

# VERS UNE APPROCHE PHYSIOLOGIQUE DE L'INTERFACE CORPORELLE POUR LES ARTS INTERACTIFS.

*Jean-François Baud*

CICM-Centre de recherche Informatique et  
Création Musicale  
Maison des Sciences de l'Homme Paris Nord  
Université de Paris8  
cicm@univ-paris8.fr

*Anne Sèdes*

CICM-Centre de recherche Informatique et  
Création Musicale  
Maison des Sciences de l'Homme Paris Nord  
Université de Paris8  
cicm@univ-paris8.fr

## RÉSUMÉ

Dans cet article, nous décrivons une approche heuristique de l'interfaçage du corps humain avec un environnement interactif temps réel, utilisable sur le terrain de la création artistique. Cette approche s'appuie dans un premier temps sur des développements technologiques accessibles et sur du test en situation de production artistique. Elle est un premier pas au sein d'une démarche interdisciplinaire visant à aborder la question des informations/signaux physiologiques utilisables pour interfacier la corporéité humaine avec un dispositif *live* électronique. Notre conclusion porte sur des questions de validation artistique, scientifique, technologique et interdisciplinaire.

## 1. INTRODUCTION

Ce texte est en quelque sorte un rapport d'expérience, au service d'une démarche artistique en interaction avec les sciences et les technologies.

Cette approche heuristique de l'interfaçage du corps humain avec un environnement interactif temps réel, vise essentiellement la création artistique. Cette approche s'appuie de façon pragmatique sur des développements technologiques accessibles et sur du test en situation de production artistique. Elle est un premier pas dans une démarche pluridisciplinaire visant à approcher le potentiel des informations et signaux physiologiques utilisables pour interfacier la corporéité humaine avec un dispositif *live* électronique. L'ensemble de l'expérience relatée s'appuie sur un partenariat au sein de la plateforme ANR "Virage", au sein duquel les pratiques métiers sont étudiées à l'occasion de plateaux d'expérimentation artistique<sup>1</sup>.

Après avoir relaté le cheminement expérimental et heuristique, on s'intéressera aux possibilités technologiques et méthodologiques de l'exploitation de signaux physiologiques significatifs sur le terrain de la création artistique.

On insistera sur l'originalité de la démarche. Celle-ci prend place dans un cadre de formation et de recherche

en sciences humaines, sciences de l'art, spécialité musique, alliant la création artistique, les sciences et les technologies<sup>2</sup>. Elle se développe dans la pratique de la création artistique en interaction avec le développement de ses moyens technologiques et dans la réflexion poétique sur cette pratique. Le résultat produit est validé s'il est intégré au sein de la démarche artistique, autrement dit s'il est artistiquement consistant.

Le développement de maquettes d'interfaces visant à capter les signaux corporels afin de les traiter comme des contrôleurs dans un environnement interactif en temps réel en création chorégraphique, nous a amenés à nous rapprocher des travaux d'une équipe spécialisée en physiologie du sport d'une part, et d'une compagnie chorégraphique d'autre part.

L'article ci-dessous présente les prototypes de captation, les tests sur un plateau d'expérimentation en amont d'une production chorégraphique circassienne, et le potentiel des informations physiologiques pour interfacier la corporéité, que nous abordons dans la pluridisciplinarité. Il conclut sur des questions de validation des divers aspects des projets alliant arts, sciences et technologies.

## 2. UN PREMIER PROTOTYPE DE CAPTATION

### 2.1. Pulsation cardiaque

De nombreuses installations artistiques tentent de tirer parti de la captation de la pulsation cardiaque, en s'appuyant sur du matériel développé en milieu médical, souvent cher et peu fonctionnel, notamment du fait de l'utilisation d'électrodes à usage unique, ou encore de la présence de parasites lors des mouvements de la personne équipée.

Au sein de l'équipe du CICM à la MSH Paris Nord<sup>3</sup>, nous avons participé en 2002-2003 au développement d'une solution prototypique alternative et pragmatique,

<sup>1</sup> <http://www.virage-plateforme.org/>

<sup>2</sup> Licence, Master et Doctorat au département de musique de l'université de Paris 8, Ecole Doctorale "esthétique, sciences et technologies des arts." <http://artweb.univ-paris8.fr> et [www.edesta.fr](http://www.edesta.fr),

<sup>3</sup> <http://cicm.mshparisnord.org>

pour l'installation Plexus, collaboration entre Benoît Courribet et le plasticien Thierry Guibert, basée sur l'implémentation d'un microphone miniature dans un stéthoscope<sup>4</sup>.

Cette expérimentation nous a intimé la suite de notre recherche et développement d'interface pour des environnements temps réel en milieu artistique.

Nous nous sommes alors rapprochés de l'entreprise InterfaceZ<sup>5</sup>, spécialisée dans le développement de modules capteurs et interfaces midi pour la sphère artistique. En effet, cette entreprise ne présentait dans son catalogue aucune offre de capteur de pulsation cardiaque alors même qu'un tel capteur faisait l'objet d'une demande assez importante de la clientèle de spécialistes des arts interactifs.

En 2008, la création d'une première maquette de ceinture captant la pulsation cardiaque a consisté à créer une interface cardiofréquence-mètre qui soit plus fonctionnelle, ergonomique et abordable que les prototypes utilisés jusqu'alors dans le domaine artistique. Pour cela, nous avons détourné un matériel du commerce accessible au rayon de sport des supermarchés, déjà pensé et conçu pour une utilisation optimale en présence de mouvements: les cardiofréquence-mètres autonomes utilisés par les sportifs cyclistes et coureurs. Nous avons ensuite récupéré le signal émis par ce type de ceinture pour le traduire en données utilisables dans Max/Msp, via le protocole MIDI.

## 2.2. Capteur respiratoire

Une deuxième maquette a consisté à combiner cette ceinture cardiofréquence-mètre avec d'autres capteurs, dans le but d'obtenir un ensemble d'informations corporelles physiologiques intéressantes à exploiter artistiquement, tout en gardant une interface fonctionnelle et ergonomique. Le premier capteur choisi fut celui de la température corporelle, déjà disponible chez Interface Z et adaptable facilement à la ceinture.

Le second capteur, le capteur "respiratoire", a été choisi pour l'intérêt indéniable, du point de vue artistique et physiologique, des informations qu'il pourrait fournir. Entre autres, la respiration, peut être dans une certaine mesure, et selon le contexte, contrôlée par le sujet. Techniquement il fut réalisé en implémentant un capteur d'étirement (présenté comme un "fil élastique") et en l'adaptant à la ceinture cardiofréquence-mètre; celle-ci étant placée sur le thorax, le capteur d'étirement était en mesure de capter les différences de taille de la cage thoracique, signifiante de la respiration.

Notons que ce type de procédé est déjà bien connu dans les applications artistiques expérimentales.

Déjà en 2001, Teresa Marrin Nakra présentait une ceinture captant la respiration au sein d'un dispositif pour la captation des mouvements d'un chef d'orchestre [4].

---

<sup>4</sup> [http://www.thierryguibert.fr/?page\\_id=102](http://www.thierryguibert.fr/?page_id=102)

<sup>5</sup> <http://www.interface-z.com>

Plus près de nous, en 2008, une équipe belge a développé un contrôleur respiratoire pour l'opéra [2].

Précisons bien que notre objectif n'est pas de proposer une énième interface instrumentale innovante, mais plutôt de construire et consolider un environnement interactif de type modulaire qui permette de tirer au mieux parti des informations corporelles exploitables dans le temps réel du plateau artistique interactif; et de tirer au mieux parti de la dynamique corporelle, de la corporéité.

A la suite de cette maquette, quant à la captation de la respiration, on a observé certains dysfonctionnements et imprécisions du capteur d'étirement; en effet ce dernier réagit très rapidement à l'élongation mais plus lentement au relâchement: sa réactivité n'est pas symétrique. Cette courbe de valeur était donc difficilement exploitable ou, tout du moins, d'un caractère peu précis et versatile.

De plus, il nous est apparu intéressant de disposer d'un capteur de respiration mobile sur le tronc, autrement dit permettant de capter la respiration ventrale autant que thoracique. La décision fut alors prise de développer un second prototype dans le but unique de capter la respiration de manière plus fine et précise.

## 3. TEST SUR UN PLATEAU D'EXPERIMENTATION CHOREGRAPHIQUE CIRCASSIENNE

Dans le cadre du projet Virage et en partenariat avec l'Institut des Sciences et Techniques de la Seine à Avignon<sup>6</sup>, nous avons entamé une collaboration avec Ki productions, la compagnie de la chorégraphe Kitsou Dubois.

### 3.1. Contexte expérimental

Le travail de Kitsou Dubois porte sur la corporéité, le mouvement, l'apesanteur.

Son prochain spectacle se nomme "incarnation / corporification". Ce spectacle requiert des danseurs issus du cirque, de par leur maîtrise du corps dans des conditions extrêmes. L'objectif des "labos de recherche" qu'elle organise au fil de ses productions consiste à mettre en place des plateaux dédiés à l'appropriation de technologies numériques au fil de l'écriture et de la mise en place d'un spectacle. Ce labo est le troisième en collaboration avec le CICM dans le cadre du projet Virage. Le premier avait donné lieu à une enquête d'usage sur l'appropriation des techniques de captation cynétique du corps (capteurs de flexions utilisés par la compagnie, organisation technologique du plateau, examen des relations de correspondance avec des contenus musicaux). Le deuxième concernait l'appropriation par des danseurs circassiens d'une plaque de pression sfr, en relation avec l'écriture du projet et son traitement sonore. Le dernier portait sur l'appropriation et l'opportunité d'utiliser la ceinture respiratoire, et en second lieu les battements cardiaques pour une mise en

---

<sup>6</sup> <http://www.ists-avignon.com/>

correspondance avec des paramètres variables sensibles de propositions sonores interactives audionumériques sur Max/MSP. Il s'est tenu en janvier 2009 dans le cadre d'un "labo" à La Brèche de Cherbourg s'inscrivant dans la dynamique d'écriture d'un spectacle chorégraphique interactif dirigé par Kitsou Dubois<sup>7</sup>.

### 3.2. Aspects matériels, nature et traitement des données, *mapping*

Là encore la solution fut le détournement de matériel déjà pensé et conçu pour la captation précise de la respiration. Le matériel médical comprenait déjà une telle interface corporelle, basée également sur la captation des différences de taille de la cage thoracique. Pour cela, le capteur utilisé est un capteur de pression à jauge de contrainte. Il est développé par l'entreprise Biopac. A la différence de notre capteur d'étirement, il s'est révélé beaucoup plus précis et linéaire. Il nous a alors suffi de récupérer le signal de cette "ceinture respiratoire" et de le traduire suivant le protocole MIDI en mode 11 bits, soit une résolution de 2048 pas. Il nous a ensuite semblé indispensable de l'utiliser en mode sans-fil, pour cela nous avons utilisé l'émetteur-récepteur "module 16 capteurs sans fil Mini-HF" développé par Interface Z<sup>8</sup>.

Le traitement des données de cette interface est relativement aisé à mettre en place, la courbe de valeurs n'étant pas parasitée. Le logiciel choisi pour le traitement de cette courbe et sa mise en relation avec un moteur sonore a été fait dans Max/Msp, étant donné le caractère modulaire et complet de ce logiciel autant dans le traitement de données de contrôles, dans le traitement de signal, ainsi que sa place toujours plus importante sur le terrain des arts interactifs et du spectacle vivant.

Le moteur sonore comportait un simple oscillateur en dents de scie à basse fréquence, pouvant varier entre 0.05 Hertz et 25 Hertz, éventuellement filtré par un résonateur et envoyé vers un spatialisateur ambipan~ à quatre canaux de sortie<sup>9</sup>. Les coordonnées polaires du spatialisateur, la fréquence de l'oscillateur et celle du filtre étaient mises en correspondance avec la valeur issue de la ceinture, via une fonction de transfert ajustable pour chacune des variables. L'objectif visait à produire un rendu sonore sensible et cohérent en fonction des mouvements respiratoires et corporels du porteur de la ceinture.

### 3.3. Test avec une trapéziste sous la direction chorégraphique de Kitsou Dubois

Les deux derniers prototypes de capteurs étant opérationnels, leur utilisation en situation réelle de production artistique a pu se faire correctement.

Les contraintes du test étaient les suivantes :

- pouvoir inscrire le test dans un temps de production normal : lors d'un échauffement ou d'une séance d'écriture chorégraphique faisant intervenir un interprète, une chorégraphe, un régisseur et un compositeur et sans qu'un temps particulier soit dédié aux aspects techniques de la manipulation, (branchement, reconnaissance et qualibrage des capteurs, mapping, etc...)

- pouvoir inscrire le test dans le contexte poétique développé par la compagnie.

- pouvoir valider l'adoption du dispositif dans la création chorégraphique prévue par la compagnie.

Ces trois contraintes ont été respectées.

Lors de cette session de test, une trapéziste fut équipée de deux prototypes.

Elle interpréta plusieurs chorégraphies comprenant des mouvements exécutés sur deux agrès spéciaux, conçus pour le spectacle à venir: 0,4une barre de plus de deux mètres attachée à un seul endroit excentré (a à peu près 80 cm d'un bout) et suspendue à la structure plafond, et un ensemble d'élastiques permettant d'être tenu à une main, attachés, là encore, à la structure plafond.

Ces deux agrès permirent de tester le capteur de respiration dans la dynamique du travail corporel (différence de taille de la cage thoracique) à travers une très large palette de mouvements et d'intensités (intéressante pour le capteur cardio également).

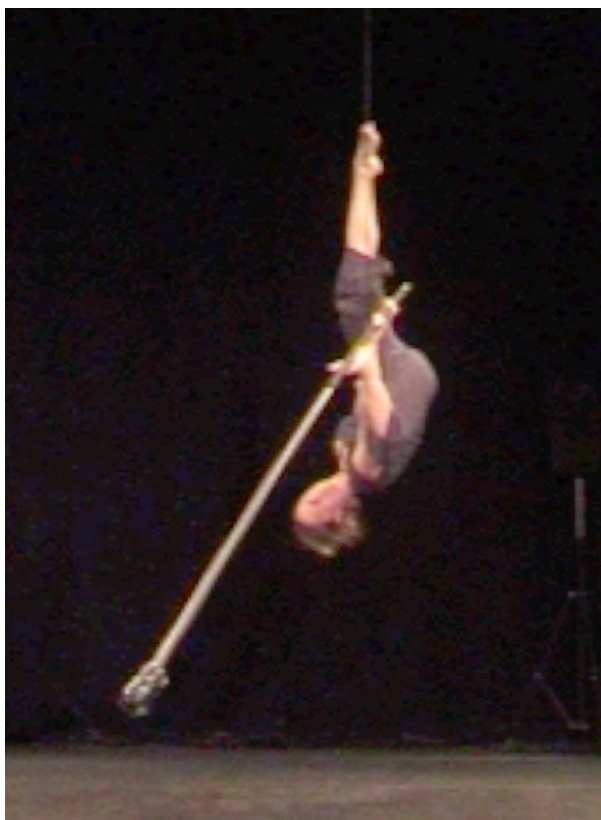


Figure 1: ceinture respiratoire en position ventrale

<sup>7</sup> <http://www.labreche.fr/residents/incarnation.html>

<sup>8</sup> "Module 16 capteurs sans fil Mini-HF" : <http://www.interface-z.com/produits/cap14-minihf-433.htm>

<sup>9</sup> Ambipan~ est téléchargeable sur le site du CICM <http://ciem.mshparisnord.org>



**Figure 2:** travail chorégraphique sur le premier agrès.



**Figure 3:** travail chorégraphique sur le deuxième agrès.

La courbe de valeur de respiration, ou différence de taille de la cage thoracique, et le capteur de pulsation cardiaque furent mis en relation via une fonction de transfert ajustable avec le moteur sonore, dans un but didactique pour la trapéziste, et dans le but de souligner l'interactivité sensible, pour au fond favoriser l'interdépendance entre la production chorégraphique et la production sonore, autrement dit, la cohérence entre l'interaction chorégraphique et sonore, en vue de produire une consistance dans la dynamique de l'écriture du spectacle.

### 3.4. Résultats artistiques

Les résultats furent concluants sur les aspects suivants:

La ceinture respiratoire (placée en position ventrale) permit une certaine retranscription, ou plutôt une émulation sonore –et musicale– de la dynamique chorégraphique que Kitsou Dubois semblait trouver intéressante car suggérant un lien avec la dynamique corporelle tout en n'étant pas en lien trop visible et direct avec celle-ci, évitant tout rapport causal gratuit. Cette particularité, portée par la cohérence de la construction sonore et de sa variabilité contrôlée par l'action de trapeziste, est peut-être due également à la double captation qu'opérait la ceinture: la captation de la respiration et la captation des différences de taille de la ceinture abdominale lors des contractions induites par les mouvements. Nous pressentions cette éventualité mais n'étions pas sûrs du rendu, c'est pourquoi ce test en conditions réelles de production artistique fut de ce point de vue très intéressant.

La ceinture cardiofréquence-mètre fut également utilisée avec un module sonore minimal produisant une pulsation sonore. Cette utilisation anecdotique fut jugée intéressante artistiquement par la portée symbolique forte de la pulsation cardiaque créant alors une atmosphère intime entre la danseuse et le public, basée sans doute sur la signification presque « cinématographique » de l'amplification d'un rythme cardiaque associé à une situation de tension (l'effort, l'humain en tension). Cette proposition n'avait cependant pas été prévue dans le test.

Quant à l'intérêt de ces interfaces corporelles et compte tenu de toutes les observations évoquées précédemment, cette journée de test en conditions réelles de production artistique fut un succès pour tout le monde.

## 4. LE POTENTIEL DES INFORMATIONS PHYSIOLOGIQUES POUR INTERFACER LA CORPOREITE

### 4.1. Une approche de l'enaction

On l'a dit, le travail de Kitsou Dubois s'appuie sur la corporéité dans un milieu donné (micro pesanteur, milieu aérien, milieu aquatique).

La corporéité (*embodiement*) nous renvoie aux travaux de Francisco Varela s'appuyant sur l'héritage de Maurice Merleau-Ponty<sup>10</sup>. En arts interactifs et notamment en musique et technologies, certains se sont inspirés de la pensée de F. Varela; on pense par exemple à Marc Leman et à ses travaux sur *l'embodiement* et les technologies de la médiation [3] ou encore au projet européen *enactive interfaces*<sup>11</sup>.

Rappelons l'approche de l'enaction de Francisco Varela:

"Le point de référence nécessaire pour comprendre la perception n'est plus un monde prédonné, indépendant du sujet de la perception, mais la structure sensori-motrice du sujet (la manière dont le système nerveux relie les surfaces sensorielles et motrices). C'est cette structure, la façon dont le sujet percevant est inscrit dans un corps, plutôt qu'un monde préétabli, qui détermine comment le sujet peut agir et être modulé par les événements de l'environnement" [8].

Varela cite d'ailleurs Merleau Ponty : "Mais c'est lui [l'humain, le sujet], selon la nature propre de ses récepteurs, selon les seuils de ses centres nerveux, selon les mouvements des organes, qui choisit dans le monde physique, les stimuli auxquels il sera sensible" [5].

On soulignera donc l'importance majeure du système nerveux dans ses diverses fonctions pour construire la corporéité. On pourrait d'ailleurs relier ces travaux à l'approche d'Alain Berthoz et de son hypothèse du corps virtuel, schéma corporel que nous construisons et qui nous donne accès à l'empathie [1].

D'une certaine façon le système nerveux dans sa fonction sensori-motrice est au centre du processus d'enaction, tel que décrit par Varela. Notre intérêt pour l'enaction nous engage donc sur le terrain de la physiologie. L'étude de la physiologie en relation avec la perception paraît en effet ouvrir de nouvelles perspectives.

## 4.2. Approche pluri-disciplinaire

Afin d'approfondir ces questions sur le terrain scientifique, nous nous sommes tournés vers l'équipe de chercheurs de la plate-forme de recherche en Sciences et Techniques des activités Sportive (Staps) de l'UFR 'Santé, Médecine, Biologie Humaine' de l'université de Paris 13, laboratoire 'Réponses cellulaires et fonctionnelles à l'hypoxie'. Cette équipe, animée par Aurilien Pichon, pratique la physiologie appliquée aux études sportives.

A. Pichon, étudie la variabilité cardiaque et son interprétation à travers le prisme de la physiologie et de

<sup>10</sup> C'est à Varela que l'on doit la conception de l'enaction, impliquant une remise en question du paradigme de la représentation au bénéfice d'une approche dynamique de la perception, de la cognition et de l'action (Enaction = cognition dans l'action).

<sup>11</sup> <https://www.enactivenetwork.org/>

la psychologie. En effet, certains états physiologiques, déduits de l'étude de la variabilité cardiaque, sont en lien direct avec l'état psychologique du sujet, en particulier le fonctionnement sympathique et parasympathique du système nerveux autonome [6] [7].

Dans les limites de cet article, nous proposons une approche sommaire du système nerveux autonome ou végétatif. Le système nerveux autonome ou végétatif est un système qui permet de réguler différentes fonctions automatiques de l'organisme (digestion, respiration, circulation artérielle et veineuse, pression artérielle). Les centres régulateurs du système nerveux végétatif sont situés dans la moelle épinière, le cerveau et le tronc cérébral (zone localisée entre le cerveau et la moelle épinière).

Le système nerveux autonome est composé par le système nerveux parasympathique (ralentissement général des organes, stimulation du système digestif), le système nerveux sympathique, ou orthosympathique, correspondant à la mise en état d'alerte de l'organisme et à la préparation à l'activité physique et intellectuelle. Il est associé à l'activité de deux neurotransmetteurs : la noradrénaline et l'adrénaline (dilatation des bronches, accélération de l'activité cardiaque et respiratoire, dilatation des pupilles).

Le matériel de captation utilisé pour l'étude de cette variabilité cardiaque est schématiquement composé d'un ECG (électrocardiographe) pour mesurer l'activité cardiaque et/ou, d'un dispositif d'enregistrement de captation de la pression artérielle; mais également d'une plate forme logicielle permettant de filtrer, d'enregistrer puis de traiter ces informations grâce à des outils statistiques mesurant la variabilité des signaux dans le domaine temporel et fréquentiel, permettant l'interprétation.

Les outils statistiques utilisés sont la détermination, les minimum, maximum, étendue, moyenne; l'écart type; la variance; le coefficient de variation; la transformée de Fourier Rapide etc.

Les objectifs majeurs de ce laboratoire, et plus largement de cette partie de la recherche en STAPS, sont la détection et l'étude du lien entre les systèmes sympathique-parasympathique et l'état physiologique, psychologique de l'athlète. Mettre en évidence ce lien pourrait permettre une optimisation de l'entraînement et de sa planification ainsi que la prévention de phénomène tel que le surentraînement.

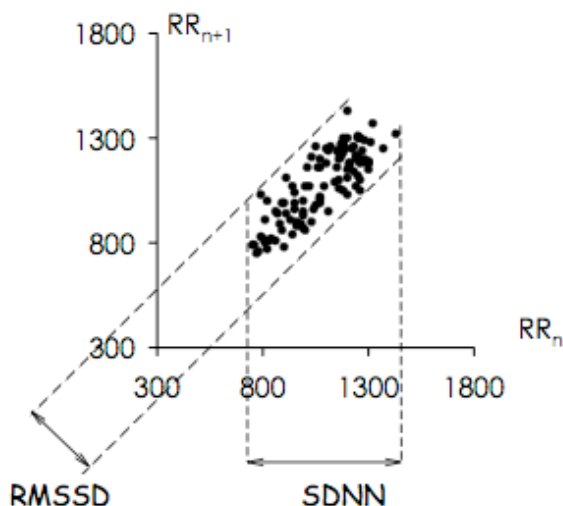
Ces objectifs scientifiques induisent un développement technologique dans le sens de l'optimisation de leurs dispositifs de captations vers une moindre présence de parasites, un matériel plus fonctionnel et une meilleure ergonomie. Cela permettant évidemment des mesures plus précises et effectuées sur une durée plus longue. Un développement logiciel semble être également indispensable, pour l'automatisation des enregistrements et des interprétations statistiques, ce qui paraît être difficile à mettre en oeuvre actuellement.

Dans le cadre d'une collaboration pluridisciplinaire, nous allons développer une librairie d'objets permettant une autonomisation et un enregistrement des résultats des analyses statistiques. Nous allons également poursuivre le développement de prototypes de capteurs utilisables par l'équipe de Pichon, tout en tirant partie de l'expertise de celle-ci en analyse de la variabilité cardiaque, relation avec la physiologie et la psychologie expérimentale.

### 4.3. Les objectifs technologiques en sciences de l'art

Dans une démarche artistique, le développement d'outils de captations et d'interprétation de la variabilité cardiaque pourrait être intéressant dans la perspective nouvelle qu'ils proposent, en relation avec des états physiologiques tels que l'activation du système sympathique ou parasympathique. États non contrôlables directement et pouvant être en lien avec la psychologie ou du moins la façon dont l'artiste sujet de la captation habite son corps lors d'une production. L'échelle temporelle calquée sur une dynamique physiologique serait alors de l'ordre de plusieurs dizaines de secondes à plusieurs minutes.

Pour atteindre des échelles temporelles d'une granularité plus fine, parmi les outils d'analyse mathématique disponibles et exploitables en temps réel, on trouve le RMSSD s'appuyant sur le Poincaré plot RMSSD (root mean square successive differences)<sup>12</sup>. Il correspond à la racine carrée de la moyenne des sommes des carrés de la différence entre deux intervalles successifs (intervalles temporelles entre les pics de deux pulsations). On obtient un indice qui illustre la variabilité instantanée considérée comme un reflet de la composante parasympathique.



**Figure 3:** Illustration de la RMSSD à travers un Diagramme de Poincaré (chaque point à pour coordonnées l'intervalle temporel entre deux pulsations (RR)<sub>n</sub> en abscisse et l'intervalle RR

<sup>12</sup> [http://www.all-acronyms.com/RMSSD/root\\_mean\\_square\\_successive\\_differences/952388](http://www.all-acronyms.com/RMSSD/root_mean_square_successive_differences/952388)

suivant soit  $n+1$ ). Ce diagramme nous donne une représentation visuelle de la variabilité, l'indice SDNN correspond d'ailleurs à la déviation standard. Le nuage de point représente un enregistrement de 5min.

En temps réel, la situation générale des arts de la scène, un tel calcul semble plus exploitable qu'une analyse statistique complexe basée sur la FFT, méthode actuellement utilisée en général dans les études physiologiques appliquées à l'étude de la variabilité cardiaque et en particulier par Pichon. C'est donc dans cette voie que nous comptons approfondir nos recherches.

## 5. CONCLUSION

Dans la suite de notre recherche, nous allons développer sous Max/Msp, une librairie d'analyse temps réel de la variabilité cardiaque, ainsi que des tests en condition avec des danseurs en vue d'un prochain "labo" avec la compagnie de Kitsou Dubois. Il convient encore d'approfondir l'étude des signaux corporels porteurs de mouvement, de dynamique de variabilité, au potentiel artistique peut-être plus subtil que celui des interfaces basée sur la catégorie du geste.

Un prototype de capteur ECG à double électrodes, fonctionnel et à cout réduit est par ailleurs à l'étude.

Dans cet article, nous avons fait l'éloge d'une approche heuristique qui s'appuie sur la pratique et l'examen des savoirs-faire en création artistique et qui trouve sa dynamique dans les interactions interdisciplinaires entre arts, sciences et technologies, en vue de produire des consistances artistiques autant que des contributions scientifiques ou technologiques nouvelles.

Dans ce genre de démarche, difficilement classable, la question de l'évaluation évidemment se pose. La réponse est complexe mais ne doit pas être évacuée.

On a montré plus haut comment nos propositions étaient validables, par l'appropriation par les praticiens dans le contexte d'un plateau expérimental, dans les temps d'une production, et en cohérence avec une poétique.

Il est académiquement assez simple d'évaluer l'apport d'une démarche en sciences et/ou en technologie. Les protocoles y paraissent stables.

Évaluer une démarche artistique expérimentale avec des méthodes héritées de la culture de l'évaluation issue des domaines scientifiques et technologiques serait inadaptée.

Évaluer séparément un rendu artistique, sa consistance, en fonction d'un contexte, et d'un état de l'art, en s'appuyant sur une approche qualitative est difficile, mais loin d'être inaccessible. Cela pourrait constituer une perspective de travail.

C'est selon- nous dans la manière dont des domaines tels qu'arts, sciences et technologies interagissent ensemble pour produire de la connaissance, de la compréhension, des ré-interprétations, des constructions nouvelles, de la transdisciplinarité, que l'on peut estimer l'intérêt du type de démarches que nous entreprenons. Le cadre académique qui nous entoure (esthétique, sciences et technologies des arts) nous invite à développer ces dynamiques de recherche, en tant que méthodes de créativité.

L'ensemble de cette démarche heuristique nous permet ainsi de cheminer dans le réseau des relations fructueuses entre arts, sciences et technologies, dans un contexte interdisciplinaire. La marche pour chemin, écrivait Varela , ....Hai que caminar...

## 6. REFERENCES

- [1] Alain Berthoz : *La décision*, Odile Jacob, 2003, Paris.
- [2] Jean-Julien Filatriau, Thomas Dubuisson, Loïc Reboursière, Todor Todoroff : *Breathing for Opera 2QPSR of the numediart research program*, Vol. 1, No. 2, June 2008.
- [3] Marc Leman, *Embodied music cognition and mediation technologies*, MIT Press, Cambridge MA, 2008.
- [4] Teresa Marrin Nakra : *synthesizing expressive musi through the language of Conducting*, Journal of new music research, Vol 31, N°1, pp 11-26, 2002.
- [5] Merleau Ponty : *La structure du comportement*. PUF, 8ème édition 1977, Paris.
- [6] Aurélien Pichon / Chapelot Didier / Nuissier Frédéric: "*Heart rate variability is an indicator of changes in psychological states aver a year in university students*", psychophysiologie, 2008.
- [7] Aurélien Pichon / Claire de Bisschop/ Véronique Diaz/ André Denjean : "*Parasympathetic airway response and heart rate variability before and at the end of methacholine challenge*", Chest ,2005.
- [8] Francisco Varela, Evan Thompson, Eleanor Rosch. *L'inscription corporelle de l'esprit*, sciences cognitives et expérience humaine, p 235 Seuil , Paris, 1993.