



**FAKULTA DESIGNU A UMĚNÍ
LADISLAVA SUTNARA
ZÁPADOČESKÉ UNIVERZITY
V PLZNI**

Bakalářská práce

**Média a experiment
Zvuky těla**

Barbora Burianová

Plzeň 2020



**FAKULTA DESIGNU A UMĚNÍ
LADISLAVA SUTNARA
ZÁPADOČESKÉ UNIVERZITY
V PLZNI**

Katedra výtvarného umění

Studijní program: Výtvarná umění

Studijní obor: Multimediální design

Specializace: Nová média

Bakalářská práce

**Média a experiment
Zvuky těla**

Barbora Burianová

Vedoucí práce: doc. akad. mal. Vladimír Merta

Katedra výtvarného umění

Fakulta designu a umění Ladislava Sutnara

Západočeská univerzita v Plzni

Plzeň 2020

Prohlašuji, že jsem umělecké dílo vypracovala samostatně a nejedná se o plagiát.

V Karlových Varech, 27. 7. 2020

.....

Obsah

1	Mé dosavadní dílo v kontextu specializace	2
1.1	Motivace	2
1.2	Dosavadní dílo	3
1.3	Sound art	3
2	Téma a důvod jeho volby	5
2.1	Cíl práce	5
3	Proces přípravy a proces tvorby	6
4	Popis díla	7
4.1	Bodychord	7
4.2	Idiofony	8
4.3	Tenze	8
5	Technologická specifika	9
6	Přínos práce pro daný obor	11
	Literatura	12
	Resumé	13
	Seznam příloh	14

Mé dosavadní dílo v kontextu specializace

V akustice je rezonance jev, kdy akustický systém zesílí zvukové vlny, jejichž frekvence odpovídá jedné z vlastních přirozených frekvencí systému [1]. V přeneseném významu by to mohlo znamenat, že pokud se přiblížujeme myšlenkám, které nám dávají hlubší smysl, zesiluje se naše fascinace daným tématem. Můžeme říct, že takové téma námi *rezonuje* ve smyslu, že pro nás má hodnotu, neutichá a je hybnou silou našich činností. Tyto dva významy stejného slova se propojují, když vytvářím hudební nástroje a zvukové objekty. Aby rezonovaly, musím navrhnout systém, který rezonanci umožní. Zároveň je jejich tvorba mým neutuchajícím zájmem, který mě nutí dál prozkoumávat oblast akustiky a téma s ní spojená.

1.1 Motivace

Můj zájem o zvuk se nezrodil náhle, ale má původ v rodinném prostředí. Otec se s velkou trpělivostí a precizností věnuje výrobě strunných hudebních nástrojů a já vždy ráda zkoušela činnosti, jejichž proces jsem mohla doma sledovat. Ve své tvorbě jsem neměla zaměření jasně definované, dokud jsem k příležitosti plénérové výstavy nevyrobila první strunný nástroj, kterým je Autoportrét – lyra (viz příloha A.1). Tímto impulsem započal můj hlubší zájem o hudební nástroje, jež jsem začala konstruovat během studií v ateliéru Nových médií. Vedoucím tohoto ateliéru je doc. akad. mal. Vladimír Merta, který se sám výrobou nástrojů zabývá. Bylo mi tedy výhodou konzultovat nejen obsahovou, ale i řemeslnou či technologickou stránku. Mým cílem nebylo sledovat tradiční výrobu většinových hudebních nástrojů, ale spíše experimentovat s formami a přístupy.

1.2 Dosavadní dílo

Nástroje. Brzy jsem zjistila, že vyjma řemeslného zpracování je k výrobě hudebních nástrojů nutné lépe porozumět také fyzikálním zákonitostem akustiky. Další nástroj měl propojovat tyto dva aspekty. Monochord podle Pythagora je spíše studijní pomůckou než hudebním nástrojem. Maje jedinou strunu, slouží k porozumění, jak se výška tónů s napínáním struny mění, jak lze pomocí poměrů struny odvodit tóny či kde vznikají flaželety. V návaznosti na monochord jsem konstruovala nástroje podobného typu s více strunami, umožňující více stylů hry. Soubor těchto nástrojů jednoduchých tvarů jsem souhrnně nazvala „chordofony“ (viz příloha A.2). Za nejzdařilejší považuji trichordofon se třemi stejně dlouhými strunami a posuvným jezdcem. Hra na něj je více fyzická, protože se hráč posouvá po celé jeho dvoumetrové délce, aby jezdcem měnil výšky tónů. Fyzická stránka trichordofonu mě podnítila k bližšímu zkoumání propojení těla se zvukem či člověka s nástrojem. Mimo strunných nástrojů jsem se okrajově zabývala i zkoumáním dřevěných nástrojů samoznějících (idiofonů) a dechových (aerofonů). Zjistila jsem, jak lze i dřevo samotné naladit a jak ovlivnit barvu tónů, jež bývá u samoznějícího dřeva velmi příjemná. K tomu bylo zapotřebí použít různé druhy dřev rozdílných délek a tlouštěk. Z kategorie aerofonů jsem vytvořila několik bambusových fléten. Na rozdíl od chordofonů a idiofonů v nich vznikají tóny v závislosti na velikosti vzduchového sloupce a rychlosti proudění vzduchu.

Experimenty. S rostoucím zájmem o akustiku rostla i má chuť věnovat se také zvukovým experimentům. Jedním z nich jsou frekvenční kresby (viz příloha B.1), které jsou výsledkem hledání obrazců vznikajících rezonancí kovových desek v momentě, kdy přehrávaná frekvence rezonuje s frekvencí desky. Další z experimentů, Disonance deštěm, je experimentem v čase. Za deštivého dne jsem před dům umístila sklenice naplněné vodou tak, aby byly naladeny do durové stupnice. Zahrála jsem krátkou melodii s naladenými sklenicemi a poté tuto melodii opakovala s časovými rozestupy. Během deště se sklenice nerovnoměrně plnily vodou a melodie byla o to více disonantní.

1.3 Sound art

Mé zkoumání zvuku se dá zařadit mezi takzvaný *Sound art*, tedy umění zvuku. Ten se jako umělecké médium začíná výrazněji formovat teprve na začátku 20. století. Za mezník, kdy byla výroba zvukových objektů povýšena na uměleckou formu, lze považovat Intonarumori Luigi Russola [2]. Tato série 19 mechanických nástrojů produkující různé typy hluku podporuje jeho futuristický manifest „Umění hluku“. Šedesátá léta s Johnem Cagem v čele znamenala rozkvět zvukových děl a eventů. V souvislosti s Cagem a experimentálními hudebními nástroji mě ovlivnilo především dílo Preparovaný klavír, ve kterém jsou mezi

struny klavíru vkládány různé předměty. Místo očekávané harmonické hry tedy slyšíme nepředvídatelné tóny a zvuky perkusivního rázu. Na české scéně se vztahu prostoru a zvuku věnuje Milan Grygar. Dílem jako jsou Akustické kresby, Antifony či cykly partitur poukazuje na všudypřítomnost zvuku. Ovšem jednou z nejpozoruhodnějších osobností proudu experimentálních hudebních nástrojů je pro mě Harry Partch, který své nástroje vyráběl na základě vlastních mikrotonálních stupnic (viz příloha D). Ačkoli se pojem sound art začal používat až v 70. letech [3] v souvislosti s díly využívající nových nahrávacích a reprodukčních audio technologií, dnes je jím označováno celé spektrum děl jejichž hlavní složkou je zvuk.

Téma a důvod jeho volby

V mé bakalářské práci jsem se rozhodla studovat propojení těla a zvuku. Výběr tématu podnítil můj dlouhodobý zájem o zvuk a hudební nástroje, které jsou zosobněním tohoto propojení. V mému chápání vztahu těla a zvuku by se měl nástroj stát přirozeným rozšířením těla, který není pouhým objektem sloužícím k vytváření zvuku. Domnívám se, že téma, které takové propojení zkoumá je přirozenou formou hledání sebe sama.

2.1 Cíl práce

Hlavním cílem této práce je prozkoumávání vztahu těla se zvukem. Jde o aspekt života, který považuji za důležitý v době zvukového zahlcení. Proces hledání je mým subjektivním výzkumem možností tohoto propojení.

V konkrétní formě je pak cílem vytvoření série hudebních nástrojů či zvukových objektů, které s tělem pohybově interagují a reflektují poznatky, které vedly k jejich vzniku. Každý z nástrojů či objektů umožňuje jiný typ hry než jaké jsou všeobecně spojovány s tradičními hudebními nástroji.

Proces přípravy a proces tvorby

Jasnější vymezení tématu, tedy propojení těla se zvukem, bylo příležitostí ke studiu souvislostí mezi akustikou, psychikou a uměním. Součástí mé přípravy bylo vědomé a soustředěné pozorování vlastních reakcí na různé podoby zvuku, jako například hluk, ticho, pravidelný či nepravidelný rytmus. Na základě poznatků, získaných studiem a pozorováním sebe sama, jsem začala vytvářet návrhy, na nichž jsem zkoušela pluralitu přístupů. Mezi jednotlivými návrhy jsem následně hledala možná spojení.

Počáteční přístupy se ale ukázaly jako bezvýchodné. Uvědomila jsem si, že se příliš soustředím na to, aby se k sobě jednotlivé objekty návrhů hodily a stával se z toho jistý kalkul. Rozhodla jsem se tedy dát větší průchod intuici a přestala jsem se soustředit na důvody proč jsem zvolila daný tvar či přístup. Prvotní skici (viz příloha C.1) také nesou jistou míru pseudovědeckosti. Obsahují sice střípky informací, které jsou pravdivými fakty či byly přímo impusem k vytvoření návrhu, ponechávám je ale záměrně nevysvětlené. Zvolila jsem tuto polohu, abych si i já sama připomínala, že cílem této práce není předání strohé informace, ale především tělesný zvukový prožitek.

Do dílny jsem se přesunula s představami, které byly přibližné. Díky tomu jsem měla prostor návrhy ještě během výroby pozměňovat. S prací se dřevem mám dostatek zkušeností, ale pro dosažení cílů, stanovených návrhy, jsem musela využít elektroniky, což se ukázalo být největším úskalím mé práce. S radami a pomocí přátel jsem ale dosáhla výsledků, které přesně naplnily mé požadavky (viz kapitola 5).

4

Popis díla

Výsledným dílem jsou tři *figury*, které je možno posuzovat ve dvou formálních rovinách. Figura ve výtvarném umění bývá termínem pro označení těla, které je zobrazováno pluralitou technik a médií. V hudební terminologii naopak figura znamená krátkou hudební frázi. Bývá kratší než celková kompozice, ale svým opakováním ji sjednocuje [4]. Z vizuálního hlediska tvoří nástroje na těle během performance dojem figur či pohyblivých soch. Zároveň je jejich zvukové vyznění krátkými, po sobě jdoucími hudebními figurami.

Namísto hudebních dovedností je ke hře na nástroje vyžadováno soustředění na vlastní fyzické pohyby. Vědomé a soustředěné vnímání pohybu a zvuku je hlavním aspektem mé práce. Mimoděk to může vést k odlehčeným momentům a přesouvání se po hranici vážnosti a humoru.

4.1 Bodychord

Bodychord (viz příloha E) se skládá ze čtyř chordofonů, tedy dřevěných rezonančních komor, se čtyřmi strunami na každém z nich. Ty jsou v rámci jednoho chordofonu rozděleny na dvě části a naladěny intuitivně s pomocí ladícího systému popsaného v 5. kapitole v odstavci o bodychordu. Chordofony geometrického, ale přesto anatomického tvaru, jsou upnuty na rukách a nohách. Na hrudi je připevněn rotující motor s ramenem, který rozeznívá struny. To se děje ve chvíli, kdy jsou struny přiloženy do obvodové cesty ramena. Rychlosť otáčení ramene lze regulovat, tím přidat na intenzitě a docílit až zvukového přehlcení. Kompozice a rytmus jsou plně ovládány pohybem a gesty.

Specifický typ hry na nástroj se tak odráží i ve vizuálním vyznění díla. Hrou vznikají různé pohybové kreace, které mohou vyvolat i zmíněné odlehčení.

4.2 Idiofony

Druhým nástrojem jsou čtyři kovové polokoule, idiofony (viz příloha F), rozeznávané kovovými kuličkami. Kuličky jsou řetízkem upnuty na prsty a kopírují pohyb, při kterém kmitám nohou či prsty na rukou. Za normálních okolností dělávám tyto pohyby naprostě bezděčně a jsou způsobeny nervozitou či jen hlubokým soustředěním. Při hře na idiofony pak tytéž nepatrné pohyby produkují výrazné zvonivé zvuky, když kulička narází do idiofonů. Samotná podstata nevědomého kmitavého pohybu se stává protichůdnou, když se na tyto pohyby cíleně zaměřuji.

Změřit výšku tónů idiofonů s přesností nelze, jelikož naráz produkují mnoho alikvótních harmonických tónů. Jednotlivé tóny se pak v čase liší délkom trvání. Široký frekvenční rozsah dutých idiofonů může mít i řadu příznivých účinků. Z toho důvodu se různé jejich druhy využívají při meditacích například v podobě tzv. tibetských mís. Zvuk poskytuje vjem, na který se mysl soustředí, což je podstatou mnoha meditačních praktik [5].

4.3 Tenze

Mou poslední figurou je tenze (viz příloha G). Jde o minimalistický hudební nástroj, který sestává pouze z jedné struny a jejího upevnění. Reaguje na Pythagorův monochord (viz sekce 1.2), ovšem ladění nyní závisí na síle, kterou vynaložím k napnutí struny. Vznikají tak tóny se slyšitelnými náběhy či naopak sestupy, které nelze nikdy perfektně ovládat k dosažení čistých tónů. Člověk se během napínání struny stává tělem nástroje. Podobně jako u bodychordu tedy nevzniká pouze zvuk, ale i pohyb a gesta.

Technologická specifika

Dílo v sobě kombinuje jak řemeslné, tak technické postupy. U každého z nástrojů popíši, jakým způsobem vznikl a s jakými technickými rozhodnutími jsem se při jeho výrobě potýkala.

Bodychord. Nástroj sestává ze čtyř čtyř-strunných chordofonů a centrálního motoru s vlastním zdrojem a regulací otáček. K výrobě chordofonů jsem využila smrkové dřevo kvůli jeho rezonančním vlastnostem. Smrkové dřevo je měkké a vytváří proto hutnější basové tóny. Vzhledem k nepříliš velkým rozměrům nástrojů je tato vlastnost dřeva výhodou, aby byl zvuk dostatečně intenzivní. Ke každému chordofonu jsem použila čtyři latě a čelní díly a slepila je do tvaru mnohostěnu, který anatomicky přilne na ruce a nohy. Struny jsem na horní desky chordofonů upnula nýty na jedné straně a ladícími kolíky na straně druhé. Struny jsem za nýty vyzvedla kobylkami z tvrdého ořechového dřeva, které má nižší tendenci k opotřebení. K této řemeslné výrobě jsem použila: dřevozpracující stroje (hobelovací fréza, kotoučová pila, pásová pila, kombi bruska), elektrické nářadí (aku vrtačka, vibrační bruska, přímá bruska), ruční nářadí (šroubováky, svěráky, hoblinky, kleště, kladivo, pilník) a disperzní lepidlo.

Experimentem a zároveň výzvou pro mě bylo sestavení rotujícího ramene motoru, které rozeznívá struny chordofonů. Mé požadavky byly, aby se dala regulovat rychlosť otáček a aby byl obvod autonomní, tedy nemusel být připojen do elektrické sítě. To umožňovalo sestavení obvodu z desky Arduino Uno, můstku L298N, $100\text{k}\Omega$ potenciometru, dvou 9V baterií a samotného 12V motoru. Otáčením potenciometru dochází k regulaci energie pohánějící motor, který tak zrychlí nebo zpomalí své otáčky. Na desku Arduino je nahrán kód, který řídí proudění energie obvodem (viz příloha H). Celý obvod je i s motorem uzavřen do vlastního dřevěněného boxu, na jehož výrobu jsem použila smrkové dřevo, aby nebyla nařušena jednotrná podoba s chordofony. Práce s elektronikou přinesla mnohá úskalí, ale měla pro mě z technologického hlediska největší přínos.

Nemohla bych se v této části nezmínit o zkušebním ladícím programu pro bodychord, který sestavil Jakub Černý, má technická i psychická opora této práce. Struny bodychordu by bylo možné naladit mnoha způsoby. Vyzkoušet je by ale znamenalo vždy přeladit všech 16 strun. Vznikl tedy kód (viz příloha I) v programovacím jazyce Python3, kde mohu specifikovat tóny a jejich frekvence. Poté zadefinuji, jaké kombinace tónů bych chtěla vyzkoušet a v příkazovém řádku tyto tóny spustím ve smyčce, která odpovídá rotaci motoru. Pokud jsem spokojená, jak tóny souznařejí, naladím podle nich struny načisto.

Idiofony. U idiofonů může zvuk vznikat úderem a následným chvěním jich samotných. V případě mých idiofonů jde o duté kovové polokoule různých velikostí, jež jsem pořídila jako kované polotovary. Údery do polokoulí jsou způsobené kovovými kuličkami, které jsem provrtala na sloupové vrtačce skrz střed, a tím k nim připojila řetízky spojující je s prsty hráče.

Tenze. Nástroj tenze je tvořen jediným drátem neboli nemotanou strunou, připevněnou nýtem k dřevěnému podstavci. Rezonanční vlastnosti podstavce jsou vzhledem k délce struny velmi tlumené, a tak jsem k dosažení dostatečné hlasitosti použila snímač připojený k zesilovači a reproduktoru.

Přínos práce pro daný obor

Ve své práci navazuji na umělecký proud sound art a na výrobu experimentálních hudebních nástrojů, jejichž vývoj jsem nastínila v 1. kapitole. Přínos svého díla spatřuji především v rozšíření kategorie experimentálních nástrojů. Tato kategorie obsahuje mnoho pozoruhodných, dříve nespatřených nástrojů a neslyšených zvuků, které mohou obohatovat smysly posluchačů. Na sound artu se mi nejvíce zaměřuje, že je otevřen všem, jelikož na rozdíl od hudby nevyžaduje žádné hudební vzdělání [6]. Stejně je tomu u výroby experimentálních nástrojů. Vedle sebe tak obstarají nástroje uznávaných umělců, technických odborníků i domácích kutilů. Pokud by mé dílo inspirovalo byť jen jediného člověka, aby začal experimentovat se zvukem, považovala bych smysl jeho existence za naplněný. Pravdou totiž zůstává, že zvukové umění vedle vizuálního stále tvoří minoritní kategorii.

Silné stránky. Domnívám se, že pozitivním aspektem mého díla je, že přestože využívá již dlouho známých i využívaných zvukových principů, je dílem inovativním. Ukazuje další z možných pohledů na zvuk a jeho aktuálnost.

Slabé stránky. Jako problematický spatřuji fakt, že mé chápání zvuku je tvořeno subjektivními dojmy a poznatky. Není tedy aplikovatelné plošně a je možné, že se nesetká s porozuměním. Na druhou stranu si nemyslím, že by porozumění bylo ke kladnému přijetí díla nutné.

Literatura

- [1] WIKIPEDIA. *Acoustic resonance* [online]. Wikipedia: 2020 [cit 18. 6. 2020]. Dostupné z: http://en.wikipedia.org/wiki/Acoustic_resonance.
- [2] LANDMAN, Yuri. *From Russolo till Present: A History about the Art of Experimental Musical Instruments* [online]. Medium: 2019 [cit 20. 6. 2020]. Dostupné z: <https://medium.com/@yurilandman/from-rusollo-till-present-423100fe20d5>.
- [3] HERMAN, Jan. *Something Else Yearbook*. Something Else Press, 1974.
- [4] ARTOPIUM. *Music Term: Figure* [online]. Artopium: 2018 [cit 17. 7. 2020]. Dostupné z: <https://musicterms.artopium.com/f/Figure.html>.
- [5] BOND, Kenneth, OSPINA, Maria B, HOOTON, Nicola, BIALY, Liza, DRYDEN, Donna M, BUSCEMI, Nina, SHANNAHOFF-KHALSA, David, DUSEK, Jeffrey, and CARLSON, Linda E. *Defining a complex intervention: The development of demarcation criteria for “meditation”*. Psychology of Religion and Spirituality, 1(2):129, 2009.
- [6] ZUDOVÁ, Hana. *Sound Art – umělecký směr 20. století*. Diplomová práce, Masarykova univerzita, 2009.

Resumé

In my bachelor thesis, I decided to study the theme of “Body Sound” as a part of the topic “Media and Experiment”. The work consists of two parts: the art piece itself and the theoretical analysis which serves to describe the art piece. The purpose of “Body Sound” is to find a connection between a sound and a human body through experimental musical instruments. It is a continuation of my long-term fascination with sounds and their physical nature.

I designed and constructed three instruments that are physically connected to the human body. The instruments are (i) the Bodychord, (ii) the Idiophones, and (iii) the Tension. The Bodychord consists of four four-stringed chambers attached to human arms and legs. A spinning motor located at a chest resounds the strings as they cross the motor’s path – the sound hence echos as a performer moves. The Idiophones are four metal hemispheres laid on the ground, which create bell sounds when hit by two small spheres. Each sphere is attached to a performer’s finger by a short chainlet. When fidgeting—an unconscious act of a hand or feet when nervous or concentrated—the spheres copy the movement and create the bell sounds as they bounce back and forth between the idiophones. I enjoyed exploring the idea of focusing on something which remains mostly unconscious. The Tension is a minimalistic one-stringed instrument that reacts to Pythagoras’ monochord. The instrument changes its sound frequencies by stretching the string between the hands and the whole body.

Instead of accenting a musical knowledge, the “Body Sound” instruments require a performer to focus on their physical movement. This shift from the technical precision back to the instruments’ physical nature is a crucial aspect of my work. It may elicit enlightening moments in the audience and further emphasize that rather than conveying austere information, the instruments should enable the bodily sound experience.

Seznam příloh

A Chordofony	15
B Frekvenční kresby	17
C Návrhy	18
D Harry Partch	19
E Bodychord	20
F Idiofony	22
G Tenze	24
H Kód motoru	26
I Kód bodychordu	27

A

Chordofony



Příloha A.1: Autoportrét – lyra, Foto: Karolína Oliveriusová



Příloha A.2: Chordofony, The World of Tomorrow, Foto: Alexander Dym



Příloha A.3: Trichordofon, The World of Tomorrow, Foto: Alexander Dym

B

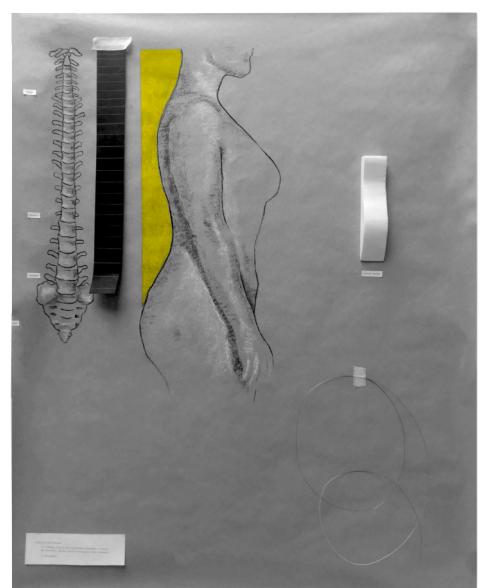
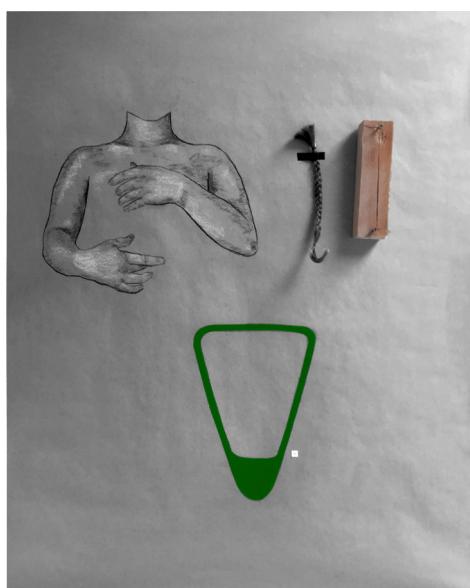
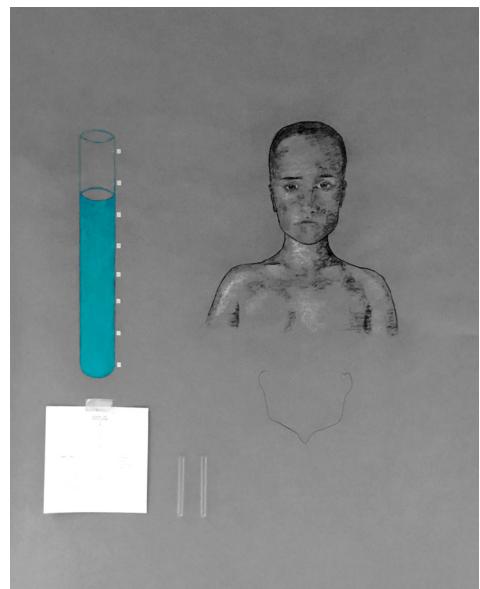
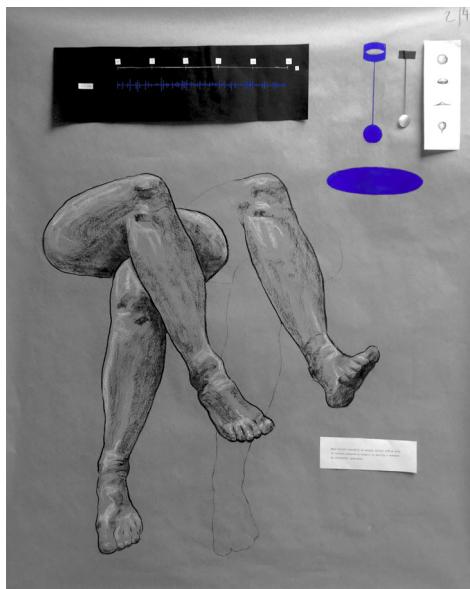
Frekvenční kresby



Příloha B.1: Frekvenční kresby, Foto: Karolína Oliveriusová

C

Návrhy



Příloha C.1: Návrhy, Foto: vlastní

D

Harry Partch



Příloha D.1: Harry Partch a jeho nástroje, Foto: Betty Freeman

E

Bodychord



Příloha E.1: Bodychord, Foto: vlastní



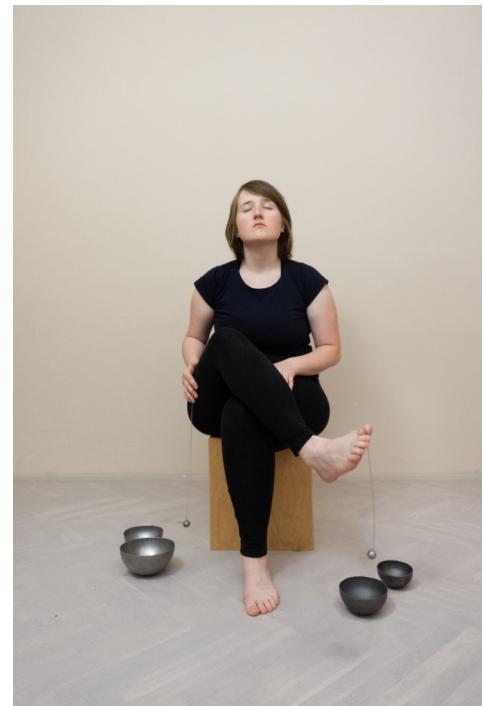
Příloha E.2: Bodychord, Foto: vlastní

F

Idiofony



Příloha F.1: Idiofony, Foto: vlastní



Příloha F.2: Idiofony, Foto: vlastní

G

Tenze



Příloha G.1: Tenze, Foto: vlastní



Příloha G.2: Tenze, Foto: vlastní



Kód motoru

```
// definice pinu
const int OUT_PIN_01 = 8;
const int OUT_PIN_02 = 9;
const int OUT_PIN_PWM = 10;
const int LOW_CUTOFF = 10;
const int MAX_OUTPUT = 240; // maximalni hodnota je 255

int motor_speed;
int loop_iter = 0;

void setup() {
    pinMode(OUT_PIN_01, OUTPUT);
    pinMode(OUT_PIN_02, OUTPUT);
    pinMode(OUT_PIN_PWM, OUTPUT);
    Serial.begin(9600);
}

void loop() {
    loop_iter++;
    digitalWrite(OUT_PIN_01, LOW);
    digitalWrite(OUT_PIN_02, HIGH);

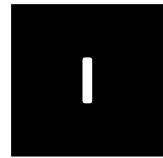
    // citeme potenciometr ... hodnota v intervalu [0,1023]
    motor_speed = analogRead(A0);

    // normalizujeme na interval [0,MAX_OUTPUT]
    motor_speed = motor_speed * (MAX_OUTPUT / 1023.0);
    motor_speed = min(motor_speed, MAX_OUTPUT);

    // odřizneme nízke rychlosti
    if (motor_speed < LOW_CUTOFF) {
        motor_speed = 0;
    }

    analogWrite(OUT_PIN_PWM, motor_speed);

    if (loop_iter == 10000) {
        Serial.println(motor_speed);
        loop_iter = 0;
    }
}
```



Kód bodychordu

```
import numpy as np
import simpleaudio as sa
from time import sleep
import msvcrt

# definice frekvenci tonu
A3 = 220.00;          C4 = 261.63;          E4 = 329.63;          Gis4 = 415.30
A4 = 440.00;          B4 = 493.88;          E5 = 659.25;          Gis5 = 830.61

# priazení tonu chordofonum
chord_0 = [A3, C4];    chord_0.append(1)      # Chord_0  VP 220 - 329 (A3 - E4)
chord_1 = [E4, Gis4];   chord_1.append(1)      # Chord_1  VL 329 - 440 (E4 - A4)
chord_2 = [A4, B4];    chord_2.append(1)      # Chord_2  MP 440 - 587 (A4 - D5)
chord_3 = [E5, Gis5];   chord_3.append(1)      # Chord_3  ML 587 - 987 (D5 - B5)

def sound(frequency, seconds):
    fs = 44100           # samplý za sekundu
    t = np.linspace(0, seconds, int(seconds * fs), False)
    note = np.sin(frequency * t * 2 * np.pi)
    audio = note * (2**15 - 1) / np.max(np.abs(note))
    audio = audio.astype(np.int16)
    part = int(0.3 * len(audio)) # utlumíme pocatek a konec tonu
    for i in range(part):
        audio[i] = int((float(i)/part) * audio[i])
        audio[len(audio) - i - 1] = int((float(i)/part) *
                                         * audio[len(audio) - i - 1])
    play_obj = sa.play_buffer(audio, 1, 2, fs)

# nastavení délky prehravání tonu a rychlosti pi/4 rotace motoru
tone_duration = 0.5;          motor_speed = 0.3

sides = [0, 0, 0, 0]
print('Hrají strany', [a+1 for a in sides])

l = []
while True:
    if msvcrt.kbhit() > 0: # zkontrolujeme zda se změnila některá strana
        line = msvcrt.getch().decode('ASCII')
        l.append(line); print(l)
        if (line == 'x'): exit()
        if (line == 'd'): l = []
        if len(l) < 4: continue
        if sum([0 if a.isdigit() else 1 for a in l]) > 0: continue
        if sum([0 if int(a)-1 < 3 else 1 for a in l]) > 0: continue
        sides = [int(a)-1 for a in l]
        print('Hrají strany', [a+1 for a in sides]); l = []
        sound(chord_0[sides[0]], tone_duration); sleep(motor_speed)
        sound(chord_1[sides[1]], tone_duration); sleep(motor_speed)
        sound(chord_2[sides[2]], tone_duration); sleep(motor_speed)
        sound(chord_3[sides[3]], tone_duration); sleep(motor_speed)
```