

L'ordinador, nova eina per a la música

per XAVIER SERRA

Els ordinadors han canviat les nostres vides i sabem que això és sols el principi de l'impacte que tindran en un futur no gaire llunyà. Intuïm que seran d'un gran ajut en feines repetitives de tot tipus i que, a la vegada, ens permetran fer tasques irrealitzables amb altres mitjans. Però, què poden fer-ne, els músics, d'aquestes màquines?

Aquest article és una exploració de les possibilitats musicals dels ordinadors i, en general, de les dels nous mitjans informàtics. Basant-me en els avenços tecnològics dels darrers anys i en les recerques que es porten a terme en els centres capdavanters de la informàtica musical, vull donar una visió d'aquestes possibilitats. No pretenc cobrir tots els camps ni aprofundir en cap aspecte en concret; el meu propòsit es d'oferir unes quantes idees que siguin suggerents i a través de les quals el lector pugui captar la influència que els ordinadors poden arribar a tenir en la música.

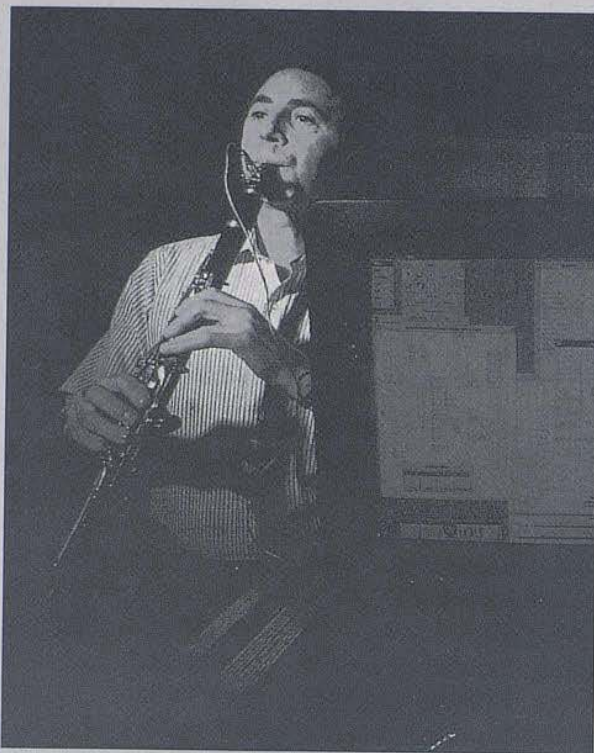
L'ordinador en la creació musical

L'ordinador no pot substituir el músic, però sí que pot ajudar-lo en el procés creatiu. Dintre d'aquest procés, hi ha tres nivells que vull considerar. El primer és el que versa sobre les estructures musicals o l'organització dels objectes sonors. El segon, tracta de la connexió o transició entre sons; i el darrer se centra en la generació de la microestructura del so.

Creació d'estructures musicals

Una obra musical és un conjunt de sons organitzats en el temps, tant si aquests són generats amb ordinador com si són produïts per instruments acústics. Aquesta organització és creada per cada compositor d'una forma molt personal i pot ser difícil trobar un ajut informàtic que sigui vàlid per a tothom. Però podem pensar en diverses eines, entre les quals el compositor escollirà les més adients al seu treball.

Visualització i edició gràfica d'estructures musicals: L'ordinador pot representar gràficament l'estructura d'una composició. En la representació, no tan sols s'hi troben les notes o unitats sono-



Un collage procedent de l'IRCAM de París que aplega tres components: interpretació, equipament i producció musical

res de l'obra, sinó que també s'hi veuen representats els nivells musicals més superiors: grups de notes, frases, temes, seccions, moviments, etc... Els diferents nivells s'organitzen de forma jeràrquica i l'ordinador permet treballar simultàniament en tots ells. El compositor organitza la seva obra mitjançant la interacció amb aquests objectes gràfics, editant cada un d'ells i movent-los en l'espai bidimensional de la pantalla. Aquestes grafies poden ser semblants a les utilitzades en els escrits d'anàlisi musical. Així, en una composició que utilitzés la forma sonata tindríem una sèrie d'ícons gràfics; entre ells, n'hi hauria un per al primer tema, un altre per al segon tema, i un altre per a la secció de desenvolupament temàtic. A través d'aquest darrer ícon, l'usuari tindria accés a les subestructures d'aquesta secció.

Definició de les relacions entre subestructures: Entre les diferents seccions d'una composició hi ha tota mena de relacions melòdiques, harmòniques, rítmiques, etc... Aquestes relacions són responsables de la unitat de la peça i l'ordinador pot ajudar a definir-les i a visualitzar o escoltar els resultats

d'una manera immediata. Amb una eina d'aquest tipus podem, per exemple, definir la tercera secció d'una obra dient que utilitzi l'estructura rítmica de la primera secció i l'estructura melòdica de la segona. Sempre que variem algun aspecte rítmic de la primera secció, la tercera quedarà automàticament modificada.

Base de dades d'estructures musicals: La major part d'obres musicals estan basades en estructures o formes musicals que ja s'han fet servir en altres obres. En el procés de buscar i utilitzar estructures predefinides l'ordinador pot ser molt valuós. Així, podem tenir una base de dades on hi ha emmagatzemades i organitzades un seguit d'estructures musicals. Aleshores, si el compositor desitja, per exemple, fer servir una forma de fuga que ell mateix va definir en una obra anterior, la copia de la seva base de dades. A partir del que ha copiat, el compositor pot crear una nova estructura.

Anàlisi i generació d'estil musical: No som sempre conscients de les relacions que hi ha entre els sons d'una composició. Molts cops ens agrada l'estructura interna d'una frase musical o l'estil d'un grup d'obres d'un compositor determinat, però no tenim la manera de descriure i imitar els aspectes que ens interessin. Actualment hi ha branques de la informàtica que es preocupen d'aquest tipus de problemes, evidentment inventats per a ser aplicats a altres camps. En concret, la intel·ligència artificial i les xarxes neurals són eines informàtiques que poden servir per analitzar un fenomen musical difícil de descriure però del qual coneixem l'existència. Introduïm a l'ordinador la música a analitzar i la màquina obté una descripció a partir de la qual podem generar noves músiques. Si volem imitar les harmonies de Debussy sense voler o poder analitzar les seves obres, podem fer-ho amb aquest tipus de tècniques informàtiques i generar automàticament una peça amb harmonies pseudo-Debussy.

Connexió entre sons

L'expressió musical ve donada, en gran part, per les transicions entre sons, és a dir, pel que succeeix entre una nota i la següent. En la música instrumental l'interpret és el responsable principal de realitzar aquestes connexions, però quan generem sons amb ordinador, ja que no existeix la interacció tradicional interpret-instrument acústic, hem de desenvolupar eines que permetin aquest tipus de control.

Control a través d'instruments acústics: Si considerem la interacció interpret-instrument acústic com un mitjà de generació d'expressió, oblidant-nos de la música que en resulta, la tecnologia actual permet dissenyar aparells que captin aquesta expressió. Així, podríem analitzar els sons produïts

per l'interpret d'un instrument acústic i utilitzar les dades per controlar sons sintetitzats per l'ordinador. Per exemple, pensem en un violinista que, a part de tocar el seu instrument, controla un acompanyament generat per ordinador. L'expressivitat d'aquest acompanyament sintetitzat està controlada pel mateix interpret. L'ordinador analitza els atacs de les notes, el *vibrato*, els *legato*, els canvis tímbrics, les petites inflexions, etc... obtinguts per l'interpret. Els sons i les connexions entre ells són generats utilitzant l'expressió dels sons que l'ordinador acaba d'analitzar.

Nous controladors: L'avenç tecnològic ha permès el desenvolupament d'aparells que serveixen per a detectar senyals de tot tipus: òptics, sonors, elèctrics, etc... Aquesta tecnologia fa possible el disseny de controladors musicals que capten els moviments d'una persona i són convertits en informació que l'ordinador utilitza per a generar sons. Per exemple, podem imaginar un director que, per comptes d'orquestra, té un ordinador al seu davant, la batuta és un detector de moviments connectat a l'ordinador, i l'ordinador genera els seus sons seguint el director. També podríem pensar en uns ballarins que controlessin la seva pròpia música o en un flautista sense flauta.

Interfície gràfica per a definir paràmetres d'interpretació: La definició de les connexions entre notes, i en general la dels paràmetres que podríem anomenar d'interpretació, pot ser feta directament amb l'ordinador fora de temps real. La forma més intuïtiva de fer-ho és gràficament amb la pantalla de l'ordinador. Per exemple, si volem un *glissando* entre dues notes dibuixem una ratlla entre els seus valors de freqüència; i si volem definir el fraseig d'un grup de sons podem fer-ho traçant una corba que reflecteixi aquest fraseig. L'ordinador convertirà aquests dibuixos en l'efecte sonor adequat.

Generació de sons

Hi ha moltes tècniques per definir i generar sons amb l'ordinador. Però mirant de cara al futur i oblidant els problemes d'economia i eficiència, que es van resolent per ells mateixos amb els avenços tecnològics, hi ha dos procediments que voldria destacar.

Models físics: Sota aquest nom s'inclouen els mètodes de síntesi que especifiquen el so a través de la definició de l'objecte mecànic que el produeix. És a dir que, per generar un so de corda, definim les característiques físiques d'una corda real: llargada, gruix, densitat, etc... A partir d'aquestes mesures físiques diversos procediments matemàtics permeten reproduir numèricament dintre l'ordinador el moviment de la corda i, a la vegada, són capaços de convertir aquest moviment en so.

Dintre l'ordinador tenim models matemàtics

dels diferents elements mecànics que intervenen en la producció del so: tubs, cordes, barres, ressonadors, llengüetes, membranes, etc... Combinant els diversos elements i detallant les característiques físiques de cada un d'ells l'usuari crea "instruments musicals." Amb aquests mitjans podem dissenyar i escoltar el so d'un instrument mecànic que sigui físicament impossible de construir. Per exemple, acoblant un model de doble llengüeta de canya per crear una excitació sonora, amb un model de membrana de pell de vedell per fer de ressonador, generarem so. Dubto que algú pugui construir un instrument com aquest fora de l'ordinador.

El control d'aquests mètodes de síntesi es fa a través dels controls mecànics que tindria un instrument acústic amb les mateixes característiques. Així, per a sintetitzar el so d'una corda polsada amb una pua, hem de donar a l'ordinador, a més de les característiques de la corda i la pua, el lloc de la corda on s'efectua la pulsació i la pressió que exercim amb la pua.

Models perceptuals: La definició d'un so també pot ser feta a nivell de percepció, és a dir, descriuint les característiques sonores que l'oient percep. Per obtenir el mateix so de corda de què hem parlat abans, per comptes d'especificar les propietats físiques, descriurem les característiques tímbriques del so de corda. Llavors, la generació del so a partir d'aquestes dades perceptuals es fa gràcies a diversos procediments matemàtics que s'han desenvolupat els darrers anys.

Un avantatge que hi ha amb aquests models és que existeixen tècniques per analitzar sons i obtenir els corresponents paràmetres perceptuals. És a dir, analitzant el so d'una porta que grinyola en treurem els paràmetres de percepció. A partir de l'anàlisi és possible tornar a sintetitzar el so original i en el procés els paràmetres poden ser modificats de tal forma que el so resultant és nou però conserva aspectes del so analitzat.

Per a un músic, és bastant intuïtiu sintetitzar sons amb aquests tipus de models. Per exemple, podem començar amb un so de clarinet, prèviament analitzat, i anar modificant-lo amb instruccions com: fer el so més inharmonià, fer l'atac més percussor, mesclar algunes característiques tímbriques d'un so de veu, fer el timbre més brillant, etc... El so es converteix en un material plàstic que podem anar modelant al nostre gust.

L'ordinador en la musicologia i en l'educació musical

En aquesta secció he agrupat uns quants temes relacionats amb l'estudi de la música i en els quals

la contribució de l'ordinador pot ser important. Per raons d'espai, només he escollit algunes qüestions que he considerat il·lustratives.

Base de dades

La capacitat de l'ordinador per emmagatzemar i organitzar informació és especialment adequada per a les tasques musicals que requereixen l'accés a grans quantitats de dades. Però una diferència de la música respecte a altres camps és que gran part de la informació està en forma d'enregistraments sonors i aquests han estat fins ara particularment difícils d'aplegar i d'organitzar amb mitjans informàtics.

Els avenços tecnològics dels darrers anys han permès el desenvolupament de bases de dades on no sols s'emmagatzema informació escrita sinó que també hi ha imatges i material sonor. A més dels escrits sobre un determinat músic, un ordinador pot contenir fotografies dels seus manuscrits i enregistraments de les seves obres, de tal manera que l'accés als diferents tipus de dades es fa alhora i amb la mateixa eina. Això va acompanyat dels avenços informàtics que donen a l'usuari accés a tota aquesta informació d'una forma interactiva i intel·ligent. Per exemple, pel sol fet de donar malament un nom l'ordinador no deixa de respondre, sinó que ell mateix esmena l'error. L'ordinador també pot suggerir noves paraules a buscar.

Un altre aspecte important de les bases de dades són les xarxes d'ordinadors. Aquestes xarxes uneixen ordinadors de tot el món amb connexions d'alta velocitat, de tal manera que podem accedir a la informació d'un ordinador que està a l'altra punta del món, amb la mateixa facilitat amb què accedim a la informació del nostre ordinador. És a dir, les bases de dades no han d'estar físicament a l'ordinador on treballem, sinó que poden trobar-se a milers de quilòmetres. Tampoc no cal que estiguin juntes, sinó que podem tenir una base de dades distribuïda per diverses biblioteques arreu del món. Aquesta distribució és completament transparent a l'usuari i cada biblioteca només és responsable de mantenir la part de la base de dades que li correspon. Podem escoltar des de Barcelona un enregistrament emmagatzemat en un ordinador dels EUA pel sol fet d'estar asseguts davant d'una terminal de la xarxa.

Aquestes xarxes també permeten l'intercanvi d'informació entre usuaris, de forma molt eficient. L'enviament d'una fotografia, d'un manuscrit o d'un exemple sonor a un musicòleg d'un altre país es fa instantàniament.

Anàlisi musical

Per a l'anàlisi musical no n'hi ha prou amb aplegar i manipular informació. La música és un fenò-

men molt complex i la seva anàlisi, igual que la seva creació, requereix capacitats que difícilment podem trobar en un ordinador. Però aquesta màquina pot ser un gran ajut en l'anàlisi de fenòmens musicals.

Ja he tractat de com diverses disciplines de la informàtica serveixen per a la descripció estilística d'un fragment o d'una obra musical. Aquestes eines també poden ser molt útils al musicòleg que estudia les obres d'un compositor o que vol endinsar-se en aspectes estilístics d'un període musical històric. També les possibilitats de classificació i d'anàlisi estadística de l'ordinador poden servir en aquests estudis. Per exemple, un musicòleg interessat en les modulacions d'una simfonia de Beethoven se serveix de l'ordinador per trobar de forma ràpida les modulacions més importants. Després l'ordinador requerirà l'ajut del músic per a estudiar els canvis tonals més obscurs, ja que, si un músic té problemes per identificar aquests canvis, hem de pensar que l'ordinador no podrà fer-ho gaire millor. Un cop s'hagin trobat totes les modulacions l'ordinador ajuda a classificar-les i a realitzar una anàlisi estadística.

En l'anàlisi d'interpretacions musicals, l'ordinador permet fer estudis impossibles amb altres mitjans. Per exemple, si volem estudiar el fraseig d'un intèrpret, l'ordinador pot analitzar enregistraments i donar-nos tot un seguit de gràfics sobre aspectes sonors d'interès. Així obtenim gràfics que expressen el *vibrato*, les característiques dels diferents atacs, el timbre de cada una de les notes, els *crescendo*, etc... L'ordinador no serà capaç de donar-nos el significat expressiu de cada una d'aquestes característiques sonores, però a partir de les dades obtingudes descobrirem moltes qualitats expressives de l'intèrpret.

Educació musical

Molts dels aspectes ja descrits tenen una gran rellevància en l'educació musical; especialment, les possibilitats d'interacció intel·ligent amb l'ordinador poden canviar l'enfocament actual de l'educació musical. Aquí em limitaré a posar un exemple. Imaginem un clarinetista que està estudiant una peça per a clarinet i piano amb l'ajut d'un ordinador. L'ordinador toca l'acompanyament de piano seguint el *tempo* de l'intèrpret; quan aquest es para l'ordinador espera que torni a començar. L'ordinador és capaç d'averiguar en qualsevol moment el lloc de la peça que està tocant l'intèrpret i anar immediatament al mateix indret. A la vegada, l'ordinador enregistra i analitza la interpretació; estudia els canvis de *tempo*, les dinàmiques, els *legato*, etc... És a dir que, un cop ha tocat la peça, l'intèrpret escolta la seva pròpia interpretació i analitza en detall aspectes concrets. Així pot estudiar com ha tocat les cadències de les diferents frases i veure

gràficament els *ritardando* i canvis de dinàmiques que ha fet. També pot estudiar la versió d'un altre músic i comparar les anàlisis de les dues interpretacions. Segueix essent necessari el contacte personal amb un mestre, però l'estudiant pot resoldre per ell mateix molts problemes abans d'anar a classe.

Edició de material musical

L'eliminació del paper imprès en l'edició de partitures, llibres i revistes a favor de l'edició en mitjans informàtics i la possibilitat d'incloure exemples sonors com a part d'una publicació musical poden ser una revolució en la indústria editorial. Aquests canvis són possibles gràcies al fàcil emmagatzematge d'informació de tot tipus en forma digital i a l'alta qualitat gràfica de les pantalles dels ordinadors actuals. Podem tenir tots els manuscrits de Mozart, més els comentaris de l'editor, en un sol disc òptic i la lectura d'aquest disc amb l'ordinador permet una flexibilitat enorme. Però el que l'edició i distribució es facin d'aquesta manera no suprimeix el paper. Si una persona vol una obra determinada de Mozart, el comerciant pot fer una impressió en paper des de l'ordinador.

Poder distribuir publicacions musicals en forma de software, o informació digital, engrandeix les possibilitats editorials i els canals de distribució. Apareix el material àudio-visual amb participació interactiva de l'usuari. Aquest pot posar qüestions a l'ordinador, organitzar la informació al seu propi gust, i pot escoltar exemples sonors intercalats amb el text i els gràfics. També sorgeix la possibilitat de distribució d'aquestes publicacions a través de les xarxes d'ordinadors. El comprador pot adquirir un manual sobre com tocar el flabiol des de l'ordinador de casa seva. El flabiol, però, encara l'haurà d'anar a comprar a una casa de música.

Conclusió

L'ordinador no pot fer músics dels qui no ho són, però sí que pot ajudar a realitzar tasques concretes. L'ordinador és una eina que, ben utilitzada, pot oferir noves perspectives a vells problemes i obrir nous camins musicals.

Aquest article ha estat un intent de suggerir aplicacions musicals per a l'ordinador. La major part de les idees presentades encara no s'han fet realitat, però no per problemes tecnològics sinó perquè els recursos humans i econòmics dedicats a aquest tipus de recerca són pocs i els avenços, lents. Crec que la música pot beneficiar-se molt de l'ordinador i només és una qüestió de temps que puguem compartir amb possibilitats com les presentades aquí.

Xavier Xerra és Doctor en Informàtica Musical per la Universitat de Stanford i actualment és professor a la Fundació Phonos.