Pendule Acoustique[1]

Virgile Abela

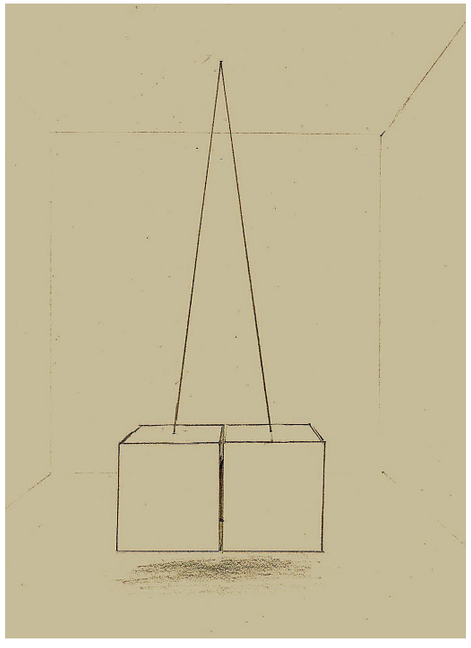
Pendule Acoustique *est une installation autonome et générative qui met en corrélation acoustique et gravité. Au départ immobile, un pendule de 4 mètres de haut oscille très légèrement à hauteur d'homme et progresse à la vitesse de sa fréquence de résonance, jusqu'à se balancer amplement dans tout le lieu d'exposition. De lignes en ellipses, le pendule redessine les contours architecturaux de l'espace que le visiteur découvre, à l'écoute d'un « chant infini » issu d'un feedback finement modulé par le mouvement. L'installation génère alors des paysages poétiques et sonores à l'équilibre fragile. En écho au Pendule de Foucault, cette œuvre cinétique s'inscrit dans la lenteur, à la recherche du geste juste, où temps, mouvements et sons proviennent d'une même interaction. Par le détournement artistique d'une théorie physique,* Pendule Acoustique *propose une expérience sensible et contemplative en symbiose avec la pesanteur, dans une danse sans début ni fin, entre équilibre et chaos.*

Genèse

C'est au début de mes études à l'école des beaux-arts de Marseille que j'ai découvert un véritable intérêt pour l'immatérialité. Par ailleurs musicien, et plus précisément batteur, j'étais fasciné par la plasticité sonore des peaux et cymbales qui, excitées par des mailloches, libèrent une multitimbralité sans égale. J'eus comme professeur de son le compositeur Lucien Bertolina, avec qui je découvrais la création en studio, expérimentation que je complétais en classe d'électroacoustique du Conservatoire National de Marseille, avec Pascal Gobain. De l'enregistrement au montage sonore et à la réflexion plastique liée à l'espace, je posais les bases d'une recherche à travers la question du temps et de la vibration dans les domaines de la musique, du spectacle vivant, de l'art sonore ou de l'art numérique.

J'ai obtenu un Dnsep (diplôme national d'expression plastique) en 1997 avec une installation nommée *nowhere*, formule empruntée à l'artiste suisse Markus Raetz, signifiant *ici et maintenant* ou *nulle part,* selon que l'on considère la césure au « w » ou bien au « h ». Cet anagramme poétique fait écho à la distorsion du temps et de l'espace recherchée dans l'expérience de dissociation de la vue et de l'ouïe proposée au spectateur : une pièce dans une salle de 210 m³ dont les murs, le sol et le plafond sont couverts de coton blanc tendu, est saturée de lumière blanche.

Le visiteur ébloui évolue dans un espace vide derrière lequel 8 haut-parleurs spatialisent une composition sonore à partir d'enregistrements d'objets lourds en train de tomber, se fracassant au sol ou contre les murs sous l'effet d'une gravité imaginaire révélée par le son. Il s'agit d'abstraire la vue au profit d'une plasticité



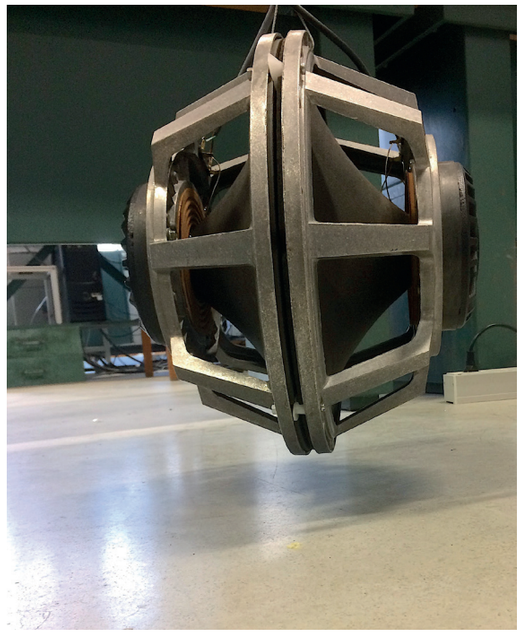
Dessin du projet, ESBAM 1996.

sonore en mouvement dont la physicalité expérientielle de l'espace représente, pour le visiteur, la substance immatérielle d'un projet qui implique conceptuellement, structurellement et artistiquement 3 états du temps : le *temps-état* [paysage], le *temps-durée* [composition], le *temps-différé* [mémoire]. C'est avec ces préoccupations que, parmi d'autres réalisations, je dessinais en 1996 *Pendule Acoustique* pour la première fois.

Lucien Bertolina me présenta Jean-Claude Risset (1938-2016), compositeur et médaille d'or du CNRS pour ses travaux en synthèse sonore et informatique musicale, que je rencontrai aussitôt au LMA (Laboratoire de Mécanique et d'Acoustique). Ce dernier me proposa de réaliser un prototype sous forme de maquette avec l'aide du laboratoire. Bien trop inexpérimenté et sans moyens financiers, je n'avais pas donné suite. J'ai passé les vingt années suivantes à composer et improviser essentiellement de la musique. Du *cut* aléatoire au montage radio, de l'improvisation libre au jazz contemporain, j'ai peu à peu étiré le temps et la matière sonore dans des projets instrumentaux comme *hoaxhoax*[2] ou *Inner Island*[3], dans le but de figer le *temps-durée* de la musique dans un ressenti de *temps-état* pour l'auditeur. Puis j'ai délaissé le studio pour développer mes propres outils *temps-réel* sur max/msp au côté de Julien Bayle, artiste sonore et programmeur reconnu pour ses travaux sur ce logiciel[4].

C'est en 2017 que le *Pendule Acoustique* est revenu se balancer dans ma tête. Les technologies avaient suffisamment évolué pour envisager sa réalisation. J'ai rapidement écris le projet et je l'ai adressé à Guillaume Quiquerez de l'ECM (Ecole Centrale de Marseille), qui l'a relayé dans le réseau du CNRS. Dix jours plus tard, Patrick Sanchez, responsable de la Plateforme MAS (Musique Audio Son[5]) du LMA, me contactait pour me proposer une résidence Art / Science.

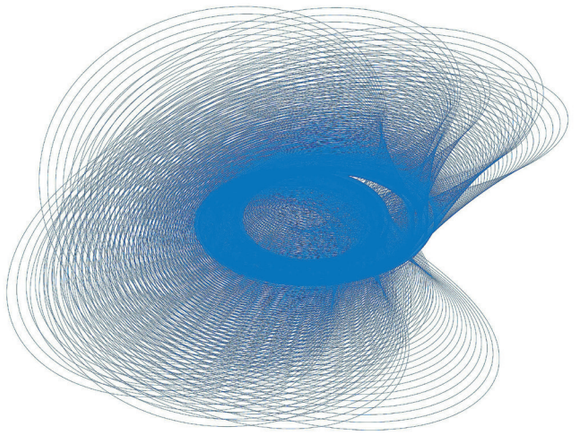
Je suis reparti de mon dessin de 1996, recherchant un mouvement pendulaire initié par le son : un même son pulsé et accordé à la fréquence de résonance de l'ensemble met en mouvement deux membranes collées face à face. L'un des deux haut-parleurs est câblé en opposition de phase de manière à synchroniser



Tests au Laboratoire de Mécanique et d'Acoustique avec Patrick Sanchez, juillet 2017.

leurs translations latérales entre leur butée et leur bobine, provoquant un déplacement cyclique du centre de gravité à chaque impulsion sonore. Je prévoyais d'accompagner ce déséquilibre par la poussée d'air à la sortie d'un évent prévu à cet effet pour augmenter le balancement ; ce fut un échec en raison du poids des bobines surpassant la force délivrée dans l'air par le dispositif.

Patrick Sanchez nota que cette idée relevait techniquement d'un pendule-double – consistant en deux pendules dont l'un est accroché à l'extrémité de l'autre et dont l'addition des forces provoquent des mouvements non-linéaires donc imprédictibles, caractéristiques d'un système chaotique. Cependant, nous recherchions pour ce projet un comportement prédictible, fluide et progressif, conformément



Modélisation du mouvement, code Matlab, Etienne Gourc, 2017.

à l'idée initiale. Par ailleurs, afin de garder l'interrelation entre mouvement et son, il a fallu inverser les rôles. Désormais, le mouvement allait agir sur le son pour créer l'organicité du projet.
La matière sonore n'était pas encore définie et le cadre de départ de mon travail, vingt ans plus tôt, avait quant à lui évolué ; je ne cherchais plus à résoudre la dichotomie entre le *temps-état* du paysage et le *temps-durée* de la musique par le *temps-différé* de l'objet sonore comme dans *nowhere*, mais plutôt à créer les conditions d'un [éco]système capable de générer sa propre matière sonore et dynamique en *temps réel,* à partir des conditions acoustiques et gravitaires *in situ*. Le projet en devenait d'autant plus juste, puisque les constantes que sont la gravité et l'inertie sont équilibrées en permanence par une force déployée selon la fréquence de résonance du pendule, comme un flux. Le son devait donc lui aussi résulter d'une interrelation continue avec le mouvement, qui s'imposait quant à lui comme l'horloge du projet. C'est la raison pour laquelle la programmation se passe de *time-line* : ici, le Mouvement est le Temps.
J'ai alors développé un patch de réinjection du signal [feedback audio] générant de la synthèse granulaire temporelle, qui sous l'effet de variations des durées de réinjection provoque des effets de repliement agissant sur la granularité du timbre du feedback. Ce système a pour caractéristique de se révéler dans l'empreinte acoustique du lieu dans lequel le micro est ouvert. Je prévoyais alors d'assigner aux nombreux *input* de modulations sonores du patch les données accélérométriques et gyroscopiques d'une centrale inertielle destinée à tracer l'activité du pendule, afin d'augmenter l'influence du mouvement sur le son, généré dans l'espace. Tous les éléments étaient réunis pour démarrer une étape de recherche qui dura deux ans.
Patrick Sanchez impliqua Etienne Gourc[6], chercheur en vibration, pour modéliser le projet sur Matlab à partir notamment des équations de Lagrange, afin de cerner les contraintes au sein desquelles il allait ensuite construire le pendule. Au même moment, l'École Centrale de Marseille se constituait en bureau d'étude, impliquant trois jeunes ingénieurs, Martin Barbaud, Eliot Drees, Julien Garot, à l'œuvre sous la direction de Christian Jalain.
Le prototype était enfin réalisé en juin 2019, et allait trouver sa maturité technique en juillet 2020.

Esthétique

Pendule Acoustique s'impose par sa présence dans l'espace comme un totem – à la différence près que son point d'ancrage est en hauteur et rayonne dans de multiples directions. Ses dimensions proposent un volume à mesure d'homme, apaisant par ses formes, inquiétant par son mouvement. D'allures brutes mais soignées, les matériaux sont essentiellement en métal pour la structure, et en Plexiglass pour la sphère. L'objet revendique une certaine élégance par la simplicité de ses lignes, et son esthétique émane de sa conception technique, sans autre artifice. La sphère transparente dévoile l'animalité du mécanisme – synchronisation motorisée des poulies, bielle et courroies –, suscitant de prime abord la curiosité. Puis, une fois son fonctionnement assimilé par le regardeur, ce dernier l'oublie pour ne porter attention qu'aux mouvements « sonifiés » du paysage qui se déploie devant lui. L'objet, avec son œil de cyclope, ses organes mobiles, ses oreilles-membranes, son déplacement fluide et ses capteurs luminescents, présente un design qui rappelle une certaine esthétique propre à la science-fiction et nous invite ainsi à l'imaginaire anthropomorphique de la robotique.

Dynamique

Dès la phase de conception, le projet a été significativement associé au champ lexical de la danse, avec en premier lieu la recherche du « geste juste », s'inscrivant dans *un temps qui prend le temps d'être là*. Une temporalité qui n'a pas d'autre vocation que de s'effacer au profit d'une trace, comme celle de la mémoire d'un dessin, à l'instar du corps lors de l'acte chorégraphique. Latéral, elliptique ou circulaire, le mouvement de l'installation résulte techniquement de la mise en œuvre d'un pendule-double linéaire en ce que la gravité compense cycliquement vers le centre du dispositif le déséquilibre causé par le décentrement périodique de la masselotte (masse ajoutée à un système mécanique afin de modifier son équilibre), qu'elle transforme en mouvement, à la manière d'une balançoire. Le transfert de poids qui déplace le point d'équilibre est depuis longtemps exploré en danse contemporaine, comme en témoignent encore les récentes créations des chorégraphes Yoan Bourgeois (*Scala*) ou Angelin Preljocaj (*Gravité*). Si un danseur travaille à partir de sa conscience gravitaire associée à une connaissance accrue de son corps, *Pendule Acoustique* doit immanquablement varier ses vitesses angulaires pour moduler justement ses amplitudes. Sa fréquence de résonance est relevée, puis mise à jour en temps réel à partir des données d'une centrale inertielle qui trace tous les angles des plans x, y et z de son oscillation. Au moment de partir dans le sens inverse, le pendule traverse un bref instant d'immobilité que la centrale inertielle renseigne par un 0, transformé en Bang. Ainsi, entre deux Bang, on obtient un Temps (= Fréquence). Ce temps est appliqué au balancement de la masselotte en trois vitesses angulaires (accélération, constante et décélération) de manière à obtenir un mouvement proche du sinus. Chaque groupe de vitesses angulaires est ainsi calculé au centième prêt, afin de parcourir la bonne distance dans la bonne durée, entre les apex de chaque oscillation.
La fluidité de sa progression est obtenue en invitant l'inertie naturelle du pendule à achever chacune de ses oscillations. Pour ce faire, le moteur exécute 60 % de sa course durant les 25 premiers degrés de sa progression, puis 40 % durant les 25 suivants, laissant à l'inertie le soin d'amener le pendule jusqu'à l'instant d'immobilité recherchée, que la centrale traduit en Bang pour relancer une nouvelle commande dans le sens opposé, et ainsi de suite.
Le pendule commence à osciller en augmentant d'un degré son angle et ses vitesses toutes les cinq oscillations. De la sorte, il peut s'animer seul depuis l'immobilité jusqu'à une amplitude de 5 mètres au sol, selon la hauteur de sa portée. C'est ainsi par la conjonction des forces électromécaniques, gravitaires et inertielles que le pendule trouve dans sa fluidité naturelle une forme d'animalité, recherchée dans la diversité de son comportement.
Pour finir, le pendule dispose à son accroche d'un moteur de rotation, utilisé seul ou conjugué au moteur d'oscillation. Ces rotations permettent de créer des ellipses ou des cercles dans l'espace, et favorisent une projection du son mobile à trois dimensions.

Pendule Acoustique **au festival GAMERZ15, 19-11-2019. Photo Luce Moreau.**

Acoustique

Le flux sonore émis est un « chant acoustique » *in situ* entre les haut-parleurs et le micro présent dans l'espace. Le moteur audio multiplie le signal entrant en quatre unités programmables en matrice. Au sein de chaque unité, il est réinjecté sur lui-même avec un retard de 10 secondes, créant ainsi un continuum. Les données de la centrale inertielle sont routées dans le moteur audio et viennent exciter selon les « paysages » – phases temporelles – diverses options de modulations sonores, notamment sur le temps de réinjection d'où résultent des effets granulaires relativement complexes. Ainsi, le pendule devient l'interprète sonore de l'installation. Par moment, on obtient une parfaite synchronisation entre le mouvement et le son, provoquant toutes sortes d'effets naturels de phases et de *dopplers* – décalage fréquentiel lorsque la distance entre l'émetteur et le récepteur varie dans le temps et l'espace, induisant des détimbrages –, qui participent à l'immersion auditive du spectateur. On entend parfois des mélodies faites d'intervalles de secondes et de tierces majeures, de quintes ou d'octaves, *etc*. Ce sont des variations aléatoires purement électroacoustiques issues des harmoniques naturelles de la fondamentale du feedback, que le pendule en mouvement module dans l'empreinte acoustique du lieu de l'installation. L'essentiel du travail sonore est porté sur une approche spectrale des timbres, sur la projection du son et sa réception par réflexion acoustique, dont la densité et la couleur varient selon les espaces et la vitesse d'oscillation. Les sons obtenus s'apparentent parfois à des instruments acoustiques à vent, des basses électriques ou des carillons, ou bien à de la synthèse modulaire. Par ailleurs, la courroie d'entraînement du moteur est audible, et révèle le caractère métronomique de la fréquence du pendule. Elle participe à la matière sonore globale, comme une pulsation. Techniquement, les deux haut-parleurs du pendule sont câblés en stéréo. Le choix des haut-parleurs a été déterminant. Il s'agit de modèles HiFi Focal 100ICW6, conçus pour fonctionner sans VAS (volume d'air équivalent à l'élasticité de la suspension de la membrane), n'imposant pas à la sphère de jouer un rôle de baffle pour exprimer l'ensemble des fréquences au bon rendement. Les basses sont externalisées via un sub (haut-parleur basses fréquences) participant à la sensation immersive de l'installation du fait de la spatialisation fréquentielle du son. Enfin, tout autre son exogène à l'installation est susceptible de rentrer dans la boucle de réinjection, favorisant le caractère *in situ* d'une œuvre résolument évolutive.

Écosystémique

Pendule Acoustique induit une conception globale circulaire entre la machine et le vivant ; la partie informatique conçue sur max/msp constitue ainsi le cerveau de la boucle. D'autres logiciels interviennent tels que Python pour la concaténation des messages envoyés par liaison série aux steppers (drivers des moteurs *pas-à-pas*), puis du langage C sur le logiciel Arduino (un Environnement de Développement Intégré, IDE), pour la programmation des capteurs.

Le principe général de la programmation s'anime comme un corps composé de différents organes dont chacun joue un rôle précis, coordonné aux autres. La partie qui calcule la fréquence de résonance s'impose ainsi comme l'organe cardiaque du système global. La partie qui concerne essentiellement le mouvement et le son est séquencée sous forme de phases appelées « Paysages ». Chacune d'elles se succède comme dans une partition, offrant un cadre temporel à l'installation. Cette dernière trouve sa permanence dans l'équilibre entre le fonctionnement prédictible du mouvement et le comportement chaotique du son, le tout synchronisé au rythme des oscillations conditionnées par la gravité.

[1] Lauréat 2020 de la bourse Pierre Schaeffer, avec le soutien de la SCAM et de la Copie Privée. Voir https://www.virgileabela.com/pendule-acoustique-1

[2] Trio postrock_mathrock 2011-2017 avec David Merlo et Damien Ravnich, https://www.virgileabela.com/hoaxhoax

[3] Duo expérimental avec Jean-François Laporte depuis 2009, Marseille-Montréal, http://totemcontemporain.com/groups/innerisland/

[4] http://julienbayle.net/
[5] https://mas-lma.cnrs.fr/
[6] Auteur de la Thèse « Étude du contrôle passif par pompage énergétique sous sollicitation harmonique : Analyses théoriques et expérimentales », INSA Toulouse, 2013.

1er prototype, résidence au Château Ephémère, Carrières-sous-Poissy, juin 2019.

Expositions à venir de *Pendule Acoustique* :

Festival Interstice – Rencontre des inclassables à Caen
https://festival-interstice.net/
Du 6 au 23 mai 2021

Galerie Un Singe en hiver
3 Rue François Robert, 21000 Dijon
Juin 2021

Comment la réalité virtuelle incarnée et la danse peuvent augmenter l'expérience corporelle

Margherita Bergamo Meneghini

***Eve, dance is an unplaceable place* (2019) © Kevin Navia.**

C'est ma rencontre, en 2017, avec l'artiste colombien Daniel González, co-fondateur de BeAnotherLab et directeur d'Omnipresenz, qui a conduit à la création de Eve, dance is an unplaceable place. *Le projet a débuté fin 2018 dans le cadre du Festival du Nouveau Cinéma et de Tangente Danse, à Montréal, sous la forme d'une installation immersive de danse contemporaine et réalité virtuelle incarnée (*Embodied Virtual Reality*, EVR), afin de réunir expérience virtuelle et réel, et de transmettre ainsi une sensation de migration vers d'autres endroits. L'équipe a présenté le projet à un très large public à Laval Virtual, en 2019, et cela a été une révélation, car je vois depuis la perspective chorégraphique sous un nouveau jour : l'installation* Eve *amène les participants à modifier, à « déplacer » la perception qu'ils ont de leur corps.*

À peu près à la même période, j'ai eu le plaisir d'écrire un article pour le IEEE Gem 2019 (Games, Entertainment & Media Conference, Center for Collaborative Arts and Media, Yale University), pour lequel j'ai recueilli les témoignages éloquents de participants lors de diverses présentations publiques. J'ai aussi commencé un riche échange épistolaire avec Thierry Pozzo, chercheur à l'Institut Marey de l'Université de Bourgogne, et Laurent Bonnotte, psychomotricien et artiste multimédia, sur le sujet du couplage entre perception et action, notions que j'ai alors mises de plus en plus au centre de mon travail de danseuse et de chorégraphe.