtrusive, Enticing (Visible and Attractive), Portable, Robust and Flexible (Controllable).

The studies of Correia & Tanaka (2014) showed that the majority of artists are concerned about whether or not the audience understands and feels the liveness of their practice. The VJacket (Zingerle & Freeman, 2011), was designed to enhance a VJ’s performance, making his/her movement connected with the video and therefore more visible to the audience.

Paradiso (2017) explains how tangible modular synthesizer attract the audience in shows . The researcher stated that the sight of such an intriguing and complex instrument fascinates the public, which is indeed great for a performance. Jordà (2008) also stated that the visual feedback given by the reacTable brings *“the physical performance back to live computer music”*. This helps the public understand the performance.

3.3 Participation

The participation DLAA design intention illustrates the relation between different artists that perform and create together. Participation also highlights the importance of the relation between the artist and the audience. The following examples demonstrate how some particularities of Tangible Interaction can contribute to this intention.

3.3.1 Collaboration between artists

Like highlighted by Jordà (2008), few musical instruments are multi-user, still, music is well known to be a group (or band) . The design of TUIs can address this issue. The reacTable (Jordà *et al.*, 2007), is an example of novel musical instrument explicitly made to promote collaboration. Its multi-user and shared-control tabletop interface enhance participation. Many researches state that tabletops are well suited for collaboration and a lot of collaborative tangible tools are based on that same principle (Shen *et al.*, 2003; Tang *et al.*, 2006).

The Polymetros (Bengler & Bryan-Kinns, 2013) is another example of musical instrument that promotes collaborative music-making. Developed for a wide and novice public, it consists of several illuminated buttons panels connected to a central hub. The physical presence of the individual alike panels as well as their disposition around the central hub invites to collaboration. The authors identified that the “sense of control” over their own contribution is very important for participants in a collaborative process. Each participant must be able to easily identify what they individually bring to the performance and what other participants individually add too. This can be achieved with clear visual and audio feedbacks related with the participants actions.

3.3.2 Audience shift from spectator to performer

Tangibles can enhance audience participation in different ways. Discussed earlier, visual feedback can help the audience appreciate their experience. Another way to enhance their experience is by letting them be a part of the performance.

Sheridan *et al.* (2007) framework categorised the different stages of the audience involvement in a digital live art context . They examined the transition between the audience's behaviors of "spectating", "participating" and "performing". Spectating can be described as a passive awareness that a performance is going on. The audience does not interact with the performance, is simply watching and might not understand what is going on. Participating starts when the audience engage with the performance, interacts simply with it even though they do not fully understand its frame. The performing stage arises when the audience has gained skills and understand the meaning of its actions. This is when the audience can start to express itself and be creative.

To favorize the transition from spectating to performing, it is important that the audience understand how they can interact with the performance. While testing the uPoi, Sheridan & Bryan-Kinns (2008) tried to rise the audience attention by costuming herself, making her prototype visually interesting and having experts already performing with the object. Taylor *et al.* (2009) reported that the intriguing nature of their tabletop video instrument attracted the audience to come try and play with it. To encourage participation, a clear, direct, real-time correlation must be understandable between the real-life interactions and the digital outputs of the TUI. Affordance here is the key ; some materials, sizes and shapes might suggest different interaction ways and outputs than others.

3.4 Aesthetics

Aesthetic is the affective appeal, perceived beauty, attractiveness and enjoyment we feel for certain characteristics of objects (Djajadiningrat *et al.*, 2007; O'Brien, 2008; Petrelli *et al.*, 2016).

Shaer *et al.* (2010) survey on tangibles identified aesthetics as a promising field of research in TUIs. Some researchers focused on the aesthetics of the physical elements of tangible objects, others on the aesthetics of interactions. The authors stated that "*arts-based research often aims for a poetic aesthetic that goes beyond form*".

Hummels *et al.* (2003) research on aesthetic tangibles focused on their resonant aspects . The appearance of an object must be coherent with its use, its purpose and its feedback. Petrelli *et al.* (2016) studied how the aesthetics of hybrid objects are perceived by humans. Objects mixing different sizes, shapes, materials and behaviours were evaluated to determine what impressions they gave to people. The researchers identified subjective attributes like “Interesting, Comfortable, Playful, Surprising, Pleasant, Special and Relaxing” to describe the objects. Their results show that certain aesthetics should be preferred to achieve certain impressions. Djajadiningrat *et al.* (2007) paper highlights that the visual appeal is not the only important aspect of aesthetics to consider when designing tangibles, the aesthetics of the interaction we have with the objects must also be considered.

3.5 Engagement

Engagement is the capacity of gaining one’s attention or devotion, maintaining it and doing it for a long period of time (Maleshkova *et al.*, 2016). Different factors constituting engagement are defined in O’Brien & Toms (2008) paper : perceived usability, aesthetic appeal, novelty, felt involvement, focused attention, and endurability.

In DLAA, we are interested in the artist engagement towards his/her tools and methods, but we are also interested in the audience engagement toward a performance in which the artist is using tangible digital instruments.

3.5.1 User engagement

Csikszentmihalyi (1997) flow theory propose that continued immersion and enjoyment comes from the balance between skills and challenges in one’s interaction. Building from this idea, the Wyeth (2008) framework describes how the balance of TUI attributes, its representational and control qualities, leads to a more engaging use of tangible systems. As previously seen in the expressive design intention section, complexity and flexibility of interface controls are qualities desired by artists. Again, the role of a strong representation of the digital data, whether in a

tangible or digital overlaying way allows for an affordable and intuitive understanding of the interface.

3.5.2 Audience engagement

Using appealing visible and comprehensible interfaces is also a good way to maintain the audience attention. In a laptop-based show, the audience may perceive the artist to lack of control over the occurring performance, due to his/her minimal or hidden actions. This can lead to a lost of interest and attention in the performance and therefore a lost of engagement (Pedersen & Hornbæk, 2009). Furthermore, encouraging the public to participate is way to make them feel involve in a performance. Those two ideas have been developed in the previous sections.

4. Digital Live Audiovisual Arts Interface Types

Building on previous categorisations of tangible systems (Ishii, 2008; Koleva *et al.*, 2003; Ullmer & Ishii, 2000; Ullmer *et al.*, 2005), the DLAA design approach proposes to structure the different tangible interface architectures possibilities in a way that applies more specifically to the peculiarities of AV performative systems. The following seven different interface types are proposed : Interactive surface, Constructive assembly, Token+constraint, Pressure-based interface, Wearable, Motion-based interface and Augmented common instruments. Figure I-2 illustrates such concepts. We added the concepts of pressure-based, wearables and motion-based interfaces to the already existing notions of interactive surface, constructive assembly and token+constraint systems. Our last category “augmented common instruments” is similar to the “augmented everyday objects” one presented by Ishii (2008) but is adapted to AV instruments. It is important to note that AV tangibles interfaces are not necessarily confined into those categories and can combine two or more types of architectures into one.

One goal of this categorisation is to highlight the wide set of design tools available to designers while creating an interface. It provides practitioners with an overview of the design possibilities within DLAA. This section will also highlight how certain types of interface foster the design

intentions mentioned in the previous section (see Table I-2). Thus, this will help designers to better communicate, justify and evaluate their design choices.

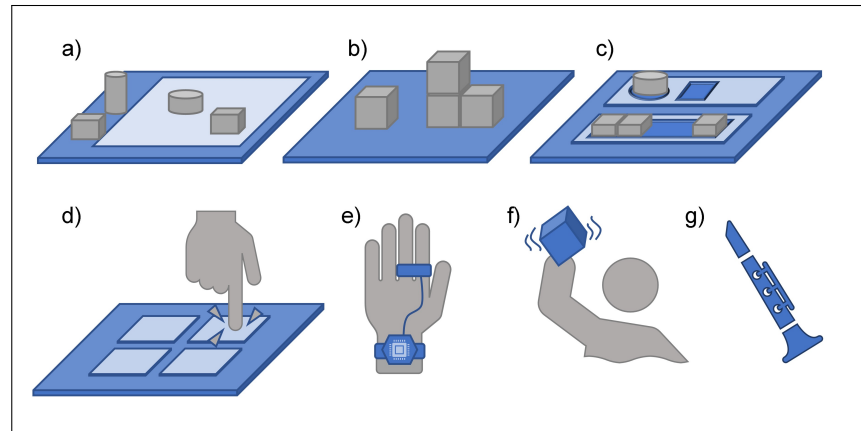


Figure-A I-2 Loose illustration of different types of interfaces : a) Interactive surface, b) Constructive assembly, c) Token+constraint, Inspired by Ullmer *et al.* (2005), d) Pressure-based interface, e) Wearable, f) Motion-based interface, g) Augmented common instrument

Tableau-A I-2 Implementation types and their associated design intentions

Design intentions / Implementation types	Expressiveness	Performativity	Participation	Aesthetics	Engagement
Interactive surface			X		X
Constructive assembly	X	X			X
Token+constraint	X				X
Pressure-based interface			X		X
Wearable	X	X		X	
Motion-based interface	X	X	X	X	
Augmented common instrument	X	X	X		

4.1 Interactive Surfaces or Tabletops

Typical tabletop tangible systems contain physical objects whose presence and movements are tracked on top of a graphically augmented surface (Ishii, 2008). Those types of tangibles are frequent in digital live arts, perhaps the most known example is the reacTable (Jordà *et al.*, 2007). Other examples are the mixiTUI (Pedersen & Hornbæk, 2009), the Audiopad (Patten *et al.*, 2002), the Media Crate (Bartindale *et al.*, 2009) and the VPlay (Taylor *et al.*, 2009).

4.2 Constructive Assemblies

This second type of interface is based upon building blocks and LEGO™. This architecture implies the modular construction of a system created by the physical connection of objects or by the near placement of such objects (Ishii, 2008). The AudioCubes (Schietecatte & Vanderdonckt, 2008) are one example of nearby constructive assembly. Digital modular synthesizer can be classed as constructive assembly. They consist of several different modules who have compatible hardware connectors, that when patched together enable various sounds. By adding different patch connections, the artist creates unique music. Building on this concept, block assembly mimicking the behaviour of modular have emerged like Block Jam (Newton-Dunn *et al.*, 2003) and the Patchblocks (Mindflood, 2019).

4.3 Token+Constraints

Ullmer *et al.* (2005) give a very exhaustive description of the token+constraint tangible interface type : *“tokens are discrete, spatially reconfigurable physical objects that typically represent digital information. Constraints are confining regions within which tokens can be placed”*. In this architecture, the physical tokens can be manipulated and associated within the spatial or mechanical constraints of the system. The LogJam (Cohen *et al.*, 1999) system is an example of such architecture.

4.4 Pressure-Based Interfaces

Pressure-based interfaces are systems that responds to a physical force applied on them or on their components. Pressure-based interfaces can be mechanical switches, like the common and simple push-buttons. They can also be reactive to impact or sense the amount of pressure applied on them. Examples are MIDI piano-like keyboards, pads and haptic sensors surfaces (Haken, 2019; Linn, 2019; ROLI, 2019). The Polymetros (Bengler & Bryan-Kinns, 2013) system is another example.

4.5 Wearables

Wearable systems are in continuous physical contact with the user's body, unlike others forms of interfaces (Picard & Healey, 1997). They can be used to track the user's movement, like for example in the VJacket project (Zingerle & Freeman, 2011), where sensors were integrated into clothing and the dancing movement of the user were used to interact with video projections. In the WaveForm system (Banerjee *et al.*, 2011), the glasses and gloves worn by the user are used by the system to track the position and the movement of the user. The in-air gestures of the user are used to control video animations on a distant display.

4.6 Motion-Based Interfaces

Motion-based systems react to the physical displacement, acceleration or movement of the interface. For example, the maracas-like Rhythmism systems (Iwata *et al.*, 2007) need to be shaken or turned to modify the visual effects on a video. The uPoi (Sheridan & Bryan-Kinns, 2008) generates different visual and sounds according to the acceleration of the instrument when swung around the body of the performer. The Ashitaka (Moody *et al.*, 2007) instrument reacts to its interface being stretched, twisted and moved around.

4.7 Augmented Common Instruments

This last type of interface is similar to Ishii (2008) description of "Augmented Everyday Objects" but is adapted to the domain of Digital Live Arts. Augmented Common instruments take the shape and features of pre-existing artistic objects but are digitally augmented. Examples are the MIDI keyboards and electronic wind instruments (AKAI, 2019; Roland, 2019; SOMA, 2019).

4.8 Interface types and DLAA design intentions

Table I-2 highlights the prevalent implementation types usage for the realisation of the different DLAA design intentions. For example, the collaborative aspect of interactive surfaces has already been demonstrated several times (Shen *et al.*, 2003; Tang *et al.*, 2006). Also, wearable

and motion-based interfaces may provide more visibility to the interaction and therefore enhance performativity. Interfaces requiring precise motions and constant attention such as constructive assembly and Token + constraints can allow for more engagement. Table I-2 is to be used as a guide and taken with a pinch of salt since many different factors other than implementation types can contribute to the fulfillment of the design intentions. Other interface characteristics to consider, such as complexity and affordance, have been previously discussed in the design intentions section.

5. NUAGE Prototype

To put the DLAA methodology into action, we developed NUAGE, a tangible interface that controls audio and video content in a live, real-time and performative context.

We aimed at developing an accessible interaction device for both audiovisual artists and their audience. The DLAA approach provided a structured understanding of the peculiar design requirements of such AV performative instruments.

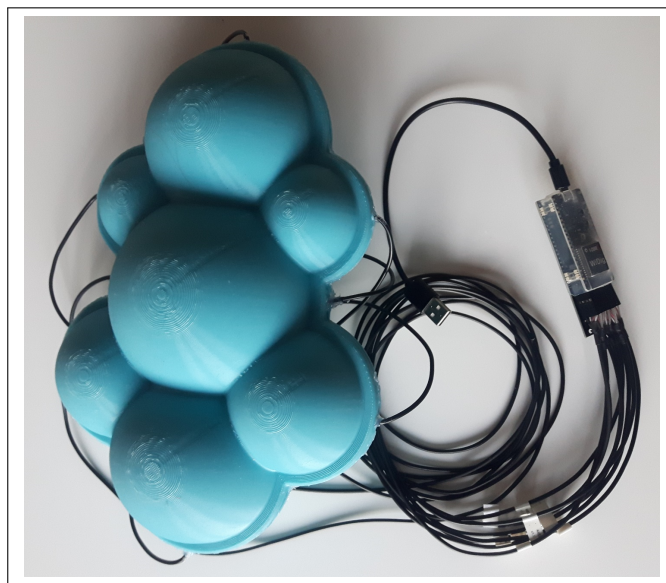


Figure-A I-3 Picture of the NUAGE interface prototype and it during audiovisual tests

DLAA's design intentions guided the NUAGE implementation choices of appearance and functionality.

The proposed prototype, pictured in Figure I-3, is a mix of the pressure-base and motion-based type of interface described in the previous section of this paper. It takes the shape of a squeezable cloud that can be hold in the hands of the user and freely moved around. Pressing on the different parts of the cloud and moving it around controls various audio and video effects.

The quirky and colourful appearance of the NUAGE makes it visually attractive and intriguing for both the audience and the user. This, as explained before, enhances performativity, engagement and meets the aesthetics design intention.

The intuitive usability of the interface leads to a greater engagement of the user. Indeed, pressing the interface is an intuitive action due to the softness of the material it is made of. The expressiveness and participation design intention are achieved due, among other things, to the possibility of moving the NUAGE around.

Therefore, the combination of the pressure and motion types of interfaces in addition to its visual and physical aspects allows NUAGE to meet all of the presented DLAA design intentions for audiovisual instruments.

5.1 System Architecture

NUAGE is a 3D silicone structure composed of seven adjacent hollow spheres or bubbles. Each of these independent hollow bubbles are equipped with a barometric air pressure sensor inside. An orientation sensor is also placed in the center of the interface. The sensors are connected to a microcontroller that sends the output values to a computer via WiFi and the Open Sound Control (OSC) communication protocol.

An external audiovisual content creation software, for example TouchDesigner or Max/MSP, can then receive the sensor values and generate different video and sound effects. This process is illustrated in figure I-4.

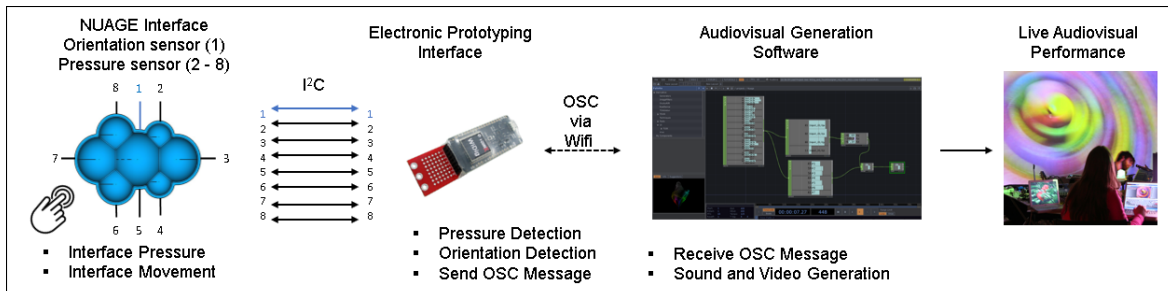


Figure-A I-4 Fonctional diagram of NUAGE prototype interface

Squeezing a bubble changes the air pressure inside of it. Therefore, this action could, for example, make the colour of an image change. Moving the interface and turning it around changes the output orientation values, this could perhaps change the rhythm of a music piece.

5.2 Creation of the prototype

In order to make the interface squeezable, the physical structure of the prototype is made out of silicone. To obtain the desired shape, a mold assembly in which the silicone was poured was developed.

The mold assembly is composed of two pieces, a base and a top cover. It is 3D printed. Pouring liquid silicone into the base, then closing the assembly with the top cover creates a half hollow section of the NUAGE. The NUAGE prototype is made of two sections of cast silicone. The sensors are inserted inside each bubble as shown in figure I-5. The two sections are then glued together to create hollow bubbles.

The hardware implementation of the prototype was done with the I-CubeX (2021a) line of products. The electronic prototyping platform used is the WiDig (I-CubeX, 2021d). It has 8 sensors inputs and it sends and receives OSC message via WiFi. The orientation sensor placed at the center of the interface is an Orient4D sensor (I-CubeX, 2021c). It is connected to the first input of the WiDig. The air pressure sensors placed inside each of the seven bubbles are connected to the inputs two to eight of the WiDig. They are Air2D sensors (I-CubeX, 2021b).

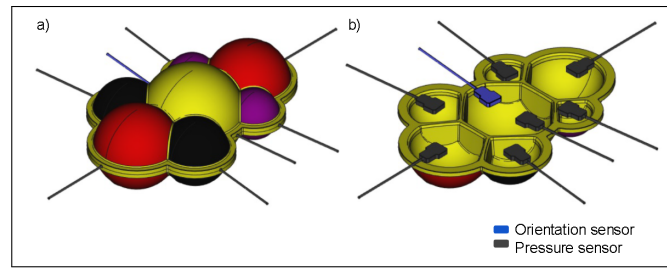


Figure-A I-5 Technical drawing of a perspective (a) and sectional (b) view of the interface and sensor assembly

5.3 NUAGE in action

The NUAGE prototype was used to create a live AV performance that will be presented at the Montreal Société des Arts Technologiques. The interface controls the audio synthetic generation and video projection on the immersive dome of 18-meter. The artist, at the center of the room, will only use the NUAGE, squeezing it and moving it around, to create a 360 immersive experience for the audience. Video capture of the event will be available here : <https://bit.ly/3jq5Eei>. This performance will be a great moment for an in-the-field evaluation of the prototype.

6. Conclusion

This article presented DLAA, a novel approach to the design of performative AV instruments based on Tangible Interaction principles. We have seen how the key concepts of Tangible Interaction are applied in a distinctive way by DLAA. In order to map this approach, we detailed its peculiar design aspirations, characterised its interface types. We also presented the NUAGE prototype that implemented the DLAA methodology. This paper emphasized that the interaction with an interface should not only be studied from the point of view of the direct user but should also be studied more broadly if other people are involved in the interaction. Few researches consider the audience reaction to a performer using a tangible system, which takes a strong role in our DLAA approach. Future work should focus on investigating the audience understanding and perception of the performers' actions.

In conclusion, DLAA gives a better comprehension and perspective on how both the artists and the public interact and appreciate AV Tangible Interaction systems. It also structures, guides and systematizes the design process of such instruments. It provides designers with an alternative design approach that can be used in many different and artistic fields.

ANNEXE II

DESSINS TECHNIQUES

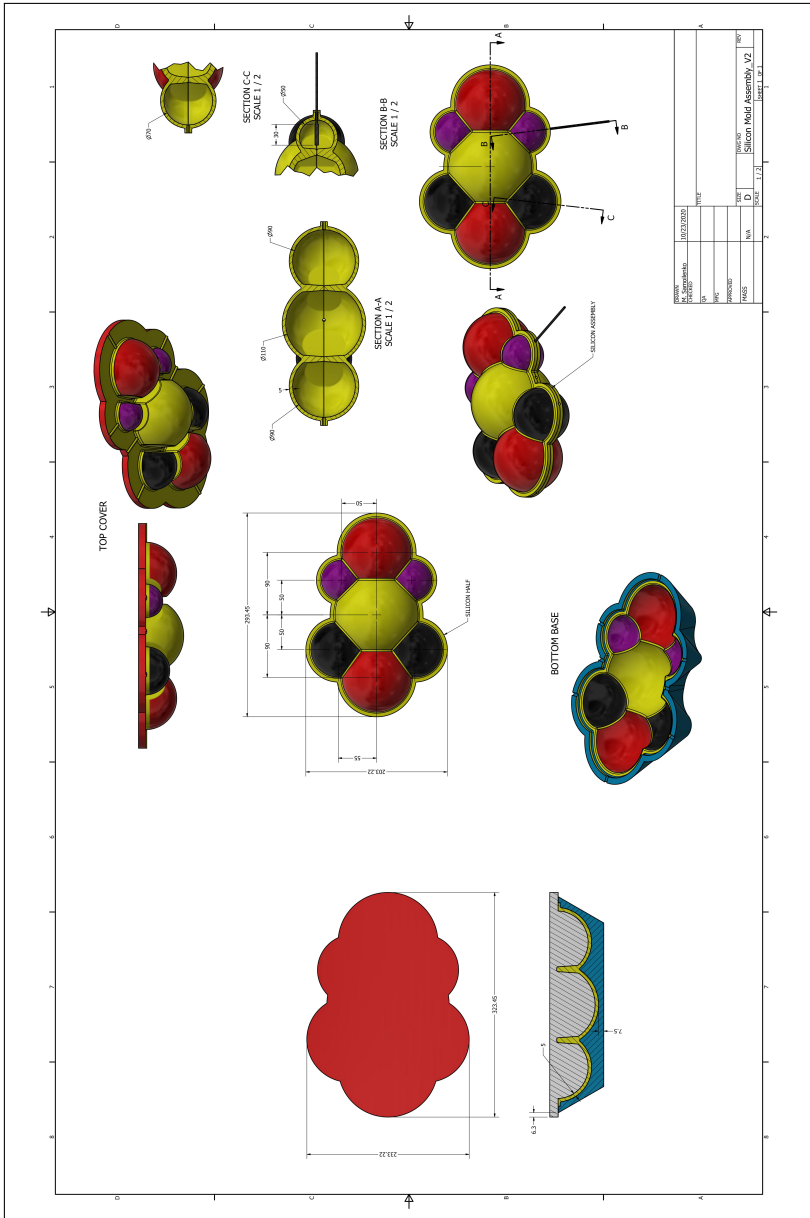


Figure-A II-1 Dessin technique de l'assemblage du moule et de la structure de silicone résultante, réalisé par Mykhailo Samoilenko

LISTE DE RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AKAI. (2019). EWI Series, Electronic Wind Instruments. Repéré à <https://www.akaipro.com/products/ewi-series>.
- Alexander, A. & Collins, N. (2017). Live Audiovisuals. Dans *The Cambridge Companion to Electronic Music* (éd. 2, ch. 7, pp. 123–137). Cambridge University Press.
- Baldassarri, S., Cerezo, E. & Beltrán, J. R. (2017). Immertable : a configurable and customizable tangible tabletop for audiovisual and musical control. *Proceedings of the XVIII International Conference on Human Computer Interaction*, pp. 32.
- Banerjee, A., Burstyn, J., Girouard, A. & Vertegaal, R. (2011). WaveForm : remote video blending for VJs using in-air multitouch gestures. *CHI'11 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*, pp. 1807–1812.
- Bartindale, T., Hook, J. & Olivier, P. (2009). Media Crate : tangible live media production interface. *Proceedings of the 3rd International Conference on Tangible and Embedded Interaction*, pp. 255–262.
- Bengler, B. & Bryan-Kinns, N. (2013). Designing collaborative musical experiences for broad audiences. *Proceedings of the 9th ACM Conference on Creativity & Cognition*, pp. 234–242.
- Bilda, Z., Edmonds, E. & Candy, L. (2008). Designing for creative engagement. *Design Studies*, 29(6), 525–540.
- Birnbaum, D., Fiebrink, R., Malloch, J. & Wanderley, M. M. (2005). Towards a dimension space for musical devices. *Proceedings of the 2005 conference on New interfaces for musical expression*, pp. 192–195.
- Catala, L. (2010). Live Practices, what the words means. *MCD Live A/V Performances Audiovisuelles*, HS 4.
- Cohen, J., Withgott, M. & Piernot, P. (1999). Logjam : a tangible multi-person interface for video logging. *Proceedings of the SIGCHI conference on Human Factors in Computing Systems*, pp. 128–135.
- Correia, N. N. & Tanaka, A. (2014). User-centered design of a tool for interactive computer-generated audiovisuals. *Proceedings ICLI 2014 2nd International Conference on Live Interfaces*, pp. 86–99.
- Correia, N. N. & Tanaka, A. (2017). AVUI : Designing a toolkit for audiovisual interfaces. *Proceedings of the 2017 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pp. 1093–

1104.

Csikszentmihalyi, M. (1997). Flow and the psychology of discovery and invention. *HarperPerennial, New York*, 39.

Derivative. (2017). TouchDesigner - Derivative. Repéré à <https://docs.derivative.ca/TouchDesigner>.

Djajadiningrat, T., Matthews, B. & Stienstra, M. (2007). Easy doesn't do it : skill and expression in tangible aesthetics. *Personal and Ubiquitous Computing*, 11(8), 657–676.

Franco, E., Griffith, N. J. & Fernström, M. (2004). Issues for Designing a flexible expressive audiovisual system for real-time performance & composition. *Proceedings of the 2004 conference on New Interfaces for Musical Expression*, pp. 165–168.

garageCube. (2019). modul8, garageCube. Repéré à <http://www.garagecube.com/modul8/>.

Haken. (2019). Full-size and Half-size Continuum Fingerboard. Repéré à <https://www.hakenaudio.com/continuum-fingerboard>.

Hinterleitner, B. (2019). This was the anniversary festival ! *Ars Electronica Blog*. Repéré à <https://ars.electronica.art/aeblog/en/2019/09/10/festival2019/>.

Hook, J., Green, D., McCarthy, J., Taylor, S., Wright, P. & Olivier, P. (2011). A VJ centered exploration of expressive interaction. *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pp. 1265–1274.

Hornecker, E. (2015). Tangible interaction. *The Glossary of Human Computer Interaction*.

Hornecker, E. & Buur, J. (2006). Getting a grip on tangible interaction : a framework on physical space and social interaction. *Proceedings of the SIGCHI conference on Human Factors in computing systems*, pp. 437–446.

Hummels, C., Ross, P. & Overbeeke, C. (2003). In search of resonant human computer interaction : Building and testing aesthetic installations. *Proceedings of the 9th IFIP Conference on Human-Computer Interaction*, pp. 399–406.

I-CubeX. (2021a). I-CubeX Online Store - Resources : About I-CubeX. Repéré à https://infusionsystems.com/catalog/info_pages.php/pages_id/117.

I-CubeX. (2021b). I-CubeX Online Store - Air2D v1.0 : Barometric air pressure and temperature sensor. Repéré à https://infusionsystems.com/catalog/product_info.php/products_id/414.

- I-CubeX. (2021c). I-CubeX Online Store - Orient4D : Orientation and acceleration sensor. Repéré à https://infusionsystems.com/catalog/product_info.php/products_id/484.
- I-CubeX. (2021d). I-CubeX Online Store - Products : WiDig v8.1x/8.0x. Repéré à https://infusionsystems.com/catalog/info_pages.php/pages_id/287.
- Ishii, H. (2008). Tangible bits : beyond pixels. *Proceedings of the 2nd international conference on Tangible and embedded interaction*, pp. xv–xxv.
- Ishii, H. & Ullmer, B. (1997). Tangible bits : towards seamless interfaces between people, bits and atoms. *Proceedings of the ACM SIGCHI Conference on Human factors in computing systems*, pp. 234–241.
- Iwata, Y., Inakage, M. et al. (2007). Rhythmism : a VJ performance system with maracas based devices. *Proceedings of the international conference on Advances in computer entertainment technology*, pp. 204–207.
- Jordà, S. (2008). On stage : the reactable and other musical tangibles go real. *International Journal of Arts and Technology*, 1(3-4), 268–287.
- Jordà, S., Geiger, G., Alonso, M. & Kaltenbrunner, M. (2007). The reacTable : exploring the synergy between live music performance and tabletop tangible interfaces. *Proceedings of the 1st international conference on Tangible and embedded interaction*, pp. 139–146.
- Klemmer, S. R., Hartmann, B. & Takayama, L. (2006). How bodies matter : five themes for interaction design. *Proceedings of the 6th conference on Designing Interactive systems*, pp. 140–149.
- Koleva, B., Benford, S., Ng, K. H. & Rodden, T. (2003). A framework for tangible user interfaces. *Physical Interaction (PI03) Workshop on Real World User Interfaces*, pp. 46–50.
- Levin, G. (2000). *Painterly interfaces for audiovisual performance*. (Thèse de doctorat, Massachusetts Institute of Technology).
- Lew, M. (2004). Live Cinema : designing an instrument for cinema editing as a live performance. *Proceedings of the 2004 conference on New interfaces for musical expression*, pp. 144–149.
- Linn, R. (2019). LinnStrument. Repéré à <http://www.rogerlinndesign.com/linnstrument.html>.
- Magnusson, T. (2010). Designing constraints : Composing and performing with digital musical systems. *Computer Music Journal*, 34(4), 62–73.

- Maleshkova, J., Purver, M., Weyrich, T. & McOwan, P. W. (2016). Interactivity and user engagement in art presentation interfaces. Dans *Curating the digital* (pp. 107–123). Springer.
- Malloch, J., Birnbaum, D., Sinyor, E. & Wanderley, M. M. (2006). Towards a new conceptual framework for digital musical instruments. *Proceedings of the 9th international conference on digital audio effects*, pp. 49–52.
- Mandryk, R. L., Inkpen, K. M. & Calvert, T. W. (2006). Using psychophysiological techniques to measure user experience with entertainment technologies. *Behaviour & information technology*, 25(2), 141–158.
- Marshall, P. (2007). Do tangible interfaces enhance learning ? *Proceedings of the 1st international conference on Tangible and embedded interaction*, pp. 163–170.
- Mindflood. (2019). Patchblocks. Repéré à <http://patchblocks.com>.
- Moody, N. (2009). *Ashitaka : an audiovisual instrument*. (Thèse de doctorat, University of Glasgow).
- Moody, N., Fells, N. & Bailey, N. (2007). Ashitaka : an audiovisual instrument. *Proceedings of the 7th international conference on New interfaces for musical expression*, pp. 148–153.
- Morreale, F., De Angeli, A. & O’Modhrain, S. (2014). Musical Interface Design : An Experience-Oriented Framework. *NIME*, pp. 467–472.
- MUTEK. (2019). Édition 2019, MUTEK Montréal. Repéré à <https://montreal.mutek.org/fr/editions-precedentes/edition-2019>.
- Newton-Dunn, H., Nakano, H. & Gibson, J. (2003). Block jam : a tangible interface for interactive music. *Proceedings of the 2003 conference on New interfaces for musical expression*, pp. 170–177.
- NIME. (2019). The International Conference on New Interfaces for Musical Expression. Repéré à <https://www.nime.org/>.
- O’Brien, H. (2008). *Defining and measuring engagement in user experiences with technology*. (Thèse de doctorat, Dalhousie University).
- O’Brien, H. L. & Toms, E. G. (2008). What is user engagement ? A conceptual framework for defining user engagement with technology. *Journal of the American society for Information Science and Technology*, 59(6), 938–955.

- Paradiso, J. A. (2017). The modular explosion-deja vu or something new ? *Voltage Connect Conference, Berklee College of Music*.
- Patten, J., Recht, B. & Ishii, H. (2002). Audiopad : a tag-based interface for musical performance. *Proceedings of the 2002 conference on New interfaces for musical expression*, pp. 1–6.
- Pedersen, E. W. & Hornbæk, K. (2009). mixiTUI : a tangible sequencer for electronic live performances. *Proceedings of the 3rd international conference on tangible and embedded Interaction*, pp. 223–230.
- Petrelli, D., Soranzo, A., Ciolfi, L. & Reidy, J. (2016). Exploring the aesthetics of tangible interaction : experiments on the perception of hybrid objects. *Proceedings of the TEI'16 : Tenth International Conference on Tangible, Embedded, and Embodied Interaction*, pp. 100–108.
- Picard, R. W. & Healey, J. (1997). Affective wearables. *Personal Technologies*, 1(4), 231–240.
- Reeves, W. T. (1983). Particle Systems: A Technique for Modeling a Class of Fuzzy Objects. *ACM Transactions on Graphics*, 2(2), 18.
- Resolume. (2019). Resolume VJ Software and Media Server. Repéré à <https://resolume.com/>.
- Roland. (2019). Aerophone AE-10 Digital Wind Instrument. Repéré à https://www.roland.com/us/products/aerophone_ae-10/.
- ROLI. (2019). Lightpad Block M. Repéré à <https://roli.com/products/blocks/lightpad-m>.
- Ross, P. & Keyson, D. V. (2007). The case of sculpting atmospheres : towards design principles for expressive tangible interaction in control of ambient systems. *Personal and Ubiquitous Computing*, 11(2), 69–79.
- Sapounidis, T. & Demetriadis, S. (2016). Educational robots driven by tangible programming languages : A review on the field. *International Conference EduRobotics 2016*, pp. 205–214.
- SAT. (2022). Satosphere | SAT. Repéré à <https://sat.qc.ca/fr/satosphere>.
- Schiettecatte, B. & Vanderdonckt, J. (2008). AudioCubes : a distributed cube tangible interface based on interaction range for sound design. *Proceedings of the 2nd international conference on Tangible and embedded interaction*, pp. 3–10.
- Shaer, O., Hornecker, E. et al. (2010). Tangible user interfaces : past, present, and future directions. *Foundations and Trends® in Human–Computer Interaction*, 3(1–2), 4–137.

- Shen, C., Everitt, K. & Ryall, K. (2003). UbiTable : Impromptu face-to-face collaboration on horizontal interactive surfaces. *International Conference on Ubiquitous Computing*, pp. 281–288.
- Sheridan, J. G. & Bryan-Kinns, N. (2008). Designing for performative tangible interaction. *IJART*, 1(3/4), 288–308.
- Sheridan, J. G., Bryan-Kinns, N. & Bayliss, A. (2007). Encouraging witting participation and performance in digital live art. *Proceedings of the 21st British HCI Group Annual Conference on People and Computers : HCI... but not as we know it-Volume 1*, pp. 13–23.
- SOMA. (2019). Description/The Pipe. Repéré à <https://somasynths.com/pipe/>.
- Tang, A., Tory, M., Po, B., Neumann, P. & Carpendale, S. (2006). Collaborative coupling over tabletop displays. *Proceedings of the SIGCHI conference on Human Factors in computing systems*, pp. 1181–1190.
- Taylor, S., Izadi, S., Kirk, D., Harper, R. & Garcia-Mendoza, A. (2009). Turning the tables : an interactive surface for vjing. *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pp. 1251–1254.
- Ullmer, B. & Ishii, H. (2000). Emerging frameworks for tangible user interfaces. *IBM systems journal*, 39(3.4), 915–931.
- Ullmer, B., Ishii, H. & Jacob, R. J. (2005). Token+ constraint systems for tangible interaction with digital information. *ACM Transactions on Computer-Human Interaction (TOCHI)*, 12(1), 81–118.
- Underkoffler, J. & Ishii, H. (1999). Urp : a luminous-tangible workbench for urban planning and design. *Proceedings of the SIGCHI conference on Human Factors in Computing Systems*, pp. 386–393.
- Wyeth, P. (2008). Understanding engagement with tangible user interfaces. *Proceedings of the 20th Australasian Conference on Computer-Human Interaction : Designing for Habitus and Habitat*, pp. 331–334.
- Xambó, A., Hornecker, E., Marshall, P., Jordà, S., Dobbyn, C. & Laney, R. (2017). Exploring social interaction with a tangible music interface. *Interacting with Computers*, 29(2), 248–270.
- Zingerle, A. & Freeman, T. (2011). Enabling the VJ as performer with rhythmic wearable interfaces. *Proceedings of the 19th ACM international conference on Multimedia*, pp. 765–766.