



TecnoCampus
Escola Superior
Politécnica

Centre adscrit a:



Universitat
Pompeu Fabra
Barcelona

Grau en Mitjans Audiovisuals

SINERGIA I SINESTÈSIA ENTRE MÚSICA I COLOR

Memòria

ORIOl MIRALPEIX I LLORACH

PONENT: SANTOS MARTÍNEZ TRABAL

CURS 2017-2018



TecnoCampus
Mataró-Maresme

Resum

En aquest projecte de final de grau es busca relacionar el color amb la música i vincular-los tant físicament com psicològica, obtenint així aquesta sinergia i sinestèsia entre els dos. L'objectiu principal del treball és elaborar un programa faci aquesta relació i que aquest pugui ser implementat com a recurs visual en concerts i festivals de música. Per fer això s'analitzen i exposen les teories físiques i psicològiques principals de la música i el color.

Resumen

En este proyecto de fin de grado se busca relacionar el color con la música y vincularlos tanto físicamente como psicológicamente, obteniendo así esta sinergia y sinestesia entre ambos. El objetivo principal del trabajo es elaborar un programa que haga esta relación y que éste pueda ser implementado como recurso visual en conciertos y festivales de música. Para ello se analizan y exponen las teorías físicas y psicológicas principales de la música y el color.

Abstract

In this project we want to link color with music, both physically and psychologically. We want to obtain synergy and synesthesia between them. The main objective is to develop a program which makes this connection and that it may be implemented as a visual resource in concerts and music festivals. To do this, we analyze and expose the main physical and psychological theories of music and color.

Índex

Resum	III
Resumen.....	III
Abstract.....	III
Índex	I
Índex de Taules	III
Índex de Figures.....	V
Índex d'Equacions	VII
1. Introducció	1
2. Definició dels Objectius i Abast	3
2.1. Objectius Com a Treball Acadèmic.....	3
2.2. Objectius Personals.....	3
2.3. Objectius Com a Producte	3
3. Metodologia	5
4. Marc Teòric.....	7
4.1. Sinergia.....	7
4.2. Sinestèsia	7
4.3. La Música	8
4.3.1. La Música i la Notació Musical.....	8
4.3.2. Física de les Notes Musicals	9
4.3.3. Psicologia de la Música: Tonalitats i Emocions	12
4.4. Els Colors.....	14
4.4.1. Física dels Colors.....	15
4.4.2. Psicologia dels Colors.....	19
5. Anàlisi de Referents	23
5.1. Referents a Nivell Tècnic	23

II

5.1.1.	Synesthesia.....	23
5.1.2.	Light Notes.....	24
5.2.	Referents a Nivell Creatiu	25
5.2.1.	Schönberg i Kandinsky.....	25
5.2.2.	Aleksandr Skriabin.....	30
5.2.3.	Neil Harbisson	32
6.	Desenvolupament.....	33
6.1.	Anàlisi.....	33
6.1.1.	Física de la Música.....	33
6.1.2.	Psicologia de la Música	33
6.1.3.	Física del Color.....	34
6.1.4.	Psicologia del Color.....	36
6.2.	Punts en Comú i Diferències	36
6.2.1.	Teories Psicològiques	36
6.2.2.	Teories Físiques	37
6.3.	Programari	40
6.3.1.	TouchDesigner.....	41
7.	Possibles Ampliacions	49
7.1.	MIDI.....	49
7.2.	LED.....	49
7.3.	Projeccions.....	51
8.	Anàlisi de Resultats.....	53
9.	Conclusions.....	59
10.	Bibliografia.....	61

Índex de Taules

Taula 4.1. Notes musicals pertanyents a una octava. Font: Elaboració pròpia.....	10
Taula 4.2. Freqüències de les notes de les 10 octaves generalment audibles. Font: Elaboració pròpia.	11
Taula 4.3. Distància en tons i semitons dels diferents intervals. Font: Elaboració pròpia.	13
Taula 4.4. Longituds d'ones dels colors de l'espectre visible. Font: Elaboració pròpia.	16
Taula 4.5. Classificació d'Eva Heller de colors oposats i les seves referències. Font: Elaboració pròpia.	21
Taula 4.6. Relacions de colors i sentiments de Robert Plutchik. Font: Elaboració pròpia.	21
Taula 5.1. Relacions de colors de Kandinsky. Font: Elaboració pròpia.	30
Taula 5.1. Relacions de notes amb colors segons Skryabin. Font: Elaboració pròpia.	31

Índex de Figures

Figura 4.1. Representació de la síntesi additiva del model RGB. Font: Printhaus, 2016.....	17
Figura 4.2. Representació de la síntesi subtractiva del model CMYK. Font: Printhaus, 2016.....	18
Figura 4.3. Representació gràfica del model HSL. Font: Wikimedia Commons, 2015.....	18
Figura 4.4. Representació gràfica del model HSV. Font: Wikimedia Commons, 2015.....	19
Figura 5.1. Captura de la interfície de Synesthesia. Font: Elaboració pròpia.....	23
Figura 5.2. Instal·lació Pentatonix de Light Notes. Font: Light Notes, 2017.....	24
Figura 5.3. Obra <i>Impression III: Konzert</i> de Kandinsky (1911). Font: Interlude, 2016.....	26
Figura 5.4. Diagrama de funcionament de l'antena de Neil Harbisson. Font: The Straits Times, 2017.....	32
Figura 6.1. Tonalitats del model HSV en escala de 0 a 1. Font: Maxmax, 2013.....	35
Figura 6.2. Representació gràfica de la relació entre la freqüència i la tonalitat. Font: Elaboració pròpia.....	40
Figura 6.3. Logotip de TouchDesigner099.....	41
Figura 6.4. Llistat d'operadors COMP a la interfície del programa. Font: Elaboració pròpia.....	42
Figura 6.5. Llistat d'operadors TOP a la interfície del programa. Font: Elaboració pròpia.....	42
Figura 6.6. Llistat d'operadors CHOP a la interfície del programa. Font: Elaboració pròpia.....	43
Figura 6.7. Llistat d'operadors SOP a la interfície del programa. Font: Elaboració pròpia.....	43
Figura 6.8. Llistat d'operadors MAT a la interfície del programa. Font: Elaboració pròpia.....	44
Figura 6.9. Llistat d'operadors DAT a la interfície del programa. Font: Elaboració pròpia.....	44
Figura 6.10. Captura dels operadors al programa. Font: Elaboració pròpia.....	45
Figura 6.11. Captura dels operadors al programa. Font: Elaboració pròpia.....	45
Figura 6.12. Captura dels operadors al programa. Font: Elaboració pròpia.....	45
Figura 6.13. Captura dels operadors al programa. Font: Elaboració pròpia.....	46
Figura 6.14. Captura dels operadors al programa. Font: Elaboració pròpia.....	46
Figura 6.15. Captura dels operadors al programa. Font: Elaboració pròpia.....	46
Figura 6.16. Captura dels operadors al programa. Font: Elaboració pròpia.....	46
Figura 6.17. Captura dels operadors al programa. Font: Elaboració pròpia.....	47
Figura 6.18. Captura dels operadors al programa. Font: Elaboració pròpia.....	47
Figura 6.19. Captura dels operadors al programa. Font: Elaboració pròpia.....	47
Figura 6.20. Captura del sistema de nodes del programa a TouchDesigner. Font: Elaboració pròpia.....	48
Figura 7.1. Logotip d'Arduino. Font: Arduino, 2018.....	49
Figura 7.2. Captura dels operadors al programa. Font: Elaboració pròpia.....	50
Figura 7.3. Escenari de concert amb una estructura de tires LED. Font: Avolites, 2015.....	50
Figura 7.4. Idea de possible projecció. Font: Screaming Updates, 2017.....	51

Índex d'Equacions

Equació 4.1. Formula general per trobar la freqüència de qualsevol nota a partir del La ₄	10
Equació 6.1. Formula general de relació freqüència-tonalitat.	40

1. Introducció

En aquest projecte de final de grau es busca relacionar el color amb la música i vincular-los tant físicament com psicològica, obtenint així aquesta sinergia i sinestèsia entre els dos.

La sinergia és el treball conjunt de dos elements, que amb la seva unió formen un resultat més ampli i poderós que el que haurien fet per separat.

La sinestèsia és la unió de sentits per percebre la realitat. Sentir colors i veure sons.

L'objectiu principal del treball és elaborar un programa que generi sinergia i sinestèsia entre música i els colors. Acadèmicament es vol també analitzar i exposar les teories físiques i psicològiques de la música i el color. Com a objectius personals es proposa desenvolupar la capacitat d'anàlisi i síntesi de la informació, ampliar el coneixement en els àmbits de la música i el color i ser inèdit amb el resultat final del treball. També es vol que el programa pugui ser implementat en concerts com a recurs visual complementari a la música.

El treball parteix de l'estudi de les teories físiques de la música i del color, trobant la base numèrica i matemàtica fonamental d'aquests dos elements. També s'estudien les teories psicològiques de la música i el color i les seves relacions amb la música.

Tot seguit s'analitzen els referents del nostre projecte, que dividim en referents a nivell tècnic i referents a nivell creatiu.

Un cop consolidat aquest punt de partida, s'analitzen de forma crítica les teories físiques i psicològiques per trobar els vincles que hi ha dintre aquestes en cada àmbit. Després es posen totes en comú i es busquen buscant punts en comú i diferències de totes elles en conjunt.

De l'anàlisi anterior es pot extreure que les teories psicològiques tant de la música com del color, tot i tenir un fonament estudiat i contrastat, discrepen entre elles i no són quelcom irrefutable. Cada autor percep d'una manera particular la relació dels colors i els sons amb les emocions, i per tant dificulta postular una relació concreta. En canvi, el fonament físic de la música i el color és quelcom empíric, demostrat i irrefutable.

Així doncs, s'utilitza aquesta base física per relacionar la música i el color, trobant així una fórmula de relació i definint el vincle entre les notes musicals i els colors.

A continuació es realitza el programari en si, elaborat amb TouchDesigner, que automàticament analitza els sons entrants i els transforma a color.

Per concloure el treball, s'analitzen els resultats obtinguts de forma crítica. Cal destacar que les teories psicològiques aporten una base per tenir en compte si es vol crear una obra sinestèsica des de zero, però no serveixen per definir un model de relació estandarditzat que ens serveixi per obres ja existents. La física i els referents, tant a nivell tècnic com creatiu, suposen els pilars principals d'aquest treball.

En general, s'han assolit els objectius proposats de forma satisfactòria i es fa un balanç positiu del resultat global del treball.

Per últim, la motivació principal per realitzar el projecte és aportar quelcom inèdit que relacioni la música i el color i pugui ser implementat com a recurs visual complementari a la música. Es vol aportar una combinació de com es relacionen la música i els colors i obtenir un producte final que generi aquest vincle.

2. Definició dels Objectius i Abast

Amb aquest treball final del grau en mitjans audiovisuals, es vol **elaborar un programa que generi sinergia i sinestèsia entre la música i els colors.**

2.1. Objectius Com a Treball Acadèmic

Així doncs, com a treball acadèmic es busca:

- Analitzar el fonament físic de la música.
- Exposar les teories psicològiques que relacionen música i emocions.
- Analitzar el fonament físic dels colors.
- Exposar les teories psicològiques que relacionen colors i emocions.
- Elaborar un programari que relacioni les notes musicals i els colors.

2.2. Objectius Personals

Pel que fa als objectius personals es vol:

- Desenvolupar la capacitat d'anàlisi i síntesi de la informació.
- Ampliar el coneixement en els àmbits de la música i el color.
- Ser inèdit amb el resultat final del treball.

2.3. Objectius Com a Producte

Com a producte final es vol aconseguir:

- Demostrar la sinergia i la sinestèsia entre la música i el color.
- Crear un programa que relacioni la música i el color, generant colors depenent de la música.

- Que el programa pugui ser implementat en concerts com a recurs visual complementari a la música.

Els límits de l'anàlisi són els que marquen les corrents i teories principals de la música i el color. Es pretén fer un anàlisi i obtenir un resultat generalista que englobi els postulats més reconeguts. No es vol caure en teories i corrents secundàries si aquestes entren en conflicte amb les principals.

Així doncs, el projecte resulta ambiciós pel que fa als objectius, però partint d'una base teòrica sòlida sobre la base física del color i la música i les seves teories psicològiques.

3. Metodologia

Pel desenvolupament d'aquest projecte, la metodologia a seguir tindrà tres fases. La primera fase és d'anàlisi, la segona de comparació i trobament de punts en comú, i la tercera de generació del programari que relaciona la música i el color.

La primera fase parteix de l'anàlisi de les teories psicològiques de la música i el color i de la base física de la notació musical i de l'espectre visible. Dividit en aquestes quatre apartats, es recorre la base principal dels colors i la música, físicament i psicològica.

Un cop obtinguda la base teòrica del treball, es troben els punts en comú de la base física de la música i dels colors i s'analitza la seva part psicològica.

En tercer lloc, es genera un programari que relaciona el color i la música físicament. Partint d'una melodia o peça musical, el programa genera i reproduïx els colors relacionats amb el que sona a temps real.

4. Marc Teòric

4.1. Sinergia

La sinergia és el fenomen d'actuació conjunta de diversos factors donant un efecte superior al que s'hagués pogut esperar dels factors actuant independentment. (VV.AA., 2013)

El la nostra societat, s'utilitza aquest terme com a connotació positiva per assenyalar un resultat més favorable quan diversos elements d'un sistema actuen conjuntament. S'entén que hi ha sinergia positiva quan el resultat és superior a la suma dels resultats de cada part actuant aïlladament. (VV.AA., 2013)

Émile Littré, al segle XIX, va introduir al *Dictionnaire de la langue française* el terme *Synergie*, definint-lo com a “Competència d'acció, d'esforç, entre diversos òrgans, diversos músculs; associació de diversos òrgans per al compliment d'una funció”. Aquest sentit es va conservar fins a principis del segle XX, on va passar a ser utilitzat també en sociologia, teologia, química, biologia, entre d'altres. Arribats els anys 60, els economistes utilitzen també el concepte, i cap al 1990, el terme es posa de moda també al món dels negocis i arribant a tots els àmbits de la societat. (VV.AA., 2013)

L'oposat de la sinergia és l'antagonisme o sinergia negativa, fenomen donat per dos factors que combinats tenen un efecte resultant menor. L'absència de sinergia és la asinergia.

4.2. Sinestèsia

La sinestèsia és la unió dels sentits, és una condició en la que l'estimulació d'un sentit s'acompanya d'una percepció en una o més modalitats sensorials. Per tant, les persones sinestèsiques poden, per exemple, escoltar colors o veure els sons i fer un joc simultani dels sentiments. (Sullivan, 1986)

Això implica que determinades persones puguin experimentar diferents sentits de manera simultània; per exemple, veure colors mentre escolten una obra musical. Hi ha una infinitat de combinacions possibles, amb el que seria impossible enumerar o establir una classificació de les sinestèsies. (Compeán, 2011)

Richard E. Cytowic, neuròleg americà, va afirmar que la sinestèsia és un atribut fonamental de l'espècie dels mamífers. La sinestèsia, segons els seus estudis, és una funció normal en tot ésser humà, però es manifesta de manera conscient només en certes persones. Això és degut a que la majoria dels processos cerebrals operen a nivell subconscient. Amb la sinestèsia, un procés cerebral que normalment no és conscient, arriba a un nivell conscient. Així doncs, l'única diferència entre una persona sinestèsica i algú que no ho és és que la primera és conscient de les seves experiències sinestèsiques. (Cytowic, 2003)

Vilayanur S. Ramachandran i Edward M. Hubbard arriben a la conclusió que la sinestèsia es podria produir amb més probabilitat en artistes i persones amb ments més creatives. (Ramachandran, Hubbard, 2001)

4.3. La Música

4.3.1. La Música i la Notació Musical

A l'Antiga Grècia es crearen les primeres notacions musicals (Goodall, 2014). El fragment més antic que es conserva és del segle I a. C. però hi ha testimonis, com el d'Aristoxen de Tàrent, sobre l'aparició d'una notació musical entre finals del segle IV i començaments del segle III a. C. La notació grega va ser adoptada posteriorment per l'imperi romà. (Herrera, 1990)

Amb el desmembrament de l'Imperi romà i amb l'aparició del Gran Cisma l'Imperi bizantí va haver-hi canvis en la cultura i l'art de la societat bizantina, que va potenciar les seves característiques exclusives. D'aquesta manera, el sistema de notació musical bizantí va anar evolucionant gradualment i diferenciant-se del romà, tenint tots dos però un origen grec (Sullivan, 2017).

La comunitat jueva assentada a Europa posseïa les seves pròpies tradicions musicals (Grout, 2011). Les melodies que cantaven no estaven escrites, però a principis del segle IX van crear una notació per indicar accents, divisions del text i pautes melòdiques.

Més endavant aparegueren els neumes, uns símbols que es col·locaven sobre del text per indicar el nombre de notes de cada síl·laba i si la melodia pujava, baixava o repetia el mateix to. Eren el mètode característic per anotar i transcriure el cant gregorià. (Herrera, 1990)

En els escrits Àrabs d'Al-Mamún i Ishaq Al-Mausili, entre els segles VIII i IX, es va utilitzar una notació musical basada en les lletres de l'alfabet àrab (Goodall, 2014). Amb aquestes aportacions islàmiques a Europa, el monjo Pau Diaca va compondre l'Himne a Sant Joan Baptista, al que va afegir a la síl·laba inicial de cada vers el nom àrab de les notes, però canviant el do per ut.

El copista del manuscrit del cant religiós de *Viderunt omnes*, copiat al segle XI, va afegir una línia horitzontal sobre el pergami que corresponia a una nota particular i va col·locar els neumes a partir d'aquesta línia.

El monjo italià Guido d'Arezzo és considerat el creador de la notació musical actual, ja que va desenvolupar una notació dins d'un patró de quatre línies (tetragrama) i va popularitzar els noms de les notes: Ut (Do), Re, Mi, Fa, Sol, La i Si. Aquestes noms de notes són els utilitzats per la notació llatina (Grout, 2011).

Als països anglosaxons tenen un sistema derivat de la notació grega i en ordre alfabètic començant per el La (A), Si (B), Do (C), Re (D), Mi (E), Fa (F) i Sol (G).

Després de modificacions i canvis sobre la notació proposada per Guido d'Adrezzo, es va afegir una cinquena línia al tetragrama, esdevenint així l'actual pentagrama (W. Moore, 2004).

4.3.2. Física de les Notes Musicals

La música està formada per conjunts de notes musicals. Quan parlem de notes, fem referència a un so determinat amb una vibració d'ona amb freqüència constant (Blanxart 1958).

Amb el sistema de notació musical explicat en l'apartat anterior, dividim les freqüències en porcions que anomenem octaves i cada una té les 7 notes naturals (Do, Re Mi, Fa, Sol, La i Si) i 5 de bemolls i sostinguts, que es troben entre les naturals. En cada octava es tornen a repetir les 12 notes i cada nota té el doble de freqüència que la mateixa nota en l'octava anterior.

Les notes que formen una octava i separades entre elles per un semitò són:

Do	Do # Re b	Re	Re # Mi b	Mi	Fa	Fa # Sol b	Sol	Sol # La b	La	La # Si b	Si
----	--------------	----	--------------	----	----	---------------	-----	---------------	----	--------------	----

Taula 4.1. Notes musicals pertanyents a una octava. Font: Elaboració pròpia.

Per mesurar la freqüència tenim els Hertz (Hz), que indiquen les vegades per segon que es produeix alguna cosa. En les notes musicals és els cops per segon que l'aire produeix un cicle de vibració. L'oïda humana capta aproximadament freqüències entre els 20Hz i els 20.000Hz. La música acostuma a ser tocada amb notes de freqüències que van aproximadament dels 30Hz als 12.000Hz (G. Ambrosio 2013).

Les notes poden tenir diferents representacions en el llenguatge musical, però la diferència de freqüència entre elles és sempre la mateixa i és el que ens permet identificar-les.

La nota La és la que serveix per afinar i de referència per totes les demés. Aquesta nota es produeix quan l'aire vibra a 440Hz. Per convenció i estàndard internacional, a la octava que conté aquest La, se la coneix com a quarta octava. Així doncs, aquest La és conegut com a La₄. El número d'octava s'indica al costat de la nota amb un número en subíndex (W. Moore, 2004).

Aquestes convencions estan estandarditzades internacionalment des de 1939, i es coneix com a Índex Acústic Científic. Tot i així hi ha països on no s'utilitza o conviu amb altres índex com el Índex Acústic Franc-Belga.

Per trobar la freqüència de qualsevol nota podem utilitzar una fórmula matemàtica. Agafem una freqüència de referència, per exemple el La₄ (440Hz), i es multiplica per l'arrel dotzena de 2 elevada al nombre de semitons que separen la nota agafada com a referència i la nota a la que busquem la freqüència (Blanxart 1958).

$$\text{FreqN} = 440 \cdot (\sqrt[12]{2})^d \quad (4.1)$$

FreqN = Freqüència de la nota que busquem.

d = Nombre de semitons que separen el La₄ i la nota de la que volem saber la freqüència.

Així doncs, en les 10 octaves amb notes generalment audibles per la oïda humana tenim les freqüències que es mostren a la Taula 4.2. Freqüències en Hz. Dins de la doble ralla trobem les notes d'un piano de 88 teclès.

Octaves											
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Do	16,35	32,7	65,41	130,81	261,63	523,25	1046,5	2093	4186	8372	16744
Do#	17,32	34,65	69,3	138,59	277,18	554,37	1108,74	2217,48	4434,96	8869,92	17739,84
Re	18,35	36,71	73,42	146,83	293,66	587,33	1174,66	2349,32	4698,64	9397,28	18794,56
Re#	19,44	38,89	77,78	155,56	311,13	622,25	1244,5	2489	4978	9956	19912
Mi	20,6	41,2	82,41	164,81	329,63	659,26	1318,52	2637,04	5274,08	10548,16	21096,32
Fa	21,83	43,65	87,31	174,61	349,23	698,46	1396,92	2793,84	5587,68	11175,36	22350,72
Fa#	23,13	46,25	92,5	185	369,99	739,99	1479,98	2959,96	5919,92	11839,84	23679,68
Sol	24,5	49	98	196	392	783,99	1567,98	3135,96	6271,92	12543,84	25087,68
Sol#	25,96	51,91	103,83	207,65	415,3	830,61	1661,22	3322,44	6644,88	13289,76	26579,52
La	27,5	55	110	220	440	880	1760	3520	7040	14080	28160
La#	29,14	58,27	116,54	233,08	466	932,33	1864,66	3729,32	7458,64	14917,28	29834,56
Si	30,87	61,74	123,47	246,94	493,88	987,77	1975,54	3951,08	7902,16	15804,32	31608,64

Taula 4.2. Freqüències de les notes de les 10 octaves generalment audibles.

Font: Elaboració pròpia.

4.3.3. Psicologia de la Música: Tonalitats i Emocions

L'estudi de la psicologia de la música s'inicia a principis del segle XX i estableix dos formes d'enfocar-la, l'enfocament psicofisiològic i l'enfocament psicobiològic. En aquest cas interessa destacar el primer, que consisteix en l'excitació produïda per les ones sonores sobre l'aparell auditiu i aquest les transmet pel sistema nerviós al cervell (Lacárcel, 2003).

En diferents zones del cervell hi ha una reacció produïda per la música:

- En la zona bulbar es troba el centre de reaccions de l'activitat sensorial de la música. Hi afecta la predominança rítmica, alterant la vida fisiològica i generant acció. En educació musical és el responsable d'activar i mobilitzar nens i nenes.
- Al diencèfal és on es troba l'activitat cerebral relacionada amb les emocions de la música. Les diferents melodies afecten el diencèfal, que n'és el receptor, i les transforma en emocions i sentiments.
- La part més racional i intel·lectual de la música la trobem al còrtex cerebral. Les harmonies musicals i la complexitat d'aquestes generen l'activitat mental en aquesta part del cervell.

En aquest estudi ens interessa el que ocorre al diencèfal i és relacionat amb la part emocional de la música. Tot i això, no ens centrarem en sí en les reaccions cerebrals produïdes per la música, sinó la representació anímica que tenim d'aquestes.

Així doncs, l'efecte que té la música en les emocions s'estudia, segons Francisco de Paula Ortiz (De Sancha, 2017), fundador de l'Associació Espanyola de Psicologia de la Música, des de dos punts de vista:

- Amb el primer podem distingir 6 emocions bàsiques generades per la música: alegria, sorpresa, tristesa, por, ira i repugnància.
- Amb el segon diferenciem 3 propietats:
 - o Direccionalitat: Tendència a escoltar o evitar una peça musical segons ens resulti agradable o no a nosaltres.
 - o Intensitat: El volum en que està la música, calmant o excitant qui l'escolta.
 - o Control: El oient pot sentir-se dominat o intimidat per la música o al contrari, controlador i important. (De Sancha, 2017)

Segons Ortiz (De Sancha, 2017), la cultura, la societat i l'ambient en què s'ha criat l'oient influeixen decisivament en les emocions que generen una melodia i per això no hi ha paràmetres universals sobre les emocions que transmet la música.

Segons Jose Francisco Ortega (De Sancha, 2017), professor de l'Àrea de Música a la Universitat de Múrcia, les emocions associades a la música són convencions socials dins de cada cultura i una època concreta.

Ernest Pauer (Pauer, 2013) i John W. Moore (W. Moore, 2004) van analitzar l'efecte de les tonalitats majors i menors en les emocions que transmetien. Les tonalitats o sistemes tonals són el sistema jeràrquic de relacions harmòniques entre notes musicals, i s'utilitza a la música occidental des del segle XVII fins a l'actualitat.

Partint dels intervals, que són la diferència d'altura (freqüència) entre dues notes musicals, podem designar els diferents intervals simples.

Nom de l'interval	Distància en tons i semitons
Segona menor	1 semitò
Segona major o tercera disminuïda	1 to
Tercera menor o segona augmentada	1 to 1 semitò
Tercera major o quarta disminuïda	2 tons
Quarta justa o tercera augmentada	2 tons 1 semitò
Quarta augmentada o quinta disminuïda	3 tons
Quinta justa o sexta disminuïda	3 tons 1 semitò
Sexta menor o quinta augmentada	4 tons
Sexta major o sèptima disminuïda	4 tons 1 semitò
Sèptima menor o sexta augmentada	5 tons
Sèptima major	5 tons 1 semitò
Octava justa	6 tons

Taula 4.3. Distància en tons i semitons dels diferents intervals. Font: Elaboració pròpia.

Amb la segona nota en la següent octava i mantenint la fonamental es generen els intervals de novena, que equival amb una octava de diferència al de segona. També trobem el de onzena, que equival al de quarta, el de tretzena, que equival al de sisena, etc.

Els intervals es classifiquen en dissonants i consonants segons la sensació que produeixen a l'oïda, fet que pot resultar relatiu i de controvèrsia. Així doncs, al llarg dels segles, aquesta definició ha anat variant.

Durant l'Edat Mitjana es considerava la quarta justa com la consonància perfecta. També durant la mateixa època van considerar la quarta augmentada un interval diabòlic.

Des del segle XVII al món occidental es consideren dissonants els següents intervals:

- Primera augmentada.
- Segona major o menor.
- Quarta augmentada.
- Quinta disminuïda o augmentada.
- Sèptima major o menor.
- Octava disminuïda o augmentada.

Així doncs, podem determinar que trobem:

- Consonàncies perfectes als intervals de 4a, 5a i 8a quan són justes.
- Consonàncies imperfectes als intervals de 3a i 6a quan són majors o menors.
- Dissonàncies absolutes als intervals de 2a i 7a majors i menors.
- Dissonàncies condicionals a tots els intervals augmentats i disminuïts, excepte la 4a augmentada i la 5a disminuïda.
- Semi consonàncies a la 4a augmentada i la 5a disminuïda.

4.4. Els Colors

El color és la percepció visual que es genera en el cervell humà al interpretar els senyals nerviosos enviats pels fotoreceptors de la retina de l'ull, distingint les diferents longituds d'ona de la part visible de l'espectre electromagnètic (Sanz, 2003).

Tot cos il·luminat absorbeix una part de les ones electromagnètiques i reflecteix les restants. Les ones reflectides són captades per l'ull i interpretades en el cervell com diferents colors segons les longituds d'ones corresponents.

La vista humana només percep les longituds d'ona quan hi ha bona il·luminació; amb poca llum percep en blanc i negre.

Hi ha varis models per representar i generar els colors, depenent de si es a través de pigments o de llum. Poden ser additius o subtractius, depenent de la forma de generar els colors a partir dels seus primaris (Sanz, 2003).

4.4.1. Física dels Colors

L'espectre electromagnètic és la distribució energètica de les ones electromagnètiques. Els espectres es poden observar amb espectroscopis que permeten veure'ls i realitzar mesures de longitud d'ona, freqüència i intensitat de l'espectre. En l'espectre electromagnètic, la longitud d'ona també és anomenada energia (Gunther, 2012).

L'espectre electromagnètic parteix de les ones de ràdio, amb més longitud d'ona, passant per la radiació ultraviolada, la llum visible i la radiació infraroja, i fins les ones de menor longitud, com els raigs gamma i els raigs X.

Partint de la longitud d'ona, entre els 380 nm i els 780 nm trobem l'espectre visible, l'espai de l'espectre que l'ésser humà és capaç de percebre. La llum que es troba entre aquestes dues longituds d'ona és percebuda per l'ésser humà com els diferents colors.

Newton va experimentar que quan un raig de llum solar incideix sobre un prisma de vidre triangular, una part del raig es desintegra en els diferents colors: vermell, taronja, groc, verd, blau, cian i violeta (Shevell, 2012).

Tot i que l'espectre és continu i canvia progressivament, es pot establir una aproximació de la longitud d'ona dels colors principals.

Color	Longitud d'ona
Violeta	380 – 427 nm
Blau	427 – 476 nm
Cian	476 – 497 nm
Verd	497 – 570 nm
Groc	570 – 581 nm
Taronja	581 – 618 nm
Vermell	618 – 780 nm

Taula 4.4. Longituds d'ones dels colors de l'espectre visible. Font: Elaboració pròpia.

Quan un objecte rep llum, aquest objecte absorbeix certs colors i certes longituds d'ona i en reflecteix d'altres. Això fa que les ones reflectides siguin les vistes per l'ull humà i per tant es percebin aquests colors.

4.4.1.1 Models de Representació dels Colors

Els models de representació de colors són models de base matemàtica que permeten numerar els colors a representar, utilitzant generalment de tres a quatre valors.

Els models de colors més usats són:

Model de Color RGB

El model RGB (sigles de Red, Green i Blue) és basa en la síntesi additiva, amb el qual és possible representar un color mitjançant la barreja o suma dels tres colors de llum primaris. Aquest model no defineix el que signifiquen exactament el color vermell, verd o blau, de manera que els mateixos valors RGB poden mostrar colors diferents depenent de com s'interpretin. (VV.AA., Any desconegut)

La intensitat de cadascun dels tres valors es mesura amb un valor que va del 0 al 255, separats per ordre entre comes. Així doncs, el vermell s'obté amb (255, 0, 0), el verd amb (0, 255, 0) i el blau amb (0, 0, 255). L'absència de color, el color negre, s'obté quan les tres components són 0 (0, 0, 0). La combinació de dos colors amb el seu màxim valor (255) amb un tercer

amb valor 0 dóna lloc als colors secundaris groc, cian i magenta. El color blanc es forma amb els tres colors primaris al seu màxim valor (255, 255, 255). (Kuehni, 2003)

També es poden identificar amb una codificació hexadecimal, fent servir, a part dels nombres del 0 al 9, 6 lletres amb un valor numèric equivalent (a = 10, b = 11, c = 12, d = 13, i = 14 i f = 15). Per tant, el vermell s'obté amb (#FF0000), el verd amb (#00FF00) i el blau amb (#0000FF). (Kuehni, 2003)

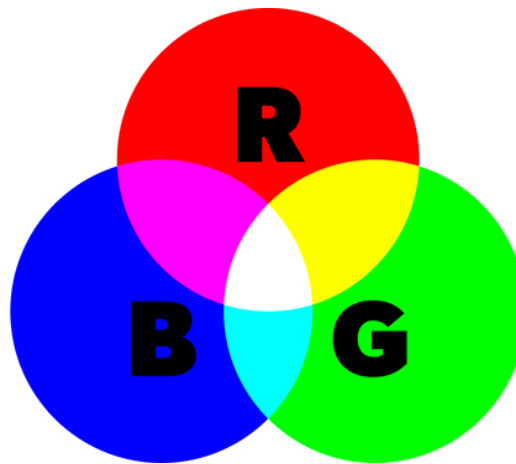


Figura 4.1. Representació de la síntesi additiva del model RGB. Font: Printheus, 2016.

Model de Color CMYK

El model CMYK (sigles de Cyan, Magenta, Yellow i black/Key) és un model de color subtractiu que s'utilitza en la impressió de colors.

La barreja de colors cian, magenta i groc és subtractiva. ja que la seva barreja dona de resultat el color negre. El model CMYK es basa en l'absorció de la llum, essent el color que presenta un objecte la part de la llum que incideix sobre aquest i que no és absorbida. (Kuehni, 2003)

Els valors d'aquest model es representen en tant per cent (C%, M%, Y%, K%).

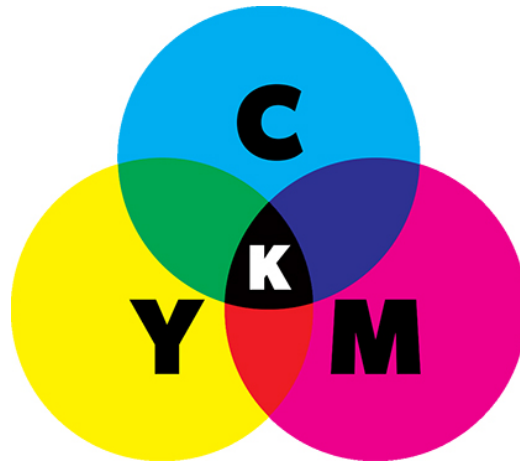


Figura 4.2. Representació de la síntesi substractiva del model CMYK.

Font: Printhauss, 2016.

Model de Color HSL

El model HSL (de l'anglès Hue, Saturation, Lightness) parteix del model RGB però sent una deformació no lineal d'aquest model i representat gràficament com un doble con. Els dos vèrtexs corresponen amb el blanc i el negre, l'angle es correspon amb el matís, la distància a l'eix amb la saturació i la distància a l'eix blanc-negre es correspon a la luminància. Com els models HSI i l'HSV, és una deformació no lineal de l'espai de color RGB. (Kuehni, 2003)

Per tant, es representa amb tres valors numèrics, el primer de 0° a 359° i els altres dos en tant per cent. A vegades podem trobar els 3 valors representats en una escala del 0 al 1.



Figura 4.3. Representació gràfica del model HSL. Font: Wikimedia Commons, 2015.

Model de Color HSV

El model de color HSV parteix de la mateixa idea que el HSL, però aquest és més antic i en alguns aspectes menys perfecte. Les sigles fan referència a Hue, Saturation, Value.

És representat gràficament com un con, on els graus de l'angle representen el to, la distància a l'eix central la saturació i l'altura en l'eix blanc-negre el valor. Es representa amb tres valors numèrics, el primer de 0° a 359° i els altres dos en tant per cent. A vegades podem trobar els 3 valors representats en una escala del 0 al 1. (Kuehni, 2003)

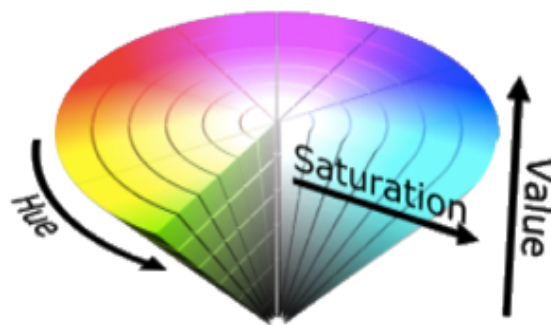


Figura 4.4. Representació gràfica del model HSV. Font: Wikimedia Commons, 2015.

4.4.2. Psicologia dels Colors

La psicologia del color és la ciència que estudia l'efecte del color en la percepció i conducta humana. Medicament, és una ciència molt poc desenvolupada i les tècniques relacionades amb aquest àmbit solen ser considerades medicina alternativa.

En el sentit més ampli de la paraula, l'estudi dels colors i la seva percepció és considerada en el disseny, l'arquitectura, la moda, entre d'altres, un fet molt important

El primer en parlar de psicologia del color va ser el poeta i científic alemany Johann Wolfgang von Goethe, oponent-se a la visió que havia plantejat Newton, merament física. Ell proposava una realitat que depèn de la nostra percepció i no només de la matèria o de la llum (Sepper, desconegut). Goethe va deduir teories d'harmonia dels colors, deduïnt com ens afecten i analitzant els efectes dels colors complementaris.

Eva Heller va realitzar una teoria dels colors a partir de l'estudi de Goethe. Analitza com actuen els colors sobre els sentiments i determina que les associacions van més enllà del gust

(Heller, 2004). Estudia a 2000 persones d'edats diferents a qui pregunta preferències i referències que li transmeten els colors. El resultat del seu treball és que els colors no es combinen de manera accidental, però cada color pot produir efectes diferents depenent del context.

El resultat final de l'experiment mostra que colors i sentiments no es combinen de manera accidental, no és qüestió de gust, sinó experiències interioritzades en el nostre llenguatge i pensament des de ben petits (Heller, 2004).

Va definir una sèrie de colors psicològicament contraris i el seu contrast simbòlic amb sensacions i impressions.

Colors psicològicament contraris	Contrast simbòlic
Vermell – Blau	Actiu – Passiu Calent – Fred Alt – Baix Corporal – Espiritual Masculí – Femení
Vermell – Blanc	Fort – Dèbil Ple – Buit Passional – Insensible
Blau – Marró	Espiritual – Terrenal Noble – Innoble Ideal – Real
Groc – Gris Taronja – Gris	Brillant – Apagat Cridaner – Discret
Taronja – Blanc	Acolorit – Incolor Cridaner – Màgic
Verd – Violeta	Natural – Artificial Realista – Màgic
Blanc – Marró	Net – Brut Noble – Innoble Diàfan – Dens Llest – Ximple

Negre – Rosa	Fort – Dèbil Bast – Delicat Dur – Tou Insensible – Sensible Exacte – Difús Gran – Petit Masculí – Femení
Plata – Groc	Fred – Càlid Imperceptible – Cridaner Metàl·lic – Immaterial
Daurat – Gris Daurat – Marró	Pur – Impur Car – Bara Noble – Cotidià

Taula 4.5. Classificació d'Eva Heller de colors oposats i les seves referències. Font: Elaboració pròpia.

Robert Plutchik fou un psicòleg conegut per ser el creador de la Roda de les Emocions, un esquema on representa gràficament les diverses emocions. Situades en posicions adverses les contràries, i progressivament més complexes, de l'exterior cap a l'interior de la roda (Díaz, Flores, 2001). Els colors atorgats són els que es relacionen amb aquestes emocions. En la següent taula es mostren ordenats, dins de cada color, de més superficial a més complex i equivalents a tonalitats més clares a més fosques del color.

Color	Sentiment
Groc	Serenitat – Alegria – Èxtasi
Verd Clar	Provació – Confiança – Admiració
Verd Fosc	Temor – Por – Terror
Blau Clar	Distracció – Sorpresa – Estupefacció
Blau Fosc	Melancolia – Tristesa – Pena
Rosa - Fúcsia	Tedi – Aversió – Odi
Vermell	Enuig – Ira – Fúria
Taronja	Interès – Anticipació – Vigilància

Taula 4.6. Relacions de colors i sentiments de Robert Plutchik. Font: Elaboració pròpia.

5. Anàlisi de Referents

Pel que fa als referents, els dividirem en dos apartats: els referents a nivell tècnic, segons el programari i la tecnologia emprada, i els referents a nivell creatiu, per la base teòrica de relació que segueixen.

5.1. Referents a Nivell Tècnic

5.1.1. Synesthesia

Synesthesia és un programari de *Gravity Current*, una empresa dedicada a realitzar programari de suport per a música electrònica en directe. El seu producte principal, Synesthesia, és un entorn per desenvolupar i visualitzar imatges i animacions generades a temps real segons la música que sona. És el primer programari d'aquest tipus.

El programa parteix de 40 escenes ja integrades. Els algorismes d'àudio incorporats converteixen automàticament la música en accions visuals. També permet ser controlat per MIDI (Musical Instrument Digital Interface).

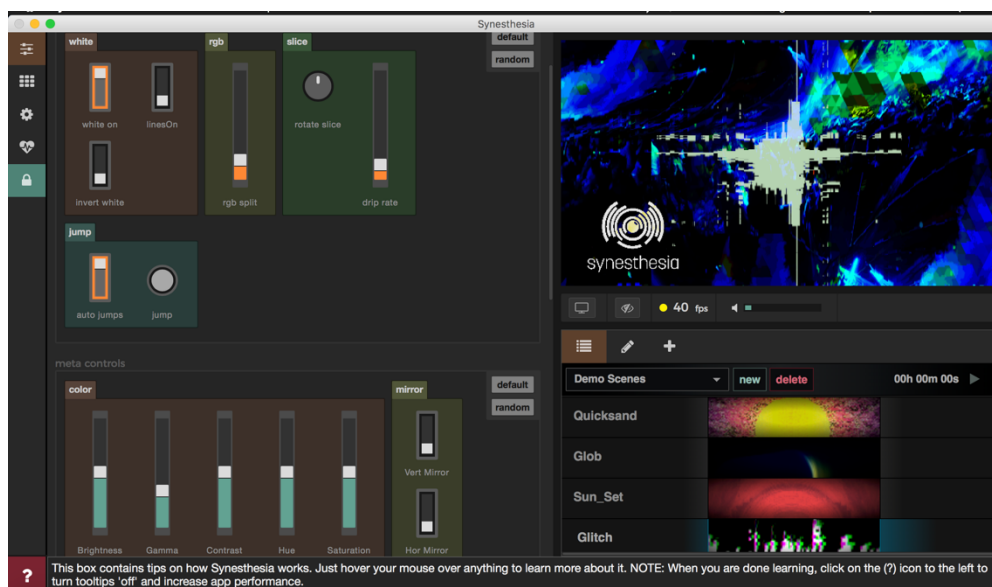


Figura 5.1. Captura de la interfície de Synesthesia. Font: Elaboració pròpia.

Des de la seva interfície podem controlar diversos paràmetres de les escenes que ens ofereix el programa; des de la brillantor o el contrast, fins a limitar la paleta de colors que empra o els moviments que genera.

La base d'aquest programari és agafar el so que capta el micròfon de l'ordinador, i depenent de la intensitat dels pics de volum de la música, anar modificant els gràfics que presenta.

A l'entorn d'aquest programari hi ha una comunitat que crea noves escenes per descarregar i importar al programa, fet que el fa ampliable en aquest sentit.

Trobem interessant la proposta de Gravity Current, ja que desconeixem l'existència de programaris similars al mercat, i resulta una eina molt simple com a complement per a bandes en directe o discjòqueis.

5.1.2. Light Notes

Light Notes és una empresa fundada al 2010 per Javier Álvarez Bailén "Javo" i situada a Madrid. El seu objectiu és dissenyar interactius per anar un pas més enllà d'evocar l'emoció, intentant fer una reacció.

Dissenyen instal·lacions interactives per mítings, exposicions, congressos i espectacles, amb la finalitat de mostrar i oferir quelcom interactiu al públic.

Són defensors del programari TouchDesigner, que utilitzen en moltes de les seves creacions, degut a la seva versatilitat i llibertat per crear tot el que es vol. També utilitzen en alguns casos Arduino.



Figura 5.2. Instal·lació Pentatonix de Light Notes. Font: Light Notes, 2017.

Per destacar alguna obra parlem de Pentatonix, un instrument de llum interactiva amb forma de prisma pentagonal que compta en cada una de les seves 5 cares amb 12 barres de llum amb sensors de proximitat. Així doncs, el muntatge sencer permet acostar les mans a les barres i generar d'aquesta manera la modulació dels diferents sons i les animacions de llum de cada barra.

També cal destacar l'Absolut Elektrik Factory, una instal·lació de llum controlada per TouchDesigner i Leap Motion, un dispositiu de sensors que detecta els moviments de mans i dits com a entrada de control. Així doncs, tota la instal·lació de llums està controlada interactivament amb les mans.

En conclusió Light Notes ens serveix de referent per la seva forma de treballar i de construir els interactius, amb TouchDesigner i Arduino. Aquests dos sistemes permeten molta llibertat de creació i hi ha tota una comunitat al darrere que innova dia a dia i permet ampliar el món de possibilitats que tenen.

5.2. Referents a Nivell Creatiu

5.2.1. Schönberg i Kandinsky

Arnold Schönberg (1874-1951) va ser un compositor austríac, teòric musical i també pintor. És conegut per ser un dels primers en dur a terme el conegut com a composició atonal, i especialment per la creació de la tècnica del dodecafonisme basat en sèries de dotze notes, obrint la porta al posterior desenvolupament del serialisme al segle XX. (Boehmer, 1997)

Vasili Vasílievich Kandinsky (1866-1944) va ser un pintor rus, precursor de la pintura abstracta i teòric de l'art. Està considerat com el creador de l'abstracció lírica i l'expressionisme. (Boehmer, 1997)

El 1911, Kandinsky, estava a Munic i va anar a un concert Schönberg i va començar a interessar-se per la seva obra. En aquell moment estava treballant en una sèrie d'obres titulades *Impression*. La primera pintura que va fer després del concert va ser *Impression III: Konzert*. (Boehmer, 1997)



Figura 5.3. Obra *Impression III: Konzert* de Kandinsky (1911). Font: Interlude, 2016.

Utilitzant la paraula "impressió", Kandinsky vol fer referència a la seva pròpia sensació durant el concert. El bloc central de color negre és el piano i sembla que flota sobre un so groc. Representa els oients com a cercles i arcs i aquests estan cobertes pel so però, al mateix temps, es centren en el piano.

Schönberg i les seves teories de composició van influir molt Kandinsky. En altres treballs representa la música basant-se en la sinestèsia, representant els sons en colors.

A partir d'això va el va elaborar la seva pròpia teoria del color, establint un vincle amb les obres d'art i les dimensions espirituals. Segons ell, el color pot tenir dos efectes en l'espectador: un efecte físic de les sensacions superficials i momentànies i un efecte psíquic de la vibració espiritual arribant a l'ànima o produint una associació entre dos elements. (Kandinsky, 1996)

Tot això, doncs, vindrà determinat pel "so interior" del color en qüestió, el vessant espiritual d'aquella tonalitat i no per una associació d'idees directe com podria ser vermell-sang-dolor. L'efecte psicològic que genera el color provoca aquesta vibració anímica que arriba a l'ànima. (Kandinsky, 1996) Es mostra aquesta relació a la Taula 5.1.

Per tant, la teoria del color que va elaborar Kandinsky parteix de descriure el grau de potència del so de la tonalitat cromàtica, l'instrument que suggereix i la melodia que compon.

Color	Característiques	Audició
Groc	<p>Càlid Lleuger Molest Excitant Agressiu Salvatge Terrestre (sense profunditat) Bogeria (ràbia, deliri, etc.) Àcid Moviment excèntric Efecte actiu en l'espectador.</p>	<p>Sorollós Trompetes agudes (fanfària)</p>
Blau	<p>Té un moviment concèntric Fred Força interior Quan més fosc més intens Quan més clar més discret Profund Tranquil Sobrenatural Cap al negre del dol Efecte actiu en l'espectador</p>	<p>Bau clar: flauta Blau marí: violoncel Blau fosc: contrabaix En forma profunda i solemne: orgue</p>
Vermell	<p>Té un moviment concèntric Viu Excitant Dolorós Inquiet Potent Tenaç, Confiança i esforç</p>	<p>Tons mitjos i baixos del violoncel.</p>

Vermell	<p><u>Vermell saturn (to càlid i clar)</u></p> <p>Força Energia Impuls Decició Alegria Triomf Brillant Seguretat</p> <p><u>Vermell cinabri (to mig/marronós)</u></p> <p>Passió incandescent i constant Invencible Actiu Si es refreda s'obté un to brut.</p> <p><u>Vermell "vernís de granz" (to fred)</u></p> <p>Actiu Alegre Juvenil Fresc Pur</p>	<p><u>Vermell saturn</u></p> <p>Sonar de trompetes acompanyades de tubes (so insistent, irritant i fort)</p> <p><u>Vermell cinabri</u></p> <p>Tuba</p> <p><u>Vermell "vernís de granz"</u></p> <p>Tons alts, clars i vibrants del violí</p>
Taronja	<p>Radiant Sà Seriós Inestable S'apropa a l'espectador</p>	<p>Campana d'una església Baríton potent Viola: So llarg</p>
Verd	<p>Quiet/Immòbil: Calmat Malaltís Abstret Avorrit Complert: Satisfet</p>	<p>Violí: tons tranquils, semi-profunds i allargats.</p>

Verd	<p>Té una força oculta, frenada i limitada passa per desapercebut</p> <p>Produeix un efecte passiu en l'home</p> <p>Si ascendeix cap el groc cobra vida</p> <p>Si descendeix cap el blau es torna greu i pensatiu.</p> <p>Verd òxid és vellutat</p> <p>Verd cobalt és sec</p>	
Violeta	<p>És un vermell refredat</p> <p>Malaltís</p> <p>Apagat</p> <p>Mòrbid</p> <p>Extingit</p> <p>Trist</p> <p>Inestable</p> <p>S'allunya de l'espectador</p> <p>Color rosat és tou</p>	<p>Quan és més profund instruments de fusta com el fagot</p> <p>Gaita</p> <p>Corn anglès</p>
Negre	<p>Representa la mancança d'oportunitats</p> <p>Sense futur ni esperança</p> <p>Extingit</p> <p>Mortal</p> <p>Inamovible</p> <p>Trist</p>	<p>Pausa final/etern silenci</p> <p>Melodia semblant a la de l'alba d'un altre planeta</p>
Blanc	<p>No representa el silenci de la mort</p> <p>Representa la plenitud de possibilitats</p> <p>Alegre</p>	<p>Silenci harmònic</p> <p>Pausa que trenca temporalment la melodia sense construir un tancament definitiu.</p>
Marró	<p>Representa un foc apagat: el negre inhibeix la flama del vermell = marró</p>	<p>Redoble del tambor</p>

Marró	Opac Dur Axatat Poc mòbil Inhibit	
Gris	Immòbil (immobilitat desconsolada, desesperada, etc) Asfixiant Representa la desesperació Si se li aplica fosc s'accentua l'asfixia Si se li aplica claredat: respira (adquireix esperança)	Insonor

Taula 5.1. Relacions de colors de Kandinsky. Font: Elaboració pròpia.

5.2.2. Aleksandr Skriabin

Aleksandr Skryabin (1872-1915), va ser un compositor i pianista rus considerat un dels més extraordinaris i rellevants de la història de la música. En els seus primers anys com a compositor, encara que estava fortament influït per la música de Chopin, va començar a desenvolupar una nova visió de l'harmonia i la tonalitat que va evolucionar al llarg dels anys. (Ballard, Bengtson, 2017)

Encara que Aleksandr Skryabin als seus inicis utilitzava harmonies tonals, de manera gradual va passar a utilitzar harmonies més inestables. Aquesta transició la va fer en tot moment des de la investigació i creació d'escala artificial, allunyant-se cada cop més de la tonalitat tradicional. (Galeyev, Vanechkina, 2012)

El nou sistema de relacions tonals que va crear pren com a referència un acord denominat *acord místic*. Aquest acord està format per les notes do, fa#, sib, mi, la i re. Aquest grup de notes i les seves variacions servien a Skryabin com a base per a compondre les seves peces. Aquest acord també és nomenat com l'*acord de Prometeu*, ja que va ser en la primera obra que va aparèixer. (Ballard, Bengtson, 2017)

Prométhée, Li Poème du Feu Op. 60 és una obra per a orquestra, piano solista, cor i *Clavier à Lumières*. Va ser composta entre els anys 1908 i 1910, estrenada a Moscou en 1911 i es basa en el mite de Prometeu. (Galeyev, Vanechkina, 2012)

Aquesta obra destaca per la seva relació sinestèsica i s'interpreta amb el *Clavier à Lumières*, un teclat creat per Skryabin que relaciona notes musicals amb colors segons la tecla que es toca. Aquest teclat ideat per ell, es pot considerar també un referent a nivell tècnic.

Nota	Color
DO	Vermell
DO#	Violeta
RE	Groc
RE#	Gris metal·litzat fosc
MI	Blanco blavós
FA	Vermell granat
FA#	Blau turquesa
SOL	Taronja
SOL#	Púrpura
LA	Verd
LA#	Gris
SI	Blau elèctric

Taula 5.2. Relacions de notes amb colors segons Skryabin. Font: Elaboració pròpia.

Skryabin va especificar l'ús dels colors a *Prometeu: El Poema de Foc*, concretant els que havien de ser projectats sobre l'escenari i sobre el públic. D'aquesta manera el compositor va idear un sistema multimèdia de relació entre colors i sons, i també d'una forma més transcendental, estats espirituals. Malauradament, Skryabin no va quedar satisfet amb el resultat final de la seva obra i les representacions de colors, ja que les tècniques d'il·luminació de la seva època eren molt primitives. (Galeyev, Vanechkina, 2012)

5.2.3. Neil Harbisson

Situant-nos a l'actualitat trobem Neil Harbisson. Ell és un artista ciborg, és a dir una persona a la qual li ha estat incorporat un aparell electrònic com una part més del seu cos. L'antena que te implantada, creada per ell mateix, li permet percebre els colors visibles i invisibles, com els infrarojos i els ultraviolats, com a sons emesos directament al seu cervell. (Tibballs, 2011)

És cofundador de la Fundació Cyborg, una organització internacional dedicada a ajudar els humans a convertir-se en cíborgs, a promoure el ciborguisme com a moviment artístic i a defensar els drets dels cíborgs. (Radnedge, 2014)

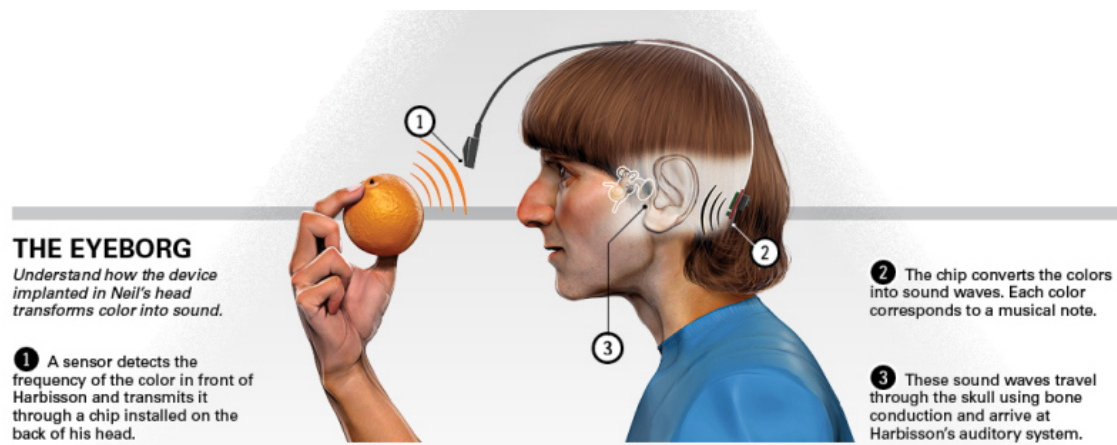


Figura 5.4. Diagrama de funcionament de l'antena de Neil Harbisson.

Font: The Straits Times, 2017.

La creació de l'antena es va iniciar l'any 2003 al Dartington College of Arts quan Harbisson va assistir a una xerrada relacionada sobre cibernètica donada per l'estudiant Adam Montandon. Al final de la xerrada, Neil Harbisson li va suggerir començar un projecte junts per desenvolupar un sensor que transposés freqüències de color a freqüències de so. Partint d'això, Harbisson va memoritzar el so de cada color i va decidir integrar-se el dispositiu permanentment al seu cap. (Tibballs, 2011)

Així doncs, la relació que planteja Harbisson amb el seu xip, trobant vincles entre els colors i els sons, ens interessa com a referència. Defineix una relació matemàtica entre les freqüències de color i les freqüències del so. Aquesta relació que fa el seu dispositiu, la podem considerar en certa manera un referent a nivell tècnic també.

6. Desenvolupament

Després de veure el marc teòric i partir dels diferents referents a nivell creatiu i tècnic ens proposem desenvolupar el programari en sí, l'objecte del treball. Analitzem abans l'estudiat al marc teòric, juntament amb els referents, per trobar la base de partida.

6.1. Anàlisi

6.1.1. Física de la Música

Partint del punt 5.3.1., la notació musical queda estandarditzada amb el monjo italià Guido d'Arezzo, que va proposar i popularitzar els noms de les notes: Ut (Do), Re, Mi, Fa, Sol, La i Si.

Amb aquest sistema de notació musical i com es representa a la Taula 4.1., dividim les freqüències en porcions que anomenem octaves i cada una té les 7 notes naturals (Do, Re, Mi, Fa, Sol, La i Si) i 5 de bemolls i sostinguts, que es troben entre les naturals.

Tot i això, les notes poden tenir diferents representacions en el llenguatge musical, però la diferència de freqüència entre elles és sempre la mateixa i és el que ens permet identificar-les. Això queda exposat en el punt 5.3.2., on s'explica que prenem la referència del La₄ a 440Hz i definim les 10 octaves amb notes generalment audibles per la oïda humana, com es mostra a la Taula 4.2. on també es diferencien les notes d'un piano de 88 teclès.

Així doncs, l'anàlisi físic que podem fer de la música és quelcom empíric i irrefutable, que ens serveix com un dels pilars per al nostre projecte.

6.1.2. Psicologia de la Música

En les teories psicològiques de la música, tractades en el punt 5.3.3., ens centrem en l'enfocament psicofisiològic, que consisteix en l'excitació produïda per les ones sonores sobre l'aparell auditiu i aquest les transmet pel sistema nerviós al cervell. Amb això, hi ha una sèrie de reaccions produïdes al cervell a causa de la música i que es transformen en una representació anímica.

Així doncs, amb els autors analitzats Francisco de Paula Ortiz, fundador de l'Associació Espanyola de Psicologia de la Música, i Jose Francisco Ortega, professor de l'Àrea de Música a la Universitat de Múrcia, la cultura, la societat i l'ambient en què s'ha criat l'oient influeixen decisivament en les emocions que generen una melodia i també són convencions socials dins de cada cultura i època concreta. Per això, no es poden definir uns paràmetres universals sobre les emocions que transmet la música.

Per altra banda, Ernest Pauer i John W. Moore, proposen l'anàlisi de les emocions partint de les tonalitats majors i menors i els seus intervals, representats en la Taula 4.3.

Amb aquests intervals, es pot fer una classificació segons la sensació que produeixen a l'oïda, diferenciant-los en dissonants i consonants. Aquesta classificació pot generar certa controvèrsia ja que ha variat al llarg dels anys i pot ser percebut de forma diferent depenent de la persona. Per tant, tot i que hi ha una estandardització d'aquesta consonància i dissonància, no és quelcom irrefutable.

També, Kandinsky, tractat al punt 5.2.1., proposa una relació entre els sons dels diferents instruments, les emocions, sentiments i els diferents colors. Això ho va fer amb una certa relació artística amb el compositor austríac Arnold Schönberg. Aquesta relació, però, resulta una altra vegada ser una percepció relativa del pintor i amb ella no podem definir cap relació que ens serveixi com a model transversal de relació de colors i música.

Skryabin, referent analitzat en el punt 5.2.2., va idear un sistema multimèdia de relació entre colors i sons, relacionant així cada nota musical amb un color com s'indica a la Taula 5.2. Aquest sistema, el *Clavier à Lumières*, és un teclat on cada tecla correspon al color associat. Resulta així, una relació més directa entre cada nota musical i cada color, però un cop més partint de la percepció del seu creador.

6.1.3. Física del Color

Partim del punt 4.4. i del fonament físic del color de que tot cos il·luminat absorbeix una part de les ones electromagnètiques i reflecteix les restants, interpretades pel cervell com el color del cos.

Entre els 380 nm i els 780 nm trobem l'espectre visible, l'espai de l'espectre que l'ésser humà és capaç de percebre. La llum que es troba entre aquestes dues longituds d'ona és percebuda

per l'ésser humà com els diferents colors. En la Taula 4.4. podem veure la relació entre cada color i les longituds d'ona que compren.

En el punt 5.2.3. es parla de Neil Harbisson. Ell, juntament amb Adam Montandon, va desenvolupar una antena que transforma la freqüència de cada color a freqüències de so.

En conclusió, la física dels colors és quelcom empíric i irrefutable, i juntament amb la forma que ho relaciona Neil Harbisson amb el seu dispositiu, resulta interessant per desenvolupar el nostre projecte.

6.1.3.1 Models de Representació dels Colors

Els colors de l'arc de sant Martí en l'espectre visible inclouen tots aquests colors que poden ser produïts per la llum visible d'una sola longitud d'ona (violeta, blau, blau cel, verd, groc, taronja i vermell), els colors de l'espectre pur. L'espectre visible no contempla tots els colors que l'home és capaç de distingir, per exemple colors sense saturar com el rosa, o variacions del verd o el blau no poden reproduir-se amb una sola longitud d'ona.

Per convertir això a un model de representació del color dels tractats en el punt 4.4.1.1, decidim utilitzar el model HSV. Aquest model ens permet definir la tonalitat dels colors saturats, o de l'espectre pur, amb una sola variable, la *hue* o tonalitat; doncs la saturació i el valor estaran en els seus valors màxims. Sí bé es veritat que el model HSL també ens ho permet, l'HSV està més estès i estandarditzat en programari i altres aplicacions que podem necessitar pel nostre projecte. Tot i què si parlem d'estàndards, el model RGB o el CMYK són els més estesos; però no ens permeten diferenciar els colors saturats o purs de la resta de colors produïts per mescles de longitud d'ona.



Figura 6.1. Tonalitats del model HSV en escala de 0 a 1. Font: Maxmax, 2013.

6.1.4. Psicologia del Color

Partim del punt 4.4.2. i dels estudis de poeta i científic alemany Johann Wolfgang von Goethe, la psicòloga Eva Heller i el també psicòleg Robert Plutchik.

Heller va realitzar una teoria dels colors a partir de l'estudi de Goethe. Analitza com actuen els colors sobre els sentiments a partir de 2000 persones que determinen les seves preferències i que li transmeten els diferents colors. El resultat del seu treball és que els colors no es combinen de manera accidental, però cada color pot produir efectes diferents depenent del context. A la Taula 4.5. es mostren aquestes combinacions de colors contraris i les seves relacions amb diferents aspectes.

Plutchik, en canvi, va ser el creador de la Roda de les Emocions, un esquema on representa gràficament les diverses emocions relacionades amb els colors i les seves intensitats. Aquesta representació, la trobem explicada en la Taula 4.6.

Ambdues propostes, de les més populars entre les teories psicològiques dels colors, tenen un fonament d'estudi al darrere, però mostren matisos diferents d'emocions relacionades als colors. Depenent del context, un color pot relacionar-se amb coses pràcticament oposades; per exemple el color vermell pot designar des de la ira fins a l'amor o la passió.

La relativitat d'aquestes teories fa que difícilment puguin ser utilitzada per dur a terme el nostre programa que relacioni colors amb la música, ja que són quelcom subjectiu.

6.2. Punts en Comú i Diferències

6.2.1. Teories Psicològiques

Amb l'anàlisi realitzat en els punts 6.1.2. i 6.1.4., sobre la psicologia de la música i la psicologia dels colors, trobem que hi ha discrepàncies depenent dels autors o artistes que defineixen les relacions. Les diferents percepcions, tant en el color com amb la música, depenen de la persona, de l'entorn, la cultura i molts altres aspectes que influeixen.

Cada teoria psicològica concreta definirà les seves relacions color-emoció o música-emoció, i per tant es podria crear un vincle entre dues teories, una dels colors i una de la música. L'objectiu però, pretén ser quelcom més ampli i que marqui una relació més enllà del definit per la percepció d'un sol autor o artista.

Així doncs, aquestes teories aporten una base molt interessant a tenir en compte si es vol crear una obra sinestèsica de música i color de zero. Si, en canvi, es vol aportar aquesta experiència sinestèsica a partir d'una obra ja existent, no podem definir un model de relació psicològica entre música, emocions i colors i viceversa.

6.2.2. Teories Físiques

Les teories físiques analitzades en els punts 6.1.1. i 6.1.3. mostren una base matemàtica i empírica dels colors i la música.

Seguint la idea que proposa Neil Harbisson amb el seu dispositiu implantat, podem definir una relació concreta entre els sons i els colors.

Així doncs, partim de les freqüències de les notes musicals d'un piano de 88 teclès, considerades un estàndard de les octaves més utilitzades en la majoria de la música, i de les freqüències dels colors de l'espectre visible.

Relacionem per tant, les freqüències de les 88 teclès del piano amb els valors del 0 a 1 del model HSV dividits a parts iguals, que com s'explica en el punt 6.1.3.1 ens permet definir la tonalitat dels colors saturats, o de l'espectre pur, amb una sola variable, la *hue* o tonalitat.

Freqüència Sonora (en HZ)	Tonalitat de Color (de 0 a 1)
27,5	0
29,1353	0,011494253
30,8677	0,022988506
32,7032	0,034482759
34,6479	0,045977012
36,7081	0,057471265
38,8909	0,068965518
41,2035	0,08045977
43,6536	0,091954023
46,2493	0,103448276
48,9995	0,114942529
51,913	0,126436782
55	0,137931035
58,2705	0,149425288
61,7354	0,16091954

65,4064	0,172413793
69,2957	0,183908046
73,4162	0,195402299
77,7817	0,206896552
82,4069	0,218390805
87,3071	0,229885058
92,4986	0,241379311
97,9989	0,252873563
103,826	0,264367816
110	0,275862069
116,541	0,287356322
123,471	0,298850575
130,813	0,310344828
138,591	0,321839081
146,832	0,333333334
155,563	0,344827586
164,814	0,356321839
174,614	0,367816092
184,997	0,379310345
195,998	0,390804598
207,652	0,402298851
220	0,413793104
233,082	0,425287356
246,942	0,436781609
261,626	0,448275862
277,183	0,459770115
293,665	0,471264368
311,127	0,482758621
329,628	0,494252874
349,228	0,505747127
369,994	0,517241379
391,995	0,528735632
415,305	0,540229885
440	0,551724138
466,164	0,563218391
493,883	0,574712644
523,251	0,586206897

554,365	0,59770115
587,33	0,609195402
622,254	0,620689655
659,255	0,632183908
698,456	0,643678161
739,989	0,655172414
783,991	0,666666667
830,609	0,67816092
880	0,689655173
932,328	0,701149425
987,767	0,712643678
1046,5	0,724137931
1108,73	0,735632184
1174,66	0,747126437
1244,51	0,75862069
1318,51	0,770114943
1396,91	0,781609195
1479,98	0,793103448
1567,98	0,804597701
1661,22	0,816091954
1760	0,827586207
1864,66	0,83908046
1975,53	0,850574713
2093	0,862068966
2217,46	0,873563218
2349,32	0,885057471
2489,02	0,896551724
2637,02	0,908045977
2793,83	0,91954023
2959,96	0,931034483
3135,96	0,942528736
3322,44	0,954022989
3520	0,965517241
3729,31	0,977011494
3951,07	0,988505747
4186,01	1

Table 6.1. Relació freqüència sonora i tonalitat de color. Font: Elaboració pròpia.

Partint de la successió numèrica lineal que suposen les tonalitats de color i la successió numèrica logarí que suposen les freqüències de les notes musicals, busquem la fórmula que les relaciona, que desenvolupada i aïllada, queda de la següent manera:

$$\frac{\ln(freq.)-3,31}{5,02} = ton. \quad (6.1)$$

freq. = Freqüència de la nota musical.

ton. = Valor de tonalitat en sistema HSV del color relacionat.

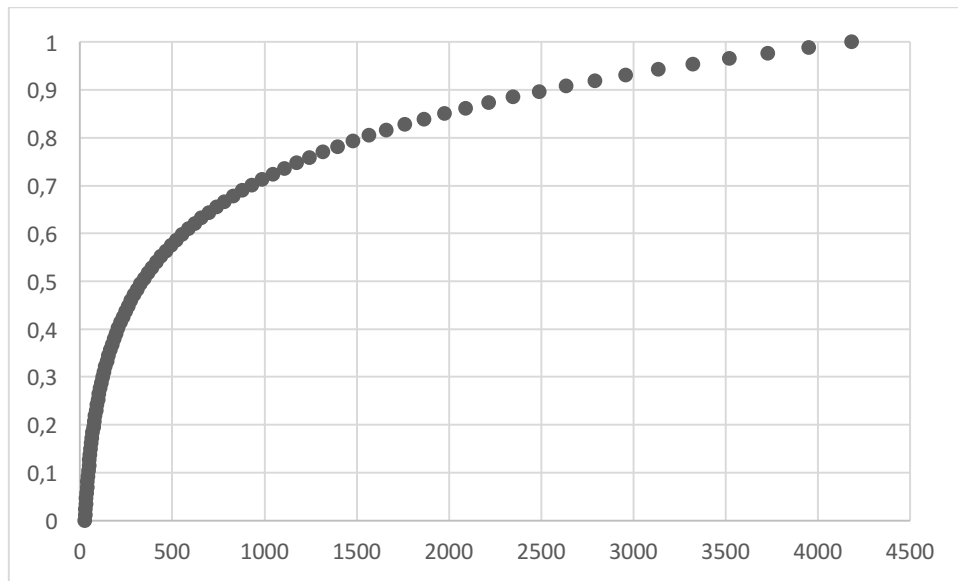


Figura 6.2. Representació gràfica de la relació entre la freqüència i la tonalitat.

Font: Elaboració pròpia.

En aquesta representació gràfica de la relació, en l'eix vertical podem veure el valor de la tonalitat de color i en l'horitzontal la freqüència sonora.

6.3. Programari

Un cop definida la relació entre les freqüències sonores i les tonalitats de color, utilitzarem una sèrie de programes per desenvolupar i plasmar aquesta relació.

Primer ens fixem en el referent del 5.1.1., *Synesthesia*, un entorn per desenvolupar i visualitzar imatges i animacions generades a temps real segons la música que sona. La base d'aquest programari és agafar el so que capta el micròfon de l'ordinador, i depenent de la intensitat dels pics de volum de la música, anar modificant els gràfics que presenta. També permet controlar paràmetres per MIDI (Musical Instrument Digital Interface).

Aquest programa però, no relaciona la música i els colors segons la melodia, sinó segons la intensitat del volum. El nostre objectiu és relacionar-ho a través de les notes musicals.

Per altre banda, la opció MIDI és quelcom interessant, però limita a haver de controlar-ho una persona a temps real. Hi hauria la possibilitat de generar una relació com la del *Clavier à Lumières* d'Skryabin però seguint la relació del punt 6.2.2.

Es descarta la opció MIDI pel fet de limitar la execució a tenir una persona que controli la interfície.

Amb el referent 5.1.2., Light Notes, descobrim TouchDesigner, una aplicació de llenguatge de programació visual a temps real basat en un sistema de nodes. És propietat de *Derivates*, i va ser creat amb l'objectiu de ser una solució per a la reproducció i generació d'efectes en directe.

6.3.1. TouchDesigner

Decidim utilitzar TouchDesigner com a base de desenvolupament del nostre programa, ja que té una versatilitat molt àmplia.

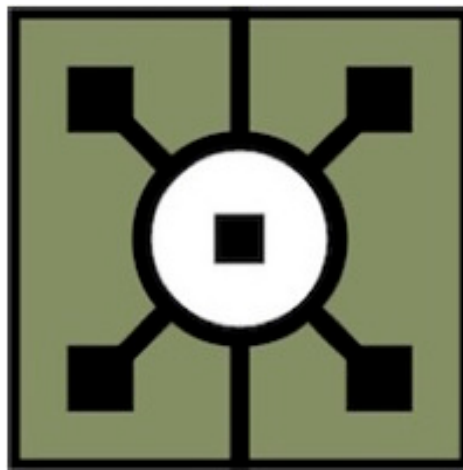


Figura 6.3. Logotip de TouchDesigner099

El seu sistema de nodes presenta 6 tipus d'aquests, cada un amb subtipus específics.

- COMP: abreviació de component. Família d'operadors 2D i 3D complementaris com càmeres i llums.

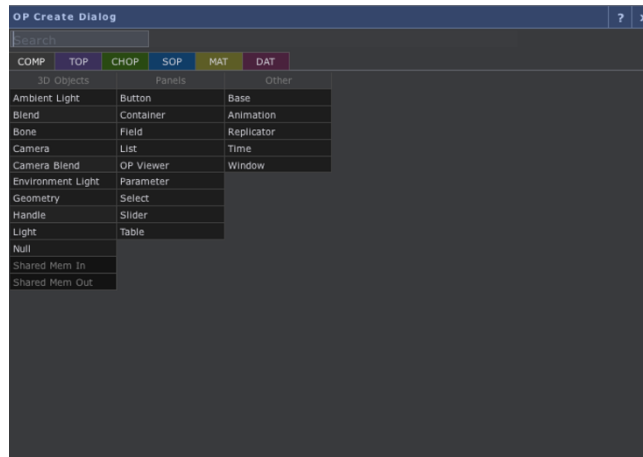


Figura 6.4. Llistat d'operadors COMP a la interfície del programa. Font: Elaboració pròpia.

- TOP: operador de textura. Crea, comprimeix i modifica imatges. També llegeix i escriu imatges i pel·lícules en i des dels fitxers i la xarxa. Els TOPs s'executen a la GPU de la targeta gràfica.



Figura 6.5. Llistat d'operadors TOP a la interfície del programa. Font: Elaboració pròpia.

- CHOP: operador de canal. Com el seu nom indica operen en canals (una sèrie de números) que s'utilitzen per a animació, àudio, matemàtiques, simulacions, lògica, construcció d'interfícies d'usuari i moltes altres aplicacions.

COMP	TOP	CHOP	SOP	MAT	DAT
Ableton Link	Composite	Gesture	LTC Out	Pipe In	Splice
Analyze	Constant	Handle	Math	Pipe Out	Spring
Angle	Copy	Helios DAC	Merge	Pulse	Stretch
Attribute	Count	Hog	MIDI In	RealSense	Switch
Audio Band EQ	CPlusPlus	Hold	MIDI In Map	Record	Sync In
Audio Device In	Cross	In	MIDI Out	Rename	Sync Out
Audio Device Out	Cycle	Info	Mouse In	Render Pick	Tablet
Audio Dynamics	DAT to	Interpolate	Mouse Out	Reorder	Time Slice
Audio File In	Dalby	Inverse Curve	Network In	Replace	Timeline
Audio Filter	Delete	Inverse Kin	Noise	Resample	Timer
Audio Movie	DMX In	Join	Null	Scan	TOP to
Audio Oscillator	DMX Out	Joystick	Object	Script	Touch In
Audio Para EQ	Envelope	Keyboard In	Oculus Audio	Select	Touch Out
Audio Play	EtherDream	Keyframe	Oculus Rift	Sequencer	Trail
Audio Spectrum In	Event	Kinect	OpenVR	Serial	Transform
Audio Stream In	Expression	Lag	OSC In	Shared Mem In	Trigger
Audio Stream Out	Extend	Leap Motion	OSC Out	Shared Mem Out	Trim
Beat	Fan	Leuze ROD4	Out	Shift	Warp
BlackTrax	Feedback	LFO	Override	Shuffle	Wave
Blend	File In	Limit	Panel	Slope	
Clip	File Out	Logic	Parameter	SOP to	
Clip Blender	Filter	Lookup	Pattern	Sort	
Clock	Function	LTC In	Perform	Speed	

Figura 6.6. Llistat d'operadors CHOP a la interfície del programa. Font: Elaboració pròpia.

- SOP: operador de superfície. Llegeix, crea i modifica polígons 3D, corbes, superfícies, esferes, i altres dades de superfície 3D.

COMP	TOP	CHOP	SOP	MAT	DAT
Add	Curveslay	Lattice	Primitive	Text	
Align	Curvesect	Limit	Profile	Texture	
Arm	DAT to	Line	Project	Torus	
Attribute	Deform	Line Thick	Rails	Trace	
Attribute Create	Delete	LOD	Ray	Trail	
Basis	Divide	LSystem	Rectangle	Transform	
Blend	Extrude	Magnet	Refine	Trim	
Bone Group	Facet	Material	Resample	Tristrip	
Boolean	File In	Merge	Revolve	Tube	
Box	Fillet	Metaball	Script	Twist	
Bridge	Fit	Model	Select	Vertex	
Cache	Font	Noise	Sequence Blend	Wireframe	
Cap	Force	Null	Skin		
Capture	Fractal	Object Merge	Sort		
Capture Region	Grid	OpenVR	Sphere		
Carve	Group	Out	Spring		
CHOP to	Hole	Particle	Sprite		
Circle	In	Point	Stitch		
Clay	Inverse Curve	Polyloft	Subdivide		
Clip	Iso Surface	Polypatch	Supersquad		
Convert	Join	Polyreduce	Surfsect		
Copy	Joint	Polyspline	Sweep		
Creep	Kinect	Polystitch	Switch		

Figura 6.7. Llistat d'operadors SOP a la interfície del programa. Font: Elaboració pròpia.

- MAT: Família d'operadors de material que associa ombrejats als operadors SOP per representar els objectes amb textura.



Figura 6.8. Llistat d'operadors MAT a la interfície del programa. Font: Elaboració pròpia.

- DAT: operador de dades. Manipula cadenes de text o taules. Sovint són seqüències d'ordres, però pot ser qualsevol text.

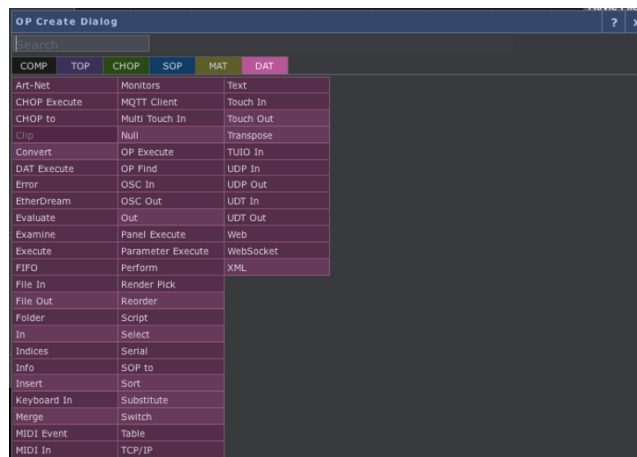


Figura 6.9. Llistat d'operadors DAT a la interfície del programa. Font: Elaboració pròpia.

Partint de tot el conjunt d'operadors o nodes que ofereix Touch Designer, per elaborar el programa utilitzem els següents:

1. *CHOP - Audio File In*: Inserim el fitxer d'àudio. També hi ha la opció d'agafar el so del micròfon o d'un dispositiu extern (*Audio Device In*).



Figura 6.10. Captura dels operadors al programa. Font: Elaboració pròpia.

2. *CHOP - Audio Device Out*: Fem que el fitxer pugui ser escoltat.



Figura 6.11. Captura dels operadors al programa. Font: Elaboració pròpia

3. *CHOP - Audio Spectrum*: Analitzem les freqüències sonores del fitxer.



Figura 6.12. Captura dels operadors al programa. Font: Elaboració pròpia.

4. *CHOP - Analyze*: Busquem el pic de la freqüència més intensa.

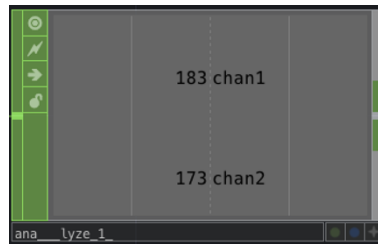


Figura 6.13. Captura dels operadors al programa. Font: Elaboració pròpia.

5. *CHOP - Function + Math*: Calculem la fórmula matemàtica (Equació 7.1).



Figura 6.14. Captura dels operadors al programa. Font: Elaboració pròpia.

6. *TOP - Constant*: Plasmem el número en un sòlid.

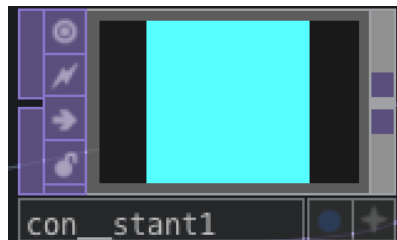


Figura 6.15. Captura dels operadors al programa. Font: Elaboració pròpia.

7. *TOP - Null + CHOP - TOP to*: Agafem el valor de la Saturació o Hue i el passem a TOP per poder operar.

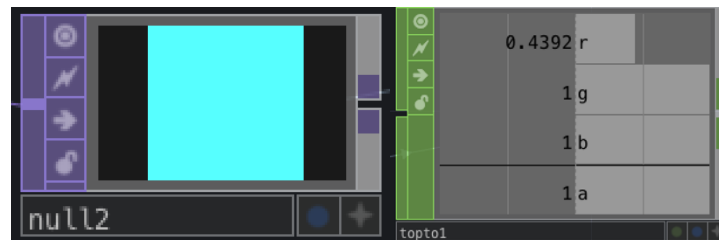


Figura 6.16. Captura dels operadors al programa. Font: Elaboració pròpia.

8. *CHOP - (Math + (Lag + Math)) + Math*: Generem una normalització del valor a partir d'una suma de la senyal original amb una retardada.

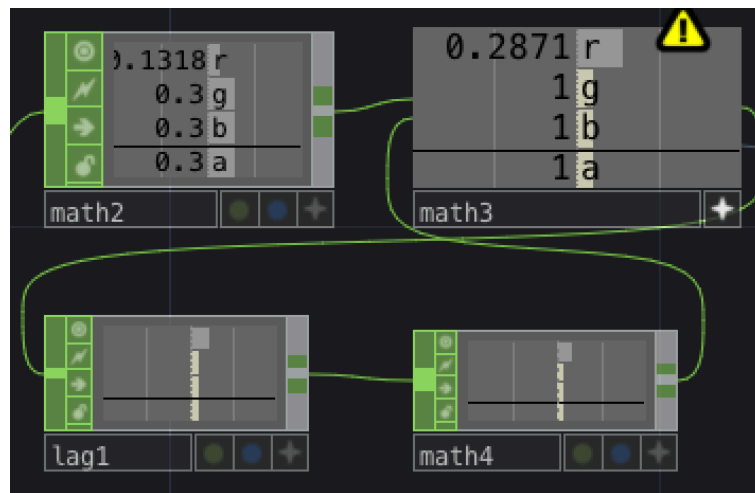


Figura 6.17. Captura dels operadors al programa. Font: Elaboració pròpia.

9. *TOP - Constant*: Plasmem el número en un sòlid.

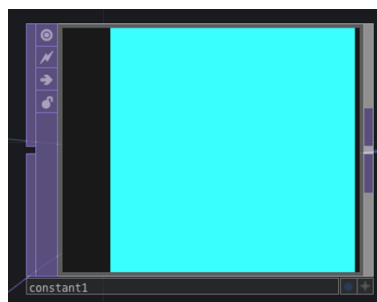


Figura 6.18. Captura dels operadors al programa. Font: Elaboració pròpia.

10. *TOP - HSV to RGB*: Transformem el color a sistema RGB.

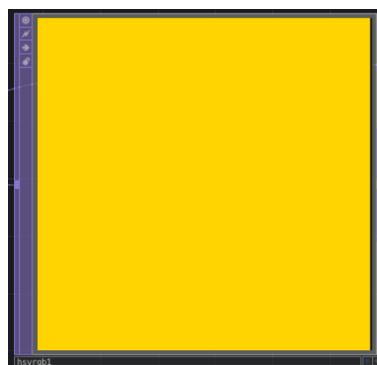


Figura 6.19. Captura dels operadors al programa. Font: Elaboració pròpia.

Finalment, el nostre programa elaborat amb Touch Designer té el següent aspecte:

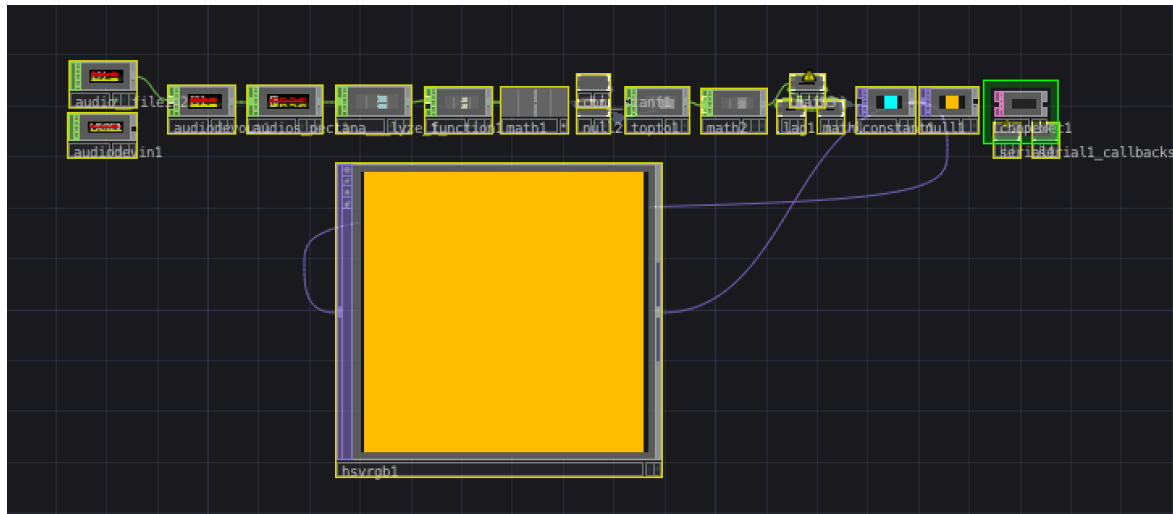


Figura 6.20. Captura del sistema de nodes del programa a TouchDesigner.

Font: Elaboració pròpia.

7. Possibles Ampliacions

Partint del programari realitzat a TouchDesigner es proposen una sèrie de possibles ampliacions a realitzar per seguir desenvolupant el projecte.

7.1. MIDI

Es proposa implementar un controlador MIDI, tipus teclat, on assignariem a cada tecla el valor d'una saturació del model HSV, és a dir un color. D'aquesta manera, i seguint el referent del *Clavier à Lumières* d'Skryabin, podríem tocar música mentre aquesta també es reproduïx en color seguint la relació marcada. TouchDesigner ens permet connectar un teclat MIDI mitjançant un node de tipus CHOP.

7.2. LED

També es podria exportar el color RGB a unes tires LED. Per això es podria utilitzar Arduino, un tipus de placa de circuit imprès simple que té l'objectiu de fer més simple i accessible el disseny de circuits electrònics amb microcontroladors.

L'entorn de desenvolupament utilitza el llenguatge Processing de Wiring, molt semblant a C++.



Figura 7.1. Logotip d'Arduino. Font: Arduino, 2018.

Amb Arduino, partiríem del color que genera TouchDesigner per transferir-lo al propi programa Arduino i d'allà a la tira LED. Per exportar aquestes dades d'un programa a l'altre es pot fer a partir d'un Null + CHOP Execute + Serial + Text. En el CHOP Execute cal definir els ports de comunicació de l'Arduino.

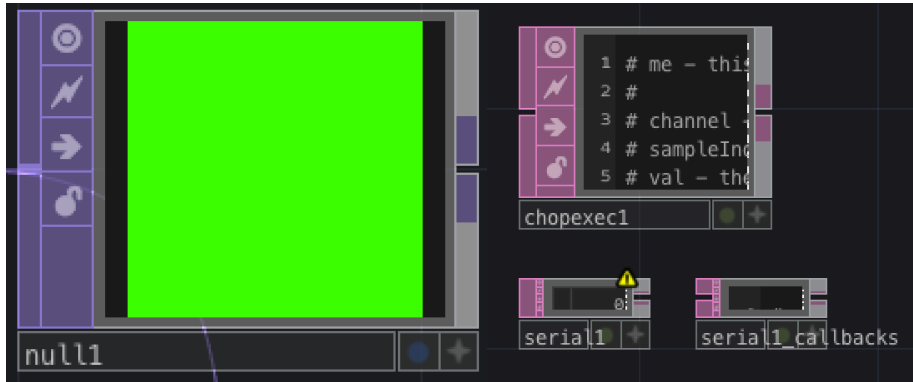


Figura 7.2. Captura dels operadors al programa. Font: Elaboració pròpia.

Així doncs, aquesta proposta podria aplicar-se a concerts i festivals de música com es mostra a la Figura 7.3.

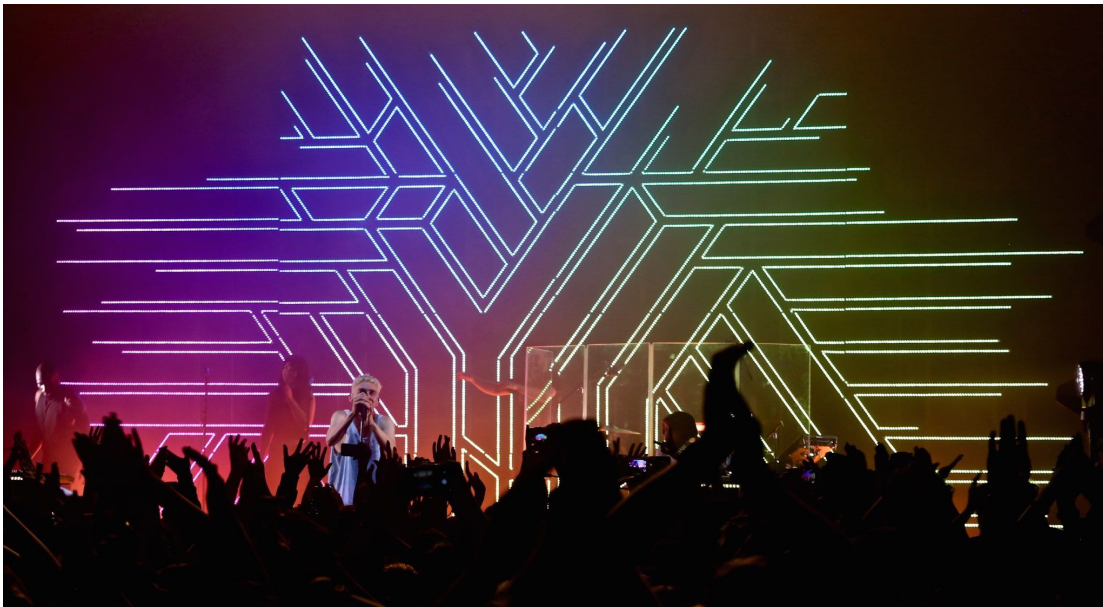


Figura 7.3. Escenari de concert amb una estructura de tires LED. Font: Avolites, 2015.

7.3. Projeccions

Una altra proposta és realitzar projeccions de simulacions d'objectes del color que sona. Això es podria fer amb el propi TouchDesigner amb nodes de tipus SOP. Aquestes projeccions es podrien realitzar en els escenaris de concerts o festivals seguint la tècnica del mapping, utilitzada per a projectar imatges i objectes virtuals de dues o tres dimensions sobre qualsevol tipus de superfície.

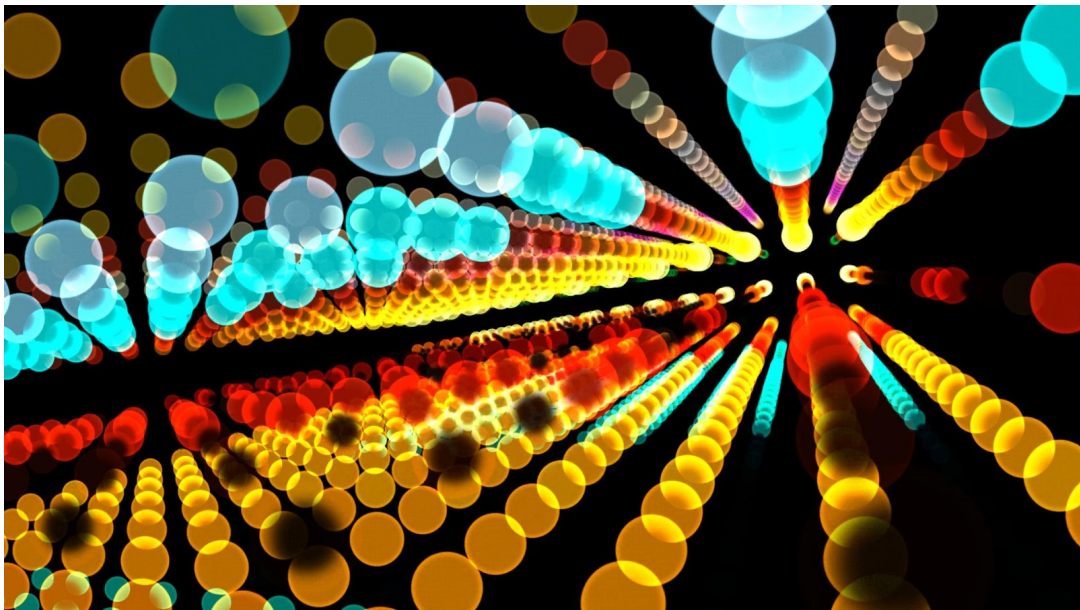


Figura 7.4. Idea de possible projecció. Font: Screaming Updates, 2017.

8. Anàlisi de Resultats

Un cop estudiat el marc teòric, analitzat i desenvolupat en la part pràctica és moment d'analitzar el resultat final del projecte.

Al començar es van marcar uns objectius a assolir a nivell acadèmic, personal i com a producte. Aquests en general s'han assolit de forma satisfactòria.

Entrant en el marc teòric, es va definir primer de tot la sinergia i la sinestèsia per entendre ambdós conceptes principals del treball.

La sinergia, en el nostre cas, és el fenomen que fa que l'actuació conjunta de la música i el color produeixi un efecte superior al que s'hagués pogut esperar dels factors actuant independentment.

La sinestèsia, en canvi, és la unió dels sentits. És una condició en la que l'estimulació d'un sentit s'acompanya d'una percepció en una o més modalitats sensorials. Per tant, les persones sinestèsiques poden, per exemple, escoltar colors o veure els sons i fer un joc simultani dels sentiments.

En l'objecte del treball s'ha entès aquesta sinergia com a suma de la música i els colors per donar un resultat més potent i la sinestèsia com a base de relació sensorial entre aquests dos àmbits.

Entrant ja en les teories, s'ha investigat sobre el fonament físic de la música i les principals teories psicològiques sobre la relació entre música i colors. La física del so i de la música és quelcom empíric i irrefutable demostrat amb una pila d'estudis i investigacions al darrere. Les teories psicològiques sobre la música, tenen una base de consens en la societat i temps actual, però és quelcom que depenent del lloc i el temps pot canviar la percepció que en tenen les persones.

També a nivell acadèmic i en el marc teòric, s'ha plasmat l'estudi dut a terme sobre el fonament físic dels colors i les principals teories que relacionen aquests amb les emocions. Com amb la música, la base física dels colors està àmpliament demostrada al llarg de la història, i és quelcom que amb els coneixements actuals és innegable. Amb la psicologia

dels colors, trobem teories fonamentades sobre la percepció que tenen d'aquests les diferents persones, però una vegada més, no deixen de ser percepcions relatives.

En l'anàlisi de referents s'ha diferenciat els referents a nivell tècnic i els referents a nivell creatiu.

En els referents a nivell tècnic, tot i no haver-hi gaires propostes similars al que es volia fer, s'ha trobat idees de programari i formes de desenvolupar que han servit per dur a terme el programa final.

A nivell creatiu, es pot fer un paral·lelisme en alguns dels casos amb el marc teòric. S'ha trobat que referents com Kandinsky o Skriabin proposen idees relatives a la seva percepció. Aquestes idees doncs, són diferents per cada persona, i tot i poder trobar-ne un cert vincle, no serveix com a relació prou fonamentada. Ens serveixen per decantar-nos per partir d'una relació física i no psicològica en el nostre programa.

En aquests referents a nivell creatiu, es va descobrir dues idees tècniques que també serveixen com a referent. Per una banda el *Clavier à Lumières* creat per Skriabin i per l'altre el sistema de relació del xip de Neil Harbisson.

Ja en el desenvolupament, es van analitzar les diferents teories físiques i psicològiques de la música i del color, per després trobar-ne els punts en comú i diferències, i finalment desenvolupar el programa amb les relacions que es determinessin.

De l'anàlisi de la física de la música es pot extreure com a resultat que hi ha una notació musical estandarditzada des de la proposta de Guido d'Arezzo. Amb això sorgeixen l'estructura d'octaves, on cada una té les 7 notes naturals (Do, Re Mi, Fa, Sol, La i Si) i 5 bemolls i sostinguts, que es troben entre les naturals.

A part, es troba que també hi ha un conveni per referenciar les notes a partir del La₄, a 440Hz. Per tant es pot constatar que la música té una base física consolidada, comprovada i acceptada mundialment.

En segon lloc, amb les teories psicològiques de la música, es pot constatar que la cultura, la societat i l'ambient en què s'ha criat l'oient influeixen decisivament en les emocions que genera una melodia; són convencions socials dins de cada cultura i època concreta.

També es pot fer una classificació segons la sensació que produeixen a l'oïda les diferents combinacions de notes, diferenciant-les en dissonants i consonants. Aquesta classificació pot generar certa controvèrsia ja que ha variat al llarg dels anys i pot ser percebuda de forma diferent depenent de la persona.

Per tant, tot i que si que hi ha una estandardització d'aquesta consonància i dissonància, no és quelcom irrefutable. Per això, no es poden definir uns paràmetres universals sobre les emocions que transmet la música.

Passant al color, es defineix que el seu fonament físic està en la absorció i reflexió d'ones electromagnètiques. Entre els 380 nm i els 780 nm trobem l'espectre visible, l'espai de l'espectre que l'ésser humà és capaç de percebre.

Neil Harbisson basa la seva antena en les freqüències de l'espectre electromagnètic dels colors per relacionar-los amb sons

Es necessari, més enllà de les ones electromagnètiques, conèixer els models de representació de colors. Serveixen per quantificar amb un model matemàtic la representació dels diferents colors.

Es decideix utilitzar el model HSV ja que ens permet definir la tonalitat dels colors saturats, o de l'espectre pur, amb una sola variable, la *hue* o tonalitat; doncs la saturació i el valor estaran en els seus valors màxims.

Per altra banda, psicòlegs han realitzat teories per determinar la relació entre els colors i les emocions. Es destaca Johann Wolfgang von Goethe, científic, i els psicòlegs Eva Heller i Robert Plutchik.

Heller va realitzar una teoria dels colors a partir de l'estudi de Goethe, analitzant com actuen els colors sobre els sentiments a partir de 2000 persones que determinen les seves preferències i que li transmeten els diferents colors.

Plutchik va ser el creador de la Roda de les Emocions, un esquema on representa gràficament les diverses emocions relacionades amb els colors i les seves intensitats.

Ambdues propostes, que són de les teories més conegudes i populars, tenen un fonament d'estudi al darrere, però mostren matisos diferents d'emocions relacionades als colors. Depenent del context, un color pot relacionar-se amb coses pràcticament oposades. La

relativitat d'aquestes impossibilita crear un algoritme de relació color-emocions que funcioni en totes les relacions.

Amb els resultats d'aquests anàlisis, s'ha conclòs que la única forma de crear una relació empírica i fiable entre colors i música és a través de la física, ja que si ens basem en la part psicològica de les emocions costa definir regles consensuades entre els diferents teòrics.

Un cop analitzades les teories físiques i psicològiques de la música i del color es busquen els punts en comú i diferències entre aquestes.

Amb l'anàlisi de la psicologia de la música i la psicologia dels colors trobem que hi ha discrepàncies depenent dels autors o artistes que defineixen les relacions, ja que afecten l'entorn, la cultura i molts altres aspectes.

L'objectiu del treball és anar més enllà de percepcions personals i a més a més s'han trobat discrepàncies en les diferents propostes teòriques de les percepcions dels estudiosos.

Així doncs, aquestes teories aporten una base per tenir en compte si es vol crear una obra sinestèsica des de zero, però no serveixen per definir un model de relació estandarditzat que ens serveixi per obres ja existents.

Passant a les teories físiques, aquestes mostren una base matemàtica i empírica dels colors i la música. Partint de les freqüències de les notes musicals d'un piano de 88 tecles, considerades un estàndard de les octaves més utilitzades en la majoria de la música, i els valors del 0 a 1 del model HSV, que permeten definir la tonalitat dels colors saturats, es defineix la relació que s'utilitza en el programari. Això es fa a través d'una taula de relació dels valors i es troba la formula de l'equació que ens serveix de punt de partida per calcular qualsevol valor.

Ja en el programari es descarta utilitzar un sistema MIDI, com proposa el programa *Synesthesia* o amb quelcom similar al *Clavier à Lumières* d'Skryabin. Aquest tipus de sistema no és automàtic i limita a haver de ser controlat per una persona a temps real.

Amb un dels referents, Light Notes, es descobreix el programa TouchDesigner, una aplicació de llenguatge de programació visual a temps real basada en un sistema de nodes. Aquest programa té la finalitat de ser una solució per a la reproducció i generació d'efectes en

directe. Així doncs, es decideix utilitzar-lo com a base de desenvolupament del programa, ja que té una versatilitat molt àmplia.

S'investiga sobre totes les possibilitats del programa i es desenvolupa el programa en si a través dels nodes de TouchDesigner.

Cal destacar, sobre el desenvolupament del programa, que es va haver de dur a terme una normalització del valor del color a partir d'una suma de la senyal original amb una de retardada. Això és degut a que els valors que calculava directament amb la fórmula i amb l'anàlisi de les freqüències entrants donava canvis molt bruscs de color. Així doncs, aquesta normalització es va fer per evitar aquests pics d'intensitat.

També, durant els càlculs del programa, es tracta el color amb la variable de saturació (o *hue*) del model HSV, per finalment passar-ho a RGB. Aquest model RGB permet després que pugui ser, si es vol, compatible amb altres maquinari o programaris.

Per tant, com a resultat, s'aconsegueix relacionar la música i els colors físicament i desenvolupar un programa amb aquesta mateixa finalitat.

9. Conclusions

L'objectiu principal del treball era Elaborar un programa que generi sinergia i sinestèsia entre la música i els colors. En aquest sentit es pot dir que aquest objectiu principal s'ha assolit ja que s'ha aconseguit trobar aquesta relació entre música i color, després d'estudiar-ne les seves teories físiques i psicològiques. Amb la relació, doncs, s'ha elaborat el programa que es va proposar utilitzant el programari TouchDesigner.

Com a treball acadèmic es van marcar també uns objectius més secundaris.

Es pretenia analitzar el fonament físic tant de la música com els colors. En aquest sentit s'ha assolit aquest coneixement i s'han extret conclusions d'aquest anàlisi per poder relacionar música i color físicament.

També com a objectius acadèmics, es van marcar exposar les teories psicològiques que relacionen música i emocions i exposar les teories psicològiques que relacionen colors i emocions. Pel que fa a aquest aspecte s'ha dut a terme satisfactòriament i s'ha fet un anàlisi crític de les propostes d'aquestes teories. Pel treball han servit per marcar uns precedents però no s'ha pogut elaborar una teoria unificada que definís empíricament la relació entre música i colors.

Com a darrer d'aquest àmbit, es va fixar l'objectiu d'elaborar un programari que relacionés les notes musicals i els colors. El resultat final del treball en sí demostra que aquets objectiu també ha estat assolit. A part de relacionar música i colors, cal destacar que automàticament detecta les notes musicals predominants d'una pista d'àudio i és a partir d'això que ho relaciona amb colors.

Passant als objectius personals, es considera que s'ha aconseguit desenvolupar la capacitat d'anàlisi i síntesi de la informació. Aquest aspecte ha estat quelcom indispensable en tota la realització del treball; des de la recerca d'informació que s'ha emprat en el marc teòric i els referents i fins l'anàlisi de la pròpia informació per extreure'n vincles i possibles relacions.

També es volia ampliar el coneixement en els àmbits de la música i el color. La base de molts dels conceptes tractats ja eren coneguts però si que hi ha hagut un treball més existiu

d'ampliació de coneixement sobre les teories i postulats concrets. Per tant, es pot considerar aquest objectiu també com a assolit.

En darrer lloc d'aquest àmbit es trobava ser inèdit amb el resultat final del treball. En aquests sentit, com es pot veure en l'apartat de referents, tot i haver-hi antecedents en l'àmbit de la sinestèsia entre música i color, no es troba cap projecte que hagi desenvolupat la mateixa idea com a programa informàtic. Per tant, s'ha assolit satisfactòriament.

Per últim es van marcar també uns objectius com a producte final.

Es volia demostrar la sinergia i la sinestèsia entre la música i el color i, en aquest sentit, podem veure en el marc teòric i els referents que hi ha varis exemples de que jo efectivament existeix. A part, s'ha pogut definir un vincle entre la música i el color que fa que en cas de ser implementat com a recurs visual, aporta un element extra que dona molt més potencial a la música sola.

També es va marcar l'objectiu de crear un programa que relacioni la música i el color, generant colors depenent de la música. Queda comprovat que també s'ha assolit aquest objectiu i queda demostrat amb el propi resultat del projecte.

Com a últim objectiu d'aquest apartat, i en general de tots els objectius, es va proposar que el programa pogués ser implementat en concerts com a recurs visual complementari a la música. En aquest aspecte, en l'apartat de possibles ampliacions queda demostrat que hi ha varies propostes fàcils a realitzar, per utilitzar-lo així directament com a recurs visual en concerts.

Com a conclusió final es fa un balanç positiu de l'assoliment dels objectius marcats pel projecte, alhora que un balanç positiu també sobre l'elaboració del treball en si i el seu resultat.

Es creu que aquest treball, de la mà amb l'assoliment dels objectius, ha aportat una proposta molt interessant per implementar en el món musical com a experiència audiovisual multisensorial.

10. Bibliografía

Ballard, L., Bengtson, M. (2017). *The Alexander Scriabin Companion: History, Performance, and Lore*. Lanham: Rowman & Littlefield.

Blanxart, D. (1958). *Teoría Física de la Música*. Barcelona: Bosch.

Boehmer, K. (1997). *Schonberg and Kandinsky: An Historic Encounter*. Oxford: Aylor & Francis.

Compeán, F. J. (2011). *Tonalidad sinestésica: Relaciones entre la tonalidad de la música y del color a través de una propuesta personal*. (Tesi doctoral, Universidad Politècnica de Valencia). Recuperat de <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/13835/tesisUPV3698.pdf>

Cytowic, R. (2003). *The Man Who Tasted Shapes*. Cambridge: MIT Press.

De Sancha, M. (4 març 2017). *Así se juega con la música para provocar alegría, calma, melancolía o tristeza: Además de la cultura del oyente, las claves son el modo y el tempo*. *Huffingtonpost*. Recuperat de http://www.huffingtonpost.es/2017/03/04/asi-se-juega-con-la-musica-para-provocar-alegria-calma-melanco_a_21872596/

Díaz, J. L., O. Flores, E. (2001). *La Estructura de la Emoción Humana: Un Modelo Cromático del Sistema Afectivo*. Recuperat de <http://www.redalyc.org/pdf/582/58242403.pdf>

G. Ambrosio, L. (2013). *El arte en la ciencia: la física en la música*. http://www.fisica.unam.mx/noticias_fisicaenlamusica2013.php

Galeyev, B. M., Vanechkina, I. L. (2012). *Was Scriabin a Synesthete?*. Recuperat de http://www.daysyn.com/Galeyev_and_Vanechkina_2001_-_Was_Scriabin_a_Synesthete.pdf

Goodall, H. (2014). *The Story of Music: From Babylon to the Beatles: How Music Has Shaped Civilization*. New York: Pegasus Books.

- Grout, D. (2011). *Historia de la Musica Occidental*. Madrid: Alianza Editorial.
- Gunther, L. (2012). *The Physics of Music and Color*. New York: Springer.
- Heller, E. (2004). *Psicologia del Color: Como Actuan los Colores Sobre los Sentimientos y la Razon*. (23a edició). Barcelona: Editorial Gustavo Gili.
- Herrera, E. (1990). *Teoria Musical y Armonia Moderna (Vol. I)*. Barcelona: Antoni Bosch.
- Herrera, E. (1990). *Teoria Musical y Armonia Moderna (Vol. II)*. Barcelona: Antoni Bosch.
- Kandinsky, V. (1996). *De lo Espiritual en el Arte*. Barcelona: Paidós.
- Kuehni, R. (2003). *Color Space and Its Divisions*. Hoboken: John Wiley & Sons, Inc.
- Lacárcel, J. (2003). *Psicología de la música y emoción musical*. Recuperat de <http://bicentenariotalagante.cl/archivos/wp-content/uploads/2015/05/Psicolog%C3%ADa-musical.pdf>
- Pauer, E. (2013). *The Elements of the Beautiful in Music*. London: Novello.
- Radnedge, A. (2 de desembre de 2014). *World's first cyborg*. *Metro*. Recuperat de <https://www.flickr.com/photos/24485814@N08/2312912243/in/set-72157604056019033>
- Ramachandran V.S., Hubbard E.M. (2001). *Synaesthesia - A Window Into Perception, Thought and Language*. Recuperat de <http://cbc.ucsd.edu/pdf/Synaesthesia%20-%20JCS.pdf>
- Sanz, JC. (2003). *El Libro del Color*. Madrid: Alianza.
- Sepper, D. (Any desconegut). *Las controversias de goethe y la formación del carácter científico*. Recuperat de http://fundacionorotava.org/media/uploads/files/146/II_1_SR2002_web.pdf
- Shevell, S. (2012). *The Science of Color*. New York: Elsevier Science.
- Sullivan, A. (2017). *Music History: History of Music*. Lavergne: CreateSpace Independent Publishing Platform.

- Sullivan, L.E. (1986). *Sound and senses: toward a hermeneutics of performance. History of Religions*. Chicago: University of Chicago Press.
- Tibballs, G. (13 de setembre de 2011). *Ripley's Believe it or not!*. Versailles: Ripley Publishing.
- VV.AA. (2013). *Sinergia*. Barcelona: Ara Llibres.
- VV.AA. (Any desconegut). *Introduction to Color Models*. Recuperat de https://www.crcpress.com/downloads/K29081/K29081_Ch_1.pdf
- W. Moore, J. (2004). *Complete Encyclopedia of Music V1: Elementary, Technical, Historical, Biographical, Vocal, and Instrumental*. Philadelphia: Ams Press Inc.
- W. Moore, J. (2004). *Complete Encyclopedia of Music V2: Elementary, Technical, Historical, Biographical, Vocal, and Instrumental*. Philadelphia: Ams Press Inc.



TecnoCampus
Escola Superior
Politécnica

Centre adscrit a:



Universitat
Pompeu Fabra
Barcelona

Grau en Mitjans Audiovisuals

SINERGIA I SINESTÈSIA ENTRE MÚSICA I COLOR

Estudi de la viabilitat

ORIOL MIRALPEIX I LLORACH

PONENT: SANTOS MARTÍNEZ TRABAL

CURS 2017-2018



TecnoCampus
Mataró-Maresme

Índex

Índex	I
Índex de Taules	III
1. Estudi de Viabilitat i Planificació	1
1.1. Planificació Inicial	1
1.2. Anàlisi de la Viabilitat Tècnica	2
1.3. Anàlisi de la Viabilitat Econòmica	2

Índex de Taules

Taula 1.1. Cronograma de planificació de realització del projecte.....	1
--	---

1. Estudi de Viabilitat i Planificació

1.1. Planificació Inicial

Per dur a terme el projecte es segueix la següent planificació, plasmada en el cronograma:

Fases	Set.	Oct.	Nov.	Des.	Gen.	Feb.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.
Proposta Tema										
Recerca d'Informació										
Estudi de Conceptes										
Avantprojecte										
Estudi de les Teories										
Obtenir i Avaluat el Resultat										
Generar Contingut Pràctic										
Conclusions										
Presentació										

Taula 1.1. Cronograma de planificació de realització del projecte. Font: Elaboració pròpia.

Es defineixen les tasques a fer, destacant les principals de: recerca d'informació, l'estudi de conceptes, l'estudi de les teories, l'obtenció i avaluació de relacions, la generació del programari i les conclusions.

Pel que fa als recursos per desenvolupar el projecte s'inclou:

- Llibres de bibliografia
- Accés a internet
- Ordinador
- Programari d'edició de text
- Programari específic

1.2. Anàlisi de la Viabilitat Tècnica

Els recursos tècnics necessaris s'utilitzaran generalment als mesos de febrer i març de 2018, quan es desenvoluparà a la part pràctica demostrativa del treball.

La disponibilitat d'aquests recursos és completa ja que es disposa de tot el material necessari de propietat.

Per tant, el projecte resulta viable tècnicament.

1.3. Anàlisi de la Viabilitat Econòmica

Per a dur a terme el projecte, com s'ha comentat en el punt 1.2. generalment només es necessitaran recursos per realitzar el producte. Aquest producte no pretén ser rendible, és merament acadèmic i de demostració de l'anàlisi i el resultat del treball. Així doncs, al utilitzar recursos propis i no tenir una finalitat comercial, el projecte té viabilitat econòmica.



TecnoCampus
Escola Superior
Politécnica

Centre adscrit a:



Universitat
Pompeu Fabra
Barcelona

Grau en Mitjans Audiovisuals

SINERGIA I SINESTÈSIA ENTRE MÚSICA I COLOR

Annexos

ORIOl MIRALPEIX I LLORACH

PONENT: SANTOS MARTÍNEZ TRABAL

CURS 2017-2018



TecnoCampus
Mataró-Maresme

Índex

Índex	I
1. Contingut del CD	1

1. Contingut del CD

- Documentació del projecte (memòria, estudi de viabilitat i annexos).
- Fitxer del programa en format TouchDesigner (.toe).