



Centre  
de création  
de musique  
visuelle



# PUCE MUSE / centre de création de musique visuelle

**MODULO instrument[s] / Lauréat Service Numérique Innovant 2017 - Ministère de la Culture**

## A/ DESCRIPTION DU PROJET

En dissociant le geste de la production du son, les outils numériques ont renouvelé la pensée du geste instrumental. Les nouvelles technologies permettent de questionner et créer des relations inédites entre le geste et le son. Quant à lui, le musicien acoustique travaille à développer un geste expert sur son instrument par une pratique quotidienne.

Aujourd'hui cependant, la grande majorité des interfaces qui lui sont proposées pour « augmenter » son instrument offrent un accès gestuel très en deçà de ses compétences gestuelles. Rares sont celles qui répondent à l'ensemble de leurs attentes : légèreté, souplesse, précision du geste, expressivité, et faible coût. Pour les instrumentistes, ces interfaces sont ainsi davantage perçues comme des dispositifs encombrants, complexes, voire inadaptés, que comme de possibles extensions de leur instrument et de leur son.

Le projet MODULO instrument[s] porté par PUCE MUSE a cherché à répondre à ces enjeux en développant 3 interfaces de haute précision gestuelle, modulaires, miniaturisées, et économiques :

- **Meta-Touch**, clavier de 8 touches ultra-sensibles
- **Meta Stick**, mini joystick de précision
- **Meta-Digit**, boîtier de numérisation universel
- **Meta-Axis**, centrale inertielle

Comme des briques élémentaires et complémentaires, ces trois interfaces sont légères, non intrusives et peuvent s'assembler et se combiner facilement et se fixer sur n'importe quel support, voire sur le corps même d'un instrument acoustique. Associées à des banques de mapping entièrement personnalisables, elles permettent aux musicien-e-s de contrôler en temps-réel des paramètres de transformation sonore, déclencher la lecture de fichiers son ou vidéo, etc.

Utilisant le protocole standard MIDI et la connexion USB, les interfaces sont compatibles avec tous les logiciels de musique du marché et assurent une prise en main « plug & play » dans l'objectif de répondre à toutes les pratiques de l'instrument augmenté, et plus spécifiquement les pratiques non expertes (pédagogie et éducation musicale, handicap).



## LES INTERFACES

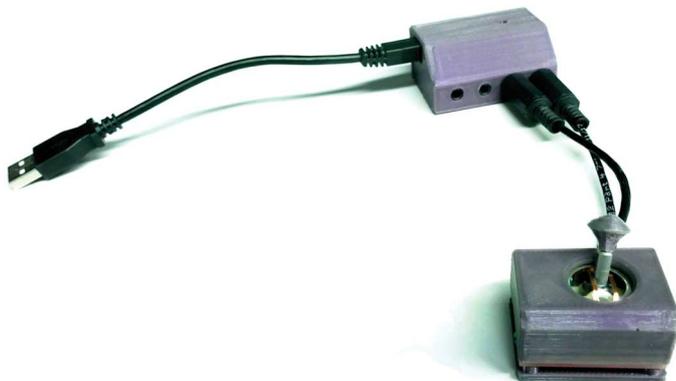
### 1/ Meta-Touch

La première interface développée est un mini-clavier de 8 touches ultra sensibles capable de détecter vitesse d'attaque et pression sur chacune des touches. Sa petite taille lui permet de s'adapter à un grand nombre de pratiques et instruments. Les prototypes ont notamment été testés auprès d'utilisateurs en situation de handicap lourd (myopathie).



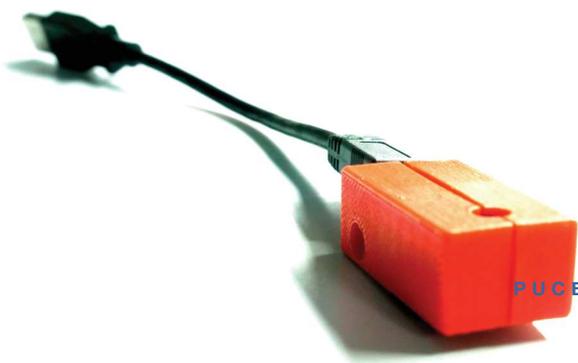
### 2/ Meta-Digit & Meta-Stick (ex Modulo Stick)

Meta-Digit permet de numériser sur 14 bits les valeurs et les vitesses d'évolutions de Meta-Stick : un mini joystick de précision avec ou sans ressort de rappel et à friction réglable. Plus généralement, Meta-Digit offre la possibilité de numériser toutes les données issues de capteurs de type résistance variable et potentiomètres comme les pédales d'expression qui restent les outils les plus efficaces pour « augmenter » certains instruments comme A DEVELOPPER



### 3/ Meta-Axis

Meta-Axis est une centrale inertielle qui mesure trois rotations sur 360°. Ce capteur permet de mesurer les mouvements du corps du musicien comme les mouvements de poignets, de coudes et de la tête pour piloter des paramètres audio avec une précision inédite. Grâce à cet outil, le musicien peut par exemple transposer progressivement le son de son instrument vers l'aigu en se penchant en avant.



## Fixation

Au dos de chaque module est fixé un velcro à crochet. Le capteur peut donc être fixé facilement sur des supports de type velcro à boucle. En particulier, l'utilisation d'une mousse élastique silicone recouverte d'un coton à boucle permet d'éviter les glissements du capteurs quand il est fixé sur cette surface.

## Mappings

La constitution de banques de mapping devait répondre à plusieurs objectifs :

- fournir des mappings préprogrammés par interface qui permette un premier usage simple de mise en œuvre
- permettre à chaque donnée gestuelle d'être connectée à plusieurs données de l'instrument virtuel
- rendre possible l'agrégat de plusieurs interfaces pour rendre compte d'un geste musical complexe

Pour garder de la souplesse, il a été privilégié de rendre ces briques de mapping « open source » sur deux plateformes :

- MaxMSP, environnement de programmation développé par Cycling74 et très utilisé dans le milieu de l'informatique musicale temps réel. Ce logiciel est payant.
- Pure Data, équivalent gratuit de MaxMSP.

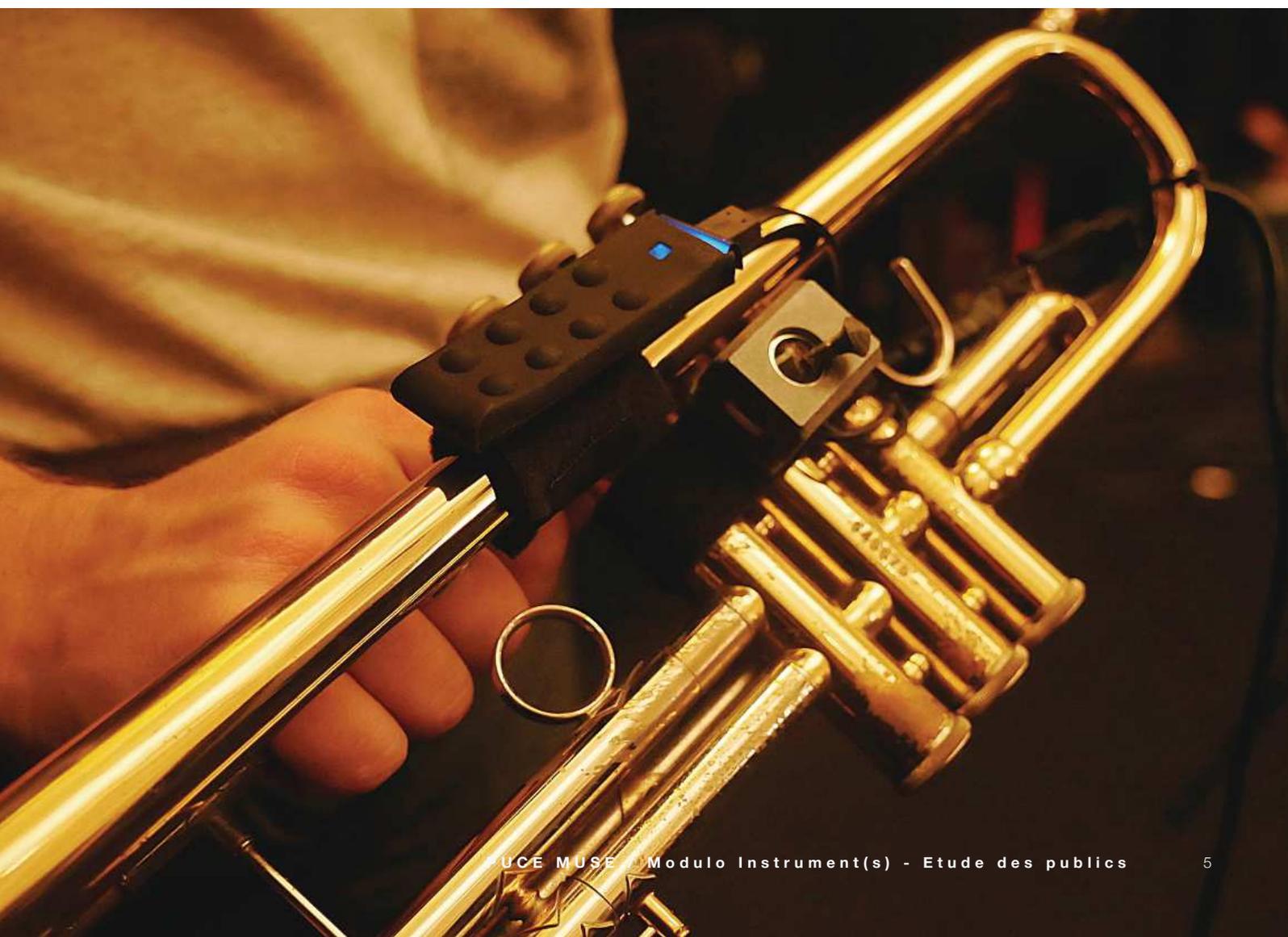
Les briques de mapping développées par PUCE MUSE sont complémentaires des nombreuses fonctions déjà proposées sur ces deux plateformes.



## B/ PUBLICS

De l'amateur au professionnel, les interfaces MODULO instrument[s] ont vocation à s'adresser à une large communauté de musicien-ne-s. Son objectif principal consiste à permettre à chacun, quel que soit son niveau, d'appréhender la transformation électronique en direct de son instrument. Le projet s'adresse ainsi à quatre grandes communautés :

- les musiciens et compositeurs : musiciens pratiquant la musique électronique live, instrumentistes et compositeurs souhaitant jouer ou composer de la musique pour instrument augmenté
- les structures d'enseignement de la musique : pour chacun des enseignements dispensés en conservatoire ou école de musique, les MODULO Instrument[s] proposent une pratique collective, ludique, éducative et facilement accessible de la musique et du numérique
- l'Éducation nationale : la simplicité de mise en œuvre, la dimension collective et le coût économique des interfaces répondent à une attente forte des enseignant-e-s de musique dans les collèges et lycées
- personnes en situation de handicap : l'accès à la pratique musicale adaptée est favorisée grâce à une dimension multi-modale forte des interfaces.



# C/ EVALUATION

## 1/ Méthodologie

L'évaluation des interfaces a été effectuée auprès de plusieurs groupes d'utilisateurs en situation collective de manière à répondre à une multitude d'usages :

- musicien-ne-s de niveau confirmé (élèves de Licence Musique Ancienne et monde contemporain du conservatoire de Versailles)
- musicien-ne-s de niveau intermédiaire et formation musicale (conservatoires de Villejuif, Cachan et Fresnes)
- musicien-ne-s électroacoustiques professionnel-le-s et chercheurs (Laboratoire Bordelais de Recherches Informatiques – LaBRI / Université de Bordeaux)
- élève en éducation musicale (ateliers en milieu scolaire – Collège Francine Fromond Fresnes)

Lors des phases de test, quatre grands critères d'évaluations ont été pris en compte :

- jouabilité et adaptabilité du dispositif aux différents instruments
- plaisir de jeu
- appropriation
- impact dans le parcours personnel (au niveau des connaissances et de la pratique)

L'évaluation a été conduite grâce à trois outils :

- questionnaire qualitatif initial qui permettait de situer les pratiques et connaissances des publics en matière d'informatique musicale
- tests qualitatifs *in situ*, avec les groupes d'utilisateurs et selon la méthode agile de manière à apporter les modifications nécessaires aux développements
- questionnaire qualitatif final quelques mois après les phases de test *in situ* de manière à déterminer l'impact des dispositifs sur les connaissances et les pratiques des publics touchés.



## 2/ Analyse des résultats

### a/ jouabilité et adaptabilité du dispositif

L'évaluation de la jouabilité et l'adaptabilité du dispositif a été effectuée principalement de manière qualitative auprès de petits groupes instrumentaux hétérogènes. Chaque instrumentiste était dans un premier temps amené à découvrir de façon pratique les interfaces et les mappings associés. Pour chaque interface, ces tests ont permis de définir un niveau de jouabilité par instrument sur une échelle de 0 à 3.

Sur cette base, des agrégations possibles d'interfaces ont été définies par instrument (en vert dans le tableau ci-dessous) :

JOUABILITE	Meta-Touch	Meta-Digit+Meta-stick	Meta-Digit+Pédale d'expression	Meta-Axis
Flûte	1	0	3	2
Hautbois	1	0	3	2
Clarinette	1	0	3	2
Cor	3	1	3	0
Trompette	3	3	3	2
Trombone	3	2	3	2
Percussions (2 baguettes)	1	1	3	3
Percussions (1 baguette)	2	2	3	3
Luth	2	1	3	0
Guitare	2	1	3	0
Harpe	2	1	2	1
Accordéon	3	1	2	1
Piano	2	2	2	1
Voix	3	2	3	2
Violon	0	0	3	2
Alto	0	0	3	2
Violoncelle	0	0	1	2
Contrebasse	0	0	1	2

Si la majorité des étudiant-e-s ont manifesté leur intérêt pour les dispositifs, la plupart ont reconnu que l'ajout d'accès gestuels supplémentaires nécessitent un temps d'apprentissage significatif pour être maîtrisés. Ce temps nécessaire pour s'approprier les nouveaux gestes est un frein potentiel important à la pratique musicale augmentée.

Une pianiste explique par exemple : « Ce n'était pas évident de gérer plusieurs paramètres en même temps. Etant pianiste, il y a déjà d'autres pédales à gérer alors des pédales en plus venaient ajouter une difficulté supplémentaire. [...] L'usage des pédales est adapté. Il faut seulement s'habituer au dispositif. »

L'un des principaux enseignements de ces évaluations est ainsi que malgré la modularité du dispositif, il n'existe pas encore de réponse simple et rapide. Chaque posture instrumentale étant singulière, trouver la configuration d'augmentation instrumentale la plus optimale à la fois au niveau hardware (choix et placement de l'/des interface/s) et software (mapping) nécessite du temps. Une étude en profondeur et au cas par cas serait nécessaire pour apporter des réponses exhaustives. Ce travail, qui nécessiterait plusieurs années de recherches, n'a pu être que survolé dans le cadre des séances d'évaluations collectives mis en place dans le cadre de ce projet.

Néanmoins, les séances ont permis de définir quelques constantes :

### **Meta-Touch :**

Accès gestuel très virtuose grâce à une précision tactile importante. Les Meta-Touch nécessitent une adaptation spécifique pour chaque instrument, notamment pour une fixation optimale et un mapping adapté. L'interface s'est montrée particulièrement adaptée pour la pratique musicale d'enfants myopathes grâce à la possibilité d'adapter la sensibilité du clavier tactile aux possibilités morphologiques des utilisateurs.

Lien vidéo : <https://youtu.be/F2MsdDf-i28>

Meta-Touch s'adapte particulièrement aux instruments qui laissent une main relativement disponible à l'instrumentiste et qui permettent une fixation de l'interface sur leur corps même. C'est le cas de la trompette ou du trombone mais également des instruments à claviers (piano, accordéon).

### **Meta-Digit + Meta-Stick :**

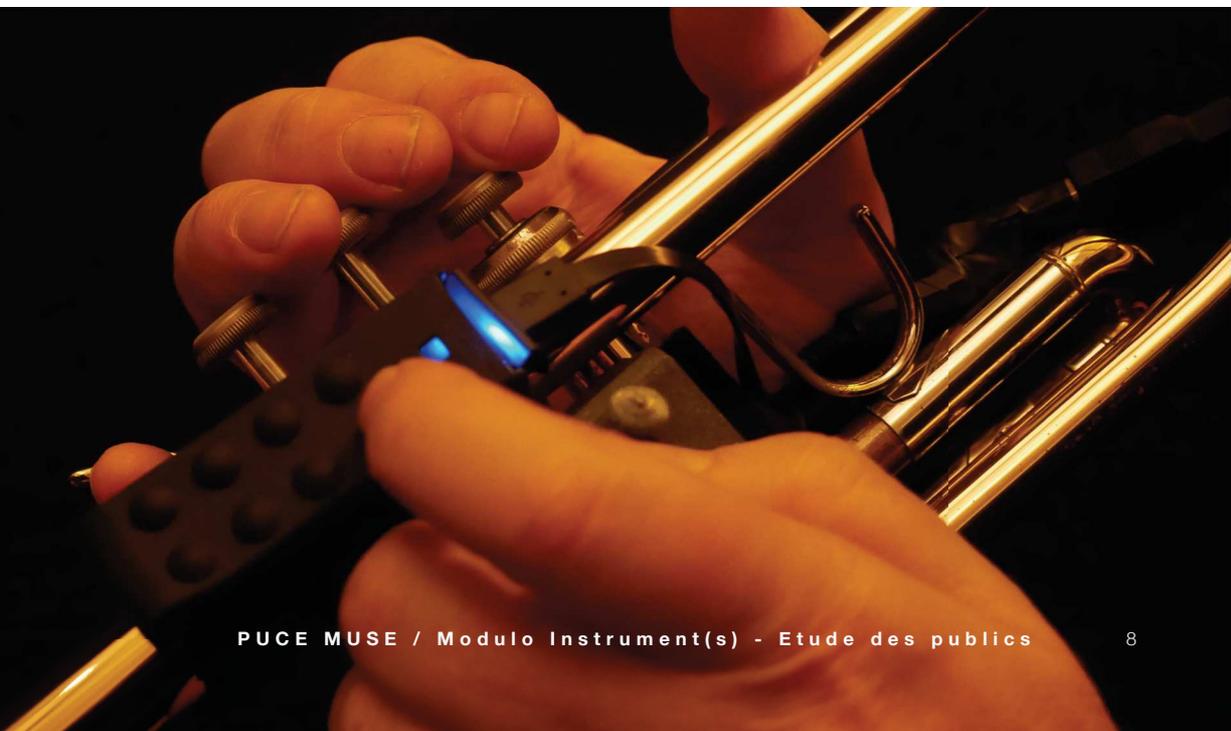
Meta-Stick offre un accès gestuel moins précis car moins rapide que Meta-Touch, mais s'avère une meilleure réponse pour l'usage de valeurs stationnaires. Sans ressort de rappel, Meta-Stick permet au musicien de maintenir la valeur d'un paramètre de façon facile et précise, et ce sans maintenir son geste. Quoique légèrement plus volumineuse que Meta-Touch, l'usage de cette interface est similaire (meilleure adaptabilité pour les instruments qui laissent une main disponible et qui permettent une fixation interne).

### **Meta-Digit + Pédale d'expression :**

Au détriment de la précision, l'usage des pédales est souvent la solution la plus simple et la plus rapide. Cette configuration s'avère la plus optimale en situation de pratique collective. Pour gagner en précision, la station assise est la plus effective.

### **Meta-Axis :**

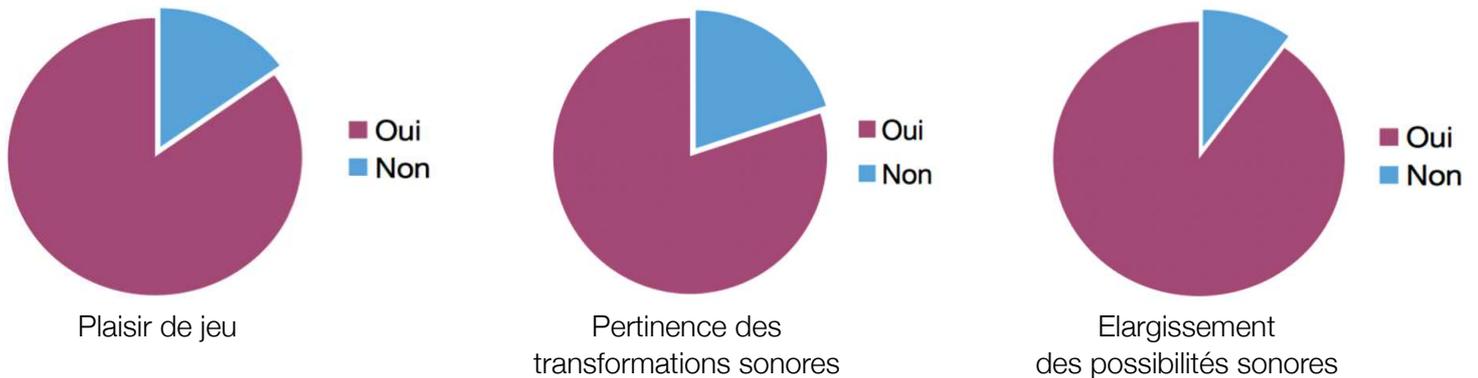
Meta-Axis propose un accès gestuel très précis sur les axes X (roll), Y (pitch) et sur l'accélération. La mesure du geste étant continue, son usage musical nécessite une pédale interrupteur complémentaire pour permettre au musicien de définir quand la mesure est utilisée pour contrôler tel ou tel effet sonore. Ce capteur est particulièrement pertinent pour certains instruments aux gestes contraints comme le violoncelle ou la contrebasse.



## b/ plaisir de jeu

La majorité des utilisateurs (85%) ont déclaré éprouver du plaisir à jouer et expérimenter de nouvelles pratiques gestuelles et sonores avec les interfaces et mappings associés. 80% ont jugé les transformations sonores de leur instrument pertinentes. Une musicienne précise à ce sujet :

« Les transformations ont été vraiment intéressantes. J'ai trouvé qu'il y avait une part permanente de surprise lorsqu'on jouait. On ne peut pas prévoir à l'avance comment ça va sonner, les sons qui vont être produits. On peut exploiter des motifs et des sonorités auxquels nous n'aurions jamais pensé au préalable. »



Les apports positifs de la pratique instrumentale augmentée également mentionnés ont été : l'élargissement de la palette sonore et la redécouverte de son propre son instrumental (90%) ; l'augmentation de la dynamique. En revanche, certain-e-s ont regretté la nécessité de changer sa manière de jouer au détriment de leur pratique « traditionnelle », nécessaire pour jouer la musique du répertoire. D'autres ont estimé trop important le temps nécessaire pour s'approprier correctement ces nouveaux outils.

## c/ compréhension et appropriation

A l'issue des phases de test pratiques, un questionnaire distribué aux participants a permis de mesurer le degré de compréhension du lien interface/transformation sonore. Avec 86% de réponses correctes, notre objectif initial d'une prise en main « plug & play » est atteint.

Par ailleurs, si une grande partie des utilisateurs ont exprimé leur souhait de continuer à travailler avec ce type de dispositif en collectif (70%), on remarque que la projection d'une pratique en solo est légèrement en retrait (60%). L'angle collectif semble donc un moyen pertinent pour développer la pratique de l'instrument augmenté dans les structures d'enseignement musical.

## **d/ impact dans le parcours personnel**

L'impact du dispositif a été évalué auprès des utilisateurs de deux manières : par une analyse de l'évolution des usages mais également des connaissances à trois moments : avant les séances, juste après et un an plus tard.

Si on remarque une croissance durable et significative des connaissances, en esthétique (+290%), physique du son (+189%) et, dans une moindre mesure en transformations sonores (+23%), un an après les tests, seuls 25% des participants déclarent utiliser l'ordinateur pour faire de la musique. Ce chiffre, quoiqu'en très légère hausse par rapport au pourcentage initial relevé en début de projet (22%), atteste de l'absence d'enracinement de la pratique instrumentale augmentée dans les structures d'enseignement musical.

## **3/ Conclusions générales et freins à l'utilisation du dispositif**

Les conclusions de l'évaluation ont mis en évidence des attentes différentes en fonction des niveaux instrumentaux. Pour les musicien-ne-s de niveau intermédiaire, en formation musicale dans les conservatoires ou dans le cadre d'une pratique dans le secteur de l'Education Nationale, la précision des mesures n'est pas le critère le plus important. Le temps d'installation et la simplicité de mise en œuvre sont en revanche des enjeux déterminants pour la viabilité d'un dispositif et le développement de nouveaux usages.

En effet, dans un cadre pédagogique par exemple, le temps d'installation est très limité et ne permet pas aujourd'hui de réaliser la totalité de la chaîne de mise en œuvre du dispositif dans le temps imparti :

- fixation des capteurs
- lancement et paramétrage du logiciel de mapping
- lancement et paramétrage logiciel de transformation
- installation du système de captation et amplification sonore (microphone, carte son, câbles, enceintes, etc).

Pour fonctionner de manière optimale dans un cadre pédagogique, les trois interfaces développées par PUCE MUSE nécessitent ainsi :

- une solution logicielle plug & play associée
- des locaux équipés en matériel adéquat (son, informatique)
- une personne relai technique compétente (régisseur-r-se ou professeur-e) interne à la structure d'enseignement musical
- et dans l'idéal, la formation des enseignant-e-s

En terme de matériel, les établissements étant de plus en plus équipés de Tableaux Numériques Interactifs (TNI), il conviendrait d'adapter le dispositif à cet équipement.

Dans le cadre d'une pratique experte, les interfaces offrent en revanche une réponse parfaitement adaptée aux usages. Les tests in situ réalisés avec les musiciens et chercheurs du LaBRI ont montré une utilisation des trois interfaces sans difficultés. Pour ces publics, la précision et la légèreté des capteurs est primordiale car elles permettent une intégration relativement simple de la/des interface-s au sein d'un dispositif technique personnel plus large.

## D/ PERSPECTIVES DE DEVELOPPEMENT

A la lumière des conclusions de l'évaluation du projet Modulo Instruments, PUCE MUSE envisage poursuit le travail dans deux directions avant la diffusion des interfaces :

a/ Proposer une réponse adaptée au secteur de l'enseignement musical (conservatoires, écoles de musique) et de l'éducation musicale (Education Nationale) sous la forme de systèmes mixtes hardware et software (application audio + interfaces).

Simple et rapides de mise en œuvre sur ordinateurs (Windows 10 et MacOS), les solutions logicielles seront gratuites et devront être testées pour s'adapter aux usages spécifiques de l'enseignement musicale : temps d'installation réduit, ergonomie plug & play, etc. PUCE MUSE s'appuiera sur la collection des applications récemment développées pour ces publics (Mono-DJ, Mono-Trans1, Mono-Trans2, Mono-VueSon) et tirera partie de sa résidence artistique et pédagogique de trois ans au Conservatoire de Versailles Grand Parc notamment pour mieux comprendre l'environnement pédagogique (conditions de travail, conditions techniques, etc.) qui constituent des freins potentiels importants au développement de la pratique musicale augmentée.

b/ Optimiser l'intégration des interfaces sur les instruments et sur les musiciens au moyen d'accessoires adaptés. Dans le cadre du projet Modulo Instruments, nous nous sommes en effet limités à l'utilisation de systèmes « velcro », qui permettaient de fixer le capteur sans abimer l'instrument. Une réponse à plus précise est nécessaire.

L'ensemble de ces perspectives constituent l'un des volets du projet de recherche et développement SMAC que PUCE MUSE mène actuellement et jusqu'en 2022 en partenariat avec l'équipe du Laboratoire-Acoustique-Musique (LAM) de l'Institut Jean le Rond D'Alembert à Sorbonne Université. L'enjeu principal de ce projet consiste justement en la création de solutions mixtes hardware et software sur des plateformes économiques dédiées (type Raspberry Pi) qui conjuguent excellence des algorithmes et immédiateté de mise en œuvre.

## E/ ANNEXES - Caractéristiques techniques

### Spécificités techniques - Méta-Touch

**Taille :** 74x17x10mm

**Poids :** 16g

**Fixation :** dos autocollant /possibilité de coller un velcro

**Connexion :** micro usb

**Paramètres mesurés :** attaque, aftertouch, release sur 8 touches

**Données émises :** MIDI (attaque, aftertouch, release sur 7 bits pour chacun des canaux)

**Quantisation :** 10 bits

**Fréquence d'échantillonnage :** > 1kHz



### Spécificités techniques- Méta Digit & Méta Stick

**Taille :** 51x36x24mm

**Poids :** 26g

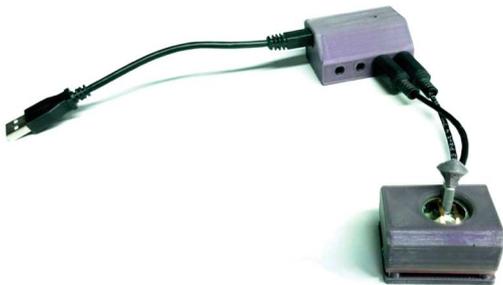
**Fixation :** possibilité de coller un velcro

**Connexion :** micro usb

**Paramètres mesurés :** tension de 0 à 5v sur 4 canaux

**Données émises :** MIDI (tension sur 7 ou 14 bits et dérivée sur 7 bits pour chacun des canaux)

**Quantisation et fréquence d'échantillonnage :** 385Hz/16bits sur chaque canal en entrée, 250Hz/14bits en sortie



### Spécificités techniques - Méta Axis

**Taille :** 40x20x15mm

**Poids :** 9g

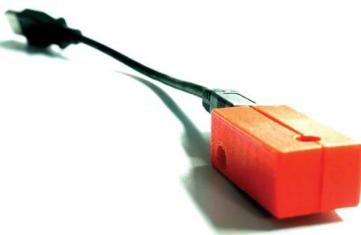
**Fixation :** possibilité de coller un velcro

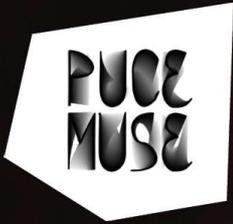
**Connexion :** micro usb

**Paramètres mesurés :** Orientation sur 3 axes

**Données émises :** MIDI (orientation (sur 360°) sur 7 ou 14 bits et dérivée sur 7 bits pour chacun des canaux)

**Quantisation et fréquence d'échantillonnage :** 250Hz/14bits en sortie





Centre  
de création  
de musique  
visuelle

PUCE MUSE - Espace Musical, 2, rue des Pyrénées - ICADE 520 - Wissous - 94623 Rungis Cedex France  
Tel +33 (0)1 45 12 04 50 - diffusion@pucemuse.com  
[pucemuse.com](http://pucemuse.com)

