

COMPOSITOR AUTOMÀTIC

Anna Sáez de Tejada

17 de desembre de 2007

Introducció

Estem a principis del segle XXI. Ara que hi ha màquines que renten la roba automàticament, d'altres que guien els conductors de vehicles perquè no es perdin, i fins i tot hi ha màquines que cuinen aliments automàticament. . . per què no un programa que composi música automàticament, amb la mínima intervenció humana?

Amb aquesta intenció s'ha fet aquest programa, que escriu música a partir d'unes determinades normes: música estocàstica, és a dir, segons una certa llei de probabilitat, i música dodecafònica (o serial). Cadascuna d'aquestes formes de composició s'ha aplicat d'una manera molt simplificada, adequant el nivell del programa al nivell de la programadora, però és un bon esbòs del que podria ser una eina potent per a escriure música.

Adjunt a aquest PDF hi ha el corresponent codi en llenguatge *c* que fa cada feina, i quatre exemples de cada tipus de composició, generats íntegrament per l'ordinador.

No obstant, no podem oblidar que la música és una disciplina feta per persones i per a persones, així que la intervenció humana sempre serà imprescindible per a fer obres agradables i/o estètiques. O podem arribar a deshumanitzar completament les arts?

Música dodecafònica

Què és la música dodecafònica?

Principis del segle XX. Després de la brutal expansió del concepte de tonalitat durant el Romanticisme, i veient que és un terreny ja explotat, els compositors comencen a treballar en l'atonalitat, és a dir, l'absència d'una nota com a centre de la música. L'atonalitat es pot treballar des de diferents punts de vista.

Durant els anys 20, **Arnold Schoenberg** introdueix el concepte de *dodecafonisme*, *composició dodecafònica*, o *serialisme*. Proposa utilitzar el que anomena *sèrie*, que és una permutació qualsevol de les 12 notes de l'escala temperada (sense repetir-ne cap). A partir de la sèrie, es creen les sèries inversa (simetria respecte d'un eix horitzontal), retrògrada (simetria respecte d'un eix vertical) i retrògrada inversa, formes de variació d'una melodia que ja s'usaven molts segles enrere.

L'obra musical es forma repetint la sèrie un nombre determinat de vegades, en qualsevol de les quatre formes. Cada vegada pot ser transportada a una determinada altura. Les figures rítmiques tampoc estan prefixades, i les notes de la sèrie poden sonar successivament o alhora.

Schoenberg va tenir dos deixebles destacats, **Alban Berg** i **Anton Webern**, que van seguir i explotar molt el seu mètode de composició. Formen el que es coneix com la Segona Escola de Viena.

Anys més tard, alguns compositors van escriure obres on tots els paràmetres de les notes estaven seriat: la intensitat, l'atac o intenció, la durada... És el que es coneix com a *serialisme integral*.

Què fa aquest programa?

El programa escriu música dodecafònica d'una forma bastant simplificada.

Per començar, genera una permutació qualsevol de les 12 notes (des del C3 al B3), i la seva inversa, retrògrada i retrògrada inversa. Alhora, genera una taula de durades (corxera, negra o blanca) i les assigna correctament a cadascuna de les sèries.

La peça que genera repeteix la s'erie quatre vegades. La primera, la original. Les altres tres són la original o una de les seves variacions, el programa escull aleatòriament. Tambè escull aleatòriament la nota des d'on començar cada vegada, però els valors rítmics no els altera.

Tots els acords de l'acompanyament són tríades. Cada 3 notes de la sèrie que sonen, les mateixes 3 més greus sonen mantingudes, com a acords d'acompanyament.

Evidentment, paràmetres com la intensitat del so, etc. no estan seriats, com tampoc ho està la instrumentació (pista única de piano).

Música estocàstica

Què és la música estocàstica?

Música estocàstica és una expressió encunyada per **Iannis Xenakis** per a descriure la forma de composició que ell mateix havia ideat.

Xenakis va néixer el 1922, fill de pares grecs. De petit ja va començar a estudiar música. Quan va tenir edat, va començar una enginyeria a la Universitat Politècnica d'Atenes, però Grècia va ser envaïda pels nazis i va deixar d'estudiar. El 1947 es va mudar a París, on es va establir (anys més tard, fins i tot va aconseguir la nacionalitat francesa). Allà comença a treballar amb l'arquitecte **Le Corbusier**, el qual li ensenya l'ofici. També coneix compositors com **Milhaud**, **Honegger**, i comença una relació estreta amb **Messiaen**. A partir d'aquí crea les seves obres, tant musicals com arquitectòniques, que han estat de gran influència. Creia que no es podien separar tots dos oficis, que ell basava en l'estructuració de l'obra a partir d'eines matemàtiques, unien ambdues matèries.

Va utilitzar diverses lleis matemàtiques per a escriure les seves obres. Per exemple, *Metastasis* (1954) consisteix en feixos de *glissandi*, que es corresponen a superfícies reglades, a partir de les quals va projectar el pavelló Philips de l'Exposició de Brusel·les del 1958; a *Pithoprakta* (1956) hi intervé la teoria cinètica dels gasos de Maxwell i Boltzmann; *Achorripsis* (1957) està feta a partir de la llei de probabilitat de Poisson; *Analogique* (1958) utilitza cadenes de Markov; *Stratégie* (1962), per a dues orquestres (amb un director cadascuna), es basa en la teoria de jocs, etc. No li agradava repetir els recursos utilitzats. Per a ell, cada nova obra havia de tenir una nova teoria al darrere. La utilització d'ordinadors va ser clau en les seves composicions; sense ells, no hauria pogut crear obres que es basaven en càlculs llargs. Tot i així, sempre va creure que el compositor tenia l'última paraula sobre la seva música. Tampoc deixava gens de marge a l'interpret, les seves obres estaven totalment determinades per ell.

Així doncs, la música estocàstica és aquella que està escrita a partir d'eines matemàtiques, com lleis de probabilitat, cadenes de Markov, teoria de conjunts, figures geomètriques, etc. No s'ha de confondre amb la música aleatòria, és a dir, d'interpretació més o menys poc determinada pel compositor.

Què fa aquest programa?

El programa genera petits fragments musicals a partir de quatre lleis de probabilitat diferents. Les variables que es toquen són l'altura de les notes i el moment en el qual comencen. Altres paràmetres, com la durada (tot corxeres), la intensitat, la instrumentació... són constants per a totes les notes.

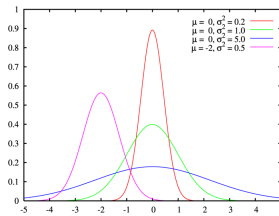
Llei uniforme

Aquesta és la més senzilla. El programa genera 1000 notes d'altura compresa entre el C2 i el C4, que comencen uniformement repartides al llarg de la peça. Per tant, la probabilitat que una nota sigui d'una determinada altura és la mateixa per a totes les altures del rang, i la probabilitat que una nota comenci en un determinat temps és la mateixa per a tots els instants de la durada de la peça.

Llei normal

La llei normal, o Gaussiana, modela diversos fets de la vida real, com l'altura de les persones d'una determinada societat, etc. Té la següent densitat de probabilitat: si $X \sim N(\mu, \sigma^2)$ aleshores

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}$$



Per tant, la majoria de notes escrites amb aquest programa cauran en la franja intermitja d'altures, i els extrems seran menys freqüents. Igualment, la majoria de notes s'acumularan al centre de la peça, mentre que al principi i al final hi haurà menys notes i més disperses.

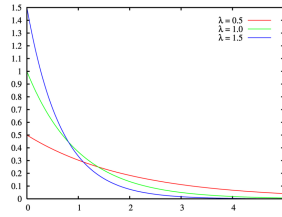
Les variables aleatòries normals s'han simulat a partir de la transformació que diu que si $U_1, U_2 \sim U[0, 1]$ aleshores $N_1, N_2 \sim N(0, 1)$, on

$$\begin{aligned} N_1 &= \sqrt{-2 \ln U_1} \cos(2\pi U_2) \\ N_2 &= \sqrt{-2 \ln U_1} \sin(2\pi U_2) \end{aligned}$$

Llei exponencial

La llei exponencial, en aquest cas de paràmetre $\lambda = 1$, té la següent densitat de probabilitat:

$$f(x) = \lambda e^{-\lambda x}$$



Per tant, la majoria de notes cauran al principi de la peça, i en la franja d'altures greu, dins el rang de valors possibles, d'una manera bastant exagerada.

Les variables aleatòries exponencials s'han generat a partir de la transformació segent: si $U_1, U_2 \sim U[0, 1]$ aleshores $E_1, E_2 \sim \exp(\lambda)$, on

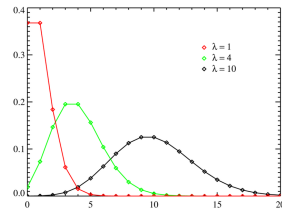
$$\begin{aligned} E_1 &= \frac{1}{\lambda} \ln(1 - U_1) \\ E_2 &= \frac{1}{\lambda} \ln(1 - U_2) \end{aligned}$$

Llei de Poisson

Aquesta és l'única llei discreta que tracta el programa. També és la llei amb la qual funciona pitjor, per culpa de problemes numèrics en el pas de continu a discret i d'usar una aproximació per a simular el núvol de punts que no convergeix per a certs valors del paràmetre λ .

La probabilitat puntual d'una variable aleatòria exponencial de paràmetre λ és

$$P[X = k] = \frac{e^{-\lambda} \lambda^k}{k!}$$



Aquest programa genera les notes a partir d'una distribució de Poisson de $\lambda = 5$. Per tant, la majoria de notes cauran en la franja greu del rang, i la del principi de la peça, però d'una forma no tant exagerada com en la distribució exponencial.

Les variables aleatòries de Poisson s'han generat a partir de la transformació segent: si $N_1, N_2 \sim N(0, 1)$ aleshores $P_1, P_2 \sim P(\lambda)$, on

$$\begin{aligned} P_1 &= \sqrt{\lambda} N_1 + \lambda \\ P_2 &= \sqrt{\lambda} N_2 + \lambda \end{aligned}$$

Bibliografia i comentaris

Llibres

- **Benson, David:** *Music, a mathematical offering*. Cambridge University Press, 2006.
- **Xenakis, Iannis:** *Musique. Architecture*. Casterman, 1976.
- **de Candé, Roland:** *Diccionari de la música*. Edicions 62, 1982.
- **Mestres Quadreny, Josep Maria:** *Iannis Xenakis: matemàtica creativa de la música*. Article de *Catalunya Música*, revista musical catalana, número 198, abril 2001.
- *The new Grove's dictionary of music and musicians*, Edicions Stanley Sadie, 1980.
- *Atlas de la música*, Alianza Atlas, 1982.

Pàgines web

- *Wikipedia:* <http://en.wikipedia.org>
- *Les amis de Xenakis:* <http://www.iannis-xenakis.org>

Material informàtic

- Tot està escrit en el llenguatge de programació *c*.
- Llibreria *midifilelib* per a escriure fitxers midi, escrita per **Tim Thompson**, **Michael Czeiszperger** i **Andrew Arensbarger**. Es pot trobar a <http://www.harmony-central.com>.
- **Arribas, Juan Ignacio:** *Apuntes de ingeniería de ondas I. Universidad de Valladolid*. Aquestes notes es poden trobar a la pàgina del professor <http://lpi.tel.uva.es/~nacho/>.