

EL SO DELS FRACTALS: RECERCA DE MÈTODES DE CREACIÓ DE MELODIES A PARTIR DE FRACTALS

MARTA LLAGOSTERA MAGRANS I BIEL CASTAÑO SEGADE

2n de Batxillerat

Tutora: Juana Díaz Gil

INS El Cairat - Gorgonçana, 1 (08292 Esparreguera)

1. INTRODUCCIÓ

La música i les matemàtiques han estat dues disciplines estretament lligades des de fa milers d'anys i l'ésser humà sempre s'ha vist fascinat per aquesta connexió. Les matemàtiques han permès que la música evolucioni al llarg de la història, ja que n'han estimulat un major domini.

Per això no és d'estranyar l'aparició de nous mètodes de composició musical basats en coneixements matemàtics. És el cas de la música fractal, que, per a crear música, tracta d'aplicar els conceptes de la geometria fractal. Els fractals són figures geomètriques amb propietats molt especials, com l'autosemblança a diferent escala o la dimensió fraccionària.

Aquest treball persegueix, després d'assolir una base teòrica sobre aquesta geometria, provar i crear diferents mètodes que permetin realitzar aquest tipus de composició i, finalment, la composició d'un tema musical basat en un mètode propi.

2. HIPÒTESI

Es creu que és possible crear música agradable per a l'oïda humana aplicant mètodes de creació musical a partir de conceptes o figures fractals. Tots els mètodes es consideren igualment vàlids, però la música fractal precisa d'una certa aleatorietat, en què ha d'intervenir-hi la creativitat i les decisions humanes. Per tant, aquesta música difícilment serà apta pel seu propòsit sense l'arbitrarietat humana i el resultat final dependrà dels paràmetres escollits.

Es pensa que amb uns coneixements fractals i musicals suficients es podrà enginyar un nou mètode amb què s'obtinguin composicions que no resultin estranyes.

3. METODOLOGIA

Un cop es dominà la geometria fractal i es posà en contacte amb experts en la matèria, es buscaren mètodes per crear música, concretament melodies, a partir dels coneixements fractals.

En el treball de camp s'han realitzat tres experiments amb tres d'aquests mètodes amb suport informàtic. Els experiments que planteja el treball generen successions de punts o nombres que cal transformar a notes i, en alguns casos, a durades. Així doncs, ha calgut dissenyar diverses taules de càlcul al programa Excel.

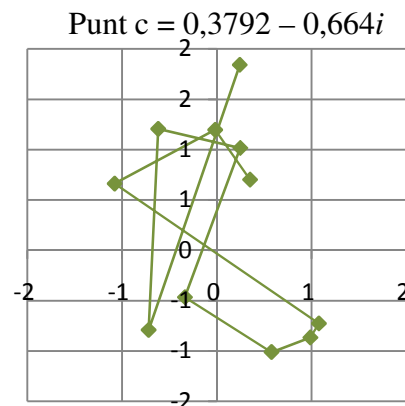
Al primer, mitjançant daus, s'ha intentat demostrar l'existència dels tres tipus de *noise* (soroll) segons Voss i crear melodies. S'anomenen *white*, *brown* i *pink noise*. Aquest darrer té una naturalesa fractal, de manera que farà possible generar una melodia amb aquestes característiques.

En el segon, s'ha plantejat un experiment basat en uns fractals anomenats conjunts de Julia -tot fent ús del pla complex i la iteració de la funció que els genera- amb la finalitat de crear melodies per a guitarra.

L'últim experiment es basa en un mètode propi, mitjançant el qual es poden crear melodies amb la funció que genera el conjunt de Mandelbrot. Per fer-ho, s'itera aquesta funció per a generar una successió de punts en el pla complex. Posteriorment, s'assigna a cada punt a una nota i una durada mitjançant una circumferència que ha estat dividida en àrees iguals mitjançant càlcul integral.

Posició	Valor	Nota
1	12	Mi3
2	10	Do3
3	11	Re3
4	7	Sol2
5	13	Fa3
6	12	Mi3
7	13	Fa3
8	13	Fa3
9	14	Sol3
10	9	Si2

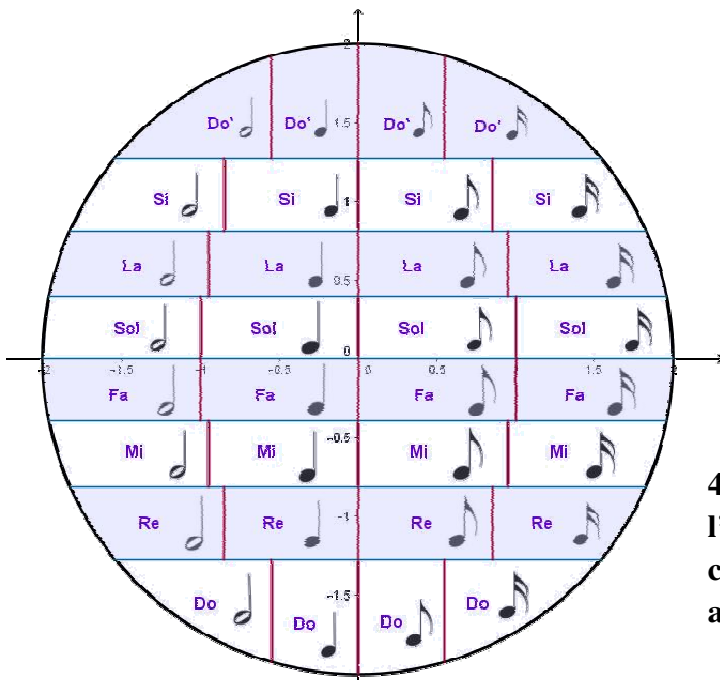
1. Exemple de taula de càlcul que transforma nombres a notes.



2. Gràfic que mostra el comportament d'una successió c de l'experiment 3.

Valor ITERACIÓ (n)	VALOR iteració (z_n)	Valors iteració mòdul < 2	X ($=a_n$): dura da	Y ($=b_n$): nota	Nota i durada
0	0,352153390593274+0,702106781186548i	0,352153390593274+0,702106781186548i	0,35215339	0,70210678	La corxera
1	-0,016788531088522+1,19660534829329i	-0,016788531088522+1,19660534829329i	-0,01678853	1,19660535	Si negra
2	-1,07942911419473+0,661928289005521i	-1,07942911419473+0,661928289005521i	-1,07942911	0,66192829	La blanca
3	1,07917154337872-0,726902552136782i	1,07917154337872-0,726902552136782i	1,07917154	-0,72690255	Mi semicorxera
4	0,988377290328715-0,866798316964212i	0,988377290328715-0,866798316964212i	0,98837729	-0,86679832	Re semicorxera
5	0,577703736338817-1,01134076237861i	0,577703736338817-1,01134076237861i	0,57770374	-1,01134076	Re corxera
6	-0,336915140075445-0,466403893089192i	-0,336915140075445-0,466403893089192i	-0,33691514	-0,46640389	Mi negra
7	0,248132610716576+1,0163838471303i	0,248132610716576+1,0163838471303i	0,24813261	1,01638385	Si corxera
8	-0,619312941613091+1,20650273614375i	-0,619312941613091+1,20650273614375i	-0,61931294	1,20650274	Si negra
9	-0,719946942079626-0,792298735984312i	-0,719946942079626-0,792298735984312i	-0,71994694	-0,79229874	Mi negra
10	0,24273970296074+1,84293288555747i	0,24273970296074+1,84293288555747i	0,24273970	1,84293289	Do' corxera

3. Taula del punt c de l'experiment 3



4. Circumferència utilitzada a l'experiment 3 per assignar una nota a cada punt del pla complex delimitat en aquesta circumferència.

4. RESULTATS I DISCUSSIÓ

Tant l'experiment 1 com el 3 permeten obtenir melodies aptes per a ser utilitzades en la composició musical, encara que el tercer no s'acaba d'ajustar a les previsions dels resultats que s'esperaven. Els mètodes dissenyats per determinar les durades del primer experiment són també satisfactoris.

Per altra banda, l'experiment 2 no permet obtenir melodies interessants per a la composició.

A continuació s'inclouen exemples d'alguns dels resultats dels experiments 1 i 3, en forma de partitures i àudios *online*.



Pink noise

Experiment 1 (amb durades)



5. Melodia obtinguda a partir de l'experiment 1

<https://soundcloud.com/marta-llagostera/sets/pink-noise>



6. Melodia obtinguda a partir de l'experiment 3

<https://soundcloud.com/marta-llagostera/sets/com-sona-elconjunt-de-mandelbrot>

Amb la segona melodia adjunta s'ha compost un tema de l'estil de música *dubstep* anomenada *The Mathematician*.



7. *The Mathematician*

<https://soundcloud.com/marta-llagostera/mathematician>

5. CONCLUSIONS

La música fractal precisa d'una certa aleatorietat i hi ha infinits mètodes per crear-ne, i tots són igualment vàlids. Per tant, els fractals són un recurs més del què es poden servir els compositors per a les seves composicions.

La creació de música fractal que té com a objectiu un resultat estètic musical incumbeix un factor matemàtic insensible o informàtic i un factor humà creatiu. Així, la composició mai no podrà ser estrictament rigorosa des del punt de vista matemàtic.

La hipòtesi que es va formular és certa, ja que s'han aconseguit crear composicions musicals agradables per a l'oïda a partir d'idees basades en conceptes i coneixements fractals.

Tanmateix, també s'ha entès que no sempre ha de ser així; poden ser desagradables, per exemple, quan s'escullen notes que no es combinen bé. A més, els resultats de l'experiment no sempre surten com s'esperava perquè hi ha hagut factors no tinguts en compte, tals com l'estadística.

6. BIBLIOGRAFIA

MANDELBROT, B. (1982). *The Fractal Geometry of Nature*. New York: W. H. Freeman.

SATUÉ, C. (2011). *Geometría de lo disperso, breve ciclo de geometrías para piano*.

BULMER, M. (2000). *Music from Fractal Noise*. Proceedings of the Mathematics 2000 Festival.

PÉREZ, J. (2000). Música fractal: el sonido del caos.

SCRIVENER, J. (2000). Applications of Fractal Geometry to the Player Piano Music of Conlon Nancarrow. Winfield: Reza Sarhangi, pp. 185–192.

M^C ALPINE, K., MIRANDA, E. i HOGGAR, S. (2000) Dynamical Systems and Applications to Music Composition: A Research Report.

VARGAS, F. (2005). Los fractales y su relación con la creación sonora. Revista de Artes y Humanidades UNICA, 6, pp. 65-88.

gaussianos.com/%C2%BFque-es-el-conjunto-de-mandelbrot-historia-y-construccion/, 22-11-2015

www.aulamatematicas.org/Historiasyjuegos/Mandelbrot.htm, 22-11-2015

www.xtec.cat/~iocon/projecte/galeria/mandel.htm, 22-11-2015

www.dmae.upm.es/cursofractales/capitulo5/3.html, 22-11-2011, 22-11-2015

7.AGRAÏMENTS

Aquest treball tracta un tema poc normalitzat i és difícil trobar experts que puguin ajudar a encaminar-lo. Per aquest motiu, es vol agrair el suport de diverses persones, sense les quals no hauria estat possible la seva realització.

Per començar, es vol donar les gràcies a la tutora del treball, la Juana Díaz Gil, i a la cotutora, l'Ana Peña Díaz, la seva plena disposició a prestar ajuda i el seu seguiment i suport continu del treball.

Es vol agrair també el professorat del conservatori d'Igualada i el departament de matemàtiques de l'INS El Cairat.

S'agraeix el matemàtic Josep Maria Closa per proposar un experiment i l'expert en música i tecnologia Sergi Jordà per concedir una entrevista.

Al programa Argó i el programa Bojos per les Matemàtiques, per donar l'oportunitat de conèixer les matemàtiques des de diferents punts de vista.

Finalment, s'agraeix als experts en música i fractals Carlos Satué i Rubén Hinojosa haver prestat els seus coneixements per poder enfocar el treball.