

# Vioara virtuală, studiu de caz / Virtual Violin, a Case Study

Cristian MIHĂESCU

Academia de Națională de Muzică „Gheorghe Dima” din Cluj-Napoca, România /

“Gheorghe Dima” National Academy of Music Cluj-Napoca, Romania

cristian.mihaescu@gmail.com

## REZUMAT

Articolul prezintă un studiu empiric despre crearea unui instrument virtual (vioara) pe baza unei analize spectrografice a frecvențelor unui instrument real. În prima parte sunt amintite câteva metode de sinteză a sunetului folosite pentru obținerea viorilor virtuale, cu avantajele și dezavantajele aferente. În partea a doua, autorul propune un model de vioară virtuală creat pe baza analizelor spectrografice complexe ale unor eșantioane specifice capturate de la o vioară clasică.

## Cuvinte cheie

Instrument virtual, sinteze de sunet, vioară, timbru, registru timbral, analiză spectrografică.

## INTRODUCERE

„Electronic music is an art that marries technology and human imagination” (Holmes, 2016: 222). Prin analogie, în cazul sintezei de sunet, obținerea unor sunete apropiate sau identice cu sunetele instrumentelor reale este o tehnică ce combină cunoștințe și cercetări atât din domeniul muzicii, cât mai ales din domeniile acusticii muzicale și electronicii: „Knowing the basics of waveforms, filters, cut-off frequencies, and other technical concepts is key to a thorough understanding of the of making electronic music and appreciation of the results” (Holmes, 2016:222).

Una din preocupările și provocările producătorilor de software muzical, de sample sau de sintetizatoare a fost și este aceea de a crea instrumente virtuale cât mai apropiate ca sunet de instrumentele clasice. De-a lungul timpului, s-au folosit diverse metode de sinteză a sunetului, de la instrumente analogice la instrumente virtuale extrem de complexe, generate cu ajutorul calculatorului, fiecare metodă având avantajele și dezavantajele aferente (Cann, 2007; Bader, 2013; Vail, 2014; Holmes, 2012, 2016).

Prezentul studiu de caz se înscrie în această direcție a creării instrumentelor virtuale. În prima parte sunt amintite câteva tipuri de viori virtuale și diverse metode de sinteză de sunet. Studiul de caz face parte dintr-o cercetare mai amplă a autorului (începută încă din perioada cercetării doctorale, Mihăescu, C. (2003)) asupra creării unor instrumente virtuale. Folosind metoda capturării de eșantioane de la instrumentele reale și implicând analize spectrografice complexe, autorul propune o metodă de creare a unui model de vioară virtuală cât mai apropiat ca timbralitate de vioara clasică.

## ABSTRACT

The article presents an empirical study on the creation of a virtual instrument (violin) based on a spectrographic analysis of the frequencies of a real instrument. In the first part are mentioned some methods of sound synthesis used to obtain virtual violins, with their advantages and disadvantages. In the second part, the author proposes a virtual violin model created based on complex spectrographic analyses of specific samples captured from a classical violin.

## Keywords

Virtual instrument, sound synthesis, violin, timbre, timbre register, spectrographic analysis.

## INTRODUCTION

“Electronic music is an art that marries technology and human imagination” (Holmes, 2016: 222). In the case of sound synthesis, obtaining sounds close or identical to the sounds of real instruments is a technique that combines knowledge and research in the fields of music, as well as, particularly, music acoustics and electronics: “Knowing the basics of waveforms, filters, cut-off frequencies, and other technical concepts is key to a thorough understanding of the making of electronic music and appreciation of the results.” (Holmes, 2016:222)

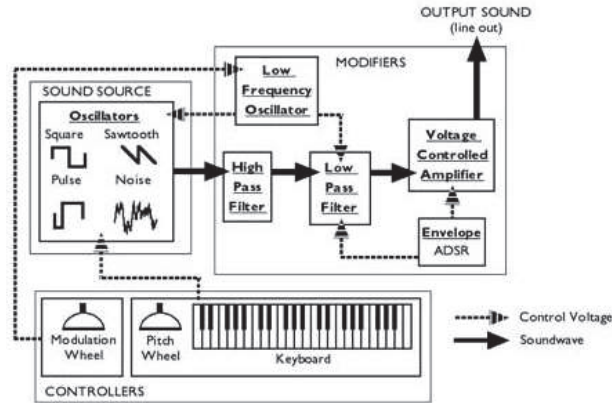
One of purposes and challenges of music apps, samplers or synthesizers manufacturers has been and is to create virtual instruments as close as possible to the classical instruments. Over time, various methods of sound synthesis have been discovered, from analog instruments to extremely complex, computer-generated virtual instruments, each method having its advantages and disadvantages (Cann, 2007; Bader, 2013; Vail, 2014; Holmes, 2012, 2016).

This case study is about creating virtual instruments. The first part mentions several types of virtual violins and various methods of sound synthesis. The case study is part of the author’s research (started during the PhD research period, Mihăescu, C. (2003)) on the creation of virtual instruments. Using the sound sampling methods combined with complex spectrographic analyses, the author proposes a method of creating a virtual violin model as close as possible to the timbre of the classical violin.

## Modalități de sinteză de sunet

Unele dintre cele mai folosite metode de sinteză de sunet care se pot aplica și în cazul vioii virtuale sunt prezentate mai jos:

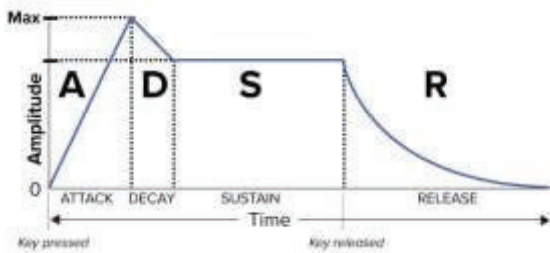
a) *subtractive synthesis* este o sinteză de sunet care produce forme de undă complexe cu ajutorul unuia sau mai multor oscilatoare (de obicei două), direcționate spre filtre pentru controlul frecvențelor (Roland, 2016).



(sursa imaginii:

<http://www.planetofunes.com/synthesis/subtractive-synthesis.htm>)

Sunetul obținut prezintă următoarea structură generală:

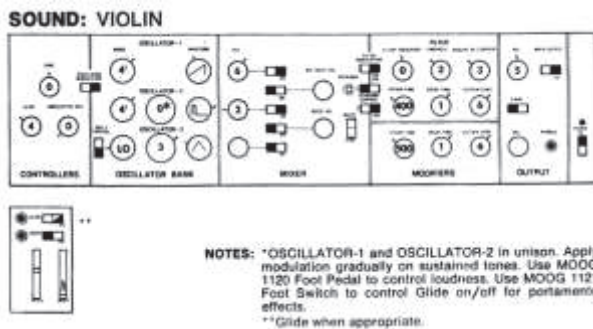


(sursa imaginii:

<http://www.roland.co.uk/blog/guide-to-subtractive-synthesis/>)

Această sinteză poate fi obținută analogic, cu ajutorul sintetizatoarelor analogice produse în special între anii 1960-1980, sau digital, cu ajutorul tehnologiei moderne reprezentate de calculatoare sau sintetizatoare digitale. Sunetele rezultate au adesea un timbru cald, plăcut și bogat, dar se pot ascuți sau modela în diverse feluri, prin utilizarea filtrelor.

Mai jos este redată schema unei vioii analogice din manualul *Moog Minimoog Model D* (moogmusic.com). S-au folosit două oscilatoare în unison, unul din ele fiind SAWTOOTH, iar celălalt un SQUARE ascuțit, filtrate și modulate.

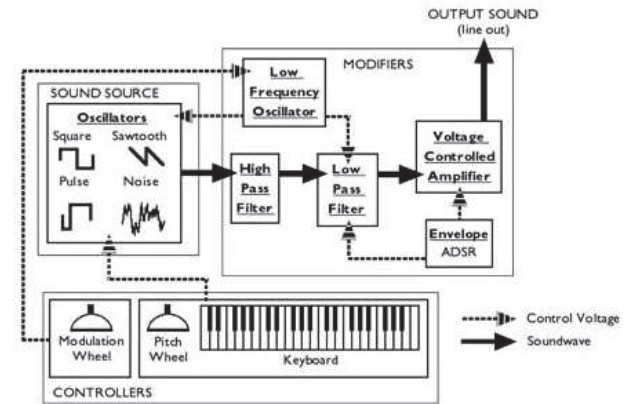


Prin această sinteză de sunet, în special prin utilizarea tehnologiei analogice, se pot obține sunete foarte „vii“, „prezente“, care au o mare varietate și dinamism, creând, din perspectiva interpretării, impresia unor instrumente

## Sound synthesis methods

Some of the most used sound synthesis methods that can also be applied to virtual violins are shown below:

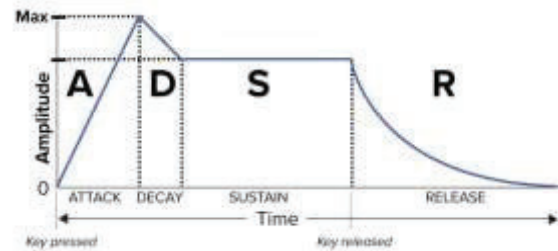
a) *subtractive synthesis* is a sound synthesis that produces complex waveforms using one or more oscillators (usually two), directed towards filters for frequency control. (Roland, 2016)



Source of image:

<http://www.planetofunes.com/synthesis/subtractive-synthesis.htm>)

The sound obtained has the following general structure:

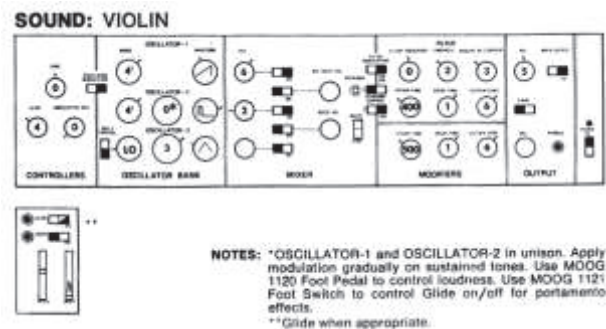


Source of image:

<http://www.roland.co.uk/blog/guide-to-subtractive-synthesis/>

This synthesis can be obtained analogically, by analog synthesizers produced mostly between the years 1960-1980, or digitally, with the help of modern technology represented by computers or digital synthesizers. These types of sounds often have a warm, pleasant and rich timbre, but can be sharpened or shaped in various ways by using various filters.

The diagram of an analog violin in the *Moog Minimoog Model D* patch book is shown below (moogmusic.com). Two oscillators were used in unison, one of them being SAWTOOTH, and the other a sharp SQUARE, filtered and modulated.



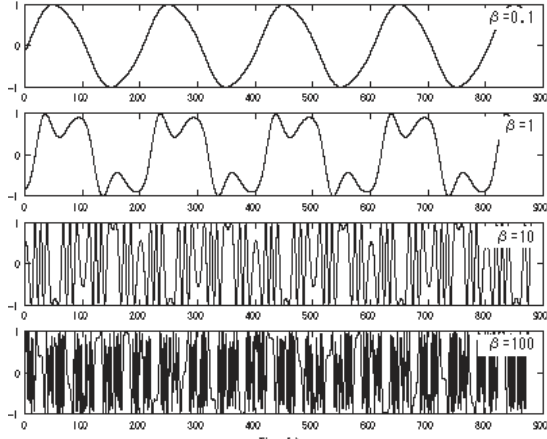
Using this sound synthesis, especially the analog technology, very “vivid”, “present” sounds can be obtained, which have a great variety and dynamism, and create, from the perspective of performance, the impression of real instruments. The analog sound is unpredictable and changes over time, so the generated

reale. Sunetul analog este imprezvizibil și se schimbă în timp, astfel că timbrurile generate nu sunt statice.

Dezavantajul în folosirea acestei metode constă în faptul că o vioară analogică are un timbru specific care diferă de timbrul unei viori reale (spre deosebire de viorile virtuale obținute cu ajutorul *samples*).

În ultima perioadă de timp se constată o revenire la fabricarea și utilizarea instrumentelor analogice, probabil datorită calității mari a sunetelor generate de aceste instrumente.

b) *frequency modulation synthesis* (FM) este metoda în care, cu ajutorul unor operatori, o lungime de undă este modulată utilizând frecvențele altor lungimi de undă, rezultând forme extrem de complexe (vezi figura de mai jos).



(sursa imaginii:

[https://en.wikipedia.org/wiki/Frequency\\_modulation\\_synthesis](https://en.wikipedia.org/wiki/Frequency_modulation_synthesis))

Dezavantajul utilizării acestei metode este creat de „difficulty to modify the waveform to match the precisely defined pattern“ (Inakage, 1987:389).

Sunetele rezultate pot avea de multe ori un timbru aspru, potrivit pentru imitarea unei viori sau a altor instrumente cu coarde. Această metodă a fost folosită preponderent între anii 1970-1990 (Yamaha a obținut patentul pentru tehnologiile FM).

c) *sinteza de sunet care utilizează eșantioane (samples)* capturate prin înregistrare de la un instrument real (în cazul de față de la o vioară reală). Deși au la bază mostre de sunet ale viorilor reale din care rezultă un timbru foarte asemănător, rezultatul, spre deosebire de timbrurile analogice, este un sunet static. Deoarece s-a capturat doar un scurt moment al interpretării, sunetul obținut este asemănător unui sunet de vioară, dar nu are acea varietate cromatică specifică sunetului unei viori reale, caracteristici rezultate din tehnicile interpretării, poziția și presiunea arcușului și a degetelor, coarda folosită, materialele din care este construită vioara etc.

Sunetele unei viori virtuale mai pot fi obținute și prin:

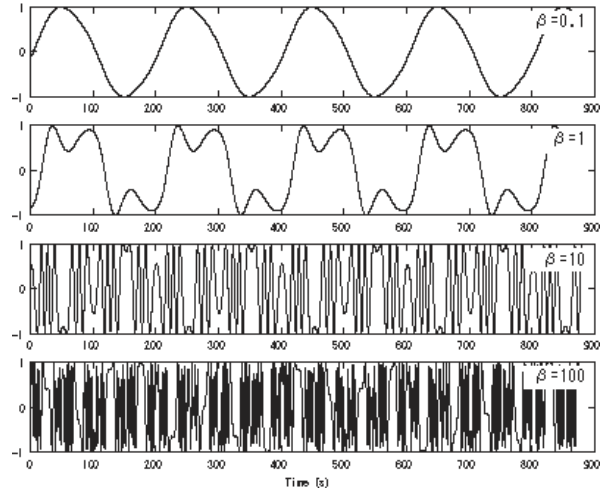
- metoda *additive synthesis*, prin care multe forme de undă sinusoidală sunt combinate în vederea obținerii timbrului dorit (Bilbao, 2009; Holmes, 2012);
- metoda *phase distortion synthesis*, asemănătoare cu sinteza FM (Risset, 2007);
- metoda ce folosește tehnica digitală *wavetable synthesis* (Risset, 2007; Holmes, 2012).

În ultimii ani au apărut viori virtuale complexe, ca programe de sine stătătoare, sau module pentru platforma *Kontakt*, care folosesc atât *samples* (eșantioane) de la viori reale, cât și alte tehnici avansate. A se vedea în acest

timbres are not static, like with the most sampled instruments.

The disadvantage of this method is that an analog violin has a specific timbre that differs from the timbre of a real violin (as opposed to virtual violins obtained using the sampling method). In the last period of time the analog instruments are more and more popular and a lot of them are again produced, probably because of the high quality of the sounds generated by these instruments.

b) *frequency modulation synthesis* (FM) is the method in which, with the help of operators, the frequencies of a waveform are changed by modulation using other waveform(s), resulting in extremely complex shapes (see figure below).



(Source of image:

[https://en.wikipedia.org/wiki/Frequency\\_modulation\\_synthesis](https://en.wikipedia.org/wiki/Frequency_modulation_synthesis))

The disadvantage of this method is the: “difficulty to modify the waveform to match the precisely defined pattern” (Inakage, 1987: 389).

The resulting sounds can often have a harsh timbre, suitable for a violin or other strings instruments. This method was mainly used between 1970 and 1990 (Yamaha obtained the patent for FM technologies).

c) *sound synthesis using samples* captured by recording from a real instrument (in this case from a real violin). Although they are based on real violins sound samples (with a very similar timbre), the result, unlike the analog timbres, is a static sound. Because only a brief moment of the performance was captured, the sound obtained is similar to a violin sound but does not have that chromatic variety characteristic of the sound of a real violin, resulting from the techniques of performance, the position and pressure of the bow and fingers, the string used, the materials the violin is built from, etc.

The sounds of a virtual violin can also be obtained by:

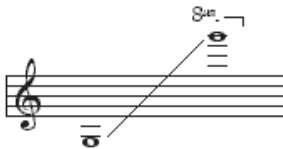
- the *additive synthesis* method, through which many sinusoidal waveforms are combined in order to obtain the desired timbre (see Bilbao, 2009; Holmes, 2012);
- the *phase distortion synthesis* method, similar to FM synthesis (see Risset, 2007);
- the method using the digital technique *wavetable synthesis* (see Risset, 2007, Holmes, 2012).

In recent years, there are complex virtual violins, as stand-alone programs, or modules for the *Kontakt* platform, which use both samples from real violins and other advanced techniques - see the SampleModeling

sens tehnologia *SampleModeling* (patentată de Giorgio Tommasini și Peter Siedlaczek) care și-a propus: „...to minimize the differences between the real phrases and those played by the virtual instrument. Sophisticated technologies, including proprietary harmonic alignment, de/reconvolution with modal resonances, innovative techniques for sample modulation, along with advanced AI midi processing, are used for real time construction of all articulations and morphing across dynamics, vibrato, legato and portamento” (Tommasini, Siedlaczek, 2020).

## Vioara – caracteristici timbrale

Ambitusul vioarii



Ultima notă care poate fi obținută la vioară este *do5*, limitele superioare putând fi depășite (Cretu, 2007). Acordajul uzual al vioarii constă dintr-o suprapunere de cvinte, pornind de pe sunetul *sol*. Sunt cazuri în care compozitorii notează un alt acordaj, de obicei mai înalt, astfel încât să obțină efecte timbrale mai scânteietoare.

La vioară, sunetele fundamentale ale acordajului uzual au următoarele frecvențe: *Mi4* - 658 Hz; *La3* - 440 Hz; *Re3* - 293 Hz; *Sol2* - 195 Hz. Sunetele grave sunt mai bogate în armonice decât cele produse de coardele acute.

Spre limita superioară a ambitusului, sunetele vioarii se diminuează în sonoritate, devenind tot mai mici și mai puțin eficiente, mai stridente și mai reci. Interpretarea acestor sunetele acute necesită o precizie deosebită, dublată de o mare grijă pentru emisia clară și expresivă.

Timbrul vioarii este influențat de posibilitățile timbral-expressive ale celor patru coarde componente:

- *coarda G* (joasă), cu un timbru bogat, puternic, cald, întunecat;
- *coarda D* este mai estompată și mai calmă;
- *coarda A* este mai moale și mai dulce;
- *coarda E* (cea mai înaltă) este cea mai pătrunzătoare, strălucitoare și uneori metalică.

Dar sunetul vioarii poate să își schimbe timbrul în funcție de foarte mulți alți parametri, precum tehnicile de acționare a arcușului, locul și modalitățile de punere a coardei în vibrație, poziția mâinii stângi pe tastieră etc. (Askenfelt, 2007; Edgerton, Hashim, Auhagen, 2014).

## STUDIUL DE CAZ

Folosind metoda reprezentării tridimensionale, ne-am propus să facem o analiză a registrelor timbrale ale acestui instrument, încercând să identificăm intervalele de registre pe care să le utilizăm în crearea unei vioari virtuale.

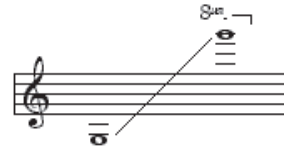
Complexitatea caracteristicilor timbrale ale vioarii poate fi evidențiată printr-o reprezentare spectrografică tridimensională. Măsurătorile și analizele noastre au vizat mai multe situații precum: tipuri diferite de coarde, proprietățile fizice ale vioarelor și modificări ale sunetului pe parcursul ambitusului.

În figurile de mai jos se pot observa spectrogramele celor patru coarde libere ale unei vioari.

technology (patented by Giorgio Tommasini and Peter Siedlaczek) the goal of which is: “...to minimize the differences between the real phrases and those played by the virtual instrument. Sophisticated technologies, including proprietary harmonic alignment, de/reconvolution with modal resonances, innovative techniques for sample modulation, along with advanced AI midi processing, are used for real time construction of all articulations and morphing across dynamics, vibrato, legato and portamento” (Tommasini, Siedlaczek, 2020).

## Violin - timbre features

The playing range



The last note that can be obtained on the violin is *C5*, while the upper limits can be exceeded (Cretu, 2007). The usual tuning of the violin consists of an overlap of fifths, starting from the *G* sound. There are cases in which composers notate another tuning, usually higher, so as to obtain more sparkling timbral effects.

On the violin, the fundamental sounds of the usual tuning have the following frequencies: *E4* - 658 Hz; *A3* - 440 Hz; *D3* - 293 Hz; *G2* - 195 Hz. Bass sounds are richer in harmonics than those produced by treble strings.

Towards the upper limit of the playing range, the sounds of the violin diminish in sonority, becoming smaller and less effective, shriller and colder. The rendering of these high-pitched sounds requires great precision, doubled by great care for clear and expressive emission.

The timbre of the violin is influenced by the timbral-expressive possibilities of the four component strings:

- the *G* string (low), with a rich, strong, warm, dark timbre;
- the string *D* is softer and calmer;
- the string *A* is softer and sweeter;
- the *E* string (the highest) is the most penetrating, sparkling and sometimes metallic.

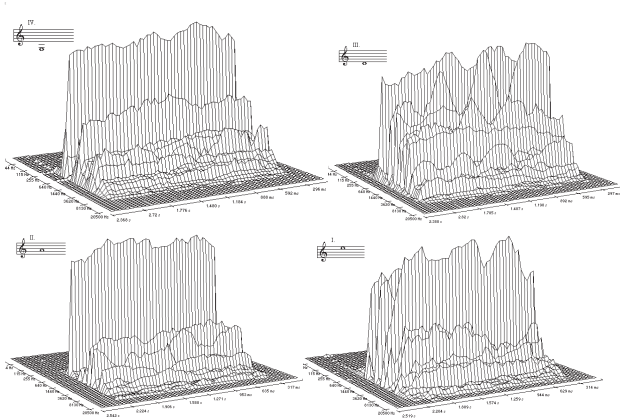
But the sound of the violin can change its timbre depending on many other parameters, such as the techniques of operating the bow, the place and ways of vibrating the string, the position of the left hand on the fingerboard, etc. (Askenfelt, 2007; Edgerton, Hashim, Auhagen, 2014).

## CASE STUDY

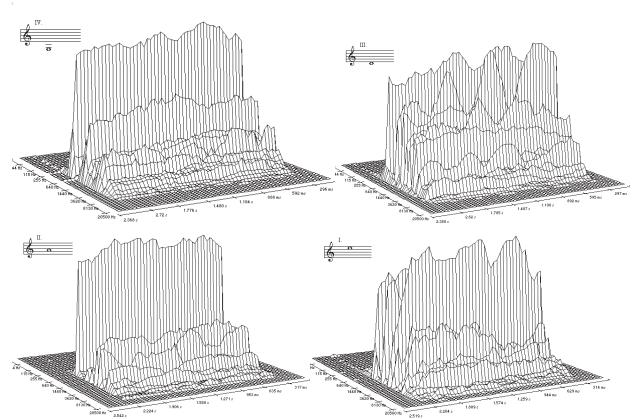
Using the three-dimensional representation method, our aim is to make an analysis of the violin's timbral registers, trying to identify the intervals of registers that we can use in creating a virtual violin.

The complexity of the violin's timbral characteristics can be highlighted by a three-dimensional spectrographic representation. Our measurements and analyses focused on several aspects such as: different types of strings, the physical properties of violins and changes in sound along the playing range.

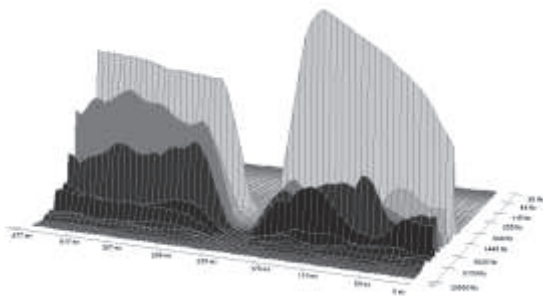
In the figures below we can see the spectrograms of the four open strings of a violin.



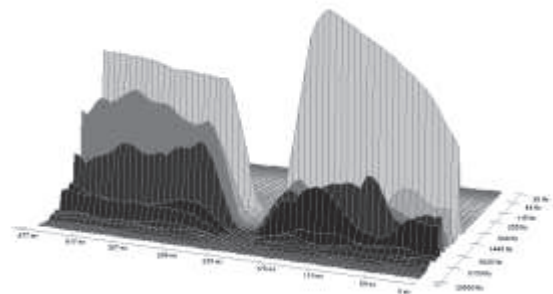
Spectrul de frecvențe poate să arate complet diferit de la o vioară la alta, în funcție de construcția și materialele din care este construită vioara.



The spectrum of frequencies can look completely different from one violin to another depending on the construction and the materials from which the violin is built.



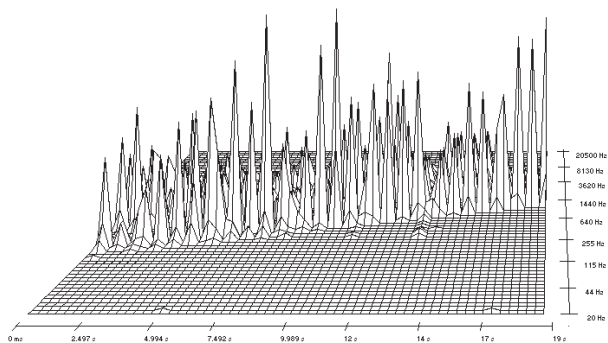
De exemplu, în figura de mai sus este reprezentată spectrograma de frecvențe ale aceluiași sunet la aceiași parametri (intensitate, lungime etc.) pe două violi de proveniență diferită. Se observă repartizarea inegală ca amplitudini a fundamentalelor și armonice componente, deși din punct de vedere auditiv, aceste două sunete par aproape identice. Dar nu este vorba de intensități diferite - în ambele cazuri, dacă se adună fundamentală cu armonice (în cel mai înalt punct), rezultă aceeași intensitate.



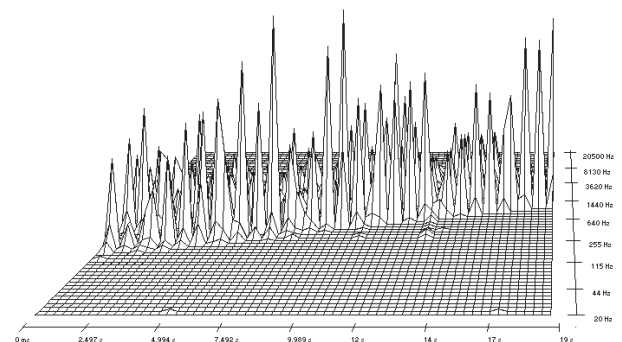
For example, the figure above shows the spectrogram of the same sound at the same parameters (intensity, length, etc.) on two violins of different origins. There is an unequal distribution in amplitude of the fundamental and harmonic components, although these two sounds seem almost identical. It is not about different intensities, as in both cases, if the fundamental is added with the harmonics (at the highest point), the same intensity results.

Graficul evoluției spectrale pentru întregul ambitus al unui instrument cu coarde creează senzația unei „totale dezordini“, a unui sistem eminent aleatoriu (vezi figura de mai jos).

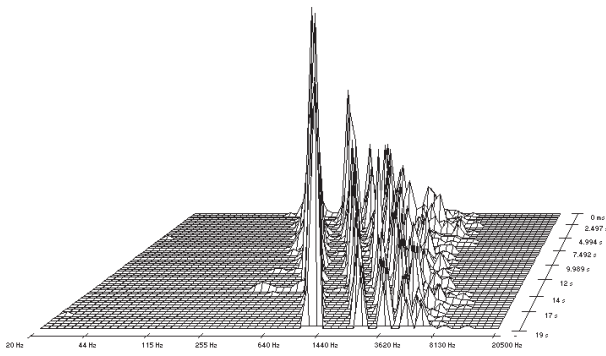
The spectrogram for the entire playing range of a string instrument creates the sensation of a “total disorganization”, an eminently random system (see figure below).



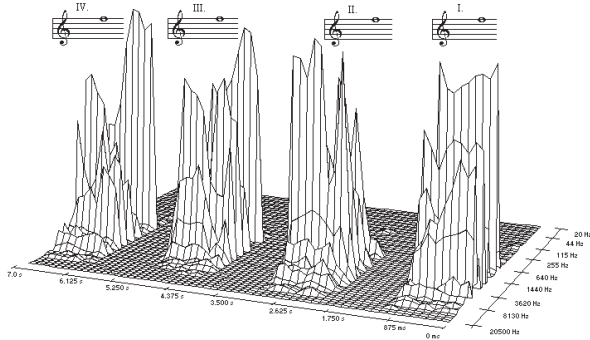
Cu toate acestea, în diagrama următoare se poate observa că evoluția modificărilor spectrale pe axa crescătoare a frecvenței demonstrează procesul continuu (nediferențiat pe criterii de registru) de îngustare a plajei armonice componente.



However, in the following diagram it can be observed that the evolution of the spectral changes along the ascending frequency axis demonstrates the continuous process (with no register-based differentiations) of narrowing the range of the component harmonics.



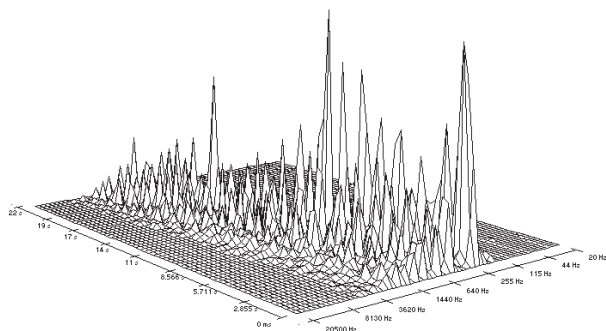
Mai departe, în figura următoare sunt redată spectrogramele aceluiași sunet, realizat pe toate cele patru coarde ale viozii. Diferența dintre aceste variante pledează pentru alegerea uneia sau alteia dintre coardele viozii, pentru a putea realiza un fragment de scriitură muzicală într-o anumită ambianță timbrală, utilă expresiei dorite de interpret. Evident, configurația cea mai stabilă o oferă coarda *mi* (fiind vorba de primul sunet produs prin apăsarea degetului pe această coardă), în timp ce pe coarda *sol*, datorită poziției înalte, configurația spectrală prezintă instabilitate maximă pe axa timpului.



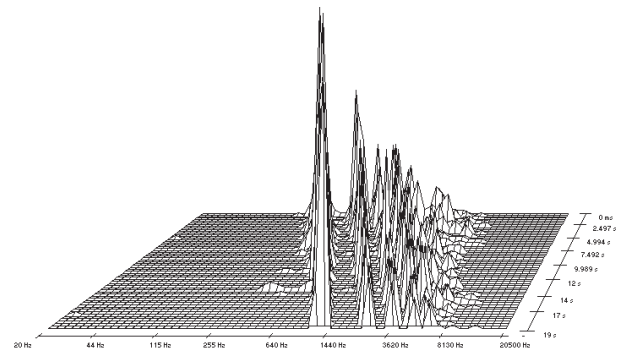
Mai jos este redată cu aproximație întinderea sonorității optime a celor patru coarde.



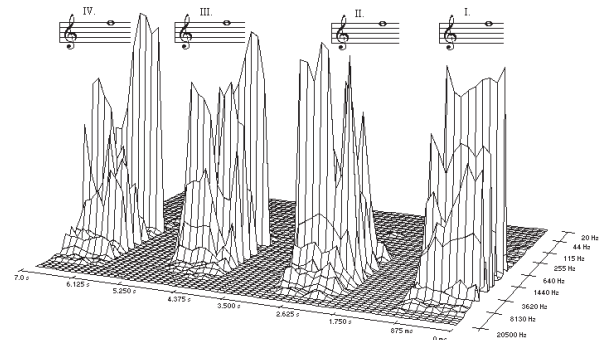
De regulă, compozitorii dau indicații precise pentru folosirea uneia sau alteia din coarde, în cazul în care doresc să obțină o anumită sonoritate, specifică coardei respective. Dacă această indicație nu apare, instrumentistul tinde să folosească cele mai ușoare și mai comune poziții ale coardei acute.



Astfel, cu un anumit grad de relativitate, diagrama poate argumenta existența unor zone de registru, în funcție de suma amplitudinilor componente, în paralel cu evoluția plajei de frecvențe.



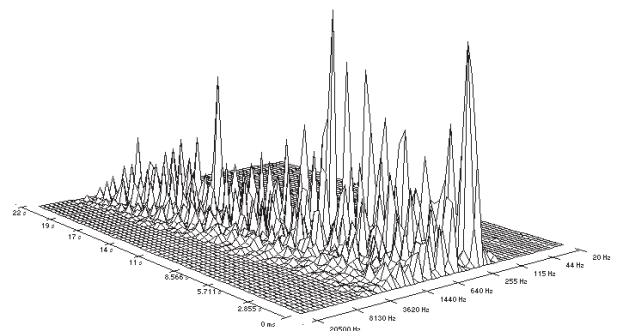
Furthermore, the following figure shows the spectrograms of the same sound played on all four strings of a classic violin. The difference between these variants argues for the choice of one or the other of the violin strings, in order to be able to create a fragment of musical writing in a certain timbre ambiance, useful for the expression desired by the performer. Obviously, the most stable configuration is provided by the E string (being the first sound produced by pressing the finger on this string), while on the G string, due to the high position, the spectral configuration has maximum instability on the time axis.



Below is the approximate range of the optimal sound to be used on the four strings.



Usually, composers give precise instructions for using one or the other of the strings, if they want to obtain a certain sonority, specific to that string. If this indication does not appear, the player tends to use the lightest and most common positions of the highest-pitched string.

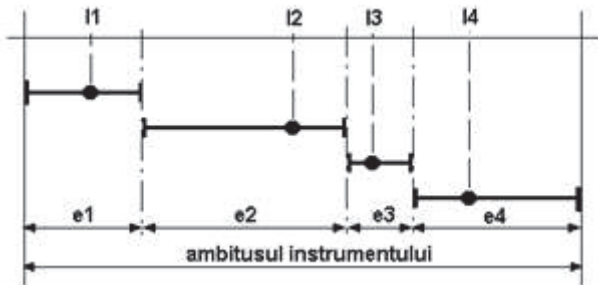


Thus, with a certain degree of relativity, the diagram show the existence of register areas depending on the sum of the component amplitudes, in parallel with the evolution of the frequency range.

## Realizarea unui instrument virtual prin metoda eșantionării („samples“)

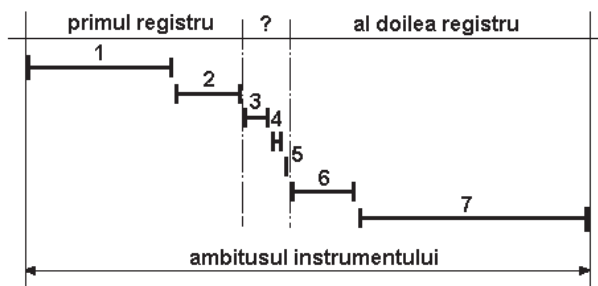
Crearea unui instrument virtual (prin „samples“) presupune capturarea unui număr suficient de mare de eșantioane, de la un instrument real, astfel încât să nu se simtă diferențe prea mari la trecerea de la un sunet la altul. Cantitatea de eșantioane capturate este de obicei limitată de memoria totală de stocare a instrumentului respectiv.

În figura următoare propunem o schemă generală de creare a unui instrument virtual minimalist, utilizând doar patru eșantioane ale unui instrument real.



Schema generală a unui instrument virtual

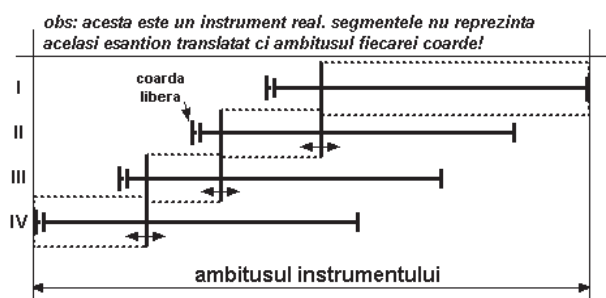
La zonele de trecere de la un eșantion la altul pot apărea sunete cu pierderea identității timbrale a instrumentului, de aceea, în aceste zone „tampon“, este indicat a se adăuga noi eșantioane ilustrate într-un exemplu demonstrativ, în figura de mai jos.



Adaptarea numărului de eșantioane

La instrumentele cu coarde, precum vioara, fiecare coardă reprezintă practic un micro-instrument, cu caracteristici timbrale independente. De aceea, spre deosebire de instrumentele de suflat, în acest caz apare problema alegerii zonelor de utilizare corespunzătoare fiecărei coarde.

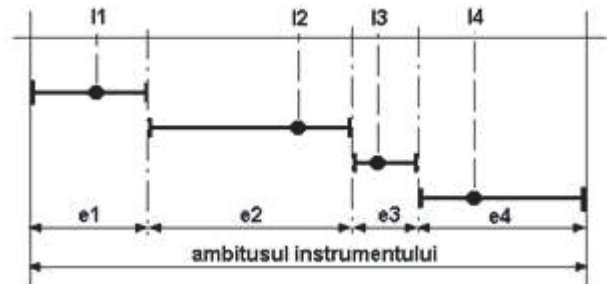
În figura următoare este redată schema generală a alegerii zonelor corespunzătoare fiecărei coarde a unui instrument real. Segmentele reprezintă întinderea fiecărei coarde în parte, numerotate în stânga imaginii. Ele încep printr-o bară verticală dublă, care semnifică primul sunet, respectiv coarda liberă.



## Creating a virtual instrument using the sampling method

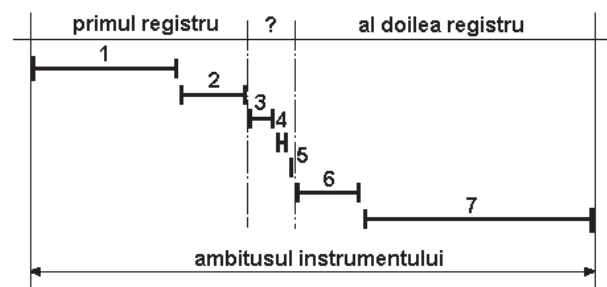
Creating a virtual instrument (using „samples“) involves capturing a number of samples from a real instrument, large enough to hide the differences when switching from one sound to another. The amount of samples captured is usually limited by the total storage memory allocation for that instrument.

In the following figure we propose a general scheme for creating a minimalist virtual instrument, using only four samples from a real instrument.



General scheme of a virtual instrument

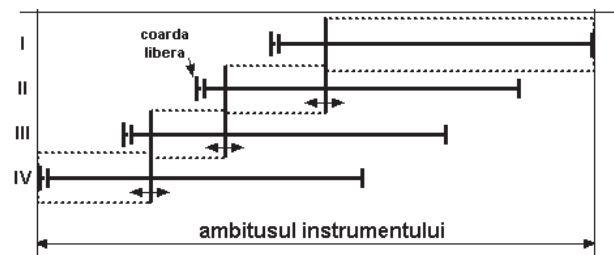
Sounds with the loss of the timbre identity of the instrument may appear in the transition areas from one sample to another, therefore, in these „buffer“ areas, it is advisable to add new samples, illustrated in the figure below.



Adaptation of the number of samples

On string instruments, such as the violin, each string is practically a micro-instrument with its independent timbre characteristics. Therefore, unlike with wind instruments, in this case we encounter the problem of choosing the areas of use that correspond to each string.

The following figure shows the general diagram of choosing the areas corresponding to each string of a real instrument. The segments represent the length of each string, numbered to the left of the image. They start with a double vertical bar, which signifies the first sound, namely the free string.



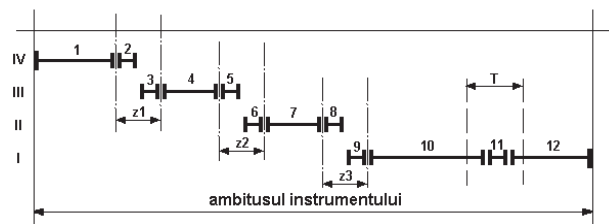
The dotted areas show approximately the representation of each string in the composition of the virtual instrument. The small horizontal arrows indicate the possibility of choosing the thresholds between the strings.

Zonele punctate arată cu aproximație reprezentarea fiecărei coarde în compunerea instrumentului virtual. Săgețile orizontale mici indică posibilitatea de alegere a pragurilor de trecere între coarde.

Datorită timbrului particular al coardelor libere, limita de demarcare nu trebuie să ajungă, în stânga, la acestea. Deci, eşantioanele alese nu trebuie să conțină coarde libere. Chiar și sunetul cel mai grav al coardei IV trebuie obținut prin translatarea în jos a unui eşantion ceva mai înalt.

Criteriul de alegere a pragurilor de trecere va trebui să țină seama cu prioritate de zonele cu sonoritate optimă a celor patru coarde.

În figura următoare se prezintă realizarea unui instrument virtual cu coarde utilizând 12 eşantioane capturate de la un instrument real: primele două provin de pe coarda IV, eşantioanele 3, 4, 5 de pe coarda III, eşantioanele 6, 7, 8 de pe coarda II și ultimele patru de pe prima coardă.



Această dispunere are următoarea explicație: în zonele de trecere de la o coardă la cealaltă, notate cu  $z1$ ,  $z2$  și  $z3$ , densitatea eşantioanelor trebuie să fie mai mare și zonele de translatare mai mici, așa cum s-a arătat anterior, pentru o trecere fină, insesizabilă. Așa se explică dimensiunea eşantioanelor 2, 3, 5, 6, 8 și 9. În schimb, eşantioanele 1, 4, 7 și 10 sunt mai extinse, datorită caracteristicilor timbrale relativ stabile în cadrul aceleiași coarde.

Pe coarda I apare un fenomen care nu se regăsește pe coardele anterioare, datorită trecerii la o coardă superioară, și anume o zonă specială, notată în figură cu „T”, în care degetul începe să nu mai poată atinge tastiera. Această zonă de relativă instabilitate timbrală aduce după sine o schimbare de registru, timbrul modificându-și treptat coordonatele spectrale. De aceea se va folosi un eşantion tampon, notat cu 11. Eşantionul final (12) este corespondentul timbral al zonei în care degetul nu mai atinge tastiera, reprezentând sunetele cele mai înalte ale ambitusului, cu timbrul lor specific.

## CONCLUZII

În sinteza de sunet, dintre multiplele metode folosite în crearea sunetului virtual, metodele subtractive și sinteza de sunet care utilizează eşantioane produc cele mai bune rezultate. În cazul celei de-a doua metode, numărul de eşantioane capturate, frecvența și poziția degetelor pe tastieră influențează foarte mult sunetul obținut. Studiul de caz realizat s-a concentrat pe analiza diverselor aspecte ale timbrului vioarei, iar cu ajutorul spectrogramelor tridimensionale și din analiza împărțirii pe registre și subregistre a fost conturată crearea unui instrument virtual minimalist.

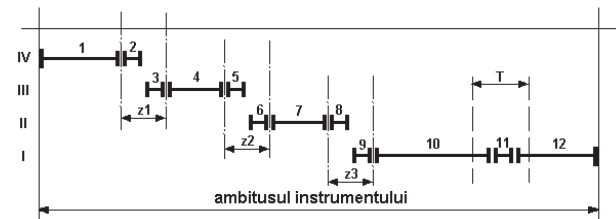
## BIBLIOGRAFIE / REFERENCES

- [1] Askenfelt, A. (1995) „Observations on the violin bow and the interaction with the string“, *STL-QPSR*, vol. 36, no. 2-3, pp. 23-42.

Due to the particular timbre of the open strings, the demarcation limit must not reach them on the left. Therefore, the selected samples must not contain the four open strings (which have a particular timbre). Even the lowest sound of string IV must be obtained by translating a slightly higher sample downwards.

The criterion for choosing the crossing thresholds will have to take into account as a matter of priority the areas with optimal sound of the four strings.

The following figure shows the realization of a minimalist virtual string instrument using 12 samples captured from a real instrument: the first two come from string IV, samples 3, 4, 5 from string III, samples 6, 7, 8 from string II, and the last four from string I.



This arrangement has the following explanation: in the areas of passage from one string to another, noted by  $z1$ ,  $z2$  and  $z3$ , the density of the samples must be higher and the translation areas smaller, as shown above, for a fine, imperceptible passage. This explains the size of samples 2, 3, 5, 6, 8, and 9. In contrast, samples 1, 4, 7, and 10 are more extensive, due to the relatively stable timbre characteristics within the same string.

A special situation appears on the first string that is not found on the previous strings, due to the transition to an upper string, namely a special area, marked in the figure with a “T”, in which the finger begins to be unable to touch the fingerboard. In this area of relative timbral instability there is a change of register, the timbre gradually changes its spectral characteristics. Therefore, a buffer sample will be used, noted by 11. The final sample (12) is the timbral correspondent of the area where the finger no longer touches the fingerboard, representing the highest-pitched sounds of the playing range, with their specific timbre.

## CONCLUSION

In sound synthesis, of the many methods used to create virtual sound, subtractive methods and sound synthesis using samples produce the best results. In the case of the second method, the number of samples captured, the frequency and the position of the fingers on the fingerboard influence the sound. The case study focused on the analysis of various aspects of the violin timbre while using the three-dimensional spectrograms and the analysis of the division into registers and sub-registers, the creation of a minimalist virtual instrument was proposed.



- [2] Bader, R. (ed.) (2013) *Sound - Perception – Performance*, Springer International Publishing.
- [3] Bilbao, S. (2009) *Numerical Sound Synthesis: Finite Difference Schemes and Simulation in Musical Acoustics*, John Wiley & Sons Ltd.
- [4] Cann, de S., 2007, *How to Make a Noise: A Comprehensive Guide to Synthesizer Programming*, New Malden: Coombe Hill Publishing.
- [5] Crețu, V. (2007) *Elemente de teoria instrumentelor și orchestrație*, București, Editura Fundației România de Măine.
- [6] Edgerton, M., Hashim, N., Auhagen, W. (2014) „A case study of scaling multiple parameters by the violin“, *Musicae Scientiae*, Vol. 18, pp. 473-496, DOI. 10.1177/1029864914550666
- [7] Holmes, de T. (2012), *Electronic and Experimental Music: Technology, Music, and Culture*, (4<sup>th</sup> edition) New York: Routledge.
- [8] Holmes, de T. (2016), *Electronic and Experimental Music: Technology, Music, and Culture*, (5<sup>th</sup> edition) New York: Routledge.
- [9] Inakage, M. (1987) „Frequency Modulation Synthesis“ in (Kunii, T.L. ed.), *Computer Graphics 1987: Proceedings of CG International '87*, Tokyo: Springer-Verlag, pp. 381-390.
- [10] Mihăescu, C. (2003) *Echivalențe timbral-informatice ale instrumentelor orchestrei simfonice*, Lucrare de doctorat, (nepublicată), Academia de Muzică „Gheorghe Dima“, Cluj-Napoca.
- [11] Risset, J.C. (2007) „The Computer, Music and Sound Models“, in Combes, J.M., Grossmann, A., Tchamitchian P., (eds.), *Wavelets: Time-Frequency Methods and Phase Space*, New York: Springer-Verlag.
- [12] Roland.com (2016) „A Beginner’s Guide to Subtractive Synthesis“, *Roland.com*, <http://www.roland.co.uk/blog/guide-to-subtractive-synthesis/>
- [13] Tommasini, G. and Siedlaczek, P. (2020) ”Acoustical sample modeling applied to virtual instruments“, *Samplemodeling.com* [blog], URL: <https://www.samplemodeling.com/tech>
- [14] Vail, M. (2014) *The Synthesizer: A Comprehensive Guide to Understanding, Programming, Playing, and Recording the Ultimate Electronic Music Instrument*, Oxford: Oxford Press University.