

PECCATA MUNDI COM A COMPOSITOR MUSICAL AUTOMÀTIC

Els objectius

Tota obra d'art és la combinació d'un nombre finit d'elements discrets. Es pot assignar un nombre enter a cada nota musical, al color de cada petita quadrícula infinitesimal en què es pot dividir la tela d'un quadre, o a cada una de les lletres i signes de puntuació de l'alfabet en què està escrit un poema. De manera que una llarguíssima (però, al capdavant, finita) seqüència de nombres enters identifica de manera única cada pintura, cada poema i cada peça musical que s'hagin produït en algun moment de la història de la humanitat. I també els poemes, pintures i melodies que mai es produiran: el visitant que es passeja pel Museu de Totes les Seqüències Numèriques (un immens edifici en què hi ha emmagatzemades totes les possibles sèries finites de nombres enters) tria una sèrie a l'atzar, la introdueix a la Màquina Intèrpret (un ordinador que coneix les convencions que s'han utilitzat a la codificació numèrica), i pels altaveus comença a sonar la peça musical que hi correspon. Amb tota probabilitat, la melodia resultant serà horriblement dissonant o estúpidament repetitiva, i no tindrà cap sentit "humà". La proporció de melodies amb un cert valor artístic, en el conjunt de totes les melodies possibles, és del tot irrisòria.

Com identificar a priori les seqüències numèriques que donen lloc a melodies amb interès estètic? Existeixen regles que governen la creativitat humana? Quina expressió numèrica tenen aquestes regles?

Un dels objectius principals del projecte Peccata Mundi és la producció d'una aplicació informàtica que generi automàticament melodies amb un cert valor artístic. Però tota bona peça musical és una combinació de pautes predictibles i elements de sorpresa. Aleshores, ¿com podem restringir el camp gairebé infinit de possibilitats combinatòries i, alhora, evitar que al cap de centenars d'audicions l'oient comenci a reconèixer patrons que es repeteixen amb freqüència? ¿Com podem produir melodies no dissonants, amb un cert sentit estètic, i prou impredecibles per continuar resultant atractives a l'oient després de múltiples audicions?

Hi ha un altre objectiu que el projecte Peccata Mundi pretén assolir: les tries numèriques i els paràmetres que defineixen la melodia han de transmutar l'experiència sensorial del comensal en el moment del tast, tal com queda reflectida al qüestionari de resposta. La

traducció intersensorial (del gust, el tacte i l'olfacte a l'oïda) s'ha de produir a través de càlculs que reflecteixin un seguit de consideracions de caràcter filosòfic, cultural, neurològic i matemàtic. Tries i convencions sobre les quals es pot debatre i discutir, i que es poden modificar fàcilment per fer experiments i analitzar-ne els resultats. Ni entre els mateixos professionals de la neurologia no existeix cap consens pel que fa a associacions universals entre els diversos sentits. En els individus afectats de sinestèsia es produeixen espontàniament ressonàncies entre els diversos sectors sensorials, però fins i tot aquestes associacions són unipersonals i depenen fortament de cada subjecte particular. Així doncs, en l'estat actual de les investigacions en aquest camp, no es poden establir correspondències intersensorials clares. Podem proposar, això sí, models que ens poden semblar *raonables*, però que en realitat responen a consideracions antropològiques i que ens semblen raonables tan sols quan els contemplem des de la nostra perspectiva cultural.

El paradigma: la teoria del caos

Una de les principals restriccions que el projecte fundacional de Peccata Mundi s'ha imposat és que el procés de traducció intersensorial sigui bidireccional. Això és: cal que dues respostes diferents al qüestionari produeixin sempre dues melodies diferents. I que, recíprocament, donada una melodia, es pugui recuperar la resposta sensorial del comensal. El paradigma matemàtic amb el qual es resol aquesta qüestió, i que alhora ens permet generar melodies amb una certa riquesa (impredictibilitat, no repetició, vàlua estètica) és la *teoria del caos*. L'aplicació Peccata Mundi utilitza la *funció logística* $f(x) = 4x(1-x)$, que pren i produeix valors numèrics entre 0 i 1, i que és una de les funcions més simples amb comportament caòtic. La iteració successiva d'aquesta funció dóna lloc a un sistema dinàmic, i, per exemple, si s'utilitza el valor 0.6433 com a *llavor* (o sigui, com a valor inicial del sistema), els següents 5 iterats són:

0.9178, 0.3018, 0.8427, 0.5303, 0.9962 ...

Si en qualsevol moment del procés de construcció de la peça musical hem de fer una tria entre un nombre finit d'opcions (per exemple, volem triar 5 notes d'una escala de 10 notes numerades del 0 al 9), llavors podem prendre el primer dígit a la dreta del zero en

cada un dels nombres de la seqüència anterior, cosa que ens dona els enters (i per tant les notes musicals)

9, 3, 8, 5, 9 ...

Hi ha dues propietats dels sistemes dinàmics caòtics que són essencials per als nostres propòsits. D'entrada, l'anomenada *dependència sensible a condicions inicials*, que ens indica que si prenem una llavor molt propera a l'anterior (0.6433), per exemple 0.6434, malgrat que els dos nombres difereixen tan sols en el quart decimal, les corresponents seqüències a què donen lloc no tarden gaire a ser completament diferents. Observem que a partir del novè terme les dues seqüències difereixen totalment:

9, 3, 8, 5, 9, 0, 0, 2, 6, 8, 5, 9, 0, 0, 1, 3, 9, 1, 5, 9 ...

9, 3, 8, 5, 9, 0, 0, 2, 7, 7, 6, 8, 4, 9, 1, 4, 9, 0, 2, 6 ...

Això és justament el que ens permet assignar melodies diferents a respostes sensorials diferents: a partir de les respostes del comensal es genera un nombre que s'utilitzarà com a llavor del procés iteratiu. Com que dues respostes diferents al qüestionari, encara que difereixin lleugeríssimament, produiran dues llavors properes però diferents, les corresponents seqüències també seran diferents.

La segona propietat dels sistemes caòtics que ens interessa és la distribució estadística dels enters obtinguts, que *no és una distribució uniforme*. Dit d'una altra manera: les seqüències obtingudes no són aleatòries. Comparem una seqüència purament aleatòria, que s'ha obtingut generant a l'atzar nombres entre 0 i 9,

1, 7, 9, 0, 4, 2, 7, 5, 4, 2, 8, 3, 1, 0, 9, 5, 5, 2, 3, 6, 2, 1 ...

amb una seqüència obtinguda iterant la nostra funció logística:

5, 9, 0, 0, 1, 6, 9, 2, 7, 7, 7, 8, 9, 1, 5, 9, 0, 1, 5, 0, 0, 9 ...

S'observen fenòmens "estranyos": no apareixen tots els nombres (per exemple, no apareix cap 3 ni cap 4), hi ha una certa preponderància dels nombres 0 i 9, i tenim tres 7 seguits (cosa que succeirà amb molt poca probabilitat en una seqüència aleatòria).

Si interpretem els nombres enters com a notes musicals, ens adonem que una seqüència repetitiva com

1, 7, 5, 6, 1, 7, 5, 6, 1, 7, 5, 6, 8, 8, 8, 1, 7, 5, 6, 1, 7, 5, 6 ...

produeix una melodia simple, previsible i avorrida, mentre que, a l'altre extrem, una seqüència purament aleatòria produeix una melodia homòfona sense cap sentit aparent. Les seqüències produïdes amb una funció caòtica estan en un punt mig entre ambdós extrems: no són predictibles, però contenen regions d'ordre que s'alternen amb regions d'atzar. Les melodies corresponents no són simples ni previsibles, però tampoc no són erràtiques.

Restriccions de base

En el disseny de l'aplicació Peccata Mundi, simplement per fixar idees i reduir la infinitat de possibilitats combinatòries a un nombre encara immens però tractable, s'han pres unes decisions de base: la melodia constarà de 32 compassos i 4 línies melòdiques: melodia principal, acompanyament rítmic, coixí i percussió. Cada una de les quatre línies melòdiques té un esquelet format per una superestructura rítmica de quatre blocs de 8 compassos cada un, i té associada una cadena de tipus ABBA, AABB, ABCA, ABCD, ABAB... Per exemple, l'estructura ABBA indica que els valors rítmics (durades temporals) de les notes contingudes en el primer bloc de 8 compassos són els mateixos que els de les notes contingudes en el quart bloc. I que els valors rítmics de les notes als dos blocs centrals també es repeteixen (i són diferents als dels blocs inicial i final). El fet d'haver decidit dotar d'estructures el discurs rítmic de la melodia respon a una tria conscient i raonada de l'equip de Peccata Mundi: la música té una particularitat que la distingeix d'altres arts com la pintura, i és la impossibilitat de contemplar (escoltar) el conjunt de tota la peça, ja que es desenvolupa linealment en el temps i en cada instant percebem tan sols una part de l'obra completa. És per això que, generalment, calen múltiples audicions per acabar de copsar el sentit de l'obra. El fet que la melodia consti de certes simetries i repeticions accelera aquest procés d'aprehensió. Si aquestes repeticions són prou subtils (per exemple, si tan sols s'apliquen a nivell rítmic) no seran percebudes conscientment per l'oient, però li proporcionaran una sensació d'equilibri estètic.

Pel que fa a l'harmonització, s'ha decidit (també arbitràriament i amb la finalitat de fixar casos) que cada compàs inclogui un o bé dos acords, i un altre paràmetre del sistema decideix si el tipus d'harmonització és *normal* o *tensa*.

Els paràmetres

Està clar que, en el global de l'experiència sensorial del tast, les sensacions principals, pel que fa a quantitat, varietat i contundència, provenen del menjar, mentre que la beguda proporciona una "capa de fons" sensorial, més equilibrada i uniforme. És per això que, en general, els paràmetres globals i els que afecten la línia melòdica principal (primera veu) es calculen a partir de les dades del qüestionari que fan referència als plats, mentre que els paràmetres que afecten les línies melòdiques d'acompanyament vénen determinats per les respostes al qüestionari pel que fa al tast dels vins.

plats = àpat = contundència sensorial = línia principal

vins = beguda = subtileza sensorial = acompanyament

Aquestes analogies (i, de fet, totes les consideracions que farem a l'hora de calcular els paràmetres melòdics) poden ser assumides tant per l'escola formalista de Hanslick, per a la qual la música no expressa res aliè a ella mateixa i al món dels sons, com per l'escola contingudista, segons la qual la música té la virtut d'expressar emocions, idees, estats d'ànim i sentiments.

1. Tipus de compàs. Generalment, un discurs melòdic en compàs compost pot ser interpretat de diverses maneres per l'inconscient de l'oient. *Per exemple, tot i que en principi en un vals es percep que els polsos s'agrupen en conjunts de tres (1-2-3, 1-2-3, 1-2-3...), hi ha analistes que pensen que els ballarins de vals agrupen els compassos ternaris de dos en dos (1-2-3-1-2-3, 1-2-3-1-2-3...).* Aquestes discrepàncies perceptives tenen una analogia clara en l'experiència sensorial del comensal: els descriptors marcats amb intensitat baixa seran aquells sobre els quals hi haurà menys consens, aquells que seran percebuts de manera més relativa i amb més variabilitat pel conjunt de tots els comensals. És per això que, en el total de tots els plats del tast, si la proporció de descriptors marcats pel comensal amb intensitat baixa sobre el total de descriptors marcats és superior a un determinat llindar (en el cas de l'experiència del 10 de març de

2008 a Alimentaria, aquest llinar es va fixar al 30%), llavors es selecciona compàs compost. En cas contrari, es selecciona compàs simple.

2. Mode. En clara correspondència amb la clàssica dualitat brillant / opac que presenten les melodies escrites respectivament en escala major / menor, els descriptors s'han classificat en dos grups. El grup A o de "conceptes majors" conté els descriptors: fregit, cru, fumat, greixós / làctic, salat, amargant, àcid, compacte, cruixent, greixós, granulós / farinós. El grup B o de "conceptes menors" conté la resta de descriptors. Si, en el total de tots els plats del tast, la suma de descriptors del grup A marcats pel comensal supera la suma dels del grup B, triem el mode major. En cas contrari, seleccionem el mode menor.

3. Tempo. Tenint en compte que la melodia consta de 32 compassos i que volem fixar la durada a un màxim de tres minuts, la velocitat d'interpretació de la peça ha d'estar entre 85 i 130 unitats per al compàs simple, i entre 65 i 125 per al compàs compost. Està demostrat que, en termes purament evolutius, l'olfacte és el sentit més primitiu, i també el que actua amb més immediatesa durant l'acte del tast. És, doncs, el sentit associat a la lleugeresa i la velocitat. Per determinar el tempo de la melodia utilitzem, per tant, la proporció entre la suma de descriptors d'aroma i la suma de descriptors d'aroma i textura marcats pel comensal en el total dels plats que componen el tast. Aquest percentatge ens marca en quin punt de l'interval de velocitats possibles (85-130 per al compàs simple i 65-125 per al compost) ens situem.

4. Melodia principal. En el càlcul dels paràmetres precedents s'han fet consideracions quantitatives sobre alguns subtotals en el total dels descriptors marcats pel comensal, però no sobre els descriptors en si. Això no és així en la determinació de la melodia principal, en què no tenim tant en compte quantes respostes s'han marcat i de quin tipus, sinó quins són exactament els descriptors marcats. Concretament, es calcula un nombre enter expressat en base 4 a partir de les respostes del comensal, que identifica de manera unívoca tot el qüestionari. Un exemple molt simplificat:

INTENSITAT	b.	m.	a.
Floral/fruital	X		
Vegetal			
Cremat/caramel			
Especiat(clau o canyella)		X	
Fregit			
Cru		X	
Fumat			X
Greixós/làctic			
Formatge			
Bolet/xampinyó			

Aquesta resposta donarà lloc al nombre de 10 xifres (ja que hi ha 10 files) 1002023000, que es considera expressat en base 4 segons la convenció 0 = no marcat, 1 = intensitat baixa, 2 = int. mitjana, 3 = int. alta. Si expressem el nombre anterior en base 10, obtenim 271040. Si en la resposta d'un altre comensal es canvia la posició de tan sols una de les creus,

INTENSITAT	b.	m.	a.
Floral/fruital	X		
Vegetal			
Cremat/caramel			
Especiat(clau o canyella)			X
Fregit			
Cru		X	
Fumat			X
Greixós/làctic			
Formatge			
Bolet/xampinyó			

obtenim el nombre 1003023000, que correspon en base 10 a l'enter 275136. Observem, doncs, que cada comensal tindrà associat un únic nombre enter que identificarà el conjunt de les seves respostes al qüestionari. Aquest nombre, com ja hem explicat, es farà servir com a llavor d'un procediment iteratiu que ens determinarà tota la línia melòdica principal. La dependència sensible a condicions inicials exhibida per la funció logística ens garanteix que dos comensals amb respostes sensorials diferents obtindran sempre dues melodies diferents.

5. Nombre d'acords per compàs. Per decidir si es canvia d'acord a la meitat del compàs, apliquem exactament les mateixes consideracions que hem exposat en la determinació del tipus de compàs (simple o compost), però substituint els plats pels vins. Per tant, la regla és: si en el total de tots els vins del tast la proporció de descriptors marcats amb intensitat baixa sobre el total de descriptors marcats pel comensal és superior a un

determinat llinar (en el cas de l'experiència a Alimentaria, aquest llinar es va fixar al 25%), llavors es seleccionen dos acords per compàs. En cas contrari, se'n selecciona un.

6. Timbre dels instruments. Seguint la classificació conceptual proposada pel neuròleg Dr. Josep de Haro (Servei d'Otorinolaringologia de l'Hospital Municipal de Badalona), la descripció de qualsevol experiència subjectiva es pot descompondre en un seguit d'elements arquetípics ordenats per categories:

Matèria: mort, viu, metall, aigua, fusta, terra, aire, foc, gel, vidre, plàstic, vapor, pols, fum, llum, fosc.

Temps: alba, matí, primavera, infantesa, migdia, estiu, joventut, tarda, tardor, maduresa, nit, hivern, vellesa.

Espai: ciutat, poble, casa, muntanya, mar, plana, riu, cel.

Clima: sol, calor, sec, vent, calma, núvol, boira, fred, pluja, tempesta.

Estat: home, dona, passiu, fort, optimista, actiu, agradable, feble, pessimista, cos, desagradable, família, ment, esperit.

Filosofia: bo, ètic, just, dolent, lícit, legal, moral.

A cada una d'aquestes famílies de conceptes li correspon un color, i a cada concepte una gradació concreta d'aquest color, més intens com més endavant es troba el concepte en la llista ordenada de conceptes que componen la família. Tenint en compte que l'anàleg musical de l'atribut pictòric "color" és el timbre, per determinar quins instruments interpreten la melodia hem utilitzat la classificació del Dr. de Haro, matisada amb un estudi estadístic propi (Xavier de Palau, Institut Nacional d'Estadística). Treballant amb una mostra aleatòria de 400 individus, es va demanar als enquestats que associessin cada un dels 68 conceptes de l'experiència subjectiva a una de les següents cinc famílies d'instruments:

1 - Metall (trompetes, trombons, cornetí, etc.)

2 - Fusta (flautes, oboè, clarinet, fagot, etc.)

3 - Corda (violí, viola, violoncel, etc.)

4 - Corda percutida o pinsada (piano, arpa, guitarra, etc.)

5 - Percussió (timbals, caixa, plats bateria, etc.)

Els resultats de l'estudi han mostrat algunes conclusions molt clares sobre determinades associacions universals entre experiència subjectiva i sonoritat. Per exemple, amb una alta significació estadística podem afirmar que les famílies 1 i 5 estan associades a conceptes de moviment, acció, joventut i calor. D'altra banda, el grup de famílies 1-5 i

el grup de famílies 2-3-4 són clarament complementaris, en el sentit que gairebé tots els conceptes es classifiquen en un o altre grup en més d'un 90% dels subjectes enquestats. També s'ha observat que els conceptes més abstractes (legal, maduresa, ètic, etc.), i en particular tots els de la família "filosofia", són els menys fàcilment tractables des del punt de vista estadístic, ja que no se'n poden extreure conclusions significatives.

Així doncs, el timbre dels instruments s'ha determinat amb les respostes proporcionades pel comensal en l'apartat Experiència Subjectiva del qüestionari de resposta, tenint en compte la classificació arquetípica del Dr. de Haro i el nostre propi estudi estadístic. Un algorisme complex pondera els descriptors marcats pel comensal i determina quina és la família "guanyadora", i amb quina intensitat o percentatge.

7. Superestructures. La superestructura rítmica determina el desenvolupament del tema musical al llarg del temps. Una melodia amb esquema AAAA serà monòtona i previsible i es podrà "aprendre" més fàcilment que una altra que segueixi un esquema ABBA. A l'altre extrem, una melodia amb esquelet rítmic ABCD no contindrà cap repetició (de fet, no tindrà estructura). Per determinar l'esquelet rítmic de la melodia principal, utilitzem la variabilitat al llarg del temps de les respostes del comensal al qüestionari. Concretament, per a cada un dels plats que componen seqüencialment el tast, es calcula la suma del nombre de descriptors marcats en els camps aroma, gust i textura. La mesura amb què aquesta quantitat canvia entre els plats successius ens marca quina de les següents 10 estructures (llistades en ordre creixent de complexitat) triem: AAAA, AAAB, ABBB, AABA, ABAA, ABBA, ABAB, ABCA, ABBC, ABCD.

Tal com ja havia quedat justificat, per determinar les estructures de les tres línies melòdiques d'acompanyament apliquem el mateix estudi de variabilitat entre els vins successius del tast.

8. Tipus d'harmonització. Un cop fixada la línia melòdica principal, un algorisme fa un estudi estadístic de la distribució de les notes a cada compàs i decideix l'acord (o parell d'acords) que hi corresponen. Els possibles candidats a acord estan ponderats per unes quantitats que depenen del paràmetre que marca una harmonització tensionada o no. Es compara la suma de descriptors marcats pel comensal en el camp "gustos bàsics", pel total dels plats, amb la mateixa suma pel total dels vins. Si la menor d'ambdues quantitats representa menys d'un determinat percentatge llindar (del 35% en el cas de

l'experiència a Alimentaria), aleshores es tria harmonització tensada. En cas contrari, es tria harmonització normal.

9. Altres paràmetres: patrons d'acompanyament, valor temporal de les notes, etc.

Queden encara tot un seguit de paràmetres per determinar totalment la melodia. Per exemple, cal escollir de quina manera es despleguen els acords en cada una de les línies melòdiques (arpegiats, notes simultànies, etc.) i cal escollir els valors (en temps) de les notes de la melodia principal. Els algorismes que ens permeten prendre aquestes decisions són complexos i no hi entrarem en detall. Simplement observarem que tots ells depenen de les respostes que el comensal ha registrat al qüestionari, amb un seguit de consideracions anàlogues a les que han intervingut en la determinació dels altres paràmetres.