

# Elemente acustice utilizate în tehnologia prelucrării fierului.

## Analize spectrografice

## Acoustic Elements Used in Iron Processing

## Spectrographic Analyses

Nicolae Teodoreanu

Institutul de Etnografie și Folclor „Constantin Brăiloiu” al Academiei Române, București, România /  
“C. Brailoiu” Institute for Ethnography and Folklore of the Romanian Academy, Bucharest, Romania  
nicolae.teodoreanu@gmail.com

### REZUMAT

Unii dintre meșterii fierari tradiționali aleg fierul de prelucrat după sonoritatea acestuia. Prin măsurători acustice de tip IT am cercetat care sunt structurile spectrale ce corespund felurilor impresii sonore a meșterului. Astfel am putut observa cum se reflectă „ascuțimea” (sharpness) acustică în percepția spontană a meșterului fierar.

### Cuvinte cheie

fierar, meserie tradițională, psihoacustică, psihologie muzicală, analiză spectrală

### SUNETUL CA FACTOR DE IDENTIFICARE ACUSTICĂ A TIPURILOR DE MATERIAL

Cu ocazia mai multor cercetări de teren realizate în cursul ultimilor ani asupra meșteșugului tradițional de prelucrare a fierului, am remarcat înclinarea unora dintre meșterii fierari de a se folosi de auzul muzical în identificarea tipului de fier ce urmează prelucrat. În aceste cazuri, simțul auditiv își probează eficiența în fața celui vizual sau tactil, în selectarea cu precizie a unui anume tip de fier.

Procedul, absolut intuitiv, înseamnă diferențierea „timbrului” sonor al diverselor forme de metal, ceea ce presupune un anume auz muzical și o anume familiaritate cu această zonă acustică. Prin dialogurile susținute cu meșterii fierari, am încercat să înțelegem care sunt acei factori acustici importanți pentru ei și cum ordonează mental informația acustică percepută. Cercetarea noastră a implicat și o latură aplicativă, practică, astfel că am înregistrat mai multe eșantioane sonore, alături de „eticheta” și comentariile pe care le aplică fierarul. Desigur, modul lor de a ne comunica verbal propriul cod de percepere este limitat, astfel că dincolo de informația generică gen de tip: sus-jos, ei au recurs mai cu seamă la metaforă sau comparație. Cert este, că informatorii noștri clasifică tipurile de fier în două sau trei categorii, sesizând, totuși, anumite nuanțe chiar în cadrul acestora.

În ceea ce ne privește, am încercat să verificăm cu mijloacele tehnologiei informatice, cum arată fiecare sunet din punct de vedere spectrografic, ce tip de sunet corespunde fiecărei „etichete”.

### REZUMAT

Some of the traditional blacksmiths choose the iron by testing its sounds. By means of IT acoustic measurements we investigated which spectral structures correspond to different sound perceptions of the craftsmen. Thus, we could see how the acoustic sharpness reflects the spontaneous sound perception of the blacksmith.

### Cuvinte cheie

blacksmith, traditional craft, psychoacoustic, psychology of music, spectral analysis

### SOUND AS FACTOR FOR ACOUSTICALLY IDENTIFYING TYPES OF MATERIAL

During many field research campaign focused on traditional iron processing conducted in the last several years, we have noticed the skill of some blacksmith who can identify the type of iron to be processed by the sound it makes. In these cases hearing is more effective than seeing or feeling in selecting a certain kind of iron.

This procedure, completely intuitive, entails the ability to differentiate the sonorous “timbre” of different forms of metal. Thus it implies a particular musical hearing and familiarity with this acoustic area. Talking to the blacksmiths we tried to understand which those acoustic factors that matter to them are and how they mentally organise the acoustic information they perceive. Our research also had a practical, concrete aspect. Therefore, we recorded some sonorous samples together with the “label” and the comments offered by the blacksmith. Our informants’ way of verbally communicating their own perception code being limited, they also used metaphors or comparisons together with generic information (for example, up-down). It is certain that the subjects we interviewed classify the iron types into two or three categories also perceiving certain differences within one and the same category.

Using the IT means we have tried to find out how each sound look like from the spectrographic point of view and what type of sound corresponds to each “label”

### SPECTRAL FEATURES OF IRON IN BLACKSMITHS’ PERCEPTION

Ne interesează să descriem prin analiză timbrul sonor al metalelor. Dar, mai întâi, trebuie să definim ce

## CARACTERISTICI SPECTRALE ALE FIERULUI ÎN PERCEPȚIA FIERARILOR

Ne interesează să descriem prin analiză timbrul sonor al metalelor. Dar, mai întâi, trebuie să definim ce este timbrul. Din punct de vedere al teoriilor din psihologia muzicală, timbrul reprezintă o experiență subiectivă a sunetului muzical, alături de înălțime și tărie. Timbrul corespunde la nivelul fizico-acustic, în primul rând, amplitudinii relative a armonicelor, conform observațiilor lui Helmholtz încă de la sfârșitul secolului XIX (Helmholtz, 1863). După alți autori, alături de acestor factor intervin „ascuțimea” (*sharpness*) și „compactitatea” (*compactness*) sunetului. Primul ține de plasarea spectrului între acut (ascuțit) și grav (moale), cel din urmă este elementul prin care se distinge aspectul *tonal* (compact) de *zgomot* (non compact). Nu mai puțin importantă este prezența zgomotului în cadrul atacului sonor (Deutsch, 1999).

Mai precis, senzația de timbru rezultă din fuziunea componentelor spectrului sonor atunci când energia este repartizată relativ echilibrat în spectru și când nu apar goluri mari între componentele spectrale (Winckel, 1960)

Aspectul de care ne ocupăm diferă în mod substanțial de la fierar la fierar. Este vorba despre modalitatea în care fierarul își alege materialul pentru a lucra un anume obiect. Cei mai mulți dintre meșteri se folosesc de testarea mecanică, realizabilă prin mai multe căi. Ei pot să îndoie fierul și să verifice astfel elasticitatea lui, pot să lovească fierul cu ciocanul să vadă dacă se deformează sau nu, sau pot să îl încerce cu pânza de bomfaier, pila, sau cu fierăstrăul. În fine, fierul poate fi testat și prin punerea în foc. În orice caz, rutina meseriei îi face pe unii dintre ei să recunoască fierul și la nivel vizual, dar, de regulă, îl verifică apoi mecanic.

Doar o parte dintre meșteri apelează la auzul muzical în identificarea fierului. Chiar și unii dintre aceia care susțin că fierarul trebuie să aibă ureche muzicală, par să nu obișnuiescă testarea acustică a fierului.

Testarea acustică a fierului înseamnă identificarea metalului după calitatea sa sonoră intrinsecă, manifestată atunci când fierul este lovit. Deci meșterii stabilesc natura fierului cu care au a face după „culoarea” sonoră. Ei deosebesc la o primă analiză oțelul, care sună „subțire” sau „deschis”, de fierul moale, care sună „gros” sau „închis”, între aceste două nivele stabilindu-se uneori chiar o anume gradație (Romul Macaria, sat Mămăligani, com. Mogoș, jud. Alba, fond AIEF, da-WS750014.wma). După anumite formulări metaforice, fierul obișnuit, moale „sună așa cumva, a tablă” (Petru Ioan Giurgiu, satul Hărțăgani, com. Băița, jud. Hunedoara, fond AIEF, da-0713\_194944.wav), sau „ca ceva stricat [...], ca o toacă” (Romul Macaria, fond AIEF, da-WS750014.wma), în timp ce oțelul „are un sunet ascuțit” (Petru Ioan Giurgiu, fond AIEF, da-0713\_194944.wav), sau „țuit” (Petru Ioan Giurgiu, fond AIEF, da-0713\_190618.wav).

Astfel de atribute binare precum „subțire-gros”, „deschis-închis” sunt relative și subiective, astfel că unul dintre fierari a încercat să sugereze percepția lui acustică printr-o comparație cu sunetul avionului pe vreme frumoasă și ploioasă, în primul caz fiind mai „subțire”, deci mai aproape de oțel, în al doilea mai „gros”, deci mai aproape de fier simplu (Avram Munteanu, com. Vălișoara, jud. Hunedoara, fond AIEF, da-0713?\_132253.mp3). Iar un

este timbrul. Din punct de vedere al teoriilor din psihologia muzicală, timbrul reprezintă o experiență subiectivă a sunetului muzical, alături de înălțime și tărie. Timbrul corespunde la nivelul fizico-acustic, în primul rând, amplitudinii relative a armonicelor, conform observațiilor lui Helmholtz încă de la sfârșitul secolului XIX (1863). După alți autori, alături de acestor factor intervin „ascuțimea” (*sharpness*) și „compactitatea” (*compactness*) sunetului. Primul ține de plasarea spectrului între acut (ascuțit) și grav (moale), cel din urmă este elementul prin care se distinge aspectul *tonal* (compact) de *zgomot* (non compact). Nu mai puțin importantă este prezența zgomotului în cadrul atacului sonor (Deutsch, 1999).

We are interested to describe the sound timbre analysis of metals. But, first we must define what timbre is. In terms of theories of psychology of music, timbre is a subjective experience of musical sound, apart from pitch and loudness. Timbre corresponds, at the physical-acoustic level, with the relative amplitude of harmonics, as noted by Helmholtz in the late nineteenth century (Helmholtz, 1863). Following other authors, besides this factor, other important factors are *sharpness* and *compactness* of the sound. The first represents the spectrum placement between acute (sharp) and low (soft), the latter being the element that distinguish between *tonal* (compact) and *noise* (non compact). Not unimportant is also presence of noise in the sound attack (Deutsch, 1999).

More precise, the timbre sensation results from the fusion of spectral components when the spectrum energy is relatively balanced and when there are no large gaps between spectral components (Winckel, 1960)

We will focus on an aspect which substantially differs from one blacksmith to another. We are thus referring to the manner and the procedure the blacksmith uses when has to choose the suitable material for forging a certain object. Most craftsmen use mechanical testing, possible in different ways. They can bend iron and thus verify its elasticity, can strike the iron with the hammer to see if it gets deformed or not, or they can try it with a hack-saw blade, with the file or the saw. Finally, iron can be tested by putting it into the fire. However, the routine of their job makes some of them able to visually recognize the iron piece, even if they usually check it mechanically afterwards, too.

Only a few of the craftsmen appeal to musical hearing in identifying iron. Even some of those who claim that a blacksmith must have an ear for music, do not acoustically test the iron.

Acoustic testing of iron means identifying the metal according to its intrinsic sound quality manifested when iron is struck. Hence, craftsmen tell the nature of iron according to its sound “colour”. Firstly, they can distinguish the steel which sounds "thin" or "open" from the soft iron, which sounds "thick" or "closed"; between these two levels there is sometimes a certain gradation (Romul Macaria, Mămăligani, Alba, AIEF, da-WS750014.wma). According to some metaphorical expressions, the ordinary, soft, iron "sounds like tin" (Petru Ioan Giurgiu, Hărțăgani, Băița, Hunedoara, AIEF, da-0713\_194944.wav), or like "something broken, [...], like a semantron" (Romul Macaria, AIEF, da-WS750014.wma at 0:04:39), while steel "has a sharp tune" (Petru Ioan Giurgiu, AIEF, da-0713\_194944.wav at

alt fierar ne-a descris onomatopeic sunetul subțire al oțelului, ca un fel de „țăuuu”, „ca și cum ai băga în apă o secure” (Petru Ioan Giurgiu, fond AIEF, da-0713\_190618.wav).

Dar, alături de timbru contează într-o oarecare măsură și durata sunetului. Astfel, că oțelul sună de regulă mai lung, iar sunetul poate fi „vibrat” (Ilie Olaru, fond AIEF da-WS750111.wma)

În ceea ce ne privește, ne-a interesat să vedem cum arată lucrurile la nivelul spectrului sonor, să observăm în ce măsură realitatea sa fizico-acustică corespunde acestor percepții subiective și expresii metaforice. În investigația noastră am utiliza programul de analiză sonoră computerizată intitulat STx, creat de *Institutul pentru Analiza Sunetului* din Viena. Cu acest program vom genera mai multe grafice analitice, spectrograme, ce reflectă evoluția în timp a spectrului sonor<sup>1</sup>. Iată parametrii de analiză:

*Spectrogram:*

- bandwidth: 10 Hz
- overlap: 75%
- kaiser-bessel(8)
- Frequency: 0 - 6000 Hz
- Amplitude: -100 - -30dB
- Spectrum type: fft amplitude

*Signal energy (RMS):*

- Amplitude: auto

*Sectioner settings:*

- bandwidth: 15 Hz
- overlap: 75%
- Frequency: 0 - 8000 Hz
- Amplitude: -80 - -20dB
- Sig. max.: 100%
- average mode: linear
- type of spectrum: lpc transform function

În cele ce urmează vom ilustra cu trei tipuri de fier, folosindu-ne de exemplificările sonore ale unui fierar deosebit, Avram Munteanu, din com. Vălișoara, jud. Hunedoara, care se folosește de elementul acustic în mod prioritar.

Acest fierar deosebește, la modul general, oțelul de fierul moale, dându-le o calitate „vitală”: oțelul este „fier viu”, iar fierul moale, „fier mort”. Puțini fierari folosesc această etichetare, preferând-o pe cea mai tehnică, mai ales în cazul celor care au lucrat în domeniul industrial. Spre exemplu, Ilie Olaru din com. Vadu, jud. Constanța, face următoarea precizare cu referire la binomul viu-mort: „fier mort: nu are oțel în el” (Ilie Olaru, fond AIEF da-WS750111.wma)

Pentru Avram Munteanu (informațiile verbale provin din fond AIEF, da-WS\_750003.wma, iar exemplificările sono-grafice din fond AIEF, da-0818\_132508.wav) există următoarele trei tipuri de fier:

0:03:31), or sounds as a "tingle" (Petru Ioan Giurgiu, AIEF fund, da-0713\_190618.wav at 0:10:26).

Such binary attributes as "thin-thick", "open-closed" are relative and subjective. One of the blacksmiths tried to suggest his acoustic perception by comparing the metal sound with the aircraft sound during sunny and rainy weather, in the first case being "thinner" thus, closer to steel, in the second case "thicker" thus, closer to ordinary iron (Avram Munteanu, Vălișoara, Hunedoara AIEF, da-0713?\_132253.mp3). Another blacksmith onomatopoeically described the thin sound of steel as a sort of *țăuuu*, "like an axe put into water" (Petru Ioan Giurgiu, AIEF, da-0713\_190618.wav).

Yet, besides timbre, duration of sound also matters. Therefore, steel usually sounds longer and the tune can be "vibrant" (Ilie Olaru, Vadu, Constanta, AIEF da-WS750111.wma).

We were interested in what things look like in the sound spectrum, to find out to what extent and how its physical and acoustic reality corresponds to these subjective perceptions and metaphorical expressions. In our investigation we have used the computer sound analysis software called STx, created by the *Institute for Sound Analysis* in Vienna. We will generate several analytical charts, spectrograms, which reflect the sound spectrum<sup>1</sup> evolution in time. The following analysis parameters were used:

*Spectrogram:*

- bandwidth: 10 Hz
- overlap: 75%
- kaiser-bessel(8)
- Frequency: 0 - 6000 Hz
- Amplitude: -100 - -30dB
- Spectrum type: fft amplitude

*Signal energy (RMS):*

- Amplitude: auto

*Sectioner settings:*

- bandwidth: 15 Hz
- overlap: 75%
- Frequency: 0 - 8000 Hz
- Amplitude: -80 - -20dB
- Sig. max.: 100%
- average mode: linear
- type of spectrum: lpc transform function

We will illustrate three types of iron, using sound examples recorded from a special blacksmith, Avram Munteanu from Vălișoara, Hunedoara, who uses the acoustic element as a priority.

Generally, this blacksmith can differentiate steel from soft iron, giving them a "vital" quality: steel is *living iron* while soft iron is *dead iron*. Few blacksmiths use this label, preferring the technical one, especially those who used to work in industry. For example, Ilie Olaru from Vadu makes the following statement related to the living-dead binomial "dead iron: no steel in it" (Ilie Olaru, AIEF, da-WS750111)

<sup>1</sup> Spectrul sonor este format din componentele spectrale ale sunetului, denumite *armonice* (sau *parțiale*), componente care vibrează odată cu sunetul de bază, *fundamental*, și care dau „culoarea” (timbrul) sunetului. Spectrograma are la bază *Analiza Fourier* a semnalului sonor.

<sup>1</sup>The sound spectrum consists of the spectral components of sound called *harmonics* (or *partials*), vibrating along with the *fundamental* sound giving the “colour” (timbre) of the sound. The spectrogram is based on *Fast Fourier Transformation* analysis.

Oțel „rapid”. Tot „fier viu”, obținut din arcuri și bride de la autobuze. Se poate îndoi, dacă nu e foarte gros. Din el se pot face unelte, cum ar fi: dornuri, burghie etc. Sună mai „subțire”. Iată spectrograma pentru sunetul produs de o foaie de circular (vezi Figura 1):

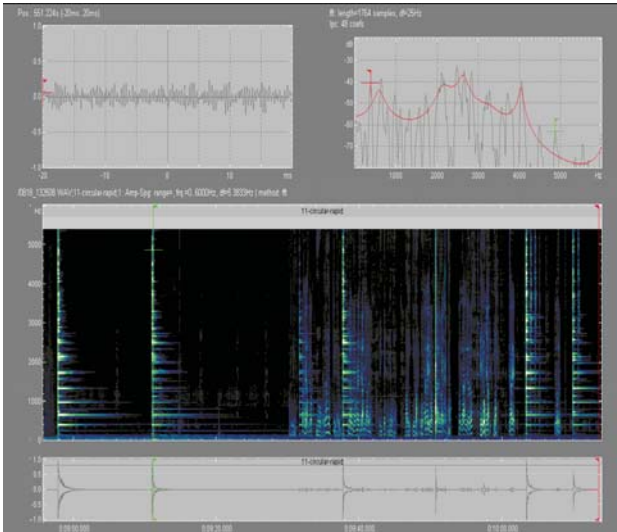


Figura 1. Spectrogramă pentru Oțel „rapid”

Configurația sonoră care rezultă din grafic este foarte complexă. Este un sunet bogat în parțiale dizarmonice,<sup>2</sup> fiind mai aproape de sunetul de clopot, decât de sunetul bogat în armonice, obișnuit.

Oțel „cimentat”, în aliaj cu fontă. Este tot „fier viu”. Nu se îndoaie. Este cel mai tare. Se prelucrează doar la cald. Din el se pot face diverse unelte, precum dălți, burghie, dornuri, sfredele, rindele, foarfece de tablă, topoare, seceri etc. Sună, după cum opinează fierarul, mai „gros”, mai „închis”. Spectrograma pentru o bară de metal (vezi Figura 2):

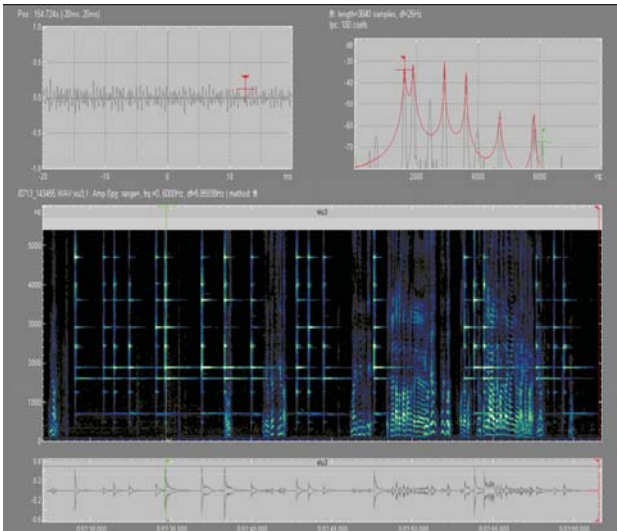


Figura 2. Spectrogramă pentru Oțel „cimentat”

Este un spectru tot dizarmonic, dar mai sărac decât precedentul. Are mai puține parțiale în general, și oricum mai puține parțiale grave decât cel anterior, deci sonoritatea sa este *mai subțire* decât precedentul, contrar părerii informatorului. Dar, această observație „fizică” nu anulează impresia cumva eronată a fierarului, de vreme

For Avram Munteanu there are three types of iron (information provided by AIEF, da-WS\_750003.wma and sound-graphic examples are taken from AIEF, da-0818\_132508.wav):

- Fast steel; living iron obtained from springs and clamps from buses. It can be bent, if it is not very thick. One can make tools out of it such as punches, drills, etc. It sounds "thinner". Here is the spectrogram for the sound produced by a circular sheet (see Figure 1):

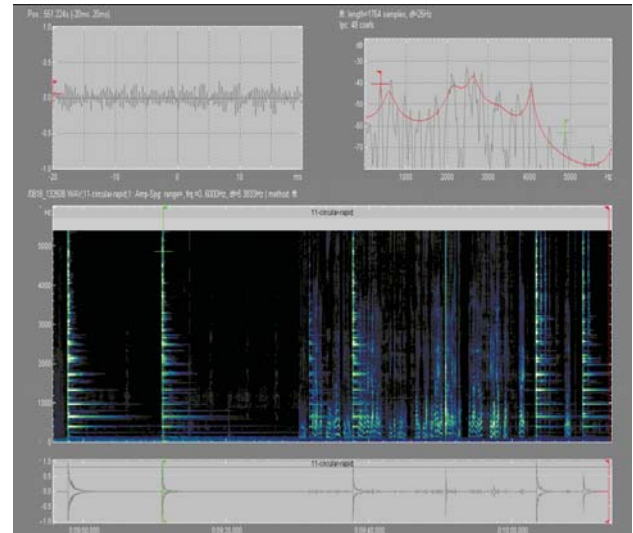


Figure 1. Spectrogram for *Fast steel*

The sound configuration resulting from the graph is very complex. It is a sound rich in inharmonic partials<sup>2</sup>, being closer to the sound of the bell, than to the normal sound rich in harmonics.

- Cemented steel, in alloy with cast iron. It is living iron, as well. It can not be bent. It is the toughest. It may be processed only hot. Various tools may be made out of it such as chisels, drills, punches, planes, metal scissors, axes, sickles, etc. It sounds, as the blacksmith says, "thicker", "closer". Here is the spectrogram for a metal bar (see Figure 2):

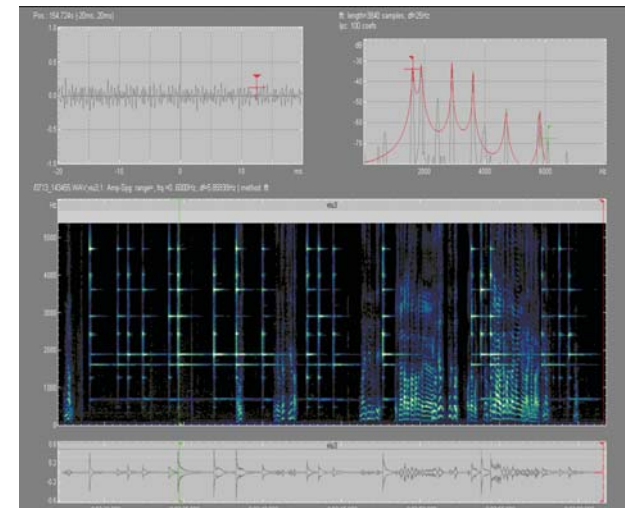


Figure 2. Spectrogram for *Cemented steel*

<sup>2</sup> It can be seen in the parallel lines of the main window or on tips of the spectrum from the Fourier Analysis window for a certain moment.

<sup>2</sup> Ceea ce se vede din liniile paralele din fereastra principală, sau din vârfulurile spectrului, din fereastra cu *Analiza Fourier* pentru un moment dat.

ce el se orientează foarte bine cu acest mod de etichetare. Comparăția sonorităților celor două timbre se face, conform terminologiei psihoacustice, la nivelul „ascuțimii” sunetelor (*sharpness*), care depinde de desfășurătoarea (*envelope*) spectrală a sunetului, dar și de conținutul spectral în detaliu. Astfel, primul sunet are o coeficient de „ascuțime” mai redus decât cel de al doilea, deci sună mai *grav* (Zwicker, și Fastl, 1999).

Fier „mort”. E alcătuit din mai multe aliaje. Se îndoaie ușor, chiar și la rece. Din el se pot confecționa: lanțuri, cuie, fier beton, garduri, potcoave etc. Sună sec, închis. Spectrograma sa (vezi Figura 3):

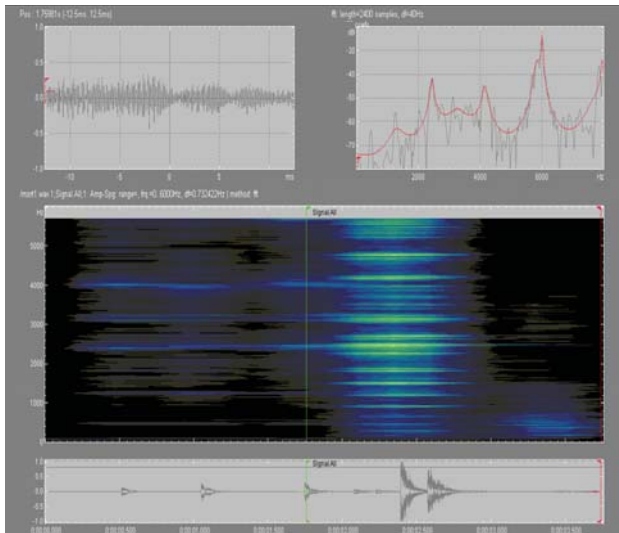


Figura 3. Spectrogramă pentru Fier „mort”

Din acest grafic rezultă o configurație spectrală confuză, continuă, extrem dizarmonică, foarte aproape de zgomot. Însă, nu sună neapărat mai „gros” după cum spune informatorul, deoarece spectrul merge destul în acut.

Am sintetizat informația acestor spectrograme pentru primele două exemple de „fier viu” și am obținut următorul tabel:

Tabel 1. Analiza celor două „acorduri”

Sound	Hz	Cent	Cent diff	dB
01 11-rapid-circular	388		0	-41,8
	646	883	883	-48,6
	797	364	1247	-53,7
	969	338	1585	-49,2
	1120	251	1836	-52,9
	1335	304	2140	-47,4
	1550	259	2399	-58,1
	1766	226	2625	-50,8
	2132	326	2951	-42,9
	2476	259	3210	-39
02 viu3-cimentat-bara	717		0	-65
	1600	1390	1390	-33,7
	1876	276	1666	-31,8
	2428	447	2113	-52
	2924	322	2435	-32,2
	3614	367	2802	-37,2
	4028	188	2990	-59,6
	4690	263	3253	-56,9
	5793	366	3619	-57,2

Tabelul conține valorile de frecvență în Hertzi, așa cum au reieșit din măsurători, apoi valorile convertite în cenți,

It is also an inharmonic spectrum, but poorer than the previous. It has less partials, in general, and less grave partials than the previous example, so it sounds *thinner*, in contradiction with the informant's opinion. But this “physical” observation does not cancel the somehow erroneous perception of the blacksmith, as he guides himself very well with this kind of labelling.

The comparison of the sonorities of the two timbres is made, according to the psychoacoustic terminology, at the *sharpness* level, which depends on the spectral sound envelope, but also on the spectral content. Thus, the first sound has less factor of *sharpness* than the second, so it sounds *lower* (Zwicker and Fastl, 1999).

- *Dead iron* consists of several alloys. It bends easily, even cold. One can make chains, nails, concrete iron, fences, horseshoes etc of it. It sounds dry, closed. Here is its spectrogram (see Figure 3):

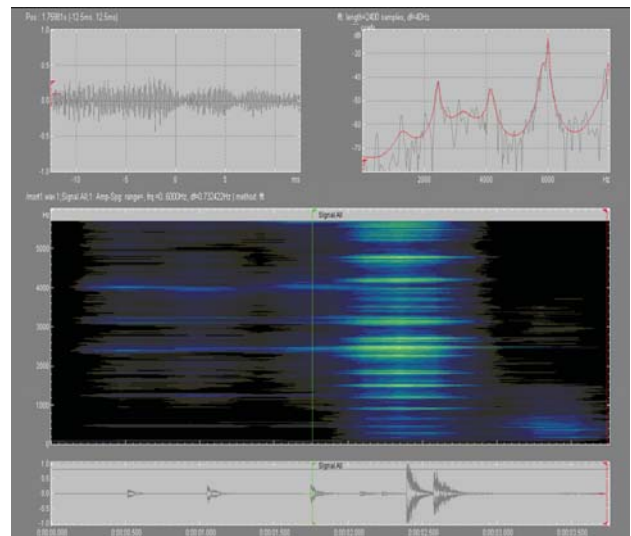


Figure 3. Spectrogram for *Dead iron*

This graph shows a confused, continuous, extremely inharmonic spectral configuration, very close to noise. Yet, it does not necessarily sound “thicker” as the informer says, because the spectrum goes quite acute.

We have synthesized the information of these spectrograms for the first two examples of *living iron* and we have obtained the following tables

Table 1. Analysis of the two ‘chords’

Sound	Hz	Cent	Cent diff	dB
01 11-rapid-circular	388		0	-41,8
	646	883	883	-48,6
	797	364	1247	-53,7
	969	338	1585	-49,2
	1120	251	1836	-52,9
	1335	304	2140	-47,4
	1550	259	2399	-58,1
	1766	226	2625	-50,8
	2132	326	2951	-42,9
	2476	259	3210	-39
02 viu3-cimentat-bara	717		0	-65
	1600	1390	1390	-33,7
	1876	276	1666	-31,8
	2428	447	2113	-52
	2924	322	2435	-32,2
	3614	367	2802	-37,2
	4028	188	2990	-59,6
	4690	263	3253	-56,9
	5793	366	3619	-57,2

în scară logaritmică, cu determinarea intervalelor între două trepte succesive și cu indicarea intensităților relative ale fiecărei componente spectrale.

**Tabel 2. Analiza celor două „acorduri”**

Sound	semitons	tone	come	tone	note	degree
01 11-rapid-circular	0	7	0	7	sol	
	9	16	-1	4	mi	↓
	4	20	-2	8	la b	↑↑
	3	23	2	11	si	↓
	3	26	-2	2	re	↑↑
	3	29	0	5	fa	↑↑
	3	32	-2	8	la b	
	2	34	1	10	si b	↑
	3	37	1	1	do #	↓↓
	3	40	-2	4	mi	
	1	41	1	5	fa	↑
	1	42	0	6	fa #	↑↑
	3	45	-2	9	la	
4	49	-2	1	do #	↓↓	
02 viu3-cimentat-bara	0	5	0	5	fa	
	14	19	-1	7	sol	↓
	3	22	-1	10	si b	↓↓
	4	26	2	2	re	↑
	3	29	1	5	fa	↑↑
	4	33	-2	9	la	
	2	35	-1	11	si	↓
	3	38	-2	2	re	↓↓
4	42	-2	6	fa #	↑	

Acest tabel continuă cu convertirea în sistem temperat european a tuturor intervalelor, treptelor, cu o mai fină redare în come de cca. 20 Cenți.și cu numerele de ordine ale treptelor în scară temperată. Urmează numele notelor și gradele de înălțime. Coloana de note, a determinat următorul grafic, unde am sintetizat în notație muzicală apuseană acordurile muzicale, ce redau cu aproximație configurațiile spectrale întâlnite (vezi Figura 4). Am aplicat aici metoda folosită de K. A. Hueber pentru reproducerea sunetelor de clopot au ajutorul sunetelor de pian, metoda bazată pe identificarea valorilor de frecvență, amplitudine și atenuare a parțialelor, valori care sunt transformate apoi în acorduri pentru pian (Hueber, 1972):

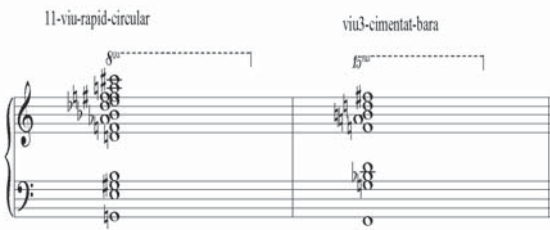


Figure 4: **Acordurile corespondente**

Ceea ce reiese din aceste acorduri este caracterul profund dizarmonic, totuși nu extrem disonantic, zgomotos al ambelor spectre, acordurile fiind alcătuite mai ales din intervale de terțe suprapuse. Exemplele de „fier viu” se reflectă prin niște acorduri complexe, asemănătoare gongurilor sau clopotelor, cu intervale misterioase, a căror logică de generare fizică este obscură. Aceste configurații sonore sună „agreabil”, și se deosebesc net de „zgomotul” sec, surd, opac ce corespunde „fierului mort”.

În concluzie, am putut observa că procesul de prelucrare a fierului conține în mod surprinzător mai multe elemente acustice, care nefiind muzică în sensul comun al

The table contains the frequency parameters expressed in Hertz, as they resulted from the measurements; then the values converted into cents in logarithmic scale, with the intervals between two successive steps, and with the indicating of the relative dynamics of each spectral component.

**Tabel 2. Analysis of the two 'chords'**

Sound	semitons	tone	come	tone	note	degree
01 11-rapid-circular	0	7	0	7	sol	
	9	16	-1	4	mi	↓
	4	20	-2	8	la b	↑↑
	3	23	2	11	si	↓
	3	26	-2	2	re	↑↑
	3	29	0	5	fa	↑↑
	3	32	-2	8	la b	
	2	34	1	10	si b	↑
	3	37	1	1	do #	↓↓
	3	40	-2	4	mi	
	1	41	1	5	fa	↑
	1	42	0	6	fa #	↑↑
	3	45	-2	9	la	
4	49	-2	1	do #	↓↓	
02 viu3-cimentat-bara	0	5	0	5	fa	
	14	19	-1	7	sol	↓
	3	22	-1	10	si b	↓↓
	4	26	2	2	re	↑
	3	29	1	5	fa	↑↑
	4	33	-2	9	la	
	2	35	-1	11	si	↓
	3	38	-2	2	re	↓↓
4	42	-2	6	fa #	↑	

The tables follows with a conversion in European temperate system of all intervals, steps, with a sharper precision of about 20 cents, and with numbers in tempered scale/ Next there are name notes and the degrees of the pitch. This latter point, column of notes, generated the following chart where we have synthesized in Western musical notation some musical chords that give the approximate spectral configurations encountered (Fig. 4). We applied here the method of K. A. Hueber to reproduce the bell sounds by means of piano sounds, method which is based on identifying the frequency, amplitude and attenuation values of the partials, which are than converted into piano chords (Hueber, 1972: 334-343):



Figure 4: **The corresponding chords**

What results from these chords is a profound inharmonicity, yet not very dissonant, noisy, of both spectra, chords being made mostly from third-overlapping intervals. Examples of *living iron* are reflected by some elaborate chords, resembling gongs or bells with mysterious intervals, whose logic of physical generation remains obscure. These sound configurations sound “agreeable”, and are sharply distinguished from the dry, dull, opaque “noise” corresponding to *dead iron*. In conclusion, we have noticed that iron processing surprisingly contains several acoustic elements which are not music in the ordinary meaning of the term, but do not

termenului, nu exclud totuși o anumită percepție muzicală la nivelul spectrelor acustice. Toate aceste spectre sunt dizarmonice: oțelul „rapid” are o componentă a parțialelor foarte bogată, oțelul „cimentat” ceva mai săracă, pe când fierul mort reprezintă doar o formă de zgomot. Astfel, constatăm că fierarul, fără a fi muzician, este capabil să discrimineze foarte precis configurații „acordice” extrem de complexe.

#### MULȚUMIRI

Acest studiu include rezultate dintr-o cercetare de acustică etnofolclorică, desfășurată în cadrul proiectului CNCSIS, program Idei, cercetare exploratorie: „*Oameni și fiare. Cercetarea statutului, real și imaginar, al lucrătorului în fier în societatea românească, din epoca preindustrială la societatea de consum*”. Cod Id\_1183

exclude a certain musical perception at the level of acoustic spectra. All these spectra are inharmonic: Fast steel has a very rich partial compound, Cemented steel a poorer one, while the Dead iron represents only a certain form of noise. Thus, we noticed that the blacksmith without being a musician is able to discriminate extremely complex "chords" configurations.

#### ACKNOWLEDGMENT

This study includes some results of an ethno-folkloric acoustic research, carried out under CNCSIS project, program ideas, exploratory research, " Men and irons. The real and imaginary portrait of the blacksmith in the Rumanian society, from the pre-industrial era to the society of consumer."code Id\_1183

#### BIBLIOGRAFIE / REFERENCES

- Deutsch, D. (Ed.) (1999). *The Psychology of Music*, San Diego: Academic Press
- Helmholtz, Hermann Ludwig Ferdinand von. (1863), *On the Sensations of Tone as a Physiological Basis for the Theory of Music*, Braunschweig: Verlag von Fr. Vieweg und Sohn.
- Hueber, K. A. (1972). Nachbildung des Glockenklanges mit Hilfe von Röhrenglocken und Klavierlängen. *Acustica*, vol. 26, Heft 6, 334, 343
- Winckel, F. (1960). *Vues nouvelles sur le monde des sons*, Paris: Dunod
- Zwicker, E. și Fastl, H (1999). *Psychoacoustics: Facts and Models*, Berlin: Springer.