

Modules adaptatifs d'exploration sonore et musicale à l'attention d'enfants implantés cochléaires

Frédéric Voisin

sous la direction de Pr Emmanuel Bigand

Laboratoire d'Etude de l'Apprentissage et du Développement

UMR 5022 U. Bourgogne – CNRS

Colloque « Musique et surdité »

ACFOS XIV – Paris, 10 nov. 2017

Objectifs

Développer les performances auditives par une écoute active

- Action – perception (enaction) *musicologie de la performance !*

Leman M. (2007) : *Embodied Music Cognition*, MIT Press, Cambridge, Mass.

Chen, J. L., Zatorre, R. J., & Penhune, V. B. (2006). Interactions between auditory and dorsal premotor cortex during synchronization to musical rhythms. *Neuroimage*, 32(4), 1771-1781.

- Apprentissage implicite *robustesse, stabilité*

Tillman B., Madurell F., Lalitte P., Bigand E. (2005) : “Apprendre la musique : perspectives sur l’apprentissage implicite de la musique et ses implications pédagogiques”, *Revue Française de pédagogie*, Vol. 152, 63-77

- Plasticité neuronale *musique / transferts variés*

Herholz C.S. and Zatorre R.J. (2012): “Musical Training as a Framework for Brain Plasticity: Behavior, Function, and Structure”, *Neuron*, Vol. 76(3), 486-502,.

Objectifs

Développer les performances auditives par une
écoute active

Évaluer les performances relatives au son et à la
musique

Expertise du praticien

Suivi du sujet implanté

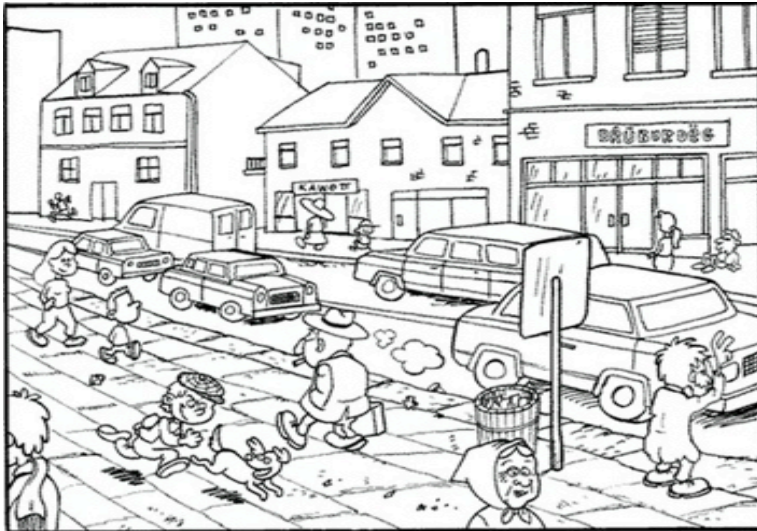


Principes directeurs

Exploration ludique d'espaces sonores

- **jeux** sonores et musicaux
- niveaux **progressifs**
- **adaptation** aux performances des sujets

Simulation de situations quotidiennes



Tests 'écologiques'



Principes directeurs

Exploration ludique d'espaces sonores

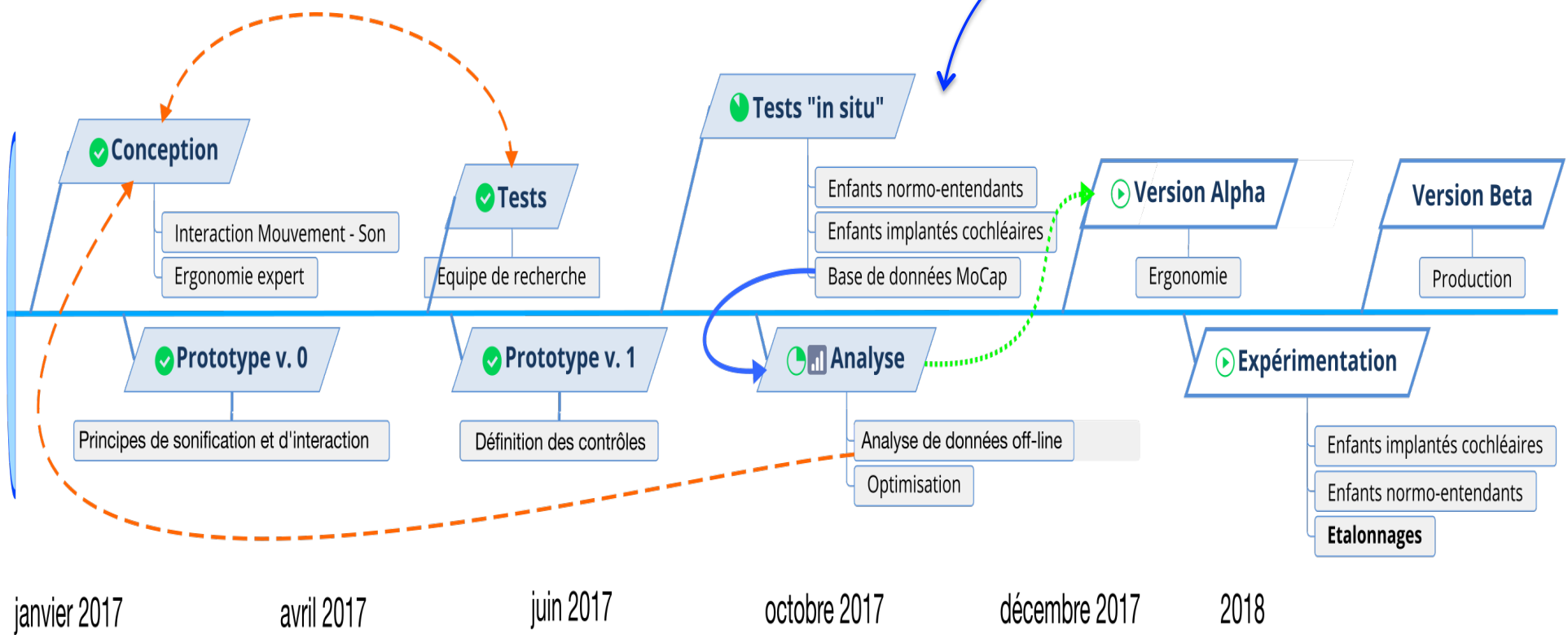
- **jeux** sonores et musicaux
- niveaux **progressifs**
- **adaptation** aux performances des sujets

Evaluation

- interface **ergonomique**, modulaire
- « **in situ** » (*virtuel*)
- en **temps-réel**

Développement

*NOUS
SOMMES
ICI !*



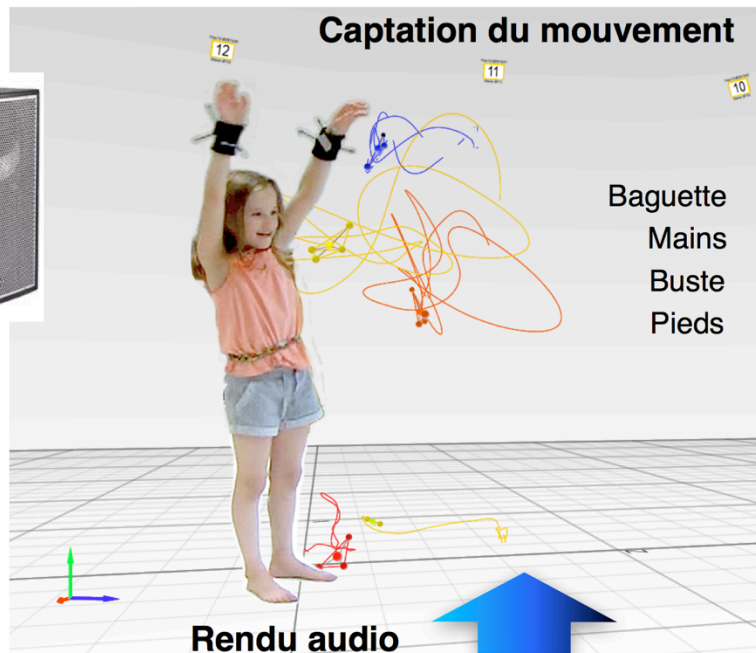
Informatique musicale

Capteurs
(Optitrack)

Max
(Ircam)



Informatique musicale



Normalisation du mouvement (salle)

RIGID BODIES

FPS \triangleright 120

capteur			mainG			mainD		
XY	direct		XY	XYrot		XY	XYrot	
X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
0.	0.	0.	-1.08	-2.12	0.8	-0.59	-2.26	1.0
X	Y	Z	0.	0.	0.	0.123	-0.15	0.60
X	Y	Z	0.	0.	0.	0.267	-0.19	0.71
X	Y	Z	0	0	X	3	0	X

ceinture			piedG			piedD		
XY	direct		XY	XYrot		XY	XYrot	
X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
0.	0.	0.	0.914	-2.02	1.1	0.796	-2.05	1.1
X	Y	Z	0.	0.	0.	0.710	-0.11	0.77
X	Y	Z	0	0	X	8	1	X
X	Y	Z	0	0	X	7	1	X

Envergure \triangleright 1.4
X.min X.max \triangleright -1.5 \triangleright 1.9
Y.min Y.max \triangleright -1.7 \triangleright 1.2
Z.min Z.max \triangleright 0. \triangleright 1.4
X zones Y zones \triangleright 10 \triangleright 8

optitrack interface
m5 : exploration 2D

Fred Volain,
LEAD, Dijon 2017

Extraction de descripteurs

- Positions
- Envergure
- Élévation
- Quantité de mouvement
- Fluidité
- etc

Sonification & contrôle musical

- Tempo
- Registre
- Intensité
- Timbre
- Rugosité
- etc

X mG Y mG mG <=> mD ELEVATION JERK Q MVT

seuil \triangleright 0.003
pre gain \triangleright 1.
latence \triangleright 300
post gain

transpo disson... reverb velo off tempo

Dans le hall du roi

IMPORT PLAY

MIDI from Max 1

Presets

8ves -12

TEMPO 3.5 VELOCITE 0.9831

2 table Instru open write

Send Volume Send Volume

off write

tranche \triangleright 666

table disson centered \triangleright 3

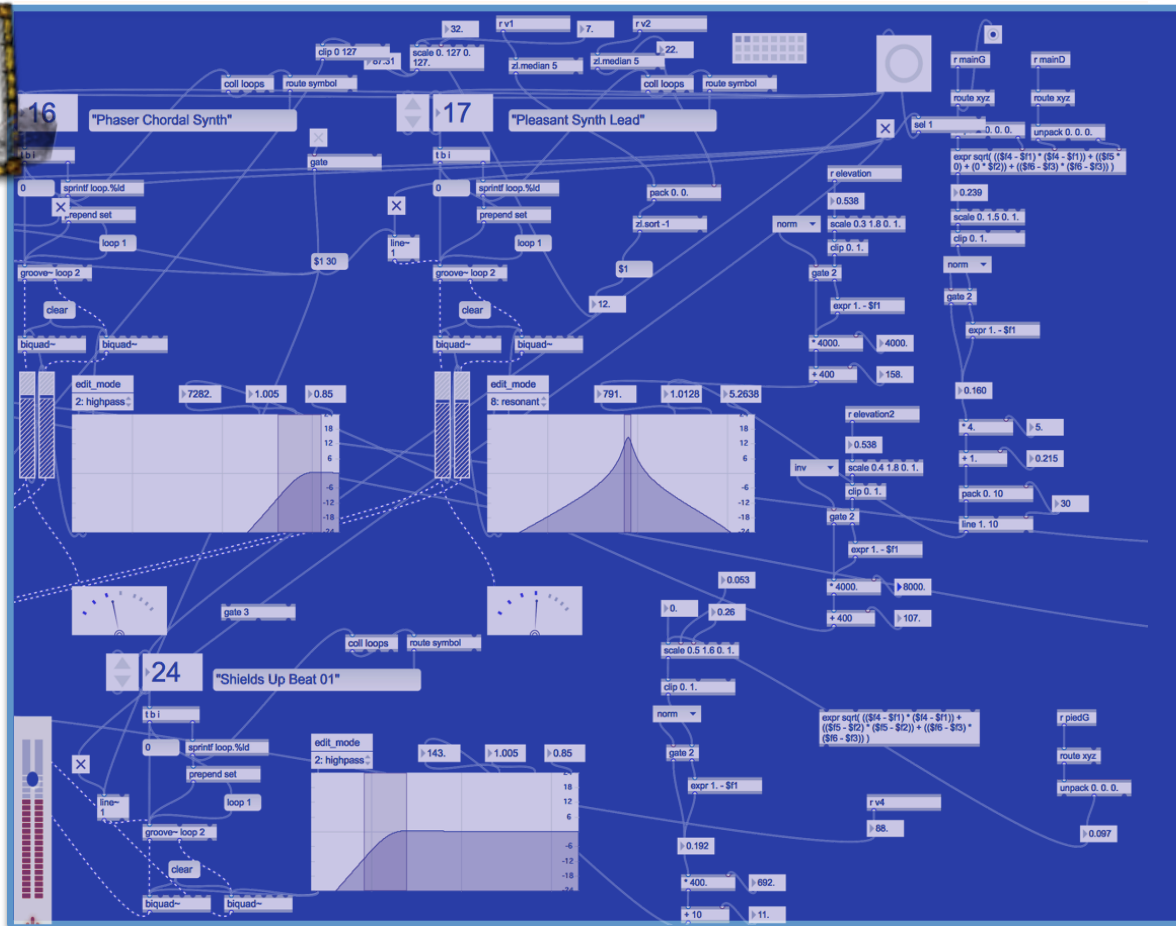
Micstasy

exp_message stop; gate_message 0; clear stop

Informatique musicale

Max

prototypage (live coding !)



↔ performances musicales

ART

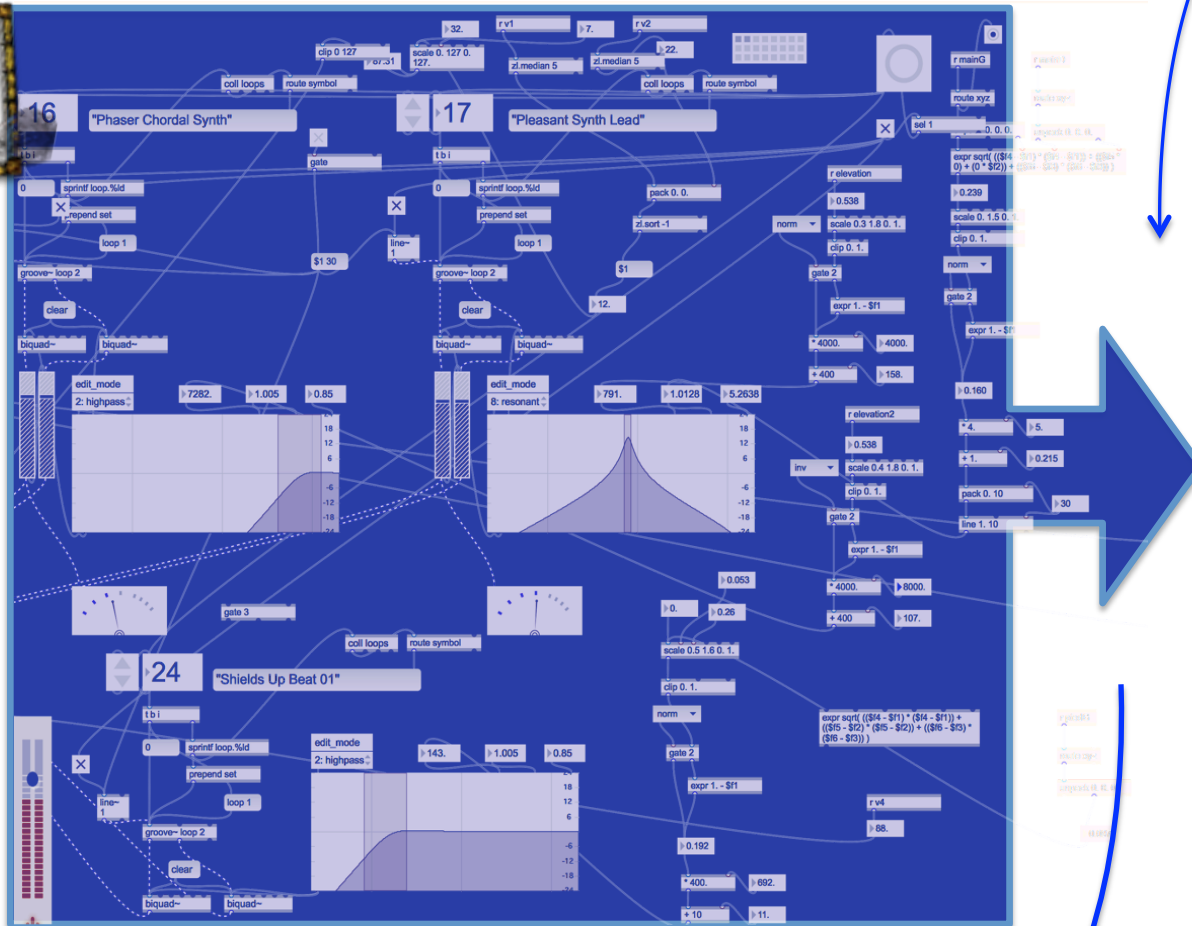
SCIENCE

↔ design expérimental

Miller Puckette (Ircam - UCSD), David Wessel (Ircam - UCLA)

Informatique musicale

nous sommes ici !



module B2
Exploration de 2 dimensions sonores et musicales
(sensibilité spectrale 1)
Main gauche + Main droite

fenetre filtre
Main gauche >20 >7. Main droite
>20 >7.

Position X Q MVT gain inertie seuil

transpo tempo 0.2200 600 0.0200

Musique Bolero Sampler
IMPORT MIDI from Max 1
Registre -12 MIDI FX
Timbre 4 all Micstasy
Tempo 0.85885 Détaché Send Volume
Vélocité 1. 1.63 0.39

Volume Master

Log

expérimentation

Sonification musicale du mouvement

Conditions expérimentales

reproductibilité des résultats

Contrôles, consignes, mesures...

Description du mouvement

Comportementale vs. instrumentale

psycho - motricité

Algorithmique musicale interactive

Effets audionumériques (sampling, mixage)

Effets musicaux (arrangements)



Design d'interactions

1. sujet – machine

Engagement et enaction

Jeux

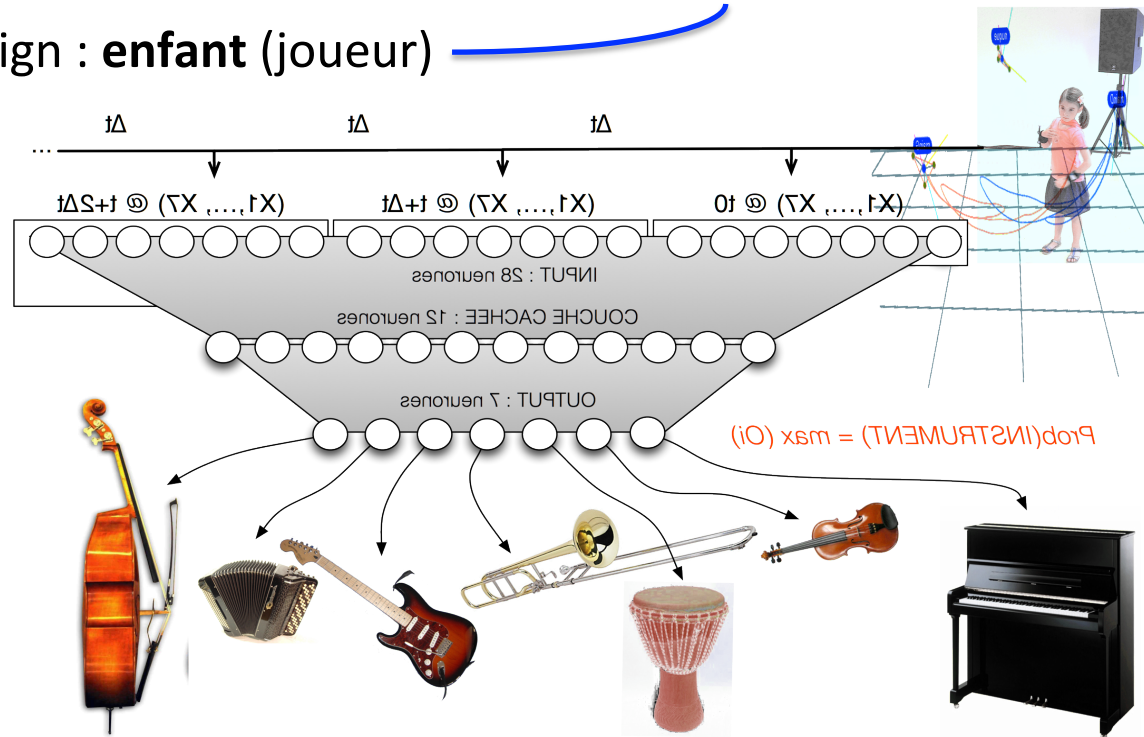
Affordances

Prérequis !

User Centered Design : **enfant** (joueur)

Adaptation

Réseaux neuronaux



Voisin F. & Meier R. (2004):
 "Playing Integrated Music
 Knowledges with Artificial Neural
 Networks", ICMC'04, Ircam, Paris.

Design d'interactions

1. sujet – machine

Engagement et enaction

User Centered Design : **enfant**

Machine Learning

2. expert – machine (– sujet)

interface praticien

User Centered Design : **expert**

mode d'emploi

Machine learning

> analyse des progressions



Design d'interactions

1. sujet – machine

Engagement et enaction

User Centered Design

Machine Learning

2. expert

User Centered Design

Machine learning

3. mouvement - son

descripteurs du mouvement
Motion Information Retrieval !

descripteurs du son
Music Information Retrieval ✓



9 modules

A. Audiométrie active

baguette

1. *Les fils sonores*
2. *La pêche aux mots*
3. *Jeu de piste sonore*

du son ...

B. Explorations monodiques

2 mains

1. *Jeu de la statue*
2. *Jeu des 2 dimensions*
3. *Jeu des multi-effets*

C. Explorations polyphoniques

*mains,
pieds,
nuque*

1. *Mimer c'est jouer*
2. *Mix et remix*
3. *Danse avec les voix*

à la musique !



A. Audiométrie

1. Les fils sonores

2. La pêche aux mots
3. Jeu de piste sonore

B. Exploration du son musical

1. Jeu de la statue
2. Jeu des 2 dimensions
3. Jeu des multi-effets

C. Explorations polyphoniques

1. Mimer c'est jouer
2. Mix et remix
3. Danse avec les voix

Avec la baguette, tirer à travers la salle des fils sonores invisibles dont l'intensité varie selon la longueur

- Seuils de perception tonale (audiogramme) : méthode descendante puis ascendante

- Familiariser l'enfant avec la sonification de l'espace



module A1 : audiométrie tonale interactive
Les fils sonores Room settings

Mode random	PULSE	dist. max	seuil new	seuil valid.
	0 période	0.97	0.03	0.15
		x round	x inertie	
		0.02	1	

1500 500 4000 5000 250 1000 2000 125 3000 750 audio test (-12 dB)

Att. min Att. max
20 95 dB

Fréquence Atténuation start log
5000. -72.50 dB X X

Pression
force next freq
-103.6 dB

Etat : Descendant # 4 / 10
fixe ! no

Attention : FFT non étalonnée !

Fred Voisin, LEAD, fév. 2017

A. Audiométrie

1. Les fils sonores

- 2. La pêche aux mots
- 3. Jeu de piste sonore

B. Exploration du son musical

- 1. Jeu de la statue
- 2. Jeu des 2 dimensions
- 3. Jeu des multi-effets

C. Explorations polyphoniques

- 1. Mimer c'est jouer
- 2. Mix et remix
- 3. Danse avec les voix

Avec la baguette, tirer à travers la salle des fils sonores invisibles dont l'intensité varie selon la longueur



Seuils de perception (dB A) pour 8 fréquences préétablies

A. Audiométrie

1. Les fils sonores

2. La pêche aux mots

3. Jeu de piste sonore

B. Exploration du son musical

1. Jeu de la statue

2. Jeu des 2 dimensions

3. Jeu des multi-effets

C. Explorations polyphoniques

1. Mimer c'est jouer

2. Mix et remix

3. Danse avec les voix

Avec la baguette, rechercher dans la salle des puits de mots. A chaque puit trouvé, en extraire tous les mots en les répétant oralement, un à un.

➤ Seuils de perception & d'intelligibilité vocale



Plus la baguette est proche du sol, plus on entend les voix.

A chaque extraction d'un mot, son intensité diminue (par exemple 4 dB)

Lorsque le puit est vide, c'est à dire lorsqu'on entend plus de mot, le joueur recherche le puit suivant...

A. Audiométrie

1. Les fils sonores

2. La pêche aux mots

3. Jeu de piste sonore

B. Exploration du son musical

1. Jeu de la statue

2. Jeu des 2 dimensions

3. Jeu des multi-effets

C. Explorations polyphoniques

1. Mimer c'est jouer

2. Mix et remix

3. Danse avec les voix

A l'aide d'une baguette, rechercher dans la salle des puits virtuels d'où émergent des voix à peine audibles.

Extraire tous les mots de chacun des puits.

Remarque :

Le praticien peut **adapter** le jeu : hauteur maxi de la baguette, nombre de puits, effets sur les voix (registre, intonation, filtrage, rapidité)

Evaluation

Pour différentes voix masculines ou féminines :

seuils de perception et d'intelligibilité, déduits du nombre de mots 'pêchés' puis répétés correctement

A. Audiométrie

1. *Les fils sonores*

2. *La pêche aux mots*

3. *Jeu de piste sonore*

B. Exploration du son musical

1. *Jeu de la statue*

2. *Jeu des 2 dimensions*

3. *Jeu des multi-effets*

C. Explorations polyphoniques

1. *Mimer c'est jouer*

2. *Mix et remix*

3. *Danse avec les voix*

A l'aide de la baguette, chercher les indices vocaux en explorant des espaces sonores virtuels

- Seuil d'intelligibilité vocale dans différents environnements sonores plus ou moins familiers



Le joueur parcourt plusieurs ambiances sonores typiques dans la salle. La hauteur de la baguette détermine le rapport signal bruit.

A. Audiométrie

1. *Les fils sonores*

2. *La pêche aux mots*

**3. Jeu de
piste sonore**

B. Exploration du son
musical

1. *Jeu de la statue*

2. *Jeu des 2 dimensions*

3. *Jeu des multi-effets*

C. Explorations
polyphoniques

1. *Mimer c'est jouer*

2. *Mix et remix*

3. *Danse avec les voix*

Jeu de piste sonore dans la salle. Des coups de baguette en l'air déclenchent l'énonciation vocale d'indices

Remarque :

Comme précédemment, le praticien peut adapter le jeu !

Evaluation

Rapport signal/bruit d'**intelligibilité pour différentes**

ambiances sonores réalistes, tel que déduit de la hauteur de

la baguette de contrôle.

A. Audiométrie

1. Les fils sonores
2. La pêche aux mots
3. Jeu de piste sonore

B. Exploration du son musical

1. Jeu de la statue

2. Jeu des 2 dimensions
3. Jeu des multi-effets

C. Explorations polyphoniques

1. Mimer c'est jouer
2. Mix et remix
3. Danse avec les voix

Bouger avec la musique et s'immobiliser dès que la musique s'interrompt

- Seuil de perception pour de sons musicaux
- Sensibilité aux structures musicales



A chaque reprise, l'intensité de la musique diminue.

Deux phases :

- *arrêts aléatoires ou musicalement cohérents ;*
- *le joueur décide de l'arrêt et du recommencement de la musique.*

A. Audiométrie

1. Les fils sonores
2. La pêche aux mots
3. Jeu de piste sonore

B. Exploration du son musical

1. Jeu de la statue

2. Jeu des 2 dimensions
3. Jeu des multi-effets

C. Explorations polyphoniques

1. Mimer c'est jouer
2. Mix et remix
3. Danse avec les voix

Bouger avec la musique et s'immobiliser dès que la musique s'interrompt

module B1
La Statue
audiométrie active

SEUIL MAINS ▶2

SEUIL PIEDS ▶3

mainG

min In	max In			
▶0.	▶0.2			
gain	window	lissage		
▶33.	▶12	▶5		
log		Coef.	▶1.	

mainD

min In	max In			
▶0.	▶0.2			
gain	window	lissage		
▶32.	▶12	▶5		
log		Coef.	▶1.	

SEUIL MAINS ▶1

fichier MIDI

Instrument MIDI

Micst...

transp. ▶0

canal ▶1

voix 2

Pas 6

Atténuation (dB) 90

SIMPLE

PASSIF

START / STOP

Détection 2

Temps de réaction (ms)

996

31.6

0 6 12 18 24 30 36 42 48 54 60 66 72 78

Seuils de perception de la musique :
Temps de réaction / Intensité
Cohérence musicale

A. Audiométrie

1. *Les fils sonores*
2. *La pêche aux mots*
3. *Jeu de piste sonore*

B. Exploration du son musical

1. *Jeu de la statue*

2. *Jeu des 2 dimensions*

3. *Jeu des multi-effets*

C. Explorations polyphoniques

1. *Mimer c'est jouer*
2. *Mix et remix*
3. *Danse avec les voix*

Explorer les dimensions du son et de la musique avec les mains et en se déplaçant dans l'espace

- Apprendre à interagir avec la musique par le mouvement et la position dans l'espace



Deux dimensions musicales à fois : tempo et registre, ou tempo et timbre, etc.

A. Audiométrie

1. Les fils sonores
2. La pêche aux mots
3. Jeu de piste sonore

B. Exploration du son musical

1. Jeu de la statue

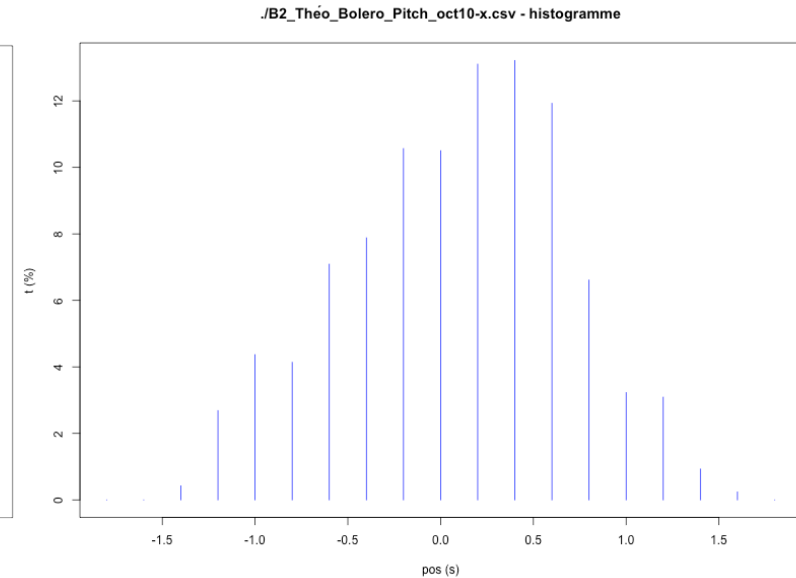
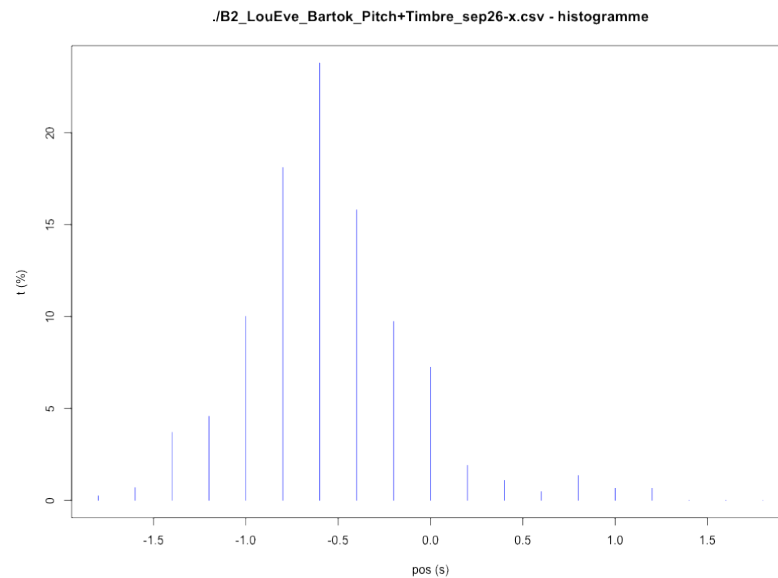
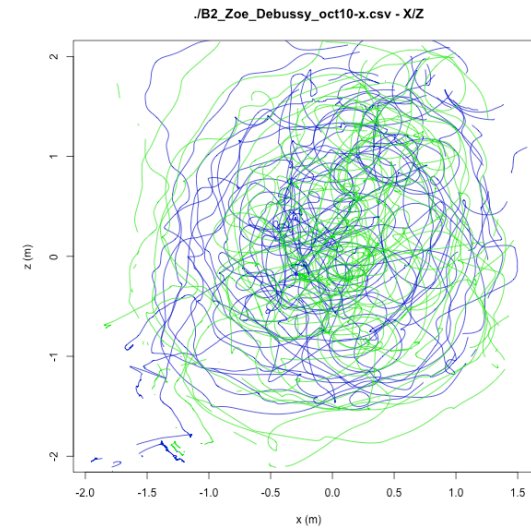
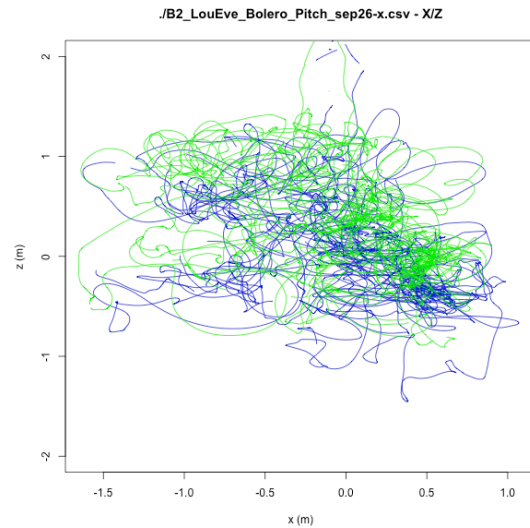
2. Jeu des 2 dimensions

3. Jeu des multi-effets

C. Explorations polyphoniques

1. Mimer c'est jouer
2. Mix et remix
3. Danse avec les voix

Explorer les dimensions du son et de la musique avec les mains et en se déplaçant dans l'espace



A. Audiométrie

1. *Les fils sonores*
2. *La pêche aux mots*
3. *Jeu de piste sonore*

B. Exploration du son musical

1. *Jeu de la statue*
2. *Jeu des 2 dimensions*

3. Jeu des multi-effets

C. Explorations polyphoniques

1. *Mimer c'est jouer*
2. *Mix et remix*
3. *Danse avec les voix*

Explorer des effets musicaux par les mouvements précis des mains dans les 3 dimensions de l'espace

- Découverte de la diversité des dimensions et qualités musicales et leur contrôle
- Qualité du geste : fluidité, orientation, stabilité, richesse, etc.



A. Audiométrie

1. Les fils sonores
2. La pêche aux mots
3. Jeu de piste sonore

B. Exploration du son musical

1. Jeu de la statue
2. Jeu des 2 dimensions
3. Jeu des multi-effets

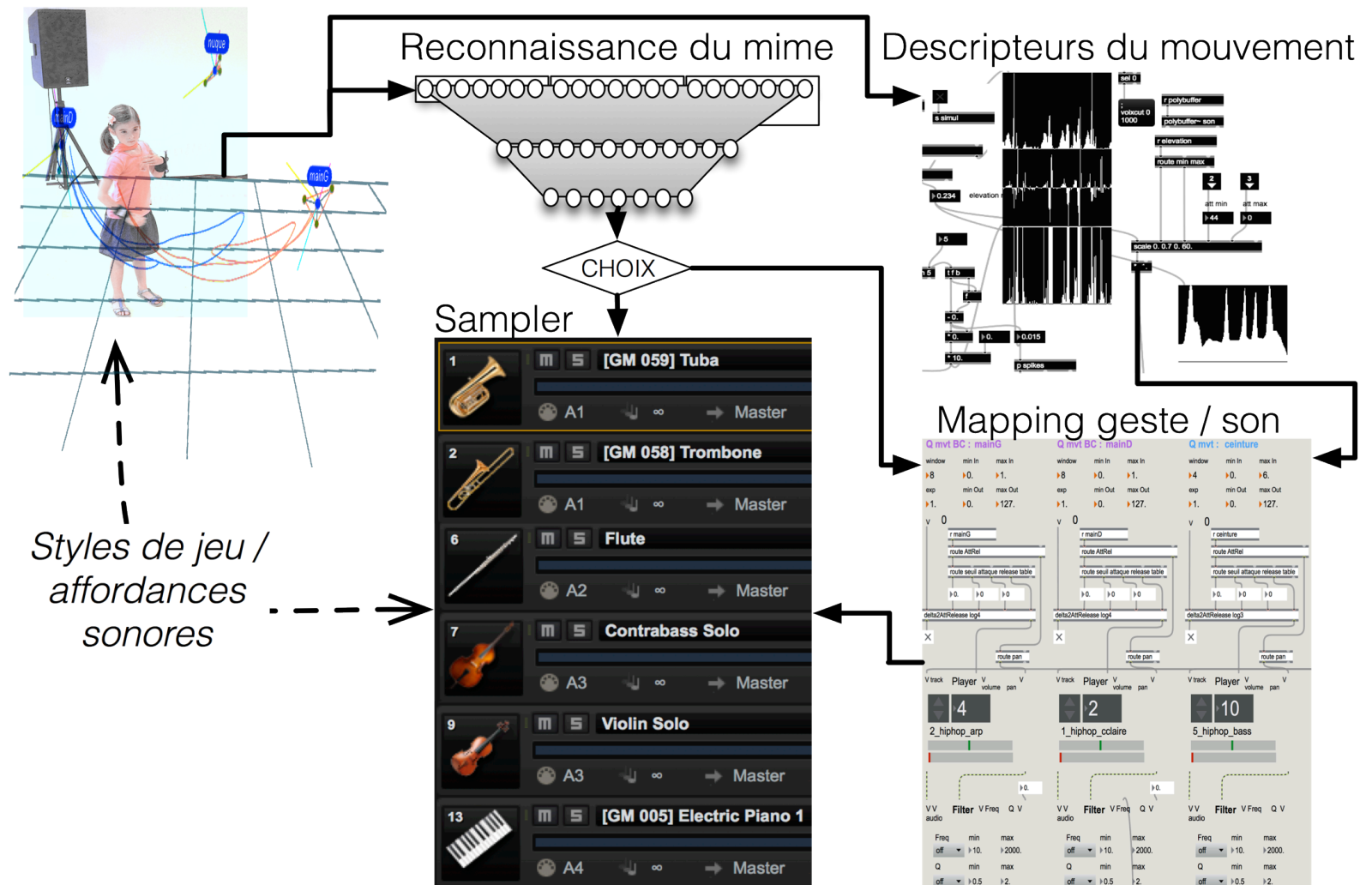
C. Explorations polyphoniques

1. Mimer c'est jouer

2. Mix et remix
3. Danse avec les voix

Par le même, jouer d'un instrument comme si l'on savait déjà en jouer

- Familiariser au contrôle gestuel du son et de l'expressivité musicale



A. Audiométrie

1. *Les fils sonores*
2. *La pêche aux mots*
3. *Jeu de piste sonore*

B. Exploration du son musical

1. *Jeu de la statue*
2. *Jeu des 2 dimensions*
3. *Jeu des multi-effets*

C. Explorations polyphoniques

1. **Mimer c'est jouer**

2. *Mix et remix*
3. *Danse avec les voix*

Par le même, jouer d'un instrument comme si l'on savait déjà (un peu) en jouer



A. Audiométrie

1. Les fils sonores
2. La pêche aux mots
3. Jeu de piste sonore

B. Exploration du son musical

1. *Jeu de la statue*
2. *Jeu des 2 dimensions*
3. *Jeu des multi-effets*

C. Explorations polyphoniques

**1. Mimer
c'est jouer**

2. *Mix et remix*
3. *Danse avec les voix*

Par le même, jouer d'un instrument comme si l'on savait déjà (un peu) en jouer

Deux modalités de jeu : note à note ou séquences « play-back »



A. Audiométrie

1. *Les fils sonores*
2. *La pêche aux mots*
3. *Jeu de piste sonore*

B. Exploration du son musical

1. *Jeu de la statue*
2. *Jeu des 2 dimensions*
3. *Jeu des multi-effets*

C. Explorations polyphoniques

1. **Mimer c'est jouer**

2. *Mix et remix*
3. *Danse avec les voix*

Par le même, jouer d'un instrument comme si l'on savait déjà (un peu) en jouer

Remarque :

Le geste *s'aligne naturellement* sur la musique (mimétisme)

Evaluation

- **Cohérence** du geste avec les structures musicales :
synchronicités
amplitude
registre
- **Ressemblance** du mime (mesure de similarité au modèle)

A. Audiométrie

1. *Les fils sonores*
2. *La pêche aux mots*
3. *Jeu de piste sonore*

B. Exploration du son musical

1. *Jeu de la statue*
2. *Jeu des 2 dimensions*
3. *Jeu des multi-effets*

C. Explorations polyphoniques

1. *Mimer c'est jouer*

2. Mix et remix

3. *Danse avec les voix*

Entendre et mixer les différentes parties qui constituent une musique polyphonique en ouvrant des fenêtres invisibles disposées autour de soi

➤ Familiariser au différentes parties (voix) musicales

➤ Trouver un équilibre entre les parties



A. Audiométrie

1. *Les fils sonores*
2. *La pêche aux mots*
3. *Jeu de piste sonore*

B. Exploration du son musical

1. *Jeu de la statue*
2. *Jeu des 2 dimensions*
3. *Jeu des multi-effets*

C. Explorations polyphoniques

1. *Mimer c'est jouer*

2. Mix et remix

3. *Danse avec les voix*

Entendre et mixer les différentes parties qui constituent une musique polyphonique en ouvrant des fenêtres invisibles disposées tout autour

Remarque :

Plus difficile qu'il ne paraît !

Evaluation

- Association espace / registre
- **Cohérence** du geste avec les structures musicales (bis) :
(synchronicité, amplitude, registres)
- Inventivité, **phrasé** du mixage

A. Audiométrie

1. *Les fils sonores*
2. *La pêche aux mots*
3. *Jeu de piste sonore*

B. Exploration du son musical

1. *Jeu de la statue*
2. *Jeu des 2 dimensions*
3. *Jeu des multi-effets*

C. Explorations polyphoniques

1. *Mimer c'est jouer*
2. *Mix et remix*

3. Danse avec les voix

Faire sonner différentes parties de musiques polyphoniques avec l'ensemble de son corps.

- Distinguer et contrôler les différentes voix d'une polyphonie et jouer avec leur équilibre (mixage)
- Coordination et indépendance de différentes parties du corps



A. Audiométrie

1. *Les fils sonores*
2. *La pêche aux mots*
3. *Jeu de piste sonore*

B. Exploration du son musical

1. *Jeu de la statue*
2. *Jeu des 2 dimensions*
3. *Jeu des multi-effets*

C. Explorations polyphoniques

1. *Mimer c'est jouer*
2. *Mix et remix*

3. Danse avec les voix

Faire sonner différentes parties de musiques polyphoniques avec l'ensemble de son corps.

Remarque :

Jeu à caractère immersif, nécessite du temps (prise de conscience) !

Evaluation

- **Coordination** et indépendance de différentes parties du corps et de la musique
- **Préférences** à différentes sonorités et styles musicaux
- **Cohérence** du geste avec les structures musicales (ter)
- Inventivité, **phrasé**

Work in progress

Interface joueur implanté cochléaire

Consignes visuelles : avatar animé ?

Interface praticien

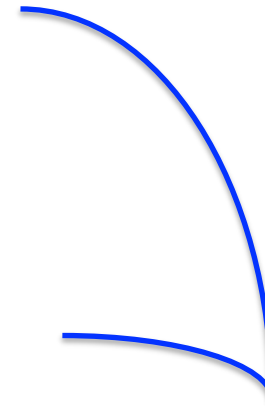
Normaliser les contrôles et évaluations

Analyse du mouvement (fouille de données)

Base de données gestuelle IC / normo-entendants

Base de données gestuelle de mîmes :

instruments et 'joueurs', enfants, adultes...



tests expérimentaux !

2018

Perspectives

Miniaturisation (*accéléromètres*)

Industrialisation



Remerciements



Emmanuel Bigand
directeur de projet (LEAD)



Alexis Bozorg-Grayeli
chirurgien ORL (CHU Dijon)

Philippe Lalitte
musicologue (LEAD)



Sandrine Perraudeau
prof. de musique (CEOP, LEAD)

Barbara Tillmann
neuropsychologue (LEAD, CNRS)



Marion Pineau-Girard
pédagogue (ESPE, LEAD)

Laure-Hélène Cannette
orthophoniste (LEAD)

