

ANÀLISI DE LA VEU AMB ADOBE AUDITION 3.0

Anna Gené Miralles i Maria Dalmases Betriu
Assignatura: Música i Matemàtiques FME
Maig 2009

ÍNDEX

1) OBJECTIU	3
2) FONAMENTS TEÒRICS	3
2.1) El so	3
2.2) La veu	5
2.3) Digitalització d'àudio	7
3) DESCRIPCIÓ MATEMÀTICA DE LA VEU	8
4) PROGRAMA UTILITZAT: PRESENTACIÓ I FUNCIONAMENT	9
4.1) Estructura del programa	10
4.2) Funcions principals (vista Edició)	10
a) Creació d'un nou arxiu d'àudio.....	10
b) Gravació i la reproducció.....	10
c) Obertura d' arxius d'àudio existents	10
d) Visualització d'àudio	11
e) Anàlisi de freqüència.....	12
4.3) Procés de digitalització d'àudio	13
5) EXPERIMENT	13
5.1) Anàlisi de la veu de dues persones.	13
5.2) Altres.....	16
a) Violí.....	16
b) Veu parlada	17
5.3) Generació de tons.....	18
6) CONCLUSIONS	20
7) BIBLIOGRAFIA	20

1) OBJECTIU

L'objectiu d'aquest treball és l'estudi la nostra veu: analitzar-la, donar-ne una expressió matemàtica mitjançant la transformada de Fourier i comparar el diferents harmònics que caracteritzen el timbre de veu de dos persones.

2) FONAMENTS TEÒRICS

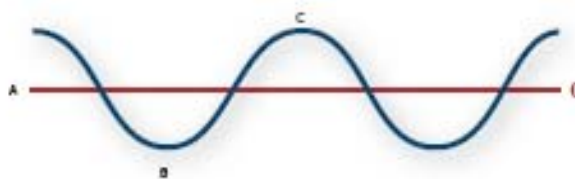
2.1) El so

El so comença amb vibracions de l'aire. Aquestes vibracions forcen la unió de les molècules properes i en conseqüència augmenten lleugerament la pressió de l'aire.

Les molècules d'aire sotmeses a pressió empenyen a les altres molècules d'aire que les envolten, que també empenyen a les molècules del costat i així successivament.

Quan les zones d'alta pressió es desplacen per l'aire, deixen darrera àrees de baixa pressió. Quan aquestes onades de canvis de pressió arriben a les nostres orelles, fan vibrar els receptors de l'oïda i escoltem les vibracions en forma de so.

Quan representem ones d'àudio solem reflectir aquestes ones de pressió d'aire.



A: Línia zero (aire en repòs)

B: Àrea de baixa pressió

C: Àrea d'alta pressió

• Mesures de les ones

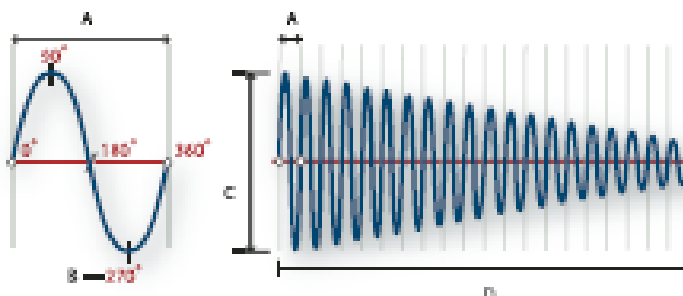
Amplitud: reflexa el canvi de pressió des del pic fins el mínim.

Cicle: descriu una única seqüència repetida de canvis de pressió des de pressió zero a alta pressió, a baixa pressió i de nou a zero.

Freqüència: descriu el nombre de cicles per segon. Es mesura en Herz (Hz). Com més alta sigui la freqüència més agut serà el to musical.

Fase: indica la posició d'una forma d'ona en un cicle. Es mesura en graus.

Longitud d'ona: és la distància entre dos punts amb el mateix grau de fase. A mesura que augmenta la freqüència, disminueix la longitud d'ona. Es mesura en metres, cm...



Un cicle únic a l'esquerra i una forma d'ona completa de 20 Hz a la dreta.

A: Longitud d'ona.

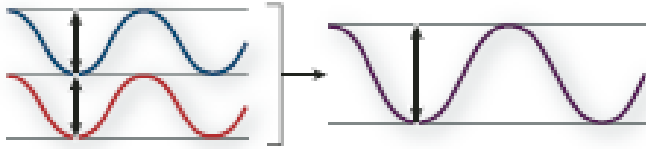
B: grau de fase.

C: Amplitud.

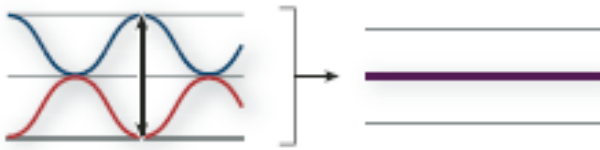
D: Temps, 1 segon

- **Interacció de les ones de so**

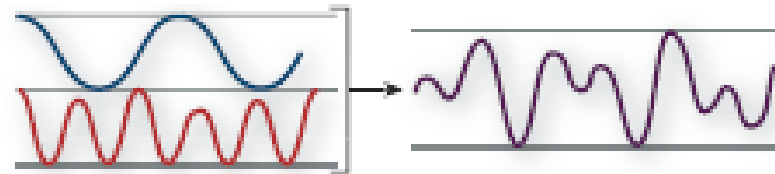
Quan es troben dos o més ones de so, es sumen i es resten entre sí. Si els seus pics i mínims estan perfectament *en fase*, es reforcen les unes a les altres, el que dóna com a resultat una forma d'ona que té una amplitud més gran que les formes d'ona individuals.



Si els pics i mínims de dos formes d'ona estan perfectament *desfasats*, es cancel·len entre sí, el que provoca que no hi hagi cap forma d'ona.



En la majoria dels casos, no obstant, les ones es desfasen en diverses magnituds, el que dóna com a resultat una forma d'ona combinada que és més complexa que les formes d'ona individuals. Una forma d'ona complexa que representa música, veu, soroll i altres sons, per exemple, combina les formes d'ona de cada so.



Qualsevol so dels que es produeixen en el nostre entorn, es pot analitzar i, d'aquest anàlisi, en sorgeix una *descomposició en* freqüències. Una freqüència pura, és un so produït per una ona sonora amb un moviment sinusoidal perfecte, que es tradueix en el nostre sistema auditiu en un xiulet pur.

En general, els sons que sentim no són purs, tenim sumes de sons purs i el que passa és que anem obtenint cada vegada una ona més complexa i, aparentment, més irregular.

Hem de distingir entre soroll i to:

Soroll: so d'altura no definida que està format per ones irregulars i que no segueixen un cicle periòdic.

Un to: so d'altura definida que està format per una freqüència fonamental (la que ens determinarà l'altura del so) i un seguit d'harmònics o parcials de freqüència múltiple a la freqüència principal.

Exemple: nota **La** té una freqüència fonamental de 440Hz. Els parcials harmònics principals, els d'intensitat més alta, tenen unes freqüències que són múltiples directes d'aquest to fonamental, és a dir: 880Hz, 1.320Hz, 1.760 Hz...

La intensitat d'aquest parcials varien lleugerament segons cada instrument i per això podem distingir un **La** produït per un piano d'un altre produït per una trompeta. És el fet que defineix el timbre específic de cada instrument. Per la mateixa raó diferenciem les nostres veus.

- **Anàlisi del so**

Per l'anàlisi del so hem d'utilitzar instruments de mesura amb filtres electrònics. Si volem esbrinar quins harmònics estan presents en un determinat so, el captem amb un micròfon i l'analitzem mitjançant un analitzador espectral.

En un so musical la intensitat dels diferents parcials pot variar amb el temps, els parcials més aguts tenen una intensitat inferior als parcials més greus.

2.2) La veu.

La veu humana és l'instrument musical més ric en harmònics. Com hem parlat a l'apartat anterior, cada nota emesa per les nostres cordes vocals està formada per un conjunt de freqüències.

Les cordes vocals en sí, si poguéssim escoltar-les directament, emeten un so bastant semblant al que emet un espanta-sogres, i es transformarà en la nostra veu després de passar per tot l'aparell fonador. (entenem com a aparell fonador tot el tub de l'aparell respiratori que va des de les cordes vocals fins els llavis que és equivalent a una sèrie de tubs de diferents diàmetres empalmats entre ells, cadascun dels quals filtra el so provinent de les cordes vocals donant-li el color de la veu de cadascú). Per tant, la vibració de les cordes vocals produeix ones sonores amb un espectre de freqüències bastant distribuït i aquestes són filtrades per el tracte vocal i algunes freqüències són reforçades i altres atenuades.

El timbre és l'espectre específic d'una veu. El timbre vocal és produït a través de la filtració d'harmònics quan el so inicial de la laringe passa per el tracte vocal. És el

que ens fa diferenciar la veu d'una persona amb la d'una altra, tots tenim un grup d'harmònics personal.

Un dels factors més importants en la constitució del timbre d'un to és l'estructura dels sobretons, que es pot representar gràficament per l'espectre dels parcials. Els tons sinusoïdals només es diferencien entre ells per dues de les tres propietats dels tons periòdics: per la seva intensitat i la freqüència. El timbre no es veu afectat per les diferències de fase relatives dels parcials.

Quan la intensitat dels primers parcials és relativament gran, sentim un to més aviat suau i dolç. Quan al contrari el to presenta parcials harmònics alts d'una intensitat no negligible, el to té un caràcter dur i estrident.

Tothom té veus amb timbres diferents, però tothom aprèn a col·locar el seu tracte vocal de manera que s'intensifiquin les freqüències fonamentals adequades per a emetre les diferents lletres, sobretot les vocals. De fet, sovint, amb unes 3 o 4 freqüències bàsiques ja podem crear una vocal prou entenedora com per a què més o menys tothom la pugui identificar.

Si es xiuxiueja una *i* obtindrem un so d'altura aguda, si es xiuxiueja una *u* s'obtindrà un so d'altura greu. Això es deu a que les ressonàncies del conducte vocal es produeixen a freqüències més altes per una *i* que per una *u*.

És veritat que de vegades, quan parlem per telèfon, confonem les veus de dos persones. Això és deu a que les línies telefòniques només transmeten les freqüències que van entre els 400 i els 4.000 Hz perquè la majoria de les freqüències de la veu es concentren entre aquests dos valors (figura 1).

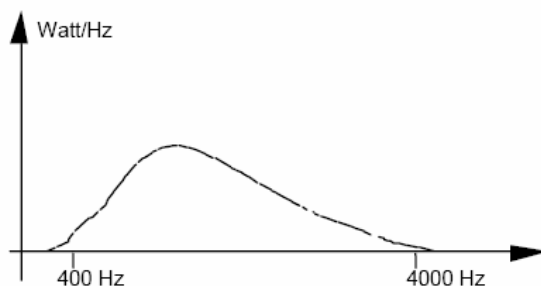


Figura 1: Densitat espectral de veu

En canvi, quan nosaltres escoltem els sons en el món real, sentim freqüències que van dels 20 als 20.000 Hz. És evident, doncs, que el so telefònic es menja moltes de les freqüències que ens ajuden a diferenciar els timbres de les persones, Això sí, no confondrem mai les vocals ja que les freqüències principals que les conformen estan dins l'ample de freqüències de les línies de telèfon.

2.3) Digitalització d'àudio

- Distinció entre l'àudio analògic i el digital:

El so es transmet i s'emmagatzema de manera molt diferent.

Àudio analògic: voltatge positiu i negatiu

Un micròfon converteix les ones de so de canvis de pressió de l'aire en canvis de tensió en un cable: l'alta pressió es converteix en tensió positiva, mentre que la baixa pressió es converteix en negativa. Quan aquests canvis de tensió viatgen a través d'un cable de micròfon, pot gravar-se en una cinta com canvis en la intensitat magnètica. Un altaveu funciona com un micròfon, però a la inversa: agafa les senyals de tensió d'un àudio que grava i vibra per tornar a crear l'ona de pressió.

Àudio digital: zeros i uns

A diferència dels medis d'emmagatzematge analògics, com les cintes magnètiques, els equips informàtics emmagatzemen informació d'àudio en forma digital com una sèrie de zeros i uns. En l'emmagatzematge digital, la forma d'onda original es desglossa en instantànies individuals denominades *mostres*. Aquest procés es coneix normalment com *digitalització* o *mostreig* de l'àudio, però en ocasions rep el nom de *conversió d'analògic a digital*.

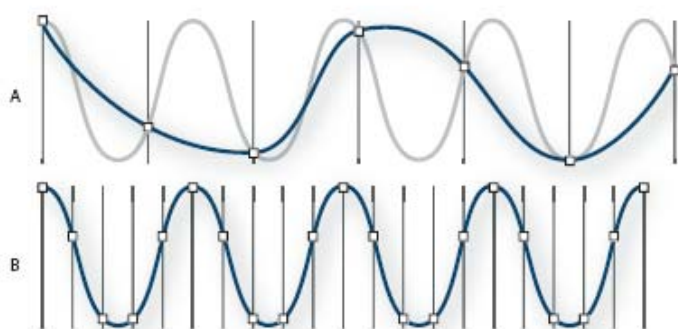
Quan grava en un equip des d'un micròfon, per exemple, els conversors d'analògic a digital transformen la senyal analògica en mostres digitals que els equips poden emmagatzemar i processar.

- Paràmetres que cal tenir en compte

Velocitat de mostreig

Les velocitats de mostreig indiquen el número d'instantànies digitals que s'agafen en una senyal d'àudio cada segon.

Aquesta velocitat determina l'interval de freqüències d'un arxiu d'àudio. Quant més alta sigui la velocitat de mostreig, més s'assemblarà la forma de l'ona digital a la forma de l'ona analògica original. Les velocitats de mostreig baixes limiten l'interval de freqüències que poden gravar-se, el que pot donar com a resultat una gravació que no representa correctament el so original.



A. Velocitat de mostreig baixa, que distorsiona la forma de so original

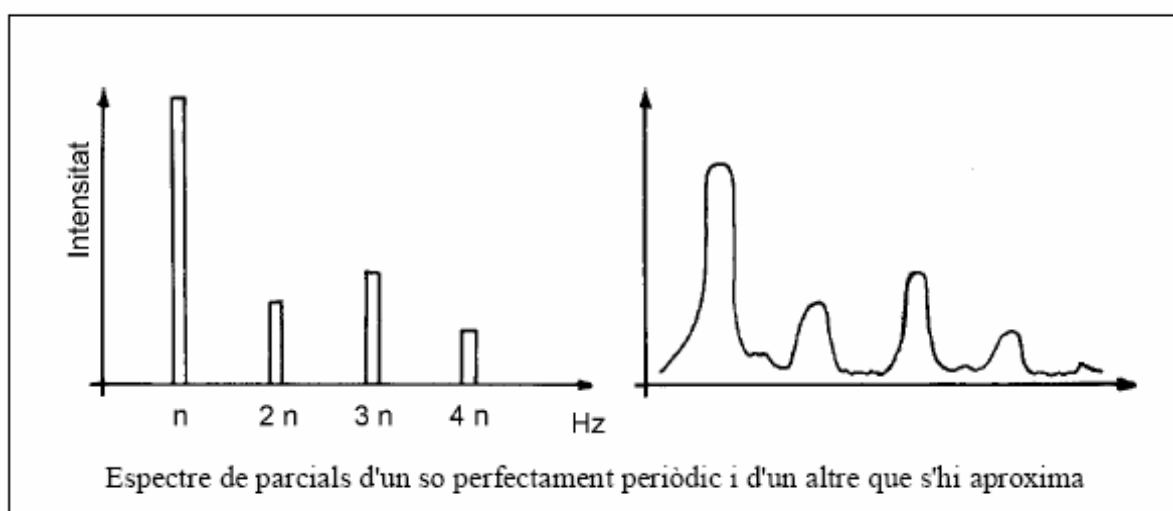
B. Velocitat de mostreig alta, que reproduceix perfectament la forma de so

Profunditat de bits

Al igual que una velocitat de mostreig determina el rang de freqüència, la profunditat de bits determina el rang dinàmic. Quan es mostra una ona de so, s'assigna a cada mostra el valor d'amplitud més proper a l'amplitud de l'ona original. Una profunditat de bits més alta proporciona més valors d'amplitud possibles, el que produeix un rang dinàmic més gran, una base de soroll inferior i més fidelitat.

3) DESCRIPCIÓ MATEMÀTICA DE LA VEU

Quan tenim un so aproximadament periòdic, és a dir, un to amb parcials no perfectament harmònics, l'espectre de parcials es converteix en una corba contínua semblant al de la figura de la dreta.



Així, si aconseguim un programa que ens analitzi l'espectre de la veu podrem saber de quins harmònics està composta.

Les freqüències dels sobretons emesos per una corda ideal són múltiples naturals de la freqüència fonamental (parcials harmònics) i degut a aquest fet el so emès és periòdic. Els sons periòdics són els que considerem musicals. La pròpia orella crea parcials harmònics subjectius.

El teorema de Fourier (1822) enuncia que *qualsevol funció periòdica és la suma de funcions sinusoidals amb períodes continguts almenys una vegada en el període de la funció original*.

Aquest teorema aplicat a la música es pot formular de la següent manera:

Qualsevol moviment vibratori periòdic de l'aire representa un to descomposable d'una sola manera en tons sinusoidals, les freqüències dels quals són múltiples enters de la freqüència fonamental (es tracta doncs de parcials: harmònics).

Per a calcular numèricament la descomposició de qualsevol funció periòdica $f(x)$ amb període P en funcions sinusoidals, Fourier va trobar la suma:

$$f(x) = \frac{1}{2} \cdot a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} \left(a_n \cdot \cos \frac{2\pi nx}{P} + b_n \sin \frac{2\pi nx}{P} \right)$$

amb els coeficients següents:

$$a_n = \frac{2}{P} \int_0^P f(x) \cdot \cos \frac{2\pi nx}{P} dx; \quad n = 0, 1, 2, 3, \dots$$

$$b_n = \frac{2}{P} \int_0^P f(x) \cdot \sin \frac{2\pi nx}{P} dx \quad n = 0, 1, 2, 3, \dots$$

Els coeficients a_n i b_n representen l'amplitud del parcial harmònic corresponent.

La n que es multiplica amb x , determina el número del parcial. El primer parcial o fonamental correspon a $n=1$.

Cal remarcar que la forma d'ona depèn tant de les fases relatives dels parcials com de les respectives amplituds.

4) PROGRAMA UTILITZAT: PRESENTACIÓ I FUNCIONAMENT

Per l'anàlisi de les veus hem utilitzat:

- El programa Adobe Audition 3.0.
- Un micròfon com a entrada d'àudio a l'ordinador.

Adobe Audition 3.0. és la tercera versió que ha presentat Adobe del potent editor de àudio Audition (l'antic Cool Edit). Incorpora moltes novetats en referència a les versions anteriors.

Per poder analitzar la veu necessitàvem un programa d'àudio. Després de provar diferents programes creiem que Adobe Audition 3.0 és el més complet, fins i tot molt més del que nosaltres necessitem. Ens hem sorprès de la gran quantitat de funcions possibles que hi ha amb els arxius d'àudio i hem intentat entendre el funcionament. Realment queda molt per descobrir, ja que és un programa que permet des de gravar, fins a barrejar, compondre, analitzar...

4.1) Estructura del programa

Adobe Audition ofereix tres vistes diferents :

- **Vista Edició:** es modifiquen arxius d'àudio individuals
- **Vista Multipista:** es se distribueixen en capes diversos arxius de àudio, barrejant-los per crear composicions musicals sofisticades i bandes sonores de vídeo.
- **Vista CD:** es barregen arxius d'àudio i es converteixen en pistes de CD d'àudio.

Per dur a terme l'anàlisi de la veu només hem necessitat la vista d'edició i degut a la complexitat del programa, ja no ens endinsarem a explicar les funcions principals de cada vista, sinó que ja especificarem només les funcions de la vista edició, que són les realment ens han estat útils.

4.2) Funcions principals (vista Edició)

a) Creació d'un nou arxiu d'àudio

Cal definir les següents opcions:

- **Velocitat de mostreig:** Determina el rang de freqüències que pot reproduir-se. Per reproduir una freqüència determinada, la velocitat de mostreig ha de ser, almenys el doble de la freqüència.
- **Canals:** Determinar si la forma de l'onda es mono o estèreo.
 - **Mono:** Crea una forma d'ona amb un únic un canal d'informació d'àudio.
 - **Estèreo:** Crea una forma d'ona de dos canals: dret i esquerra independents.
- **Resolució:** Determina el rang de nivells d'amplitud que pot reproduir-se. El nivell de 32 bits es el millor per treballar en Adobe Audition.

b) Gravació i la reproducció

Es pot gravar àudio des d'un micròfon o qualsevol dispositiu que pugui connectar-se al port d'entrada de línia d'una targeta de so.

Com molts dispositius de gravació i reproducció d'àudio basats en hardware, Adobe Audition ofereix controls per reproduir, gravar, detenir, pausar, avançar i rebobinar formes d'ona i sessions.

Les gravacions poden reproduir-se i guardar-se en format àudio per analitzar-les.

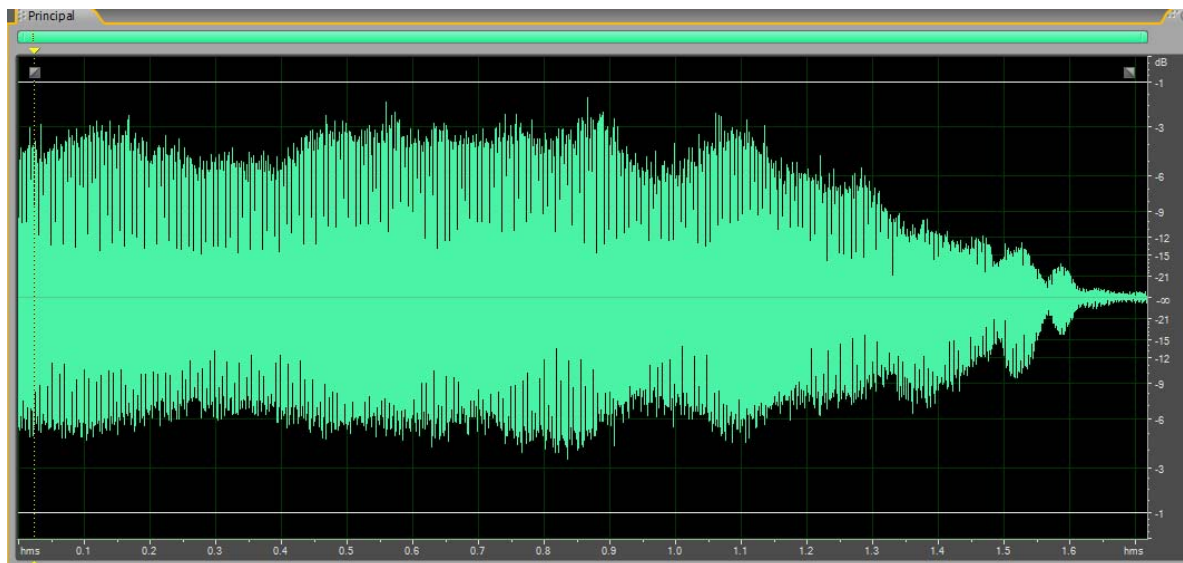
c) Obertura d' arxius d'àudio existents

Es pot obrir àudio des de diversos formats d'arxius d'àudio (MP3, etc) per poder-los analitzar.

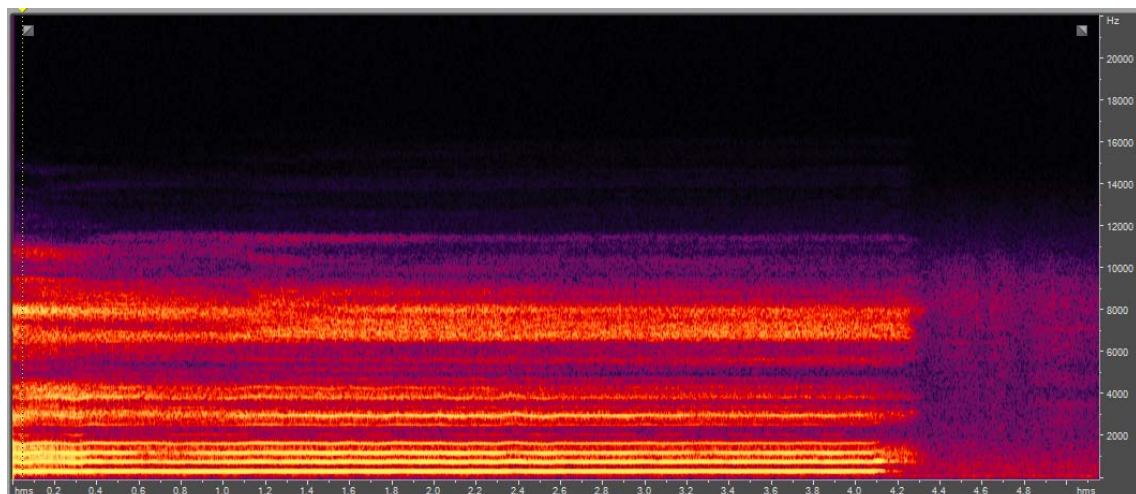
d) Visualització d'àudio

Podem escollir entre qualsevol de les quatre visualitzacions de dades d'àudio. Cada una mostra una representació visual diferent per les ones de so. Si s'obra un arxiu estèreo, el canal esquerre apareix a la part superior i el canal dret, a la part inferior. Si s'obra un arxiu mono, el seu únic canal ocupa tota l'altura del panell principal.

- **Visualització de forma d'ona:** Visualització de forma d'ona mostra una forma d'ona com una sèrie de pics positius i negatius. L'eix x (regla horitzontal) mesura el temps (hms) i l'eix y (regla vertical) mesura l'amplitud, el volum de la senyal d'àudio (dB).



- **Visualització de freqüència espectral:** mostra una forma d'ona per les seves components de freqüència, on l'eix x (regla horitzontal) mesura el temps (hms) i l'eix y (eix vertical) mesura la freqüència (Hz). Permet analitzar dades d'àudio per veure les freqüències més extenses. Els colors més clars representen les components d'amplitud més gran. Els colors van des del blau fosc (freqüències de baixa amplitud) al groc clar (freqüències d'alta amplitud).



Les altres dues no les hem utilitzat, ja que són pròpies de so estèreo i no mono. Tan sols les esmentarem:

- **Visualització de panoràmica espectral:** mostra la posició de panoràmica de totes les freqüències d'un arxiu d'àudio, de manera que pugui visualitzar les ubicacions del so en el plano estèreo.
- **Visualització de fase espectral:** mostra la diferència de fases, en graus, entre els canals esquerra i dret.

e) Anàlisi de freqüència

Utilitzarem el panell anàlisi de freqüència, on l'eix horitzontal representa la freqüència (Hz), mentre que l'eix vertical representa l'amplitud (dB).

- Del panell principal podem fer clic en un punt o seleccionar un interval. En el cas que seleccionem un interval, Adobe Audition només analitzarà el punt central. Si volem analitzar la freqüència general de l'interval haurem de clicar l'opció: *Explorar selecció*.

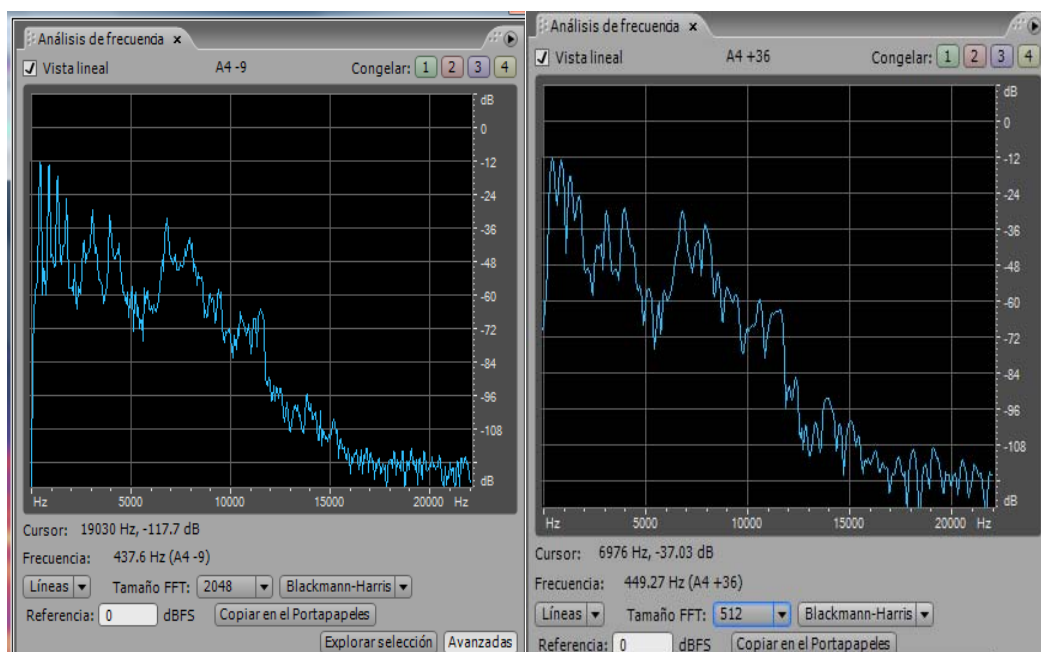
- La nota musical de la forma d'ona es mostra en l'àrea situada damunt del gràfic. Els números indiquen la variança de l'afinació estàndard. Per exemple, A2 +7 és igual a la segona A (nota La) més baixa amb una afinació un 7% més alta del normal.

- La freqüència més alta de tota la forma d'ona i l'amplitud màxima de cada canal es mostren a la zona esquerra situada sota el gràfic.

- La freqüència general (i la nota musical equivalent) del punt central del interval seleccionat es mostra a la zona dreta situada sota el gràfic.

- Aquest gràfic ens mostra la transformada de Fourier ràpida (FFT) del so que hem produït. Mides grans de FFT proporcionen resultats més precisos en termes de freqüència.

Exemple de dos gràfics amb diferents mides de FFT per un mateix interval.



També ens permet escollir entre vuit tipus de FFT. Cada una d'elles mostra un gràfic de freqüència lleugerament diferent. L'opció Blackman-Harris (la que nosaltres utilitzarem) mostra una banda de freqüència més ampla, que no es tan precisa, però facilita la selecció dels components principals de la freqüència.

La referència determina l'amplitud a la que es visualitzen les dades d'àudio a escala completa. Per exemple, un valor de zero dBFS permet visualitzar àudio fins a 0 dB com a amplitud màxima. Aquest valor simplement mou la visualització cap amunt arriba o cap avall; no canvia l'amplitud de les dades d'àudio.

4.3) Procés de digitalització d'àudio

Quan es grava àudio amb Adobe Audition, la targeta de so inicia el procés de gravació i especifica la velocitat de mostreig i profunditat de bits que s'han d'utilitzar. A través dels ports d'entrada de línia (Line In) o d'entrada de micròfon (Microphone In), la targeta de so rep àudio analògic i el mostreja digitalment a la velocitat especificada. Adobe Audition emmagatzema cada una de las mostres ordenades fins que s'atura la gravació.

Quan es reproduïx un arxiu en Adobe Audition, es dona el procés contrari. Adobe Audition envia un conjunt de mostres digitals a la targeta de so. La targeta reconstrueix la forma de l'onda original l'envia com a senyal analògica a través dels ports de sortida de línia (Line Out) o als altaveus.

En resumen, el procés de digitalització d'àudio comença amb una ona de pressió en el aire. Un micròfon converteix aquesta ona de pressió en canvis de tensió. Una targeta de so converteix aquests canvis de tensió en mostres digitals.

Una vegada que el so analògic es converteix en àudio digital, Adobe Audition pot gravar-lo, editar-lo, processar-lo i barrejar-lo.

5) EXPERIMENT

5.1) Anàlisi de la veu de dues persones.

Nota escollida: La (440Hz), A mesura que el cursor es desplaça per la forma d'ona, el programa mostra la informació espectral corresponent al panell anàlisi de freqüència. Així observem que la nostra afinació no és constant i hi ha zones on la nota principal surt més afinada que d'altres.

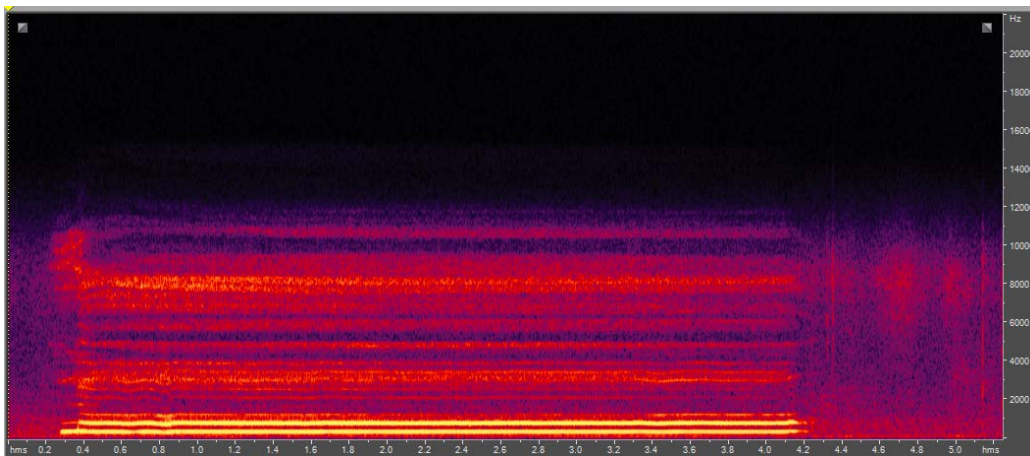
Escollim doncs l'instant on la nota estigui més afinada (freqüència fonamental propera a 440 Hz)

Amb el programa podem identificar clarament els tres primers harmònics.

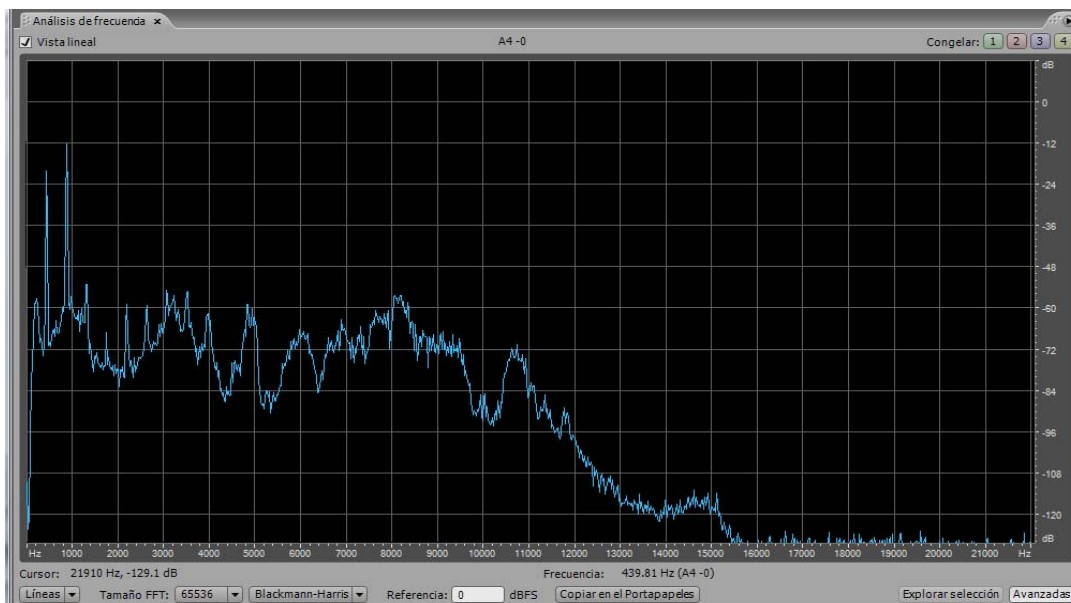
La mida de la transformada de Fourier ràpida (FFT) és: 65536 i així obtindrem els resultats més precisos en termes de freqüència.

1a persona: Anna (A4-0) freqüència 439.81Hz. (Escoltar arxiu d'àudio (LA) Anna)

Visualització de freqüència espectral



Anàlisi de freqüència

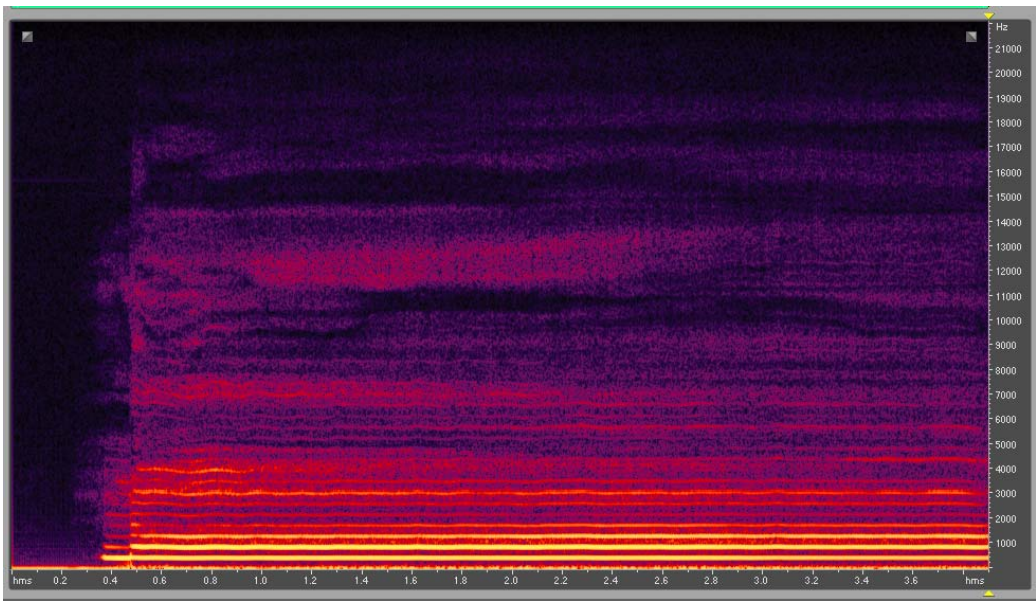


Taula 1

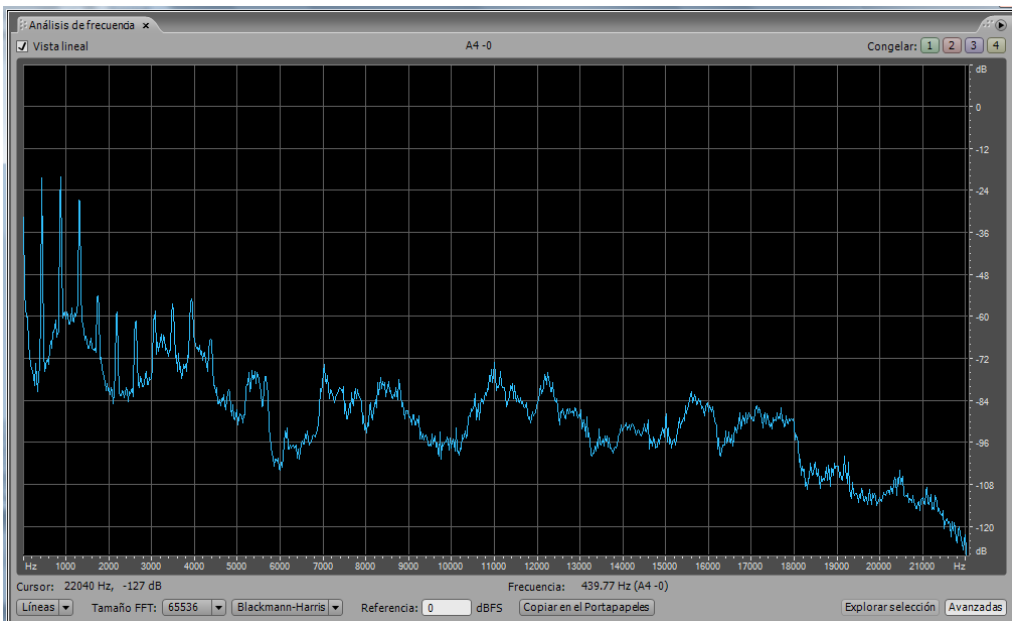
	Freqüència (Hz)	Intensitat (dB)
Fonamental o primer harmònic	439.8	-20.25
segon harmònic	879.4	-12.38
tercer harmònic	1314	-53.28
quart harmònic	1752	-67.36

2a persona: Maria (A4-0) freqüència 439.77Hz. (Escoltar arxiu d'àudio (LA) Maria)

Visualització de freqüència espectral



Anàlisi de freqüència



Taula 2

	Freqüència (Hz)	Intensitat (dB)
Fonamental o primer harmònic	439.7	-20.43
segon harmònic	880.1	-20.21
tercer harmònic	1310	-26.77
quart harmònic	1760	-54.36

Observacions

En el temps que dura el so produït, l'espectre canvia. Segons quin instant de temps seleccionem els harmònics prenen valors d'intensitat lleugerament diferents; de vegades, fins i tot, tenen més intensitat que la freqüència fonamental.

Observem diferències en els espectres de les dos veus analitzades:

- En les taules es veu clarament com els harmònics són múltiples de la freqüència principal
- També observem que amb una freqüència fonamental gairebé igual s'obtenen harmònics amb intensitats molt diferents.
- El fons de la pantalla de visualització espectral és més vermellós en el cas de la primera persona, això és causa que hi ha més soroll de fons o el simple fet que aquesta persona quan canta treu més aire. Això comporta a menys nitidesa de les línies dels harmònics.
- El tercer harmònic de la primera persona és molt dèbil en canvi el de la segona persona té intensitat similar al primer i segon.

Tot això contribueix a l'obtenció de dos timbres ben diferenciats auditivament.

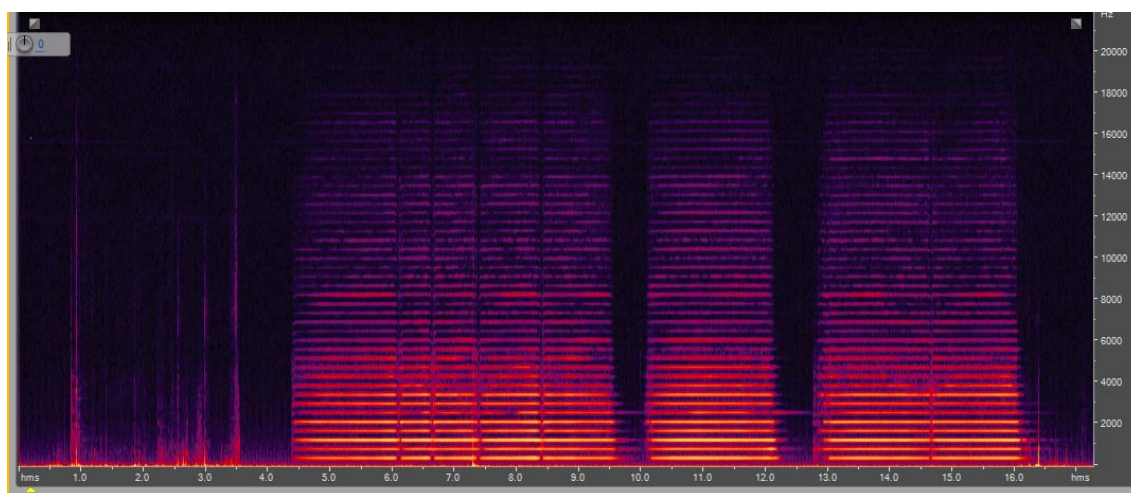
5.2) Altres

Un cop analitzada la nostra veu hem realitzat altres petits experiments per estudiar diferents curiositats. En primer lloc hem volgut analitzar l'espectre d'un violí per veure'n les diferències envers la veu. També hem observat l'espectre de la veu parlada.

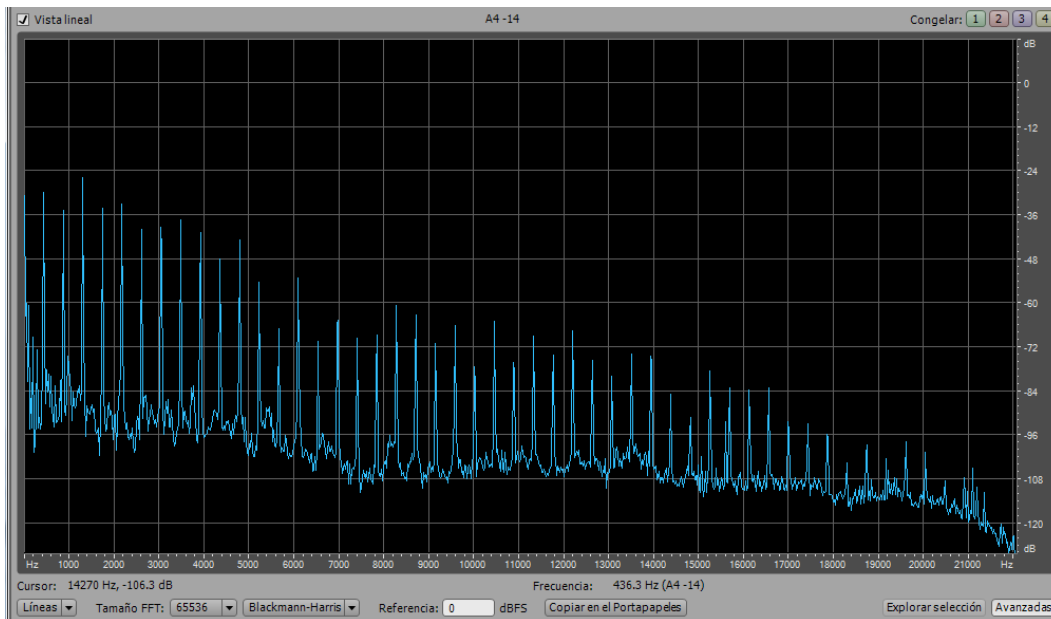
a) Violí

(Escotar arxiu d'àudio violí: La (436.3 Hz))

Visualització de freqüència espectral



Visualització de l'anàlisi de freqüència

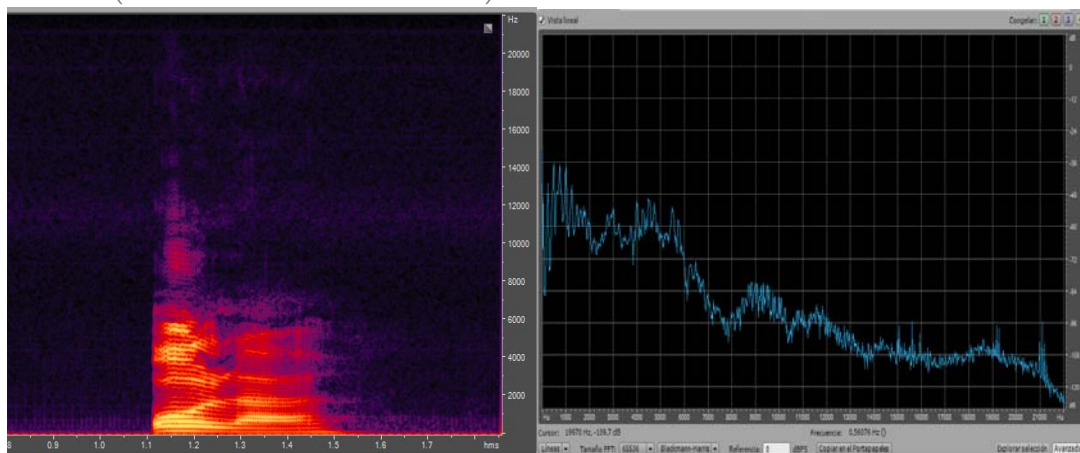


En el primer gràfic observem com les línies dels harmònics estan molt ben diferenciades i que apareixen moltes més ratlles secundàries que en el cas de la veu on només es veien unes primeres ratlles diferenciades però després es confonia tot.

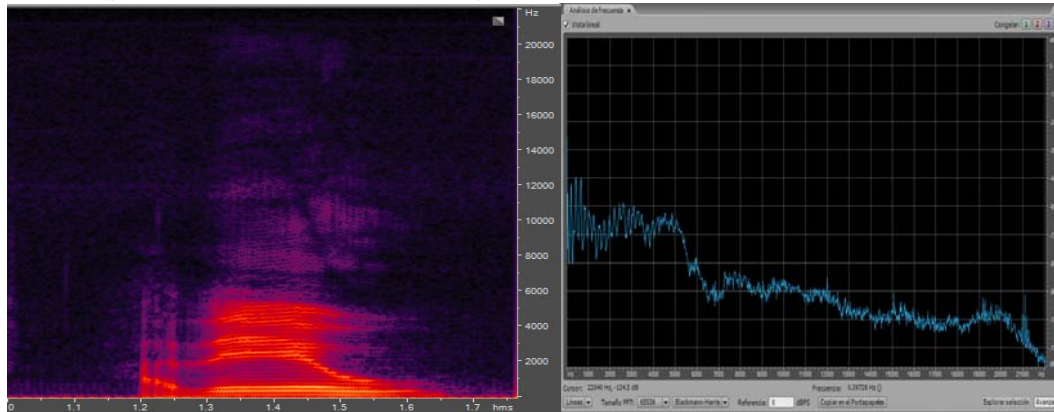
El contrast de les línies no varia massa al principi de l'espectre, cosa que demostra que els harmònics tenen intensitat semblant i que aquesta va decaient progressivament en acostar-nos als harmònics més superiors, aquest fet es comprova amb la gràfica de l'anàlisi de freqüències.

b) Veu parlada

HOLA (Escotar arxiu d'àudio *Hola*)



ADÉU (escoltar arxiu d'àudio *Adéu*)



S'observa en les gràfiques anteriors el fet de no poder atribuir una freqüència fonamental al fragment ja que quan parlem no produïm un so d'altura definida (to). Per tant en la gràfica de l'esquerra, l'espectre no conté uns primers parcials destacats (línies marcades), i en l'anàlisi de freqüències obtenim un conjunt de moltes freqüències amb intensitat semblant.

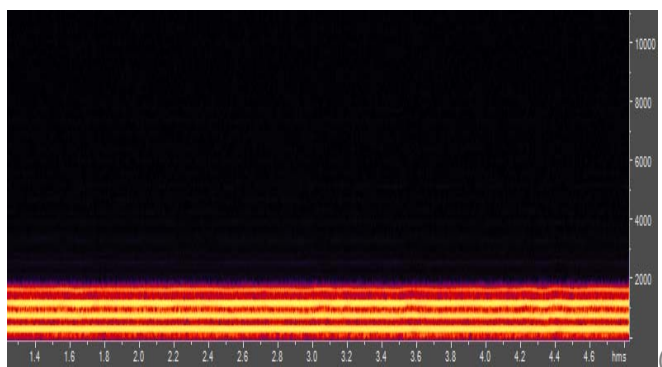
Cal remarcar que la gràfica de la dreta no és l'anàlisi de tot l'interval sinó només d'un temps determinat.

5.3) Generació de tons

Ara tractem de generar un to.

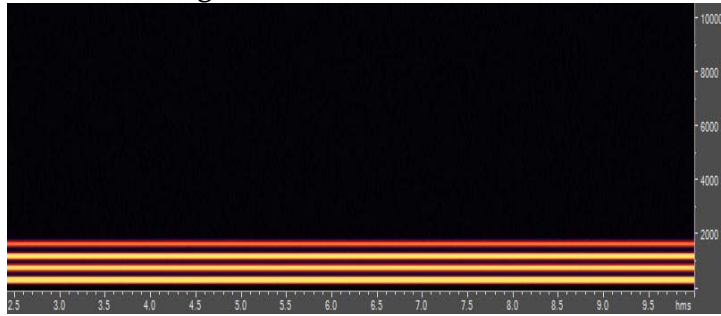
Un cop coneixem la intensitat dels harmònics produïts per una de les persones, podem provar de sintetitzar un to a partir dels valors obtinguts.

Tallem l'espectre, agafem només els 4 primers parcials i intentem generar un to de la mateixa freqüència i amb la mateixa intensitat d'harmònics de manera que soni similar.



(Escoltar arxiu d'àudio *4 harmònics veu*)

Generem el següent to:



(Ecoltar arxiu d'àudio *4 harmònics programa*)

Les diferències corresponents a l'audició d'aquests dos tons són notables ja que en la gravació de la veu humana sempre hi és present el soroll i en la sintetització no hi ha soroll. Això queda reflectit en la pantalla de visualització de freqüència espectral, on, en el cas del to generat els harmònics es veuen molt nítids i, en canvi, en les nostres gravacions les franges són més difuses.

El to generat és poc precís, ja que, com hem dit abans, en cada instant la proporció de les intensitats canvia i, per tant, aquesta gràfica només s'aproximaria al to en aquest determinat moment.

6) CONCLUSIONS

Aquest estudi ens ha permès adonar-nos que, tot i generar amb la veu un mateix to (mateixa freqüència fonamental), l'espectre de dues persones és diferent. Es diferencien tant en la intensitat dels parcials com en la freqüència d'aquests. (taula 1 i 2).

Mitjançant les gràfiques podem veure com, amb molta precisió, es compleix el teorema de Fourier pel qual les freqüències dels diferents parcials són múltiples de la fonamental.

Clarament, la intensitat, amplitud, dels primers harmònics és molt superior a la dels harmònics amb n gran. Per això als primers els anomenem harmònics principals i són els que acaben caracteritzant l'espectre de cada persona. Per exemple, analitzant les nostres veus ens hem adonat que una té segon parcial molt intens i el tercer molt dèbil i, en canvi, l'altra té els tres primers parcials amb intensitat similar.

També és important esmentar la diferència entre un instrument com el violí i la veu. Ens adonem que, a diferència de la veu, en el violí tots els parcials tenen intensitats semblants, tot i que els principals segueixen sent els més intensos.

Cal tenir en compte que en tota gravació hi ha soroll. Aquest queda reflectit en les gràfiques, les ratlles dels harmònics queden difoses per un fons blau que representa aquesta petita intensitat del soroll. En canvi, quan generem un to amb l'ordinador, es sintetitza sense tenir efectes de soroll i en la gràfica veiem tres ratlles nítides corresponents als harmònics escollits. Conseqüentment sempre hi haurà una diferència entre els dos arxius de so.

7) BIBLIOGRAFIA

- **Webs:**

- <http://www.riat-serra.org/musica-1.pdf>
- <http://www.webpersonal.net/avl3119/mus/05.htm>
- <http://www.taringa.net/posts/downloads/1141541/Adobe-Audition-3---Portable-Espa%C3%B1ol.html>

- **Llibres i Manuals**

- Los sonidos de la música, John R. Pierce
- Manual Adobe Audition 3.0
- - Dossier de pràctiques de laboratori d'electromagnetisme U.B