

# Treball de Recerca

## Música, ment i cor

### Autor :

...  
2<sup>n</sup> Batxillerat – Tecnologia.

### Tutor del treball de recerca:

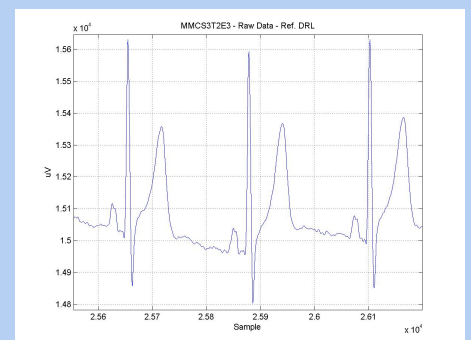
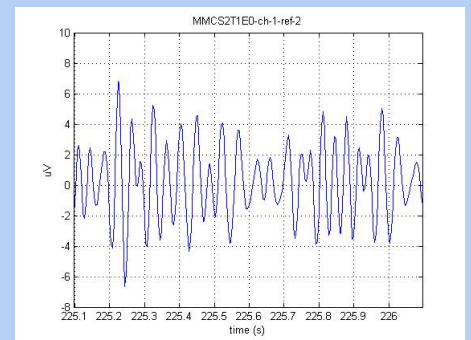
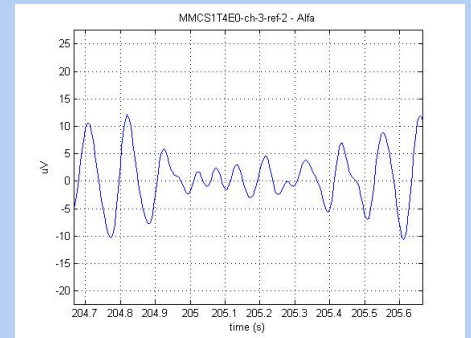
Ramon Estiu

### Centre :

IES Rafael Campalans  
Anglès

### Data de presentació :

6 de novembre de 2009



## Objectiu

Els objectius primaris d'aquest treball de recerca són:

- Avaluar si la música pot produir canvis en l'electroencefalograma i en la freqüència cardíaca.
- Avaluar si l'audició de música de diferents gèneres provoca canvis diferenciables en el cervell i en la freqüència cardíaca.
- Determinar si és possible reconèixer per mitjà de l'electroencefalograma, l'electrocardiograma i altres els diferents gèneres musicals .
- Determinar si el gènere dels subjectes afecta la sensibilitat d'aquest respecte a la música.

**Autor:** ...

**e-mail:** ...

**Data de lliurament:** 6 de novembre de 2009.

**Agraïments :**

Abans de començar el Treball, voldria agrair l'ajuda i la col·laboració que he rebut al llarg dels mesos en què he estat elaborant el Treball, i que m'han facilitat moltes coses i m'han ajudat a tirar endavant.

Primerament, vull donar les gràcies al meu pare, que m'ha facilitat el contacte amb Starlab i el seu material, així com també m'ha aclarit els dubtes més tècnics i petits entrebancs que han sorgit durant el transcurs del treball.

A continuació, voldria donar les gràcies a en Carles Grau i l'Ivan Cester pels seus consells en el disseny experimental i el el procés d'anàlisi de dades.

Seguidament també agraeixo a la Mireia Carreras, a en Sergi Rossell i a l'Anna Fusté per haver-se ofert sense cap problema a cedir-me un bon tros del seu temps per realitzar les proves, ja que sense ells aquestes important part pràctica del treball no s'hauria pogut realitzar.

També he d'agrair a Starlab Barcelona S.L., per permetre'm fer ús de l'aparell de mesura, els programes de filtratge de dades i l'ordinador portàtil, i per deixar-me treballar durant les vacances d'estiu i Nadal a la seva empresa.

Ja per acabar, voldria donar gràcies a en Ramon Estiu, el meu tutor de treball de recerca, que m'ha orientat en moments de dubte i ha vetllat per l'èxit del treball en tot moment.

Per últim, agrair l'ajuda de la Gemma Pera i de l'Anna Niell, que m'han ajudat a la laboriosa tasca que suposa repassar les faltes d'ortografia i de sintaxi del treball.

I també crec que hauria d'agrair a tots aquells que m'han ajudat, directament o indirectament, en general, i que potser me'ls deixo, i que per tant m'hauran de perdonar.

Així doncs, comunico el meu agraïment a tothom que m'ha ajudat en la realització d'aquest treball.

## 1 Índex

---

1 Índex.....	3
2 Introducció.....	6
3 Objectius.....	7
4 Marc Teòric.....	8
4.1 El cervell.....	8
4.1.1 Introducció.....	8
4.1.2 Què forma el cervell?.....	8
4.1.3 Neurotransmissió.....	8
4.1.4 Estructura cel·lular.....	9
4.1.5 Morfologia cerebral humana.....	9
4.1.6 Història.....	9
4.2 El cor.....	10
4.2.1 Parts que el formen .....	10
4.2.2 Com s'impulsa la sang?.....	10
4.2.3 Quins músculs hi ha al cor ? .....	10
4.2.4 El cicle cardíac .....	10
4.3 L'electroencefalograma.....	11
4.3.1 Introducció.....	11
4.3.2 Fons de l'activitat mostrada a l'EEG.....	11
4.3.3 Usos Clínics.....	11
4.3.4 El mètode.....	12
4.3.5 Limitacions.....	13
4.3.6 Activitat normal.....	13
4.3.7 Taula de comparació de bandes de freqüència bàsiques.....	13
4.4 Electrocardiograma.....	14
4.5 Anàlisi de la música.....	15
4.5.1 La física de la música.....	16
4.5.1.1 Tons i freqüències.....	16
4.5.1.2 La sèrie harmònica.....	16
4.5.1.3 Escales diatòniques i cromàtiques.....	17
4.5.1.4 La nota Fonamental.....	17

4.6 Musicoteràpia.....	18
4.6.1 Què és la musicoteràpia?.....	18
4.6.2 Com funciona?.....	18
4.6.3 En quines coses ens pot ajudar la musicoteràpia?.....	18
4.7 Tria d'estils musicals.....	18
4.8 Treballs anteriors.....	20
5 Treball de camp.....	22
5.1 Preparació del material per les proves:.....	22
5.1.1 Triar els estils.....	22
5.1.2 Equipament de mesura.....	23
5.1.2.1 Enobio.....	24
5.1.3 Anàlisis dels estils treballats.....	25
5.2 Disseny experimental.....	28
5.2.1 Taules de presentació dels pistes.....	28
5.2.1.1 Per què és necessari ?.....	28
5.2.1.2 Com és aquesta taula?.....	28
5.2.1.3 Com s'ha fet aquesta taula?.....	28
5.2.2 Posició dels elèctrodes.....	30
5.3 Realització de l'experiment.....	30
5.3.1 Preparació del lloc.....	30
5.3.2 Preparació del subjecte.....	31
5.3.3 Ajustos i preparació del programa.....	31
5.3.4 Presa de dades.....	32
5.3.4.1 Comprovació de les dades:.....	32
5.3.5 Gestió de dades.....	32
5.3.6 Cometaris de les proves.....	33
5.3.6.1 La realització.....	33
5.3.6.2 Problemes que han sorgit.....	33
5.4 Disseny de les enquestes.....	33
5.5 Exposició de resultats.....	35
5.5.1 Nivells de processat de dades: .....	35
5.5.2 Anàlisis temporal i freqüencial:.....	35
5.5.3 Validació de dades.....	36
5.5.4 Filtratge i tractament de dades.....	36

5.5.4.1 Filtratge de dades .....	37
5.5.5 Anàlisi d'EEG.....	40
5.5.5.1 Estudi en el domini temporal .....	40
5.5.5.2 Estudi en el domini freqüencial .....	42
5.5.6 Anàlisi d'ECG.....	47
5.5.7 Buidatge de enquestes.....	48
6 Conclusions.....	50
6.1 Conclusions d'EEG.....	50
6.2 Conclusions d'ECG.....	50
6.3 Conclusions de les enquestes.....	50
6.4 Conclusions finals.....	50
6.5 Possibles línies de seguiment del treball:.....	51
7 Bibliografia.....	52
8 Annexos.....	54
8.1 Taula de validació de fitxers d'EEG.....	54
8.2 Taula d'anàlisi de ritme cardíac.....	54
8.3 Gràfics d'anàlisi.....	54

## 2 Introducció

---

El tema del treball se'm va ocórrer l'estiu anterior. Els professors ja havien començat a donar pautes del treball als companys que feien 1r de BAT, i per tant era un tema habitual de conversa. Se m'anava despertant una creixent inquietud quan em preguntava de què el faria jo en aquell treball. Durant el curs hi havia poc temps per reflexionar-hi, així que va ser durant l'estiu, mentre feia un viatge amb cotxe pel mig d'Europa, que em va venir la idea. En ser un viatge molt llarg vaig veure que depenent de la música que escoltàvem ens canviava lleugerament l'estat d'ànim, de més relaxat fins a estar irritables i més sensibles. El fet que la música ens afectava era evident, i faltava trobar una manera de poder demostrar-ho matemàticament i objectivament com n'era i és d'influent la música en el nostre cervell i cor. Abans de començar el treball diferents persones em van avisar de com podria arribar a ser de complex tot plegat, que el terreny que havia decidit explorar (el de la ment humana) encara no s'havia pogut arribar a comprendre totalment, i que també podria ser que no obtingués els resultats que esperava trobar per diferents raons.

A més a més, fusiona diferents passions que tinc.

- La primera és la música. Ja de ben petit vaig entrar en aquest món quan els meus pares em van apuntar a l'aula de música del meu poble, i juntament amb altres nens vaig començar a aprendre l'abecedari d'aquest art. Des d'aquell moment l'interès per la música no va fer més que augmentar. El primer instrument que van tocar les meves mans, com sol passar amb qualsevol persona que comença música, va ser el piano. No va ser fins uns anys més tard que no vaig trobar un dels meus instruments predilectes, el saxòfon (saxo pels amics). Aquest canvi d'instrument va portar grans canvis, sobretot en el propi estil i amb les formacions que em donaria l'opció de poder ser membre. Actualment curso grau mitjà, i són els coneixements que he adquirit fins ara els que m'han permès dur a terme certs aspectes del treball.
- L'altra meva gran passió és la tecnologia i la ciència en general, per les quals sempre he demostrat especial interès. Aquestes han estat les eines indispensables per fer el treball, sense la teoria, els aparells de mesura i els programes de tractament de dades i elaboració de gràfics res hauria pogut ser possible.

### 3 Objectius

---

Objectiu primari:

- Avaluar si la música pot produir canvis en l'electroencefalograma i en la freqüència cardíaca.
- Avaluar si l'audició de música de diferents gèneres provoca canvis diferenciables en el cervell i en la freqüència cardíaca.
- Determinar si és possible reconèixer per mitjà de l'electroencefalograma, l'electrocardiograma i altres els diferents gèneres musicals .
- Determinar si el gènere dels subjectes afecta la seva sensibilitat respecte a la música.

Objectiu secundari:

- Avaluar si l'experiència musical afecta a les mesures obtingudes a l'apartat anterior.
- Avaluar si l'experiència en la capacitat de tocar un instrument afecta a les mesures obtingudes a l'apartat anterior.
- Esbrinar si el subjecte que té oïda absoluta afecta a les mesures obtingudes a l'apartat anterior.
- Determinar l'efecte de les preferències musicals dels subjecte sobre les mesures obtingudes a l'apartat anterior.

## 4 Marc Teòric

---

### 4.1 El cervell

---

#### 4.1.1 Introducció.

---

En aquest Treball de Recerca el cervell té una gran importància i per tal d'entendre'l s'ha de saber què és i com funciona aquest òrgan. Per tant, a continuació s'explicarà, d'una manera sintetitzada, alguns detalls significatius com ara el seu funcionament, la seva estructura, o bé la història del seu estudi.

El cervell és la part avant-superior de l'encèfal i el centre supervisor del sistema nerviós es troba dins del crani. El cervell és extremadament complex; l'humà té aproximadament 100 bilions de neurones, unides cadascuna, a través d'unes 10.000 connexions sinàptiques, que es materialitzen en unes prolongacions protoplàsmiques anomenades axons que transporten trens de senyals en forma de potencials d'acció a zones distants del cervell o de la resta del cos.

Pel que fa a les seves tasques, controla i coordina el comportament, l'homeòstasi (funcions corporals com el batec del cor, la pressió sanguínia, el balanç de fluids i la temperatura corporal) i les funcions mentals (l'emoció, la memòria l'aprenentatge, la cognició, la percepció i l'atenció), a part d'englobar els aparells sensitius primaris de la vista, oïda, equilibri, gust i olfacte. A més a més, controla també la transició entre els estats de son i vigília, fonamental per al funcionament correcte del cervell, ja que, per exemple, aprofita l'estat de son per organitzar la informació adquirida durant l'estat de vigília; per aquesta raó, un insomni prolongat produeix malaltia mental i, fins i tot, al·lucinacions. Cada estat cerebral està associat a unes determinades ones d'activitat.

#### 4.1.2 Què forma el cervell?

---

Per una banda, el cervell està format per l'anomenada matèria grisa, constituïda pel conjunt de cossos neuronals. Majoritàriament, es troba a la capa exterior del cervell, també anomenada escorça cerebral, còrtex o corfa, tot i que també se'n troba formant uns agrupaments anomenats nuclis, que tenen funcions específiques.

D'altra banda, la matèria blanca està formada pels bilions d'axons que són les prolongacions que fan servir les neurones per enviar els seus "missatges". Poden fer metres d'allargada i el seu color característic és conseqüència de les beines d'un material aïllant anomenat mielina, que és generada pels oligodendròcits, i que recobreix i protegeix els axons. La matèria grisa omple tot l'interior del cervell (exceptuant els nuclis) i sovint forma fascicles formats per conjunts d'axons que es desplacen conjuntament per unir determinades zones del cervell.

#### 4.1.3 Neurotransmissió

---

La sinapsis permet a les neurones comunicar-se entre si, transformant un senyal elèctric en un de químic. Aquest senyal elèctric és produït pels neurotransmissors, que són unes molècules en estat de transició, amb dèficit o superàvit de càrregues. Aquests neurotransmissors es reben a les dendrites i s'emeten en els axons.

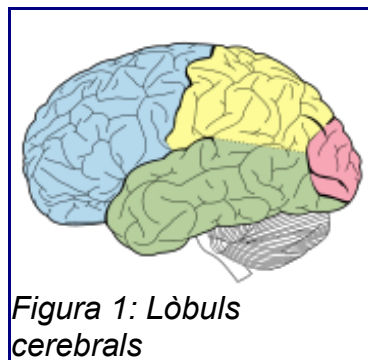


L'electricitat en el cervell s'anomena bioelectricitat, i és igual que l'electricitat que coneixem, sols que canviem els fils de coure i les fonts d'energia per axons i neurotransmissor.

#### 4.1.4 Estructura cel·lular

Les neurones es connecten entre si per formar circuits neuronals semblants (però no idèntics) als circuits elèctrics sintètics. El cervell es divideix en seccions separades especialment per la composició i, en molts casos, pel funcionament.

#### 4.1.5 Morfologia cerebral humana



Lòbuls cerebrals:

- **Blau:** lòbul frontal
- **Verd:** lòbul temporal
- **Rosa:** lòbul occipital
- **Groc:** lòbul parietal

#### 4.1.6 Història

La visió que han tingut les antigues cultures del cervell ha estat la d'una espècie de màquina de classificar. A l'Antic Egipte, durant les momificacions, el cervell es retirava, juntament amb altres vísceres, com una cosa impura, perquè es creia que el cor era el responsable de la intel·ligència. Durant els següents 5000 anys, aquesta visió ha anat evolucionant, ja que actualment sabem que és l'òrgan que serveix de substrat per a les funcions mentals, encara que, col·loquialment, s'hagin mantingut algunes relacions entre el cor i certes funcions emocionals.

Referent a la psicologia, els primers coneixements que se'n tenen es remunten als antics filòsofs, com Aristòtil. Així que els coneixements filosòfics van començar a anar d'acord a la recerca mèdica, va sorgir la idea de la psicologia. Des d'aleshores, s'han anat creant diverses branques en l'estudi de la psicologia.

A principis del segle XX es creia que es podia extirpar el lòbul frontal i que no tenia conseqüències.

## 4.2 El cor

El cor (derivat del llatí *cordis*) és l'òrgan cònic situat a la cavitat toràcica principal del sistema circulatori, és un òrgan muscular i la seva funció es bombar la sang per tot el cos.

Les seves dimensions són semblants a un puny.

### 4.2.1 Parts que el formen

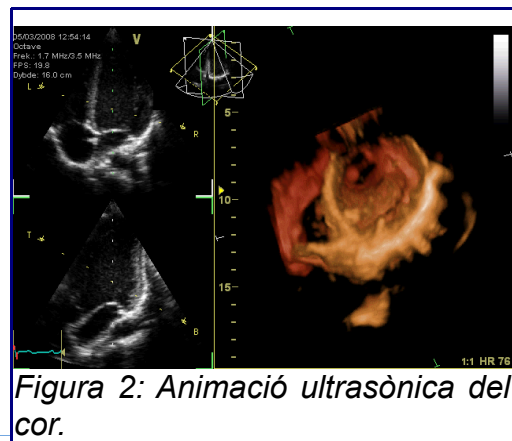
El cor està dividit en 4 cavitats:

- 2 aurícules situades a la part superior d'aquest.
- 2 ventricles situats a la part inferior d'aquest.

### 4.2.2 Com s'impulsa la sang?

El cor impulsa la sang per mitjà de dos moviments:

- **Sístole:**  
És una contracció que fa servir el cor per expulsa la sang (ja sigui del ventricle o de l'aurícula).
- **Diàstole:**  
És una acció que fa servir el cor per relaxar els ventricles i les aurícules per poder rebre més sang.



### 4.2.3 Quins músculs hi ha al cor ?

Els músculs que formen el cor són:

- Múscul auricular.
- Múscul ventricular.
- Fibres musculars excitadores i conductores especialitzades.

Las vàlvules cardíques són les estructures que separen unes cavitats de les altres, evitant que la sang pugui recular. En el nostre cor hi ha 4 vàlvules cardíques.

### 4.2.4 El cycle cardíac

Per tal que el nostre cor pugui bategar es duen a terme una sèrie d'accions que formen el cycle cardíac.

Aquest cycle està format per 3 etapes: sístole atrial, sístole ventricular i diàstole.

El nostre cor fa una mitjana de 72 vegades el cycle (des de sístole fins a diàstole) per minut (aprox. 0'8 vegades per segon).

El múscul cardíac és miogènic, que vol dir que no necessita un estímul conscient o reflex, sinó que ell mateix s'excita. Les contraccions rítmiques es produeixen espontàniament. Aquestes poden ser afectades per influències nervioses o hormonals.

L'estimulació del cor està coordinada per el sistema nerviós autònom (sistema que controla les funcions que realitzen els òrgans interns sense un control conscient per part de l'individu), tant pel simpàtic com pel parasimpàtic.

Per mes informació i animacions sobre el cor podeu consultar l'enllaç següent: <http://www.menorcaweb.net/cnaturals/aula/activitats/cor/cor.htm>

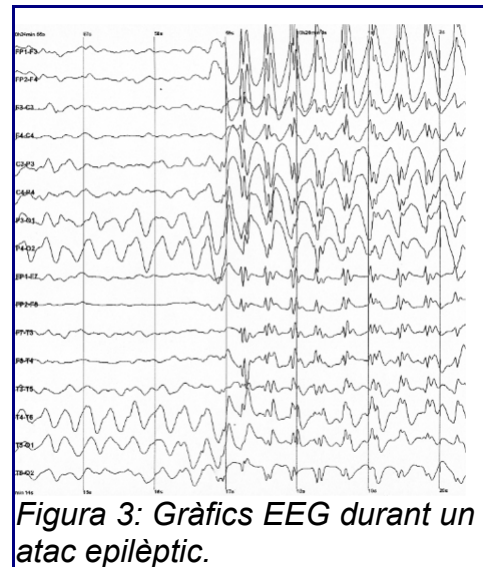
### 4.3 L'electroencefalograma

#### 4.3.1 Introducció

En aquest Treball de Recerca he hagut de treballar amb l'electroencefalograma, per tant, considero necessari explicar en què consisteix.

L'electroencefalograma és la gravació de l'activitat elèctrica al cuir cabellut (pell del crani) produïda per l'activitat de les neurones del cervell durant un breu període de temps (normalment 20–40 min). Es mesura gràcies als elèctrodes situats en el cap.

En el camp de la neurologia, les aplicacions de l'EEG (ElectroEncefaloGrama) són molt variades, des de la detecció d'atacs epilèptics fins a la detecció de tumors i altres problemes interns del cervell.



#### 4.3.2 Fons de l'activitat mostrada a l'EEG

L'activitat elèctrica del cervell pot ser descrita amb diferents escales, des de la sinapsis de les dendrites fins els potencials que es mesuren a través del crani amb l'EEG.

L'EEG mesura l'activitat elèctrica d'un conjunt (milers) de neurones (xarxes neuronals) que presenten una activitat sincronitzada. Aquest grups de neurones normalment s'agrupen per funcions i presenten orientacions semblants. Analitzant aquesta sincronització podem trobar una àmplia varietat de freqüències, i algunes d'aquestes es poden associar a diferents funcions del cervell.

Gràcies als estudis realitzats s'ha descobert que algunes d'aquestes oscil·lacions estan associades a interaccions entre diferents xarxes de neurones, activitats pròpiament físiques, malalties, etc.

#### 4.3.3 Usos Clínics

Una prova d'EEG rutinària pot durar entre 20–49 min.(sense comptar el temps de preparació) i es col·loquen al pacient uns 25 elèctrodes en total per tot el crani.

Les circumstàncies més usuals que requereixen un EEG són:

- Distingir entre un atac epilèptic descartant altres patologies semblants.
- Distingir electroencefalogrames de brots psicòtics i deliris.

- Diferenciar estats de coma i morts cerebrals.
- Diagnosticar TDAH.
- Localitzar zones cerebrals danyades per trombosis i/o tumors.
- Controlar l'estat del cervell d'un pacient durant anestèsies profundes.
- Etc.

#### 4.3.4 El mètode

Tant les posicions com els noms que reben els elèctrodes situats a un determinat lloc està regulat internacionalment (normalment són 10-20 elèctrodes, un dels quals és la referència), per evitar confusions i errors. A vegades, però, algunes proves clíniques que necessiten situar amb més precisió tant les posicions de les activitats cerebrals com les seves potències, són necessaris més de 256 elèctrodes.

Per fer la mesura es connecta el senyal a una entrada d'un amplificador diferencial (sistema electrònic que amplifica la diferència entre dos senyals) mentre que l'altra entrada es connecta la referència de mode comú dels elèctrodes (el mode comú és el promig de tots els elèctrodes). Un EEG normal d'una persona adulta ronda els 10 $\mu$ V (micro-volts) fins a 100  $\mu$ V d'amplitud, per tant cal escollir valors d'amplificació entre 1.000 i 100.000 vegades.

Aquest senyal amplificat es digitalitza a una freqüència entra 256 i 512 mostres per segon.

Durant la prova mitjançant procediments com tancar els ulls, projectar un flaix, etc. sols observant els resultats que produeixen es pot saber si l'EEG del pacient és normal o no.

Un cop s'ha guardat l'EEG es poden fer un seguit de filtratges. Els més bàsics són els d'altres i baixes freqüències, que volten els valors de 0.5-1 Hz i 35-70 Hz respectivament.

Els filtres passa alts (que deixen passar altres freqüències) serveixen per netejar el senyal d'artefactes (saltos i/o discontinuïtats en el senyal) a causa del moviment, mal contacte entre pell i elèctrode... Mentre que els filtres passa baixos eliminen els senyals deguts a moviments dels múscles. La major font de contaminació per una mesura d'EEG prové de qualsevol línia elèctrica (50 Hz Europa, 60 Hz EUA).

Una manera eficient per eliminar el soroll comú als elèctrodes és fer la diferència entre els senyals de 2 elèctrodes. Existeixen diferents combinacions depenent del que es vol estudiar. Aquestes reben el nom de muntatges.

- Muntatge bipolar:  
Es representa la diferència entre dos senyals d'elèctrodes propers.
- Muntatge referencial:  
Es representa la diferència de tots els elèctrodes respecte a un, que s'anomena de referència. L'elèctrode de referència s'escull depenent de l'estudi que es vol realitzar. Algunes de les posicions més típiques que serveixen de referència són els lòbuls de les orelles, la punta del nas...

- **Muntatge Laplacià:**  
Es representa la diferència de cada elèctrode respecte a la mitjana dels seus elèctrodes "veïns".

### 4.3.5 Limitacions

Tot i els molts avantatges que té l'EEG, també té algunes limitacions importants. Matemàticament no és possible trobar-ne una d'única a la distribució de potencials a l'interior del cervell, en funció dels potencials mesurats a la superfície cranial.

### 4.3.6 Activitat normal

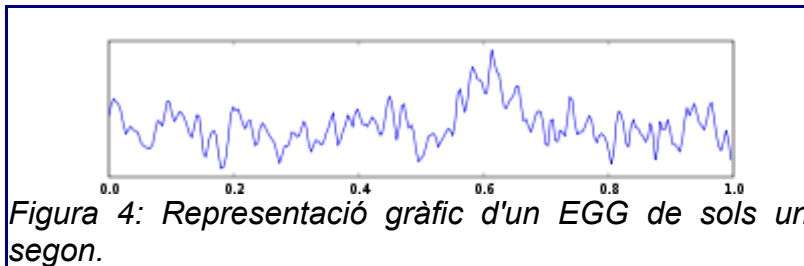


Figura 4: Representació gràfic d'un EEG de sol·s un segon.

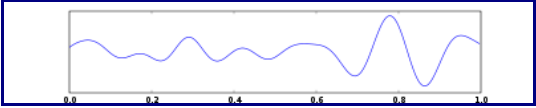
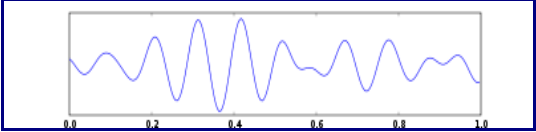
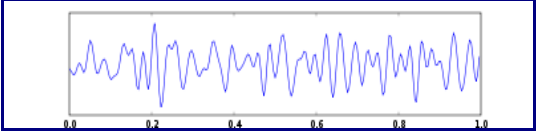
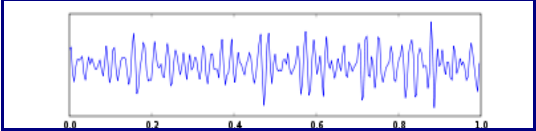
En un EEG es pot distingir entre els senyals no periòdics (transitoris) i els periòdics, aquest últims són els que estudiem i hi distingim diferents bandes de freqüència. La potència d'aquestes bandes depèn de la situació del cervell.

Per extreure i/o calcular les components freqüencials de l'EEG hi ha diferents mètodes matemàtics (EEGLAB per exemple).

### 4.3.7 Taula de comparació de bandes de freqüència bàsiques

Taula 1: Comparació entre bandes d'EEG

Tipus de freqüència.	Freqüència (Hz)	Situació	Són normals
Delta	Fins els 4 Hz	En els adults està situat a la part frontal i en els nens a la part posterior del crani.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ones lentes en el son dels adults.</li> <li>• En els infants.</li> </ul>
Teta	4 – 7 Hz		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nens.</li> <li>• Somnolència o agitació en nens grans o adults.</li> <li>• Descans/repòs.</li> </ul>

Tipus de freqüència.	Freqüència (Hz)	Situació	Són normals
			
Alfa	8 – 12 Hz	Regions posteriors del cap, als dos costats amb una amplitud major al costat dominant.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Relaxació/refecció</li> <li>• Ulls tancats.</li> </ul> 
Beta	12 – 30 Hz	Als dos costats repartides simètricament, i amb major amplitud a la part frontal.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estat d'alerta/treball.</li> <li>• Estat actiu, concentració, pensaments angoixants o intensos.</li> </ul> 
Gamma	30 – 100 +		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Algunes activitats cognitives i funcions motores.</li> </ul> 

Com es pot veure a la taula, l'EEG d'una mateixa persona varia en el temps; normalment els nens presenten freqüències més lentes.

#### 4.4 Electrocardiograma

De la mateixa manera que s'ha explicat què és un electroencefalograma ja que és essencial comprendre el concepte per tal d'entendre aquest treball, també s'explicarà què és un electrocardiograma.

Un electrocardiograma consisteix en capturar els senyals elèctrics provinents del cor mitjançant elèctrodes en contacte amb la pell.

Els impulsos elèctrics que controlen la contracció del cor s'originen en el nòdul sinusal, travessen el cor i es propaguen per tot el cos fins arribar a la pell. Depenent de la posició dels elèctrodes de mesura podem veure senyals que han travessat diferents estructures del cor.

El senyal capturat a l'ECG (electrocardiograma) ens dona informació de l'estat del cor que es pot fer servir per el diagnòstic malalties cardíaques. L'ECG ens dona informació elèctrica però no ens pot mesurar la capacitat d'impulsar sang del cor estudiat.

L'ECG no es diferencia en essència de l'EEG, ja que tots dos mesuren potencials elèctrics. En el cas de l'ECG aquest potencial és de l'ordre de 1.000 vegades més intens. Aquesta potència de senyal simplifica la mesura, tot i això, cal aplicar filtres per eliminar les interferències de les línies de alimentació elèctrica.

Forma de les ones de l'ECG:

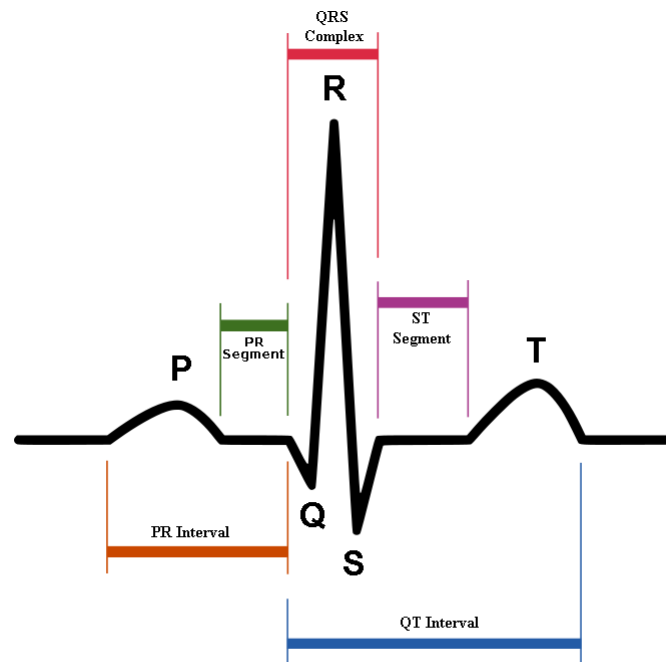


Figura 5: El batec cardíac consisteix principalment de l'ona P, la transició QRS i l'ona T

Intervals	Descripció	Durada
PR interval	Es mesura des del començament de l'ona P fins el començament de la transició de QRS.	De 120 a 200 ms.
Segment ST	Connecta el QRS amb l'ona T.	De 80 a 120 ms.
Interval QT	Es mesura del començament de la QRS fins el final de l'ona T.	De 300 a 440 ms.

Cada un d'aquest intervals de la senyal ECG es correspon a una fase del batec del cor. A l'adreça següent (<http://www.menorcaweb.net/cnaturals/aula/activitats/cor/cor.htm>) hi ha animacions que permeten veure aquesta correspondència.

#### 4.5 Anàlisi de la música

Existeix una relació entre la música, la física i la matemàtica. A continuació exposarem els principis bàsics d'aquesta relació tan estreta.

## 4.5.1 La física de la música

Us heu preguntat alguna vegada per què hi ha determinades barreges de tons que resulten agradables, mentre que unes altres semblen soroll?

Independentment dels gustos musicals, si escoltem un acord format per do, mi i sol, percebrem una sensació d'unitat, d'harmonia, mentre que un acord format per do, do# i re ens resultarà estrany, gairebé desagradable.

Un pot pensar que es deu al fet que la nostra oïda està acostumat a determinats sons, a causa del entorn en el qual ens hem educat. No obstant això, hi ha un motiu perfectament objectiu per a això: la física.

### 4.5.1.1 Tons i freqüències

Com tots sabreu, el so no és més que una ona mecànica que es transmet per l'aire o altres mitjans fins a arribar a les nostres oïdes. En el cas d'una nota musical, aquesta ona és periòdica. Un to pur correspon a una ona sinusoidal, és a dir, una funció del tipus  $f(t) = A \sin(2 \pi f t)$ , on A és l'amplitud, t és el temps i f la freqüència.

En el món real no existeixen tons purs, però qualsevol ona periòdica es pot expressar com la suma de tons purs de diferents freqüències. Així, si volguéssim modelar matemàticament un to real, tindríem una funció que seria la suma de diversos sinus. Existiria una freqüència fonamental (la de major amplitud), i diverses freqüències múltiples de la fonamental, cridats harmònics. Les freqüències d'aquests harmònics són un múltiple sencer de la principal.

### 4.5.1.2 La sèrie harmònica

En un instrument musical "perfecte"(sols dona tons purs), si dupliquéssim la freqüència d'un to, tindríem la mateixa nota en la vuitena superior, i si dividíssim entre dos, tindríem la mateixa nota en la vuitena inferior.

Si tripliquem la freqüència, obtenim el que es diu cinquena perfecta (en la següent vuitena; si volem romandre en la mateixa, hem de multiplicar per 3/2), que en el cas de partir d'un do, correspon a la nota sol.

Si quadruplicuem la freqüència estem multiplicant per dos, dues vegades, és a dir, estem pujant dues vuitenes, així que tenim altre do.

Si quintuplicuem la freqüència, obtenim l'anomenada tercera major (dues vuitenes per damunt; si volem romandre en la mateixa vuitena, cal multiplicar per 5/4), si partim de do aquesta serà un mi.

Si multipliquem per sis, estem multiplicant per dos i per tres, és a dir, tenim altra vegada la cinquena perfecta.

Pensem un moment amb les anteriors afirmacions, i fixem-nos sols amb els múltiples 4, 5 i 6. Tenim la successió do, mi, sol, en la mateixa vuitena, que és un acord Do Major. Per tant, en un acord major, les freqüències de les notes corresponen als harmònics 4, 5 i 6 de la freqüència corresponent a la nota principal de dues vuitenes més baix. Això vol dir que si toquem un do amb un instrument real (és a dir, que no generi tons purs), aquest so té, entre les seves freqüències, les d'un acord Do Major de dues vuitenes per damunt. Si toquem un acord major qualsevol, les tres notes tindran harmònics comuns, de manera que sonarà com si d'un tot homogeni es tractés.



Si seguim multiplicant i calculant harmònics, obtenim l'escala musical. Així, si multipliquem la freqüència per 8, tenim novament la mateixa nota, 3 vuitenes per damunt.

Si multipliquem per 9, obtenim l'anomenada segona major (3 vuitenes per damunt), que correspon a un re.

Veiem a més que 9 és 3 per 3, és a dir, seria la cinquena de la cinquena, i efectivament, re és la cinquena perfecta de sol (que és la cinquena perfecta de do).

Si multipliquem per 10, tenim altra vegada la tercera (estem multiplicant per 5 i per 2), és a dir, un el meu.

Si multipliquem per 11 tenim el fa (amb matisos, més endavant serà explicat).

Per 12, novament el sol ( $12=4 \times 3$ ).

Per 13, tenim un la.

I per 15, atès que és  $3 \times 5$ , tenim la tercera de la cinquena, un si (la cinquena de do és sol, i la tercera de sol és si).

En el cas dels harmònics que sorgeixen de multiplicar per 7 i 14 l'explicació es més complexa i difícil d'entendre, així que en prescindirem, sols direm que respecte la nota principal la relació entre aquestes últimes i ella es de  $9/8$  i  $10/8$ .

#### 4.5.1.3 Escales diatòniques i cromàtiques

Una altra cosa que és important saber és que dues notes amb una relació de freqüències de  $9/8$ , es diu que estan separades un to. I dues notes amb una relació de  $16/15$ , estan separades un semitò.

En la nostra escala musical de 7 notes, hi ha cinc intervals d'un to, i dos (incloent el do de la següent vuitena) d'un semitò. Una escala d'aquest tipus, es denomina escala diatònica.

Definit el to i el semitò podem trobar notes intermitges entre les quals estan a una distància d'un to. Per exemple, podem buscar una nota entre do i re, de manera que hi hagi un semitò de separació entre ambdues. Aquesta nota seria do# (do sostingut) o re b (re bemoll). Aquestes notes "intermèdies" les podem trobar entre totes les "naturals", excepte en el cas del mi i fa, si i do, que la distància entre aquestes és d'un semitò.

L'escala cromàtica és la que entre totes les seves notes (12) hi ha una distància d'un semitò.

#### 4.5.1.4 La nota Fonamental

Després d'aquest garbuix de proporcions entre les notes i freqüència és difícil saber quina és la nota que agafem i partim d'ella per definir la resta. Aquesta nota és el Do central, i la seva freqüència es de 440 Hz.

## 4.6 Musicoteràpia

---

### 4.6.1 Què és la musicoteràpia?

---

La musicoteràpia forma part de la branca de les Ciències de la Salut, a més a més està relacionada amb l'Art. Les eines principals són el so, la música i els elements que la constitueixen amb l'objectiu de millorar, restablir i potenciar certes capacitats.

La musicoteràpia parteix del fet constatat que la música i certs sons particulars proporcionen plaer, benestar, tranquil·litat i altres efectes emocionals agradables. Un exemple il·lustratiu serien les cançons de bressol que els pares canten als fills per donar-los benestar i tranquil·litat per tal d'ajudar-los a l'hora d'adormir-se.

A partir d'aquí, la musicoteràpia investiga i intenta descobrir solucions per tal de millorar la nostra salut de manera alternativa a altres solucions terapèutiques convencionals.

### 4.6.2 Com funciona?

---

La musicoteràpia posseeix un cos teòric propi, i utilitza mètodes específics per a intervenir en diferents problemàtiques (psíquiques, socials, pedagògiques, de desenvolupament o existencials). L'avanç de les neurociències, i més específicament les troballes sobre processament cerebral dels sons i les seves localitzacions neurofisiològiques, permeten desenvolupar programes d'Estimulació Cognitiva Musical als pacients amb Alzheimer, A.C.V. (Accident Vascular Cerebral), etc., i altres teràpies de neuro-feedback (és una tècnica terapèutica que consisteix en presentar l'activitat cerebral al pacient i que ell mateix aprengui a regular/controlar la seva activitat. L'activitat cerebral es presenta en forma de gràfics, música i/o imatges).

### 4.6.3 En quines coses ens pot ajudar la musicoteràpia?

---

La musicoteràpia és una intervenció terapèutica recomanada per pal·liar l'estrès i l'ansietat, algunes patologies psíquiques/psiquiàtriques, autisme, pacients d'Alzheimer, TDAH (Trastorn per Dèficit d'Atenció i Hiperactivitat), dificultats d'aprenentatge, problemes neurològics, epilèpsia, etc.

## 4.7 Tria d'estils musicals

---

Un dels pilars principals del treball era la selecció dels estils escollits per realitzar les proves, d'aquest en dependria en part els resultats que obtindria, per això en la tria d'aquest hi vaig posar temps i molta atenció.

Els 4 estils triats havien de tenir orígens diferents i diferenciats, ritmes propis, intensitats variades, velocitats diferents,... Quant més complissin aquest aspectes, més possibilitats podrien haver-hi que es reflectissin a l'EEG i l'ECG.

Una altre condició era que l'estil fos suficientment definit per poder caracteritzar-los quasi completament en una sola cançó.

Vaig fer una llista amb tots els estils possibles amb que podia treballar. Un cop feta vaig buscar informació de totes els estils i de la seva època de creació i dels estils

predecessors per començar a descartar. Vaig donar prioritat als estils que tenien relativament prou història, i que tot i el pas del temps continuaven assemblant-se al que eren al principi. També va influir el coneixement que tenia ja de cada estil, ja que com més el coneixes, més fàcil i encertat podria ser la tria de la cançó representativa.

La llista va ser la següent:

- Ska: Possible estil a treballar (Mento + Calypso + Jazz + R&B, 1950)
- Metal: Possible estil a treballar (Blues-rock psicodèlic. 1960)
- Jazz: Possible estil a treballar (Blues + Folk + March + Ragtime, 1910)
- Blues: Possible estil a treballar (Folk americà-africà + cançons espirituals, 1900)
- Rock: Possible estil a treballar (Rock 'nd Roll + Blues + Folk, 1950)
- Punk: Descartat (massa semblança al rock)
- Reggae: Descartat (Massa semblant a l'Ska)
- Grunge: Descartat (és una evolució d'estils ja seleccionats, rock, heavy metal,...)
- Swing: Descartat (és un subestil del Jazz, que ja ha estat seleccionat)
- Pop: Possible estil a treballar, tot i que actualment és molt variat (Rock 'nd roll+Jazz+Folk+Dance music, 1950)
- 80s: Descartat (representa una varietat d'estils d'una època)
- Música electrònica: Descartada (masses variacions dins del mateix estil)
- House: Descartada (moderna i de creació posterior a les escollides)
- Tecno: Descartada (moderna i de creació posterior a les escollides)
- Folk: Descartada (massa general i com a conseqüència té moltes variants i subestils)
- Música Classia: Descartada (massa extensa per poder-la definir amb una sola cançó)
- Soul: Possible estil a treballar (R&B+Gospel+Doo-wop, 1950)
- Hip Hop: Descartat (Poc coneixement de l'estil)
- Disco: Descartat (Poc coneixement de l'estil)
- R&B: Descartat (Poc coneixement de l'estil)
- Latin: Descartat (Poc coneixement de l'estil)
- Cèltic: Descartada (Poc coneixement de l'estil)
- Rumba: Descartada (Poc coneixement de l'estil)

## 4.8 Treballs anteriors

---

En els darrers anys a la comunitat científica hi ha hagut un interès creixent per buscar una relació entre la música i l'activitat cerebral. Aquest interès de recerca ha estat ajudat per les similituds que hi ha entre les ones cerebrals i les ones musicals.

Hi ha molts treballs en els quals es busca com transformar l'activitat cerebral en música; alguns fan servir com a eina principal la composició espectral de l'EEG, i n'és un exemple el de **Scale-Free Music of the Brain**. Al contrari del que es pot creure, els primers intents de transformació d'ones cerebrals en sons són relativament actuals, el primers que en tenim constància va ser el 1934 per Adrian E. Matthews; que per mitjà de l'amplitud que tenien les ones Alfa va controlar diferents fons de so i van donar lloc a les primeres peces musicals. Al FADE (Festival d'Art Digital i Electrònica) que es va fer a la Cellera el Juliol de 2009 va ser possible veure una aplicació d'Enobio (el mateix aparell que he fet servir en el treball) per controlar música amb els ulls i el ritme cardíac.

El contrari d'aquest primer apartat, que tracta de com fer música aprofitant el nostre cervell; trobar articles i informació sobre la relació que hi ha entre l'activitat cerebral i la música em va ser considerablement més difícil. Malgrat la dificultat, vaig aconseguir trobar articles que busquen la relació que hi ha entre l'activitat cerebral i els diferents estils de música, com és el cas dels articles titulats **Intercentral Relations of the Human EEG during Listening to Music** i **Interhemispheric EEG Interrelations in Recognition of Masked Visual Images Accompanied by Music**. Les conclusions d'aquests articles són que les variacions més importants es troben en el rang de freqüències  $\gamma$  (gamma) i en la interrelació existent entre les diferents parts del cervell.

Un altre article que vaig trobar molt interessant pel que fa al contingut, és aquest que porta per títol **EEG Aspects of Musical Thinking: listening, imagining and composing**. El mètode de treball d'aquest estudi consisteix a comparar estadísticament la diferència entre un període de silenci i un amb música en els diferents elèctrodes; en aquest estudi s'analitza l'espectre de l'EEG fent servir 6 bandes que estan en un rang que va d'1 a 31.5Hz. Les conclusions d'aquest estudi revelen que durant l'activitat d'escoltar música intervenen les regions temporals dels dos hemisferis, on presenten un rang ampli de freqüències. En aquest estudi també han descobert que les característiques del senyal canvien molt depenent de l'activitat que duu a terme el subjecte (càlculs mentals, lectura en silenci, escoltar, etc.). Una altra conclusió d'aquest article que em va sorprendre és que van trobar que l'activitat dels dos hemisferis en una persona que fa música és més semblant/simètrica respecte a una persona que no en fa. Un altre estudi també centrat en aquest darrer aspecte, és el titulat **Interdependencies in the spontaneous EEG while listening to music**, on s'hi estudien les relacions que hi ha entre diferents parts del cervell i les diferències que es troben en funció de la formació o no formació musical de les persones estudiades. Els resultats d'aquest estudi demostren que en una persona amb formació musical les diferents parts del cervell treballen de manera semblant.

Hi ha altres article que investiguen els efectes de la música en el cervell, com ara **Music listening enhances cognitive recovery and mood after middle cerebral artery stroke**. Aquest article investiga sistemàticament el potencial que té la música com element d'un tractament de rehabilitació. A l'actualitat està demostrat clínicament que la música millora l'estat dels pacients que pateixen determinades malalties.

L'estudi dels efectes de la música sobre l'activitat cerebral no és simple, ja que en el procés intervenen components cognitius i emocionals. En aquest dos components es

requereix la intervenció de diferents estructures cerebrals (explicat a **Brain organization for music processing**). Algunes estan relacionades amb funcions molt bàsiques del llenguatge i les emocions, mentre que altres tenen més relació amb estructures cognitives. L'article explica que aquestes zones es poden estudiar amb imatges d'activitat cerebral en les quals s'hi pot veure que, a més del còrtex auditiu, també intervenen un gran conjunt d'estructures bilaterals de zones frontals, temporals, parietal i subcòrticals (àrees relacionades amb l'atenció, semàntica, interpretació de la sintaxi de la música, memòria i moviment).

Aquests articles fan entreveure que és possible aconseguir establir una relació entre la música i l'activitat cerebral fent servir els senyals de les zones frontals i temporals. Tots els articles coincideixen en apuntar que en el cas dels músics existeix molta semblança entre les activitats dels dos hemisferis.

Els articles basen les anàlisis en les variacions estadístiques entre els estats de silenci i de música. Aquestes anàlisis són complexes i requereixen moltes dades per ser significatives.

També hi ha treballs que relacionen el ritme cardíac amb la música. En l'article **The Effects of Repeated Listening of Music on Musical Impressions and Emotional Responses** es comparà la resposta del subjecte en condicions de silenci, música sedant i música excitant. Els resultats demostren que la música sedant produeix una disminució del ritme cardíac mentre que no s'aprecien diferències en el cas de silenci i música excitant. La conclusió que arriba l'article és que no s'ha trobat una relació entre el ritme cardíac i el diferent tipus de música estudiats. Un altre article, **Effects of Relaxing Music on Cardiac Autonomic Balance and Anxiety After Acute Myocardial Infarction**, també arriba a uns resultats semblants a aquest últim. A la mateixa línia hi ha altres articles que plantegen una qüestió semblant, i relacionen les emocions amb el ritme cardíac i la música (**Emotion Recognition Based on Physiological Changes in Music Listening o From Physiological Signals To Emotions**).

A l'article **Effects of Music on Physiological Response** també es comenta la influència de l'activitat cognitiva d'escoltar música en el ritme cardíac, i aconsegueixen demostrar que les variacions en la música poden produir taquicàrdia o bradicàrdia.

En els articles es comenta la dificultat d'establir una relació concloent entre les diferències observades i la variable estudiada, la música, a causa de la difícil tasca de controlar totes les condicions que influeixen en els experiments (estat dels subjectes, sons, hores del dia, etc.).

Aquest articles demostren que l'estudi del ritme cardíac pot servir per relacionar l'estat anímic amb la música.

Tot i les dificultats i la manca d'eines matemàtiques per analitzar els senyals de la millor manera possible, els comentaris dels articles m'animen a tirar endavant el meu treball amb la il·lusió d'arribar a demostrar alguna de les teories inicials que he plantejat.

## 5 Treball de camp

---

### 5.1 Preparació del material per les proves:

---

Abans de poder realitzar l'experiment he hagut d'aconseguir material i també fer un treball previ. Aquesta feina pre-proves consta de:

- Triar els estils que es volen comparar.
- Equipament de mesura.
- Anàlisis dels estils treballats.

#### 5.1.1 Triar els estils

---

És una de les parts més importants i que repercutiran més en els resultats que obtindrem de les proves. He seguit els següents passos per triar-los:

- Fer una llista de tots els estils més importants de música que existeixen.
- Buscar l'origen de cada estil i diferenciar les diferents branques d'evolució (espècie d'arbre genealògic de la música). Quant triem l'estil en concret després hem de mirar que estiguin en branques diferents.
- Recopilar informació bàsica de cada estil, tan melòdicament com rítmicament etc.
- Buscar algunes cançons representatives de tots els estils i escoltar-les conscientment i començar la tria amb les següents preferències
  - En trobar que dos estils són difícils de distingir entre ells eliminar-ne un o més d'ells.
  - En trobar diferents cançons del mateix estil que es diferenciïn suficientment per confondre-les amb dos estils diferents, eliminar l'estil.
  - En trobar un estil amb molts subestils diferenciats considerablement, centrar-se sols amb el subestil més important i eliminar la resta.
- Aconseguida una selecció d'entre 7 i 10 estils amb l'anterior pas, informar-se més bé de cada un d'ells i decidir de quants formaran part de les proves, triant els que es diferenciïn entre ells més en aspectes com tempo, instruments utilitzats, harmonia (complexitat), ritmes característics, volum, intensitat, melodies, etc.
- Decidir de quants estils hauria de formar part la prova comparant la informació buscada anteriorment. En el meu cas, inicialment, van ser 5: Jazz, Blues, Ska, Metal i Música Clàssica.
- El següent pas va ser verificar la tria dels estils amb diferents persones enteses amb música per veure si eren correctes i anotar les diferents observacions que feien dels estils. Alguns dels aspectes que van assenyalar van ser:
  - El jazz i el blues eren massa propers amb sonoritat.

- La música clàssica era irrepresentable amb una sola cançó.
- Canviar els criteris de tria d'estils per un de més senzill, que constava de fer 4 grups, fragment totalment melòdic, fragment totalment rítmic, fragment majoritàriament harmònic i un fragment que sigui la combinació de tots els anteriors (també hi va haver algú que trobava correcte l'altre mètode inicial).

Ho vaig valorar i vaig realitzar els canvis següents:

- Suprimir el jazz.
- Suprimir la música clàssica.
- Afegir un altre estil, el pop, tot i que fos molt ample i variat.
- Tenint clar els 4 estils decidits, calia buscar la cançó representativa de cada un d'ells. Primer vaig consultar a pàgines web especialitzades quines cançons havien estat més escoltades i més ven valorades al llarg dels anys, les vaig aconseguir i després vaig anar eliminant una per una fins a la cançó que faria servir a continuació a la prova.
- Per qüestions d'anàlisi, era bàsic que totes les cançons tinguessin una duració de 4 minuts ja que d'aquesta manera tots els estils tenien les mateixes condicions. Usant Adobe Audition 1.5, un programa d'edició d'àudio, vaig modificar les cançons repetint i ensemblant parts d'ella mateixa per allargar o suprimint parts si era massa llarga per tal d'aconseguir els 4 minuts desitjats. Va ser una tasca difícil ja que les modificacions havien de passar desaparegudes a l'oïda dels subjectes.
- El següent pas va ser normalitzar els volums i les equalitzacions de les diferents cançons. D'aquesta manera evitàvem que el volum de l'àudio influís en les mesures.

### 5.1.2 Equipament de mesura.

Per fer la mesura cal:

- Cascos amb una fiabilitat raonablement bona.
- Portàtil amb els programes necessaris.

El fet de tenir la toma de dades portàtil dona més llibertat al moment de realitzar les proves i ho fa més flexible.

En el portàtil he necessitat sols 2 programes per la toma de dades:

- Enobio 2.1:  
És el programa que permet rebre les dades de l'aparell de mesura, visualitzar els diferents senyals fisiològics i finalment gravar-los en un arxiu (el sistema d'organització del volum de dades s'explicarà en el disseny experimental)
- Reproductor de música:  
Un reproductor de música qualsevol que permeti la modificació de l'equalitzador.

- Enobio i accessoris corresponents:  
El pack Enobio, consta de SCM (Sensor Communication Modul), elèctrodes (sensors), bandes i tires de suport, gel electrolític i receptor UBS.  
Per poder realitzar les proves he hagut d'adaptar un dels elèctrodes per poder-lo posar a l'orella, enganxant una pinça a l'elèctrode i posant una mica d'espuma per la comoditat del subjecte.

### 5.1.2.1 Enobio

L'Enobio és un equip electrofisiològic que permet mesurar biopotencials generats per diferents activitats del cos. Entre els senyals que es poden mesurar hi ha l'activitat cerebral EEG (l'electroencefalograma), l'activitat cardíaca ECG (l'electrocardiograma) i l'activitat ocular l'EOG (l'electrooculargrama).

L'equip consta de quatre elèctrodes que amplifiquen i digitalitzen els senyals i d'una unitat de control i transmissió inalàmbrica. El reduït pes i dimensions, juntament amb la llibertat de moviments que permet la connexió inalàmbrica el fa un equip adient per mesurar l'activitat en entorns normals, sense necessitar les instal·lacions i preparacions dels equips tradicionals utilitzats per fer aquestes mesures.

L'Enobio està adreçat a equips de recerca en les àrees de HMI (Human Machine Interfaces), biometria, biofeedback en entorns de realitat virtual, etc.



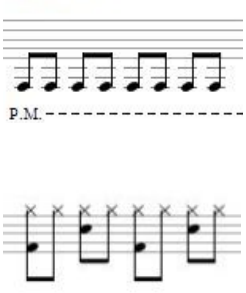


L'Enobio és un equip desenvolupat per Starlab; es pot trobar més informació a l'adreça <http://www.starlab.es/products/enobio>









### 5.1.3 Anàlisi dels estils treballats.

Anàlisi dels estils treballats:

	Ska	Pop	Blues	Metal
Tempo (aprox.)	150 - 200	100 -125	72 – 140	55 - 210
Instruments	Guitarra, baix, bateria, teclats, saxos, trompetes, trombons, veu.	Veu, guitarra, baix bateria.	Banjo, bateria, harmònica, piano, veu, guitarra, baix i saxòfon.	Guitarra, teclats, bateria, baix, veu
Harmonia	L'harmonia de l'Ska tendeix a estar construïda per els acords I, IV, V o les progressions I VIm, IV, V.	(cap de comuna)	L'harmonia d'una volta de blues bàsic de 12 compassos consisteix de: 1 compàs de I, un compàs de IV ,2 compassos de I, 2 compassos de 4, 2 compassos de I, 1 compàs de V, un compàs IV, un de I i un de V per repetir. Tots els acords solen ser sèptima.	Fa servir els anomenats power chord (acords que que tenene sols un interval principal, normalment és la 5a justa, però també es poden basar amb 3 <sup>a</sup> m , 3 <sup>a</sup> M, 4t justa , 5 <sup>a</sup> diss. o 6 <sup>a</sup> m.) Les estructures harmòniques es basen normalment en 3 principis: 1.Escales modals (aeolica i frígia). 2.Progressions (cromàtiques i tritons). Ex: I-VI-VII, I-VII-(VI), I-VI-IV-VII. Fan servir tonalitats com C and F# (prohibides a l'època medieval perquè creien que era la música del diable
Ritmes propis	Guitarra: 	(cap de comuns)	Guitarra: 	Guitarra:  P.M. - - - - -
Volum	Mitjà-alt	Baix-mitjà	Baix-mitjà	Molt alt
Intensitat	Alta	Baixa	Baixa	Alta

	<b>Ska</b>	<b>Pop</b>	<b>Blues</b>	<b>Metal</b>
Melodies	Rítmiques	Melòdiques	Rítmiques	Melòdiques
Origen històric i sociocultural	<p>Originari de finals dels 1950s a Kingston Jamaica.</p> <p>En aquell temps la població comença a afuir del medi rural a l'urbà. A les ciutats els habitants es congregaven en places on posaven les "sound systems"(furgonetes amb un sorollós i primitiu equip de so) punxaven les últimes novetats nord-americanes de jazz, soul i, sobretot, rhythm &amp; blues.</p> <p>Amb la formació de companyies discogràfiques a l'illa els artistes locals van fusionar els estils de les "Sound systems" amb ritmes propis . D'aquí va sortir l'ska.</p>	<p>Apareix mitjans anys 1950, comuna alternativa suau a el rock 'nd roll de l'època.</p>	<p>Apareix als finals del segle XIX al sud dels Estats Units.</p> <p>En els seus inicis el blues era una música vocal sense acompanyament interpretada pels treballadors negres pobres de les colònies.</p> <p>Després es va popularitzar i al llarg de tot Estats Units i, posteriorment, d'Europa i Àfrica. En aquest temps d'expansió van sorgir un seguit de subgèneres.</p> <p>El Blues que coneixem actualment és el que provenia del sud dels Estats Units durant el segle XIX.</p>	<p>Originari de finals dels anys 60. Inspirat en la misèria del dia a dia de la gent que treballava a les ciutats industrialitzades i combinat amb la fascinació per tot allò que és místic i ocult.</p>
Estils predecessors	Mento i Calypso Jamaicà , jazz Americà i R&B.	Rock and roll, Jazz, Doo-wop, Folk i Dance music	Música folk americana, cançons de treball i espirituals.	Blues-rock, rock psicodèlic.
Temàtica de les lletres	<p>Les lletres d'ska normalment estan enfocades a la crítica social, en contra de les diferències i dels abusos de poder.</p> <p>També tracta temes com l'amor, sentiments (des d'un punt de vista realista). Normalment en els temes que tracta adopta un punt de vista crític.</p>	<p>Els temes tractats en les interpretacions han estat primer gairebé exclusivament del sentiment amorós i derivant després cap a referències sexuals més explícites i altres temes més variats. En les formes més comercials no és habitual que els cantants siguin els autors de la lletra i música de les seves interpretacions.</p>	<p>La forma original de les lletres de blues consisteix, habitualment, en una sola línia que es repeteix tres vegades. Més endavant, l'estructura actual, basada en una única repetició d'una línia seguida per una línia final, es va convertir en un estàndard. Aquestes línies solien ser cantades seguint un patró més proper a una conversa rítmica que a una melodia.</p> <p>Els primers blues, amb freqüència, prenen la forma</p>	<p>Les lletres estan inspirades normalment "en la matèria fosca i depressiva, que no te cap precedent amb el món del pop"segons David Hatch and Stephen Millward.</p> <p>El tema de la mort també és predominant en aquest gènere, juntament amb el tema del sexe(provinent del blues),el de les tragèdies romàntiques,el de inspiració fantasiosa, la crítica social i les</p>

	Ska	Pop	Blues	Metal
			d'una narració, la qual solia transmetre el cantant mitjançant la seva veu, i contava les seves penes personals formant part d'un món injust, d'una crua realitat: «un amor perdut, la crueltat dels agents de policia, l'opressió dels blancs i els temps difícils».[6] Gran part dels blues més antics contenen lletres més realistes, a diferència de la majoria de la música popular que es gravava en aquells temps.	qüestions filosòfiques.
Grups socials:	 <p>Mod, Rude-boys</p>  <p>Skinhead.</p> 	Adolescents 	-	Heavy  
Cançó	A buen ritmo - Skalarik	From me to you- Beatles	Open Road - Sonny Boy Williamson II	Trollhammaren - Fintroll

## 5.2 Disseny experimental

---

El disseny experimental consisteix en la preparació de les proves.

### 5.2.1 Taules de presentació dels pistes

---

#### 5.2.1.1 Per què és necessari ?

---

Quan realitzem un disseny experimental hem d'intentar aïllar el màxim el que volem estudiar d'altres possibles efectes. Un possible efecte a l'experiment és el cansament del subjecte durant aquest, ja que les proves duren aproximadament 30 min.

Per evitar aquesta variable he trobat necessari el disseny de les taules següents.

#### 5.2.1.2 Com és aquesta taula?

---

És una taula on a les columnes hi ha les 4 tomes amb els 4 estils ordenats aleatòriament i a les files hi ha els 4 subjectes. A més a més, després del 4t estil, per donar més informació s'ha posat la data de realització de la toma.

En el cas que durant l'anàlisi de dades es trobin errors/mala qualitat de les dades, es repetirà la toma amb les mateixes condicions (apareix a la taula com a 2).....)

#### 5.2.1.3 Com s'ha fet aquesta taula?

---

Fem servir un programa que generi seqüències aleatòries de números compresos entre 1 i 4, comptant aquest, per posar ordre a les cançons (estils) que reproduïrem en els subjectes.

El programa online utilitzat ha estat el següent <http://www.random.org/sequences/>

Els estils se'ls ha assignat un número, que posteriorment servirà per gestionar les dades amb més eficiència i fiabilitat. A continuació es mostra el número amb el seu corresponent estil:

- Estil 0. (Referència)
- Estil 1. Ska.
- Estil 2. Pop.
- Estil 3. Blues.
- Estil 4. Metal.

Igual que amb els estils, en els subjectes també se'ls ha assignat un número, però per confidencialitat aquest treball no presenta una identificació directa entre subjecte i persona.

Les persones que han participat amb l'experiment han estat:

- Anna Fusté Peracaula.
- Sergi Rossell Parareda.
- Mireia Carreras Llorà.

- Marcel Farrés Franch.

Les qualitats/formació/experiència/... que poden tenir repercussió amb els resultats de l'experiment els hem relacionat amb el subjecte que corresponen:

- Subjecte 1: (estudiant de grau superior, violinista i amb oïda absoluta)
- Subjecte 2: (estudiant de grau mitjà i saxofonista)
- Subjecte 3: (estudiant de grau mitjà, guitarrista, pianista i amb oïda absoluta)
- Subjecte 4: (estudiant de grau mitjà, pianista i baixista)

A continuació, la taula esmentada:

*Taula 2: Taula de mesures*

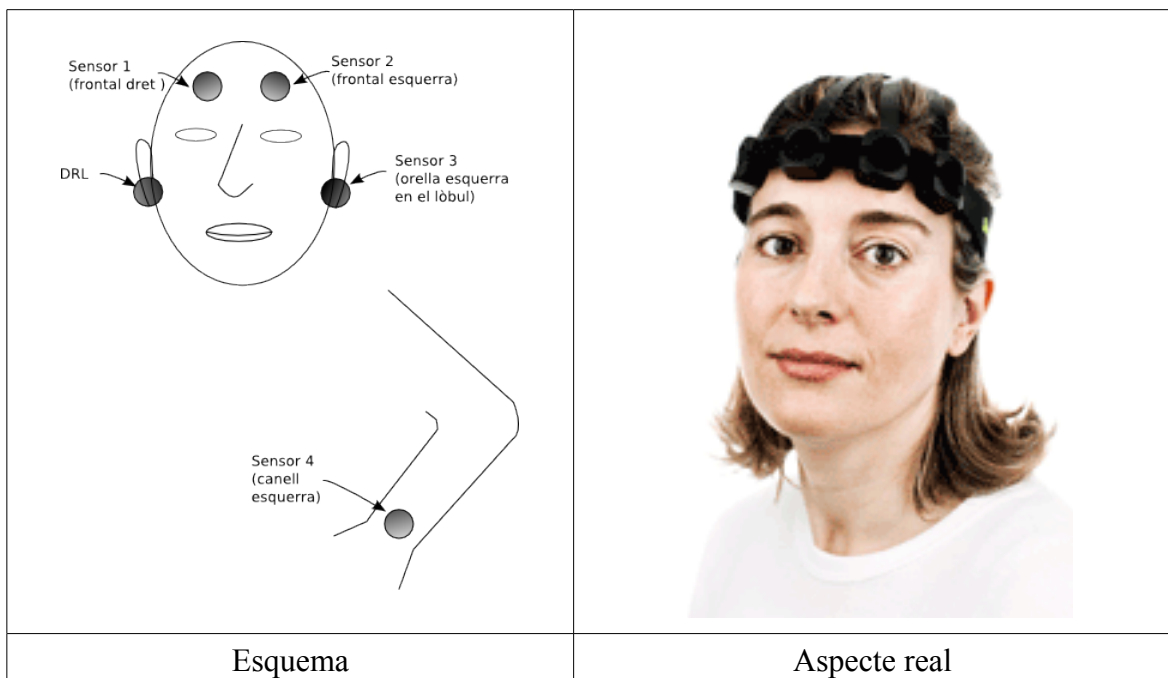
	Toma 1	Toma 2	Toma 3	Toma 4
Subjecte 1	Blues	Pop	Metal	Pop
	Ska	Ska	Blues	Blues
	Pop	Blues	Pop	Ska
	Metal	Metal	Ska	Metal
	30/06/09, 14:52	07/07/09, 15:52	25/07/09, 15:23	25/07/09, 16:03
Subjecte 2	Blues	Metal	Metal	Pop
	Metal	Ska	Blues	Metal
	Ska	Pop	Ska	Ska
	Pop	Blues	Pop	Blues
	17/06/09, 15:38	23/06/09, 16:51	11/07/09, 17:33	26/07/09, 16:22
Subjecte 3	Pop	Blues	Metal	Pop
	Ska	Pop	Blues	Blues
	Blues	Metal	Ska	Ska
	Metal	Ska	Pop	Metal
	1) 17/07/09, 16:00	1) 17/07/09, 16:43	1) 17/07/09, 18:02	1) 17/07/09, 18:38
Subjecte 4	Pop	Pop	Metal	Blues
	Metal	Ska	Pop	Metal
	Blues	Metal	Blues	Pop
	Ska	Blues	Ska	Ska
	1) 06/07/09, 14:59 2) 28/07/09, 15:17	13/07/09, 21:04	15/07/09, 15:18	15/07/09, 15:46

Abans de posar les pistes es farà una presa de mesures amb silenci, de la mateixa durada d'aquestes últimes. Posteriorment servirà com referència per analitzar la resta.

## 5.2.2 Posició dels elèctrodes

Després de consultar a quines parts del cervell es processa la música vaig decidir posar els elèctrodes de la següent manera:

- Sensor 1: Front dret.
- Sensor 2: Front esquerra.
- Sensor 3: Orella esquerra en el lòbul.
- Sensor 4: Canell esquerra.
- Referència: Orella dreta en el lòbul.



## 5.3 Realització de l'experiment

### 5.3.1 Preparació del lloc

Per la mateixa raó que hem fet les taules d'ordre dels estils, també hem de realitzar l'experiment d'una certa manera que ens ajudi al màxim a obtenir resultats nets i clars.

Per aconseguir aquest objectiu he hagut de tenir en compte els punts següents:

- Silenci: he hagut de fer els experiments en llocs sense soroll, per evitar que sons exteriors es barregin amb la música i interfereixi.
- Fosc: he hagut de fer l'experiment en llocs quasi completament foscos, per evitar que canvis de llum o simplement llum es barregi amb la música.
- Interferències electromagnètiques:
  - Mòbils:  
Els mòbils han d'estar apagats durant les proves, ja que provoquen

moltes interferències amb l'Enobio, l'aparell de mesura, a causa de la sensibilitat d'aquest.

- Instal·lació elèctrica:  
Les proves s'han de realitzar en un espai amb el mínims circuits elèctrics i cables, ja que provoquen moltes interferències amb l'Enobio, l'aparell de mesura, causa de la sensibilitat d'aquest.

### 5.3.2 Preparació del subjecte

El subjecte, com el lloc, també hem d'aconseguir que estigui sols exposat a l'estímul de la música, per aquesta raó se l'ha d'aïllar de:

- Per realitzar la prova, el subjecte s'ha d'haver rentat anteriorment els llocs on es posaran els elèctrodes i que no hagi suat després de rentar-se. El perquè està explicat a l'apartat teòric.
- Ulls tancats: perquè com s'ha vist en el marc teòric, estar amb els ulls oberts canvia notablement els components freqüencials del senyal.
- Concentració explícita en la música.
- Moviments: perquè com s'ha vist en el marc teòric, els moviments també queden reflectits en realitzar les mesures.
- Condicions òptimes del subjecte: el subjecte ha d'estar descansat, perquè, com en el marc teòric, aquest punt influeix en els components freqüencials del senyal.

### 5.3.3 Ajustos i preparació del programa

Per obtenir bons resultats calen uns passos i ajustos previs del programa (hem usat Enobio 2.2).

- Abans d'engegar l'aplicació, s'ha d'haver connectat l'interface i engegat l'Enobio.
- A continuació obrim el menú d'"advanced settings", desactivem els "autofilter values" (el filtratge que dóna aquesta opció el realitzarem en el tractament de dades, on ho podrem perfeccionar) i activem "Export to EDF" (aquesta opció ens permetrà veure ràpidament les dades recollides i comprovar que no hi ha hagut problemes a la toma). En acabar tanquem la finestra.
- A la finestra principal, a l'apartat de "file writer", busquem el directori on guardem les tomes, posem el nom d'arxiu i marquem el temps de gravació, 4 min. i 5 sec. (els 5 sec. és el temps que necessitem per posar a gravar i començar a reproduir la música)
- Cliquem "Connect" i començarem a veure que els indicadors dels elèctrodes passen de vermell (senyal nul) a groc (senyal sense estabilitzar) i finalment a verd (bon senyal). Seguidament cliquem a "Graphs" i podrem visualitzar l'activitat dels elèctrodes.
- Un cop veiem que els gràfics no fan salts bruscos ni línies rectes, estarem apunt per realitzar la E0.

### 5.3.4 Presa de dades

A continuació explicaré els passos que he seguit per fer els experiments:

- Una estona abans, obrir el portàtil, connectar el disc dur, obrir les aplicacions que necessitaré, realitzar els ajustos corresponents i comprovar que l'Enobio es connecta correctament amb el PC.
- El segon pas és col·locar l'Enobio al subjecte com s'ha explicat anteriorment, a cada elèctrode s'ha de posar una mica de gel perquè faci bon contacte amb la pell.
- El tercer pas és engegar l'Enobio i amb l'interface d'usuari, comprovar que els elèctrodes funcionen correctament. Normalment s'ha d'esperar 5 – 10 minuts perquè s'estabilitzin el gel, el DRL i els elèctrodes.
- Un cop aconseguit el punt anterior es posen els cascos al subjecte i es comprova el volum, que ha de ser igual a totes les tomes i a tots els subjectes.
- En tenir-ho tot en marxa i funcionant correctament, es comença a fer la E0, que és sense música i es farà servir de referència posteriorment.
- A continuació es realitzaran la resta d'estil d'acord amb l'ordre de la taula confeccionada anteriorment.

#### 5.3.4.1 Comprovació de les dades:

L'Enobio té un indicador que permet saber si els elèctrodes fan bon contacte i funcionen correctament.

Durant el transcurs de les proves he vigilat aquest indicador i d'aquesta manera he pogut validar o no la toma.

### 5.3.5 Gestió de dades

Com que en aquests experiments generaran una quantitat important de dades (80 fitxers sense comptar les possibles repeticions d'alguna de les proves) és molt important mantenir l'ordre en els fitxers, per accedir-hi fàcilment i manipular les dades.

En el nom de tots els fitxers apareixerà:

- En primer lloc el nom de l'experiment: ex:MMC (Música, Ment i Cor).
- En segon lloc el número del subjecte després d'una S: S1, S2, S3 i S4.
- En tercer lloc la toma que correspon després d'una T: T1, T2, T3 i T4.
- En quart lloc el número d'estil que correspon després d'una E: E0, E1, E2, E3 i E4.

A continuació un exemple de nom de fitxer:

- MMCS2T1E0.txt (Música Ment i Cor, Subjecte 2, Toma 1, Referència)

En la toma de dades, per facilitar la feina ho he separat per carpetes:

- En el primer nivell: ALL SUBJECTS (tots els subjectes)
- En segon nivell: Subject 1, Subject 2, Subject 3 i Subject 4 (cada subjecte)



- En tercer nivell: Toma 1, Toma 2, Toma 3 i Toma 4 (cada toma)

Els noms dels fitxers s'han hagut de canviar tots manualment.

## 5.3.6 Comentaris de les proves

### 5.3.6.1 La realització

Ha estat difícil majoritàriament per la poca disponibilitat dels subjectes a l'hora programada. Seguint un consell de Carles Grau, catedràtic de la Universitat de Barcelona, les proves preferiblement s'haurien de realitzar a la mateixa hora a tots els subjectes i a totes les proves, ja que durant un dia una persona canvia l'estat mental. En fer les proves a la mateixa hora eliminava la variable que la persona es trobés en un estat mental diferent en el seguit de proves realitzades.

Pràcticament aquest punt no s'ha pogut complir en la seva totalitat, perquè els subjectes no sempre han estat disponibles a la mateixa hora en totes les proves.

L'hora proposada va ser de 3 a 5 de la tarda i un 13 sobre 17 (76'5 % de les proves) tenien una durada aproximada de 30 min.

La majoria s'han realitzat el mateix espai, excepte les d'un subjecte que es van realitzar a la seva pròpia casa.

### 5.3.6.2 Problemes que han sorgit

Al principi, l'aparell de mesura que em va deixar Starlab no funcionava òptimament. Donava constantment error en un elèctrode (3), i va costar més temps fer les proves, ja que les dades de les tomes van quedar corrompudes/deformades. En aconseguir un altre aparell aquest problema es va resoldre perfectament.

L'altre problema important que vaig tenir va ser en totes les tomes obtingudes un mateix dia amb el subjecte 3, on s'han hagut de repetir totes perquè totes les dades estaven completament corrompudes. La causa va ser la utilització d'un allargador per connectar totes els aparells, el qual va fer augmentar considerablement la interferència de la línia elèctrica (50Hz).

## 5.4 Disseny de les enquestes

Amb les enquestes es vol recollir informació d'interès relacionada amb la música i la formació musical dels diferents subjectes.

- Gustos musicals:
  - Amb aquesta pregunta pretenc descobrir quins són els gustos musicals del subjecte, com ara els estils que prefereix/detesta.
  - Crec que aquesta informació és útil per:
    - Descobrir si la música preferida l'afecta excitant/relaxant el cervell.
    - Descobrir si la música no desitjada l'afecta excitant/relaxant el cervell.
    - Descobrir si la música no coneguda l'afecta excitant/relaxant el cervell.
- Hores que escolta música:

- Amb aquesta pregunta pretenc descobrir si les hores diàries que escolta música el subjecte.
- Crec que aquesta informació és útil per saber si el temps diari que escolta música afecta amb la sensibilitat d'aquesta a les proves.
- Ús de la música:
  - Amb aquesta pregunta pretenc descobrir perquè el subjecte escolta música i si ho fa per alegrar-se, relaxar-se,... i si s'associa alguna música a un estat d'ànim determinat.
  - Crec que aquesta informació és útil per saber si el propi subjecte és conscient i/o usa la música per modificar, algun estat d'ànim i si l'associació d'un estat d'ànim amb una música és "real".
- Estudis musicals:
  - Amb aquesta pregunta pretenc descobrir si el subjecte ha cursat estudis musicals.
  - Crec que aquesta informació és útil per descobrir si estudiar música afecta la percepció d'aquesta.
- Instrumentista:
 

Existeixen innumerables instruments de música, i cada un exigeix desenvolupar diferents aspectes, com per exemple, afinació, control de l'expulsió de l'aire, habilitats mecàniques tant en mans com amb peus, sincronització, ritme,... i saben l'instrument pretenc troba els aspectes que requereix desenvolupar el subjecte.

  - Crec que aquesta informació és útil per descobrir si algun dels aspectes desenvolupats afecta la percepció de la música.

**Taula 3: Resum de les enquestes**

Gustos musicals	Afecta l'afinitat que té als diferents estils el subjecte ?
Hores que escolta la música.	La quantitat d'hores que escolta la música fa variar la sensibilitat a aquesta ?
Ús de la música i relacionar la música amb un estat d'ànim	La fa servir per relaxar, excitar, pensar, reflexionar... (modificació del propi estat d'ànim) ? Identificar l'estil amb el seu propi estat d'ànim ? L'individu reconeix que la música influeix en el seu estat d'ànim ?
Estudis musicals (llenguatge musical, instrument,...)	Si ha estudiat música és més sensible a aquesta ?
Instrumentista	L'instrument que estudia (violí, saxòfon, guitarra, piano,...) influeix en la seva sensibilitat ?

## 5.5 Exposició de resultats

### 5.5.1 Nivells de processat de dades:

Per poder treure conclusions fiables de les dades he hagut d'elaborar un seguit de passos metòdics que permeten passar de les dades d'esborrany a les dades que podem entendre i treure'n conclusions.

Nivell de processat	Input (entrada)	Output (sortida)	Comentaris
Raw data (dades en brut)	MMCS1T1E0_fixed	Dades sense artefactes i filtrades. Densitat espectral del senyal. Ritme cardíac.	S'han eliminat artefactes. S'han esborrat freqüències fora de l'interval d'interès.
L1b (nivell bàsic 1)	MMCS1T1E0-ch-1-ref-2	Mesures per els diferents canals (referència 0 i 2)	Existeix un fitxer per cada subjecte per cada toma, per cada estil i per cada canal (4 personesss x 4 tomes x 5 estils x 4 canals = 320) Per cada fitxe s'extreuen 4 gràfics. (320*4 = 1280).
L1 (nivell 1)	MMCS1T*E0-ch-1-ref-2	Mitjana aritmètica per totes les tomes d'un mateix estil.	S'agrupen tots els fitxers anteriorment generats corresponents a un mateix subjecte i a un mateix estil.
L2 (nivell 2)	MMCS1E*-ch-1-ref-2	Mitjana aritmètica per totes les tomes i tots els estils.	S'agrupen les mitjanes de cada subjecte per tots els estils

### 5.5.2 Anàlisi temporal i freqüencial:

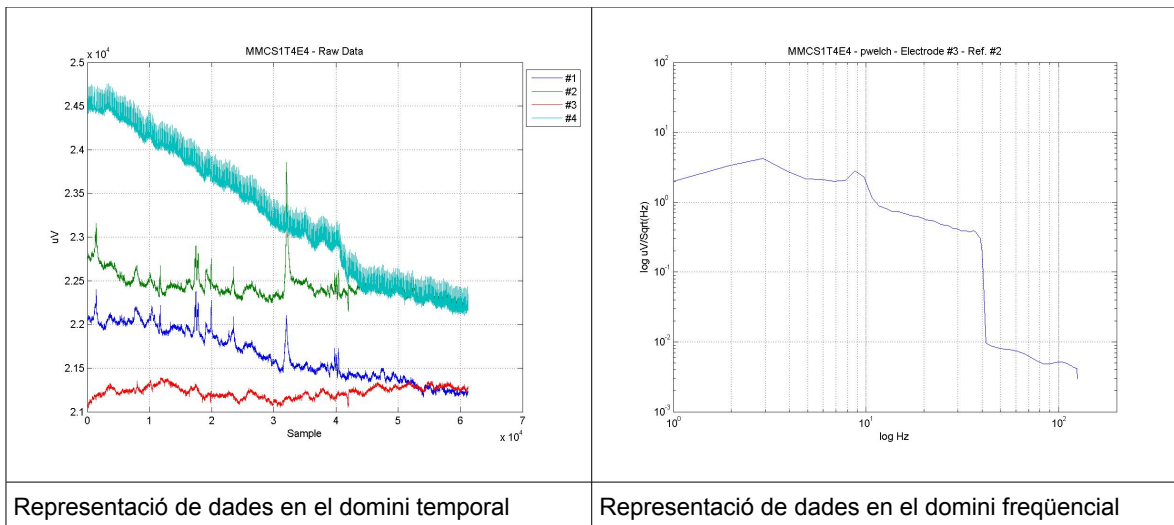
Els fitxes de dades de la mesura estan en funció dels temps, i en observar-les per intentar trobar correlacions entre elles ens trobem en un senyal molt complex i amb moltes oscil·lacions. Per simplificar i fer més senzilla la interpretació hem recorregut a l'estudi en el domini freqüencial.

El domini de la freqüència és un terme usat per a descriure l'anàlisi dels senyals respecte a la seva freqüència.

Si la interpretació de les dades es fa dependent del temps s'anomena estudi en el domini temporal i mostra l'evolució d'un senyal en el temps, mentre que un gràfic freqüencial mostre les components del senyal segons la freqüència en la qual oscil·len.

Com hem comentat la senyal mostra moltes oscil·lacions, cosa que permet usar l'estudi en domini de la freqüència. La **transformada de Fourier** ens permet descompondre un senyal periòdic en un nombre finit o infinit de freqüències.

La plataforma Matlab conté un seguit de funcions que permeten fer aquests canvis de domini temporal a domini freqüencial.



Tot i que el senyal d'EEG i ECG no és completament periòdic si que conté intervals amb senyals raonablement periòdics que es reflecteixen clarament en una representació en el domini freqüencial.

### 5.5.3 Validació de dades

Taula en la qual s'identifica la qualitat de les preses de dades.

Exemple corresponent a dos tomes del subjecte 1.

Subjecte	Toma	Estil	Elec. 1	Elec. 2	Elec 3	Elec 4	Alfa	Beta	Heart
1	1	1	0	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	0	1	1	1	1	1
1	1	2	-1	1	0	1	1	-1	1
1	1	3	1	0	1	1	1	-1	1
1	1	4	1	1	1	1	1	1	1
1	2	0	0	1	1	1	1	1	1
1	2	1	1	1	1	1	1	1	1
1	2	2	1	1	1	1	1	1	1
1	2	3	1	1	1	1	1	1	1
1	2	4	1	1	1	1	1	1	1

La resta de valor pels diferents subjectes i tomes es pot trobar a l'annex.

### 5.5.4 Filtratge i tractament de dades

Els programes mostrats a continuació s'han construït sobre una plataforma Matlab (entorn especialitzat amb l'anàlisi científica de les dades).

### 5.5.4.1 Filtratge de dades

Per filtrar les dades correctament, el que farem és eliminar els salts de voltatge existents a les dades obtingudes. Aquestes discontinuïtats es poden eliminar des de dues visualitzacions: una és la derivada de les dades i l'altra és el voltatge original, totes dues en el **domini temporal**.

Funció dels botons del comandament i dels camps de text:

- **Select Chanel (tria de canal):**  
Aquesta llista de selecció permet triar el canal a filtrar.
- **Set Graph Focus (selecciona el gràfic que rebrà el focus)**  
La llista de selecció permet escollir si es filtrarà fent servir le gràfic de voltatges (Raw data) o la seva derivada (Raw data derivate).
- **Set Mask Value (selecciona el valor de la màscara)**  
Permet marcar els valors que es consideraran com a bons (màscara a '1') o descartats (màscara a '0')
- **File Name (Nom de fitxer de dades d'entrada)**  
Permet triar el subjecte al toma i l'estil que es filtrarà.
- **Electrode Reference (elèctrode de referència)**  
Permet escollir si les mesures es faran fent la diferència de voltatge entre 2 elèctrodes o en referència en el DRL.
- **Get Data (aconseguir dades)**  
Llegeix les dades de l'arxiu especificat en el camp de text de "File Name".
- **Filter X (filtrar per l'interval de x (t))**  
Permet filtrar un interval de x (t) compres entre 2 clics. El valor de la màscara ('0' o '1' depèn de la selecció en el camp "Set Mask Value") entre els dos clics es farà efectiu.
- **Filter Y (filtrar per l'interval de y (uV))**  
Permet filtrar un interval de y (uV) comprès entre 2 clics. El valor de la mascara ('0' o '1' depèn de la selecció en el camp "Set Mask Value") entre els dos clics es farà efectiu.
- **Show Mask (mostrar la màscara)**  
Mostra els sectors que hem seleccionat amb les màscares.
- **Show Recovered (ensenyar dades reconstruïdes)**  
Mostra les dades resultants després d'eliminar les que has marcat com a dolentes.

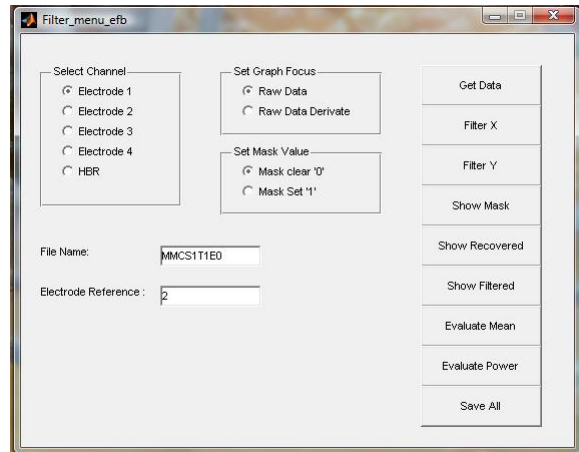


Figura 6: Menú filtratge de dades

- Show Filtered (ensenyar dades filtrades)  
Mostra les dades després de passar un filtre que sols deixa passar les freqüències compreses entre 4hz i 45Hz.
- Evaluate Mean (avalua la mitjana)  
El programa dibuixa l'histograma del senyal i calcula el valor mig i la desviació estàndard de la distribució.
- Evaluate Power (avalua potencia)  
Calcula la densitat espectral de la potència del senyal.
- Save All (Guardar-ho tot)  
Guarda les dades en un fitxer .mat (valors voltatges, la màscara, la densitat espectral,...).

Aquest programa permet obtenir

- El gràfic de les dades dels quatre canals (MMCS1T4E1-raw-ref-2.jpg)
- El gràfic filtrada per cada un dels canals (MMCS1T4E1-raw-ref-2-filt.jpg)
- El gràfic de la densitat espectral potència de cada un dels canals (MMCS1T4E1-ch-1-ref-2-welch.jpg)
- El gràfic del ritme cardíac (MMCS1T4E1-hbr-raw.jpg)
- El gràfic del ritme cardíac un cop filtrada (MMCS1T4E1-hbr.jpg)
- El gràfic de la distribució del ritme cardíac (MMCS1T4E1-hbr.jpg)
- El gràfic de la distribució de la densitat espectral del ritme cardíac (MMCS1T4E1-hbr-welch.jpg)

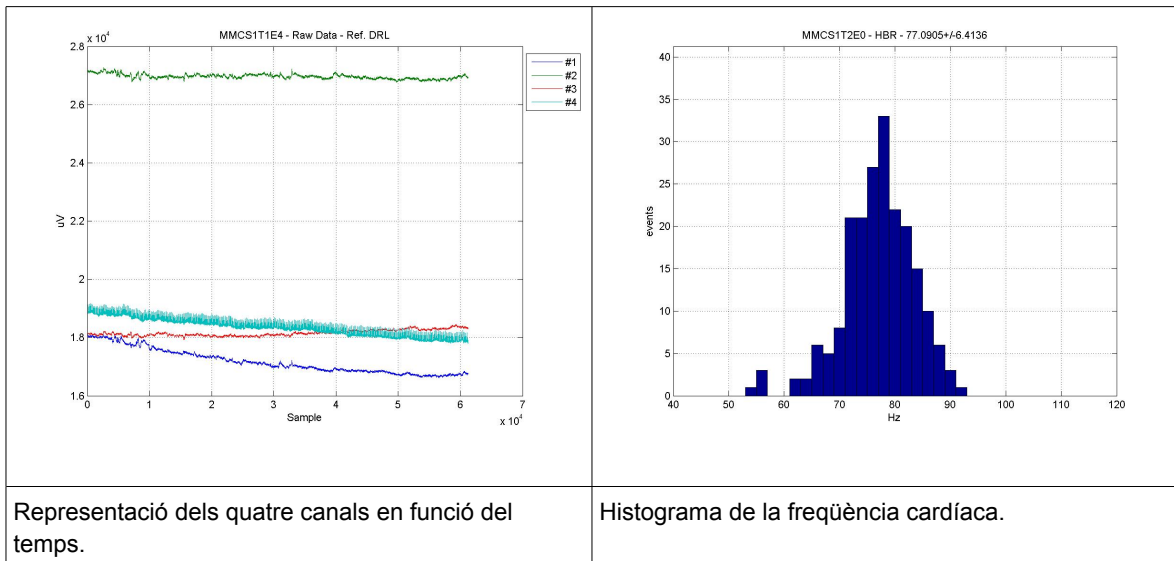
Aquests gràfics estan disponibles en dos formats: el de Matlab (.fig), que permet la manipulació de la informació; i en format .jpg per documentar el treball.

Els fitxers .mat contenen les dades tractades.

Fitxers d'EEG	Fitxers d'ECG

En total per fer l'estudi s'han generat 1561 gràfics.

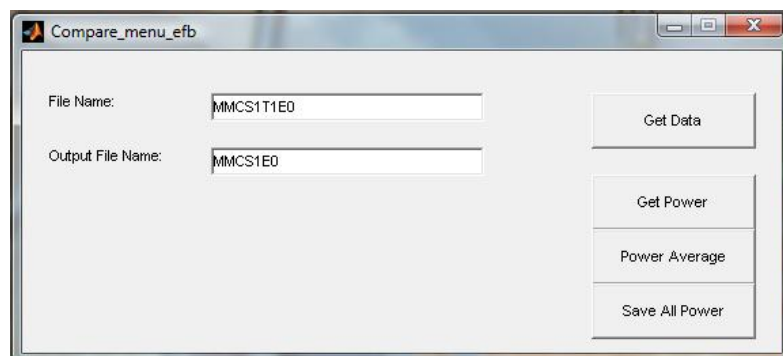
### Alguns exemples de gràfics obtingudes



Degut a la gran quantitat d'informació existent ha estat indispensable usar un altre programa que facilités la comparació i agrupament de dades en funció de l'anàlisi.

#### 5.5.4.1.1 Comparació de dades

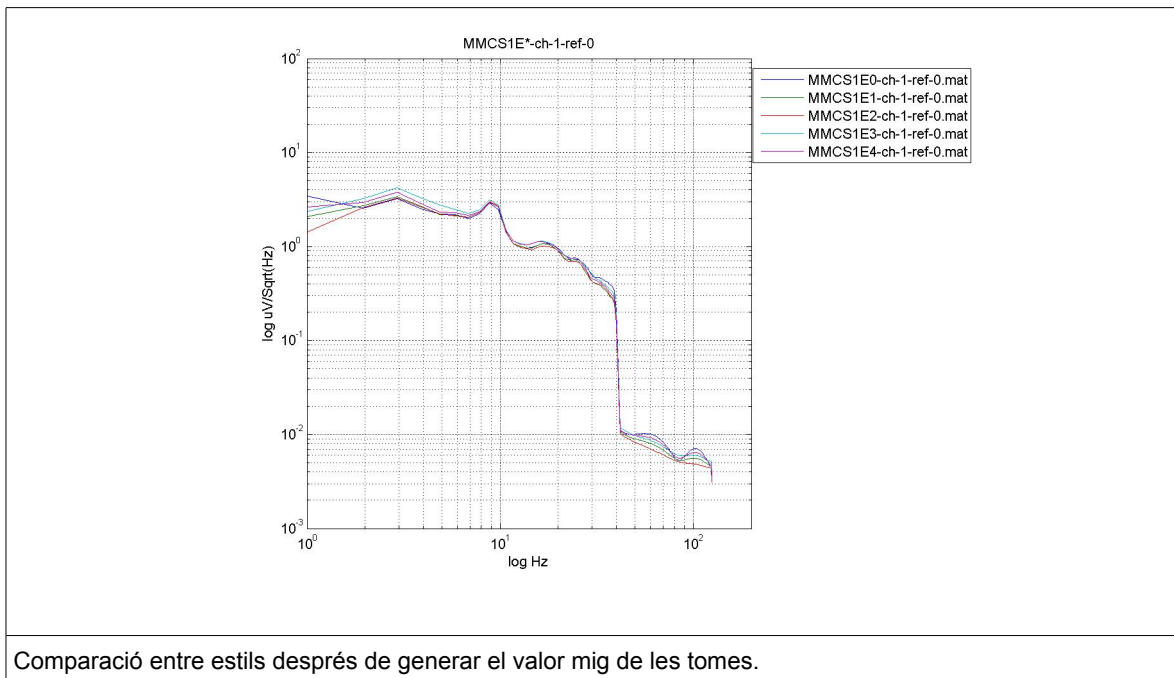
Programa per comparar dades i crear nous gràfics amb els valor mig en cada punt.



Aquest programa permet seleccionar un conjunt de dades fent servir l'asterisc (\*) en el nom del fitxer seleccionat.

Per exemple, MMCS1T\*E1-ch-1-ref-2-welch permet seleccionar la densitat espectral de totes les tomes de l'estil 1 del subjecte 1, mentre que MMCS1T1E\*-ch-1-ref-2-welch permet comparar la densitat espectral dels diferents estils durant la toma 1.

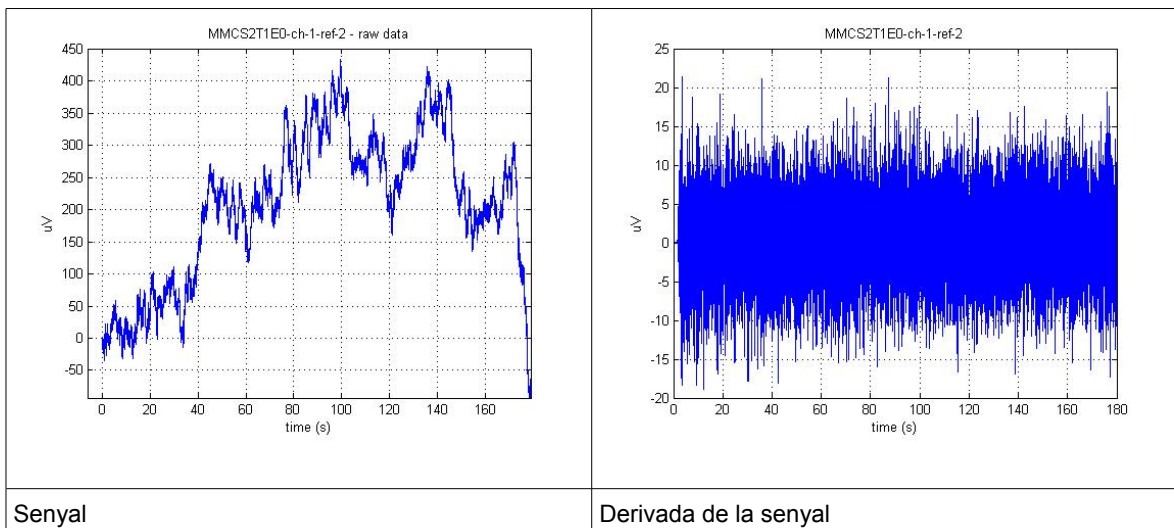
Exemple:



## 5.5.5 Anàlisi d'EEG

### 5.5.5.1 Estudi en el domini temporal

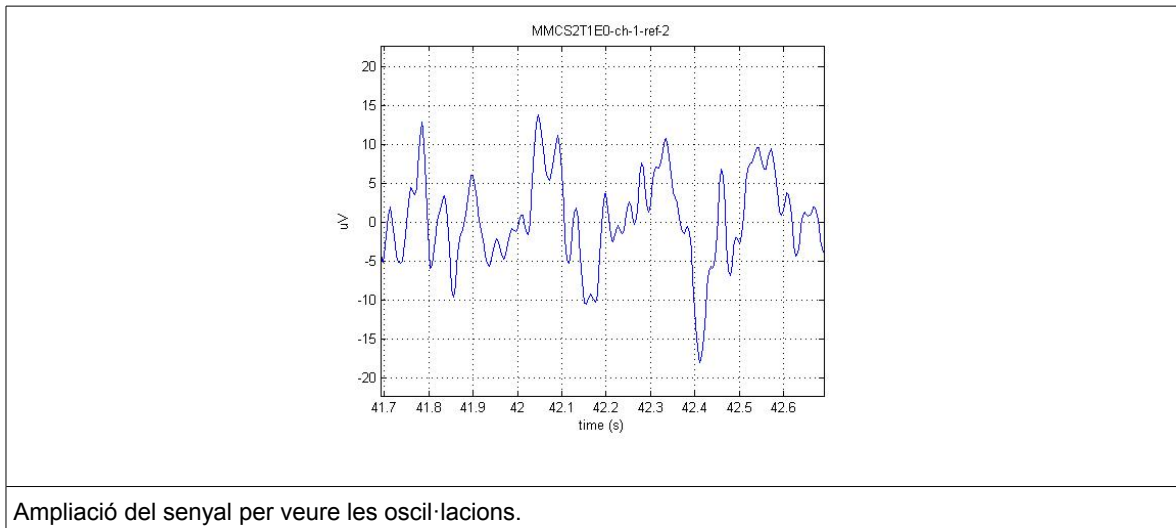
El senyal en el domini temporal té un comportament complex per la mateixa naturalesa del senyal EEG i a l'aparició d'artefactes a causa dels moviments dels elèctrodes, el gel que facilita el contacte els moviments, etc. Com es pot veure a les imatges següents.



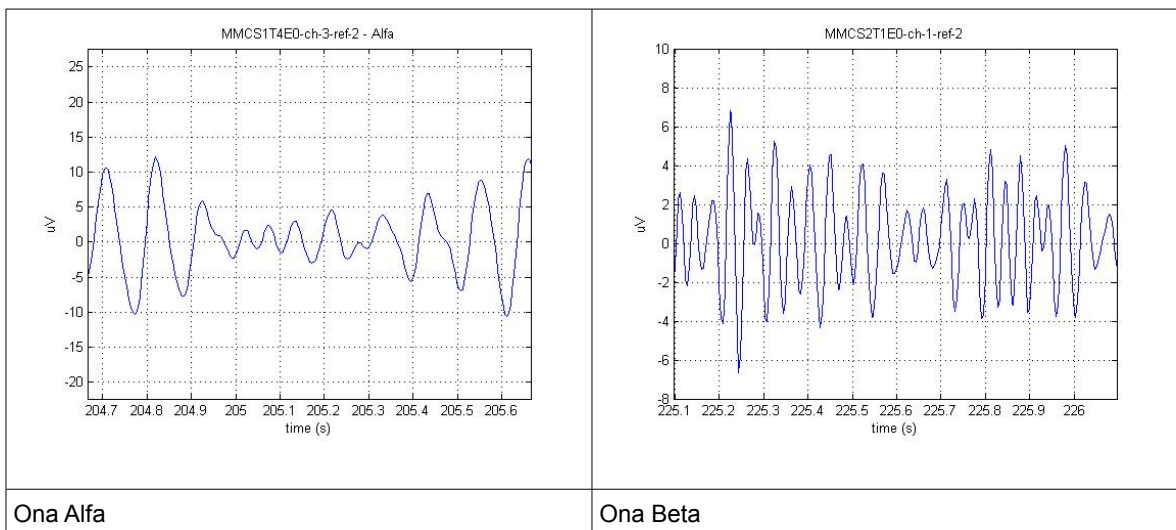
Cal seleccionar la banda d'estudi que en el nostre cas està entre el 2Hz i els 40Hz.



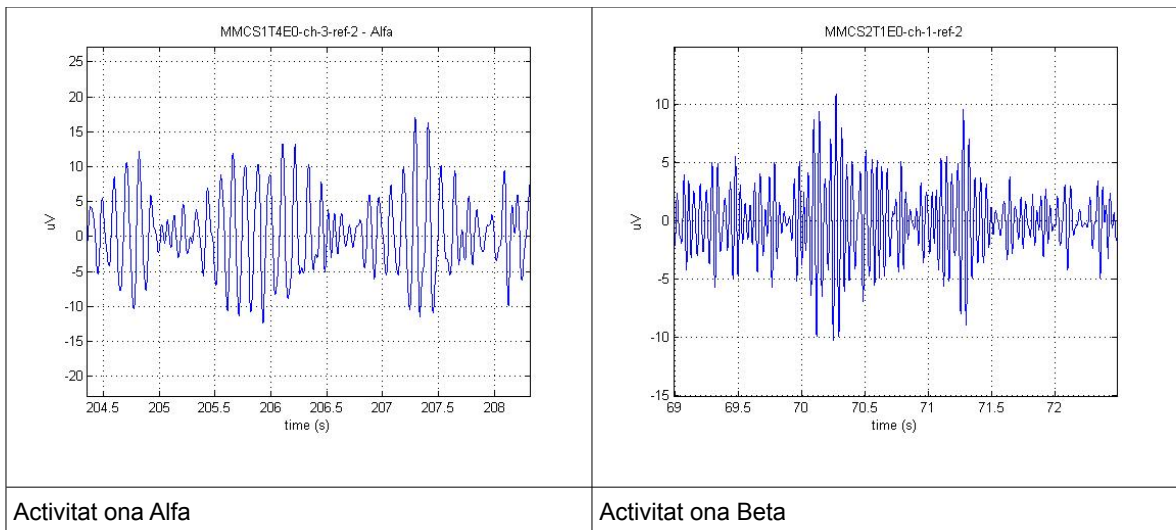
La complexitat es pot apreciar millor en un detall on es poden apreciar oscil·lacions a diferents freqüències.



Per estudiar aquest senyal es realitzen filratges en franges de freqüències associades a diferents activitats cerebrals. Les ones que analitzarem en aquest treball són les ones Alfa i Beta.



L'activitat les ones Alfa i Beta no és constant en el temps, sinó que hi ha diferents períodes d'activitat que es van repetint en més o menys amplitud i periodicitat en funció de l'activitat cerebral.



La complexitat del senyal en el domini temporal és preferible fer una transformació al domini freqüencial, que ens donarà un valor mig de la potència a cada freqüència al llarg de la presa de dades.

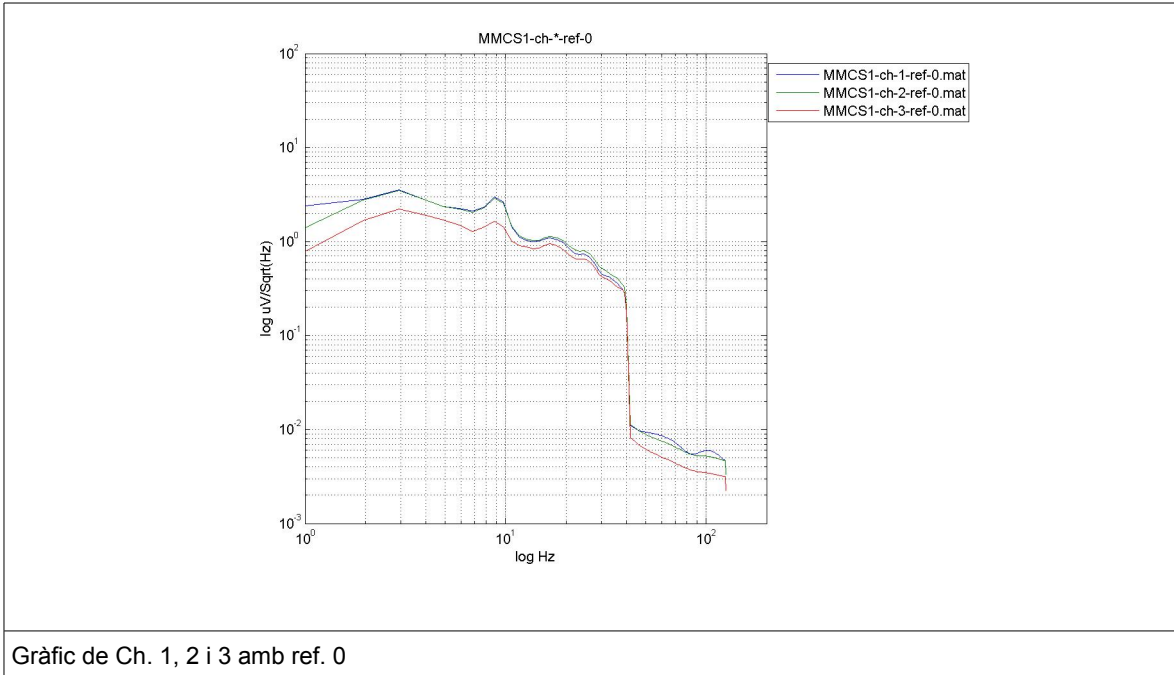
#### 5.5.5.2 Estudi en el domini freqüencial

En aquesta secció es treballaran les dades per freqüències.

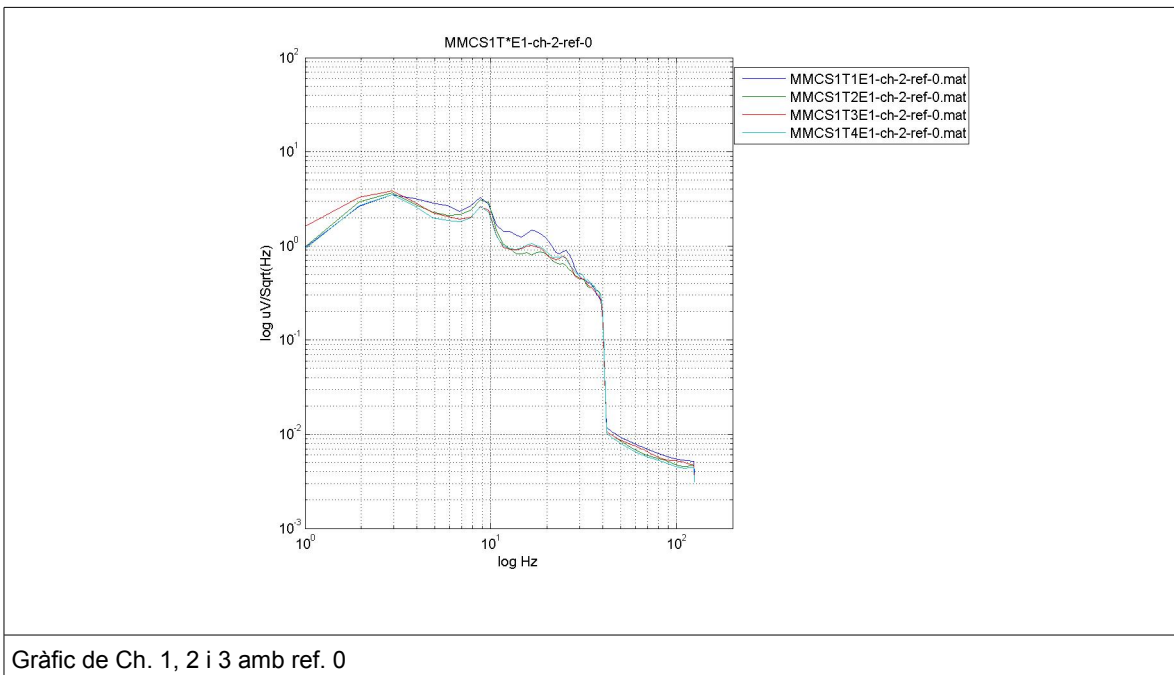
A l'apartat teòric (p. 12) es comentaven els diferents mètodes existents per mesurar senyals d'EGG. En aquest estudi he usat els 2 mètodes que em semblaven més adients: la representació directa del voltatge mesurat (respecta el DRL) i el muntatge referencial.

### 5.5.5.2.1 Voltatge respecte DRL (ref. 0)

Fen servir aquest muntatge observem que els 3 canals d'EEG contenen, més o menys, les mateixes freqüències. Exemple d'aquest muntatge:



També podem observar que existeixen diferències significatives entre les diferents tomes. Exemple d'aquesta diferència entre tomes en el mateix subjecte:



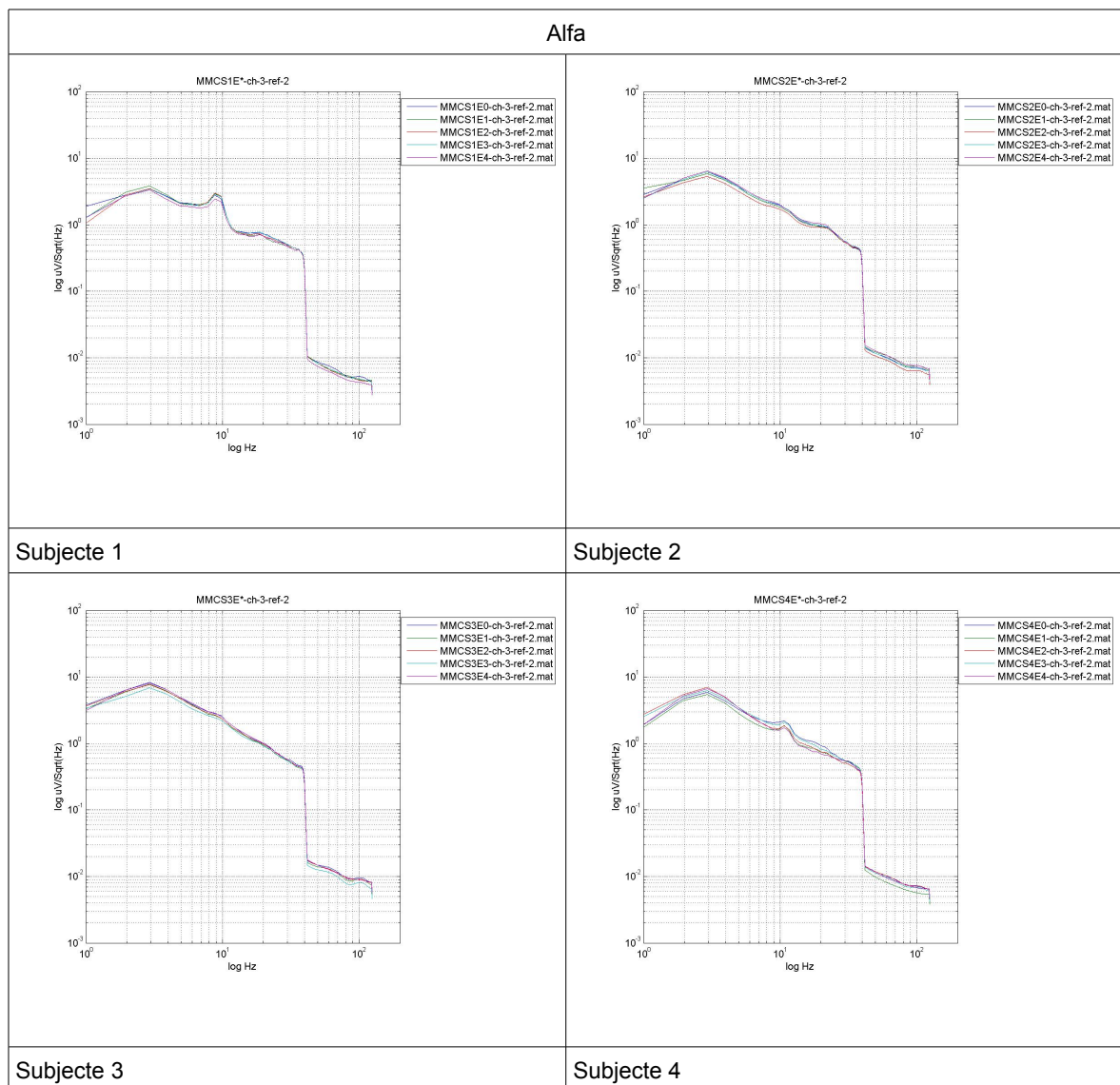
Fent servir aquest muntatge podem observar que cada subjecte té una densitat espectral personal i comuna en totes les proves realitzades.

Com que totes contenen les mateixes freqüències i no es poden diferenciar clarament els petits canvis, així com també per afinar l'anàlisi, utilitzarem el 2n muntatge, el **referencial**. La diferència entre tomes fa que calgui fer promitjos per poder comparar estils.

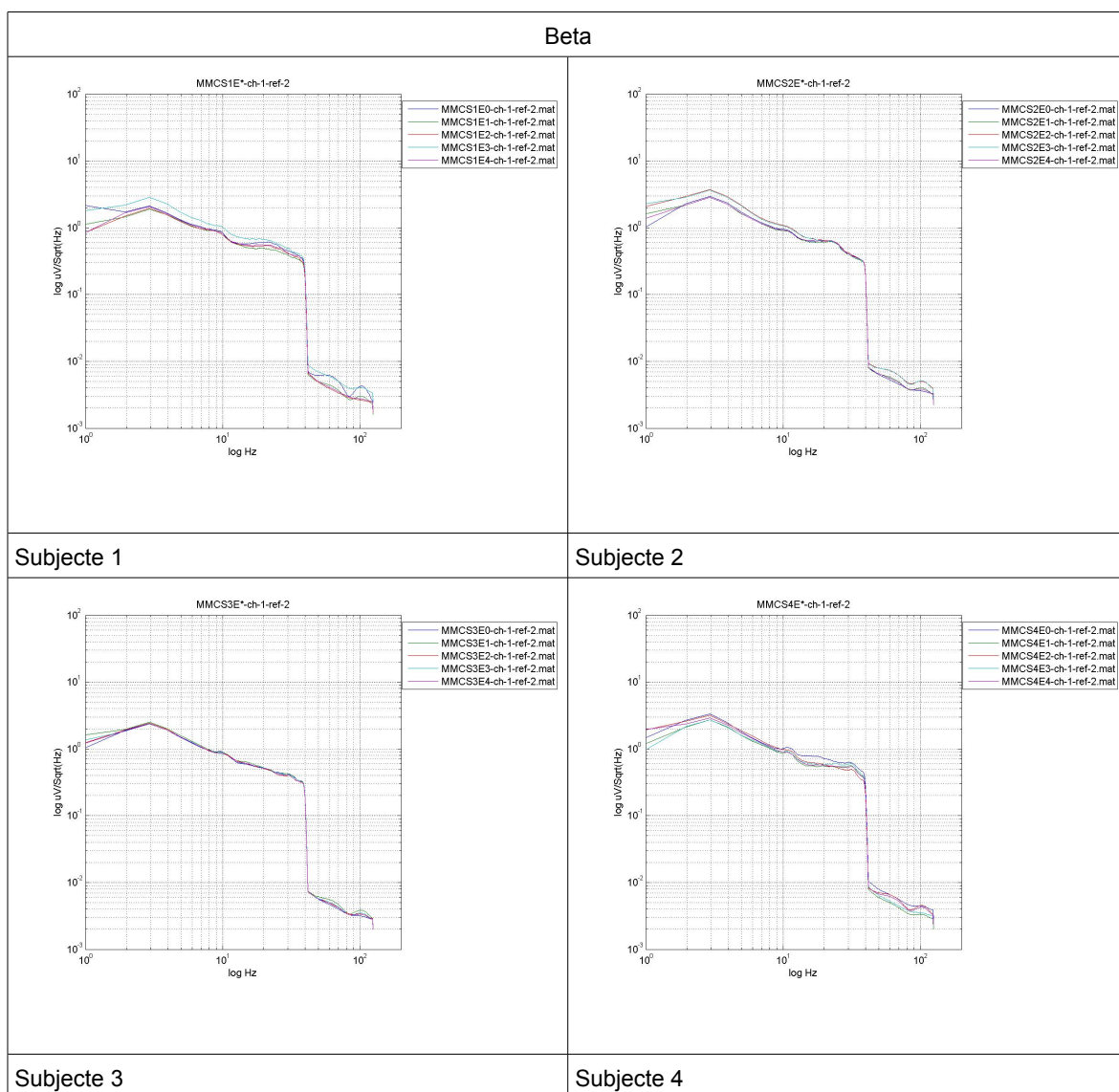
### 5.5.5.2.2 Muntatge referencial (ref. 2)

Tot les anàlisis següents es fan prenent com a referència l'elèctrode número 2 (frontal esquerra).

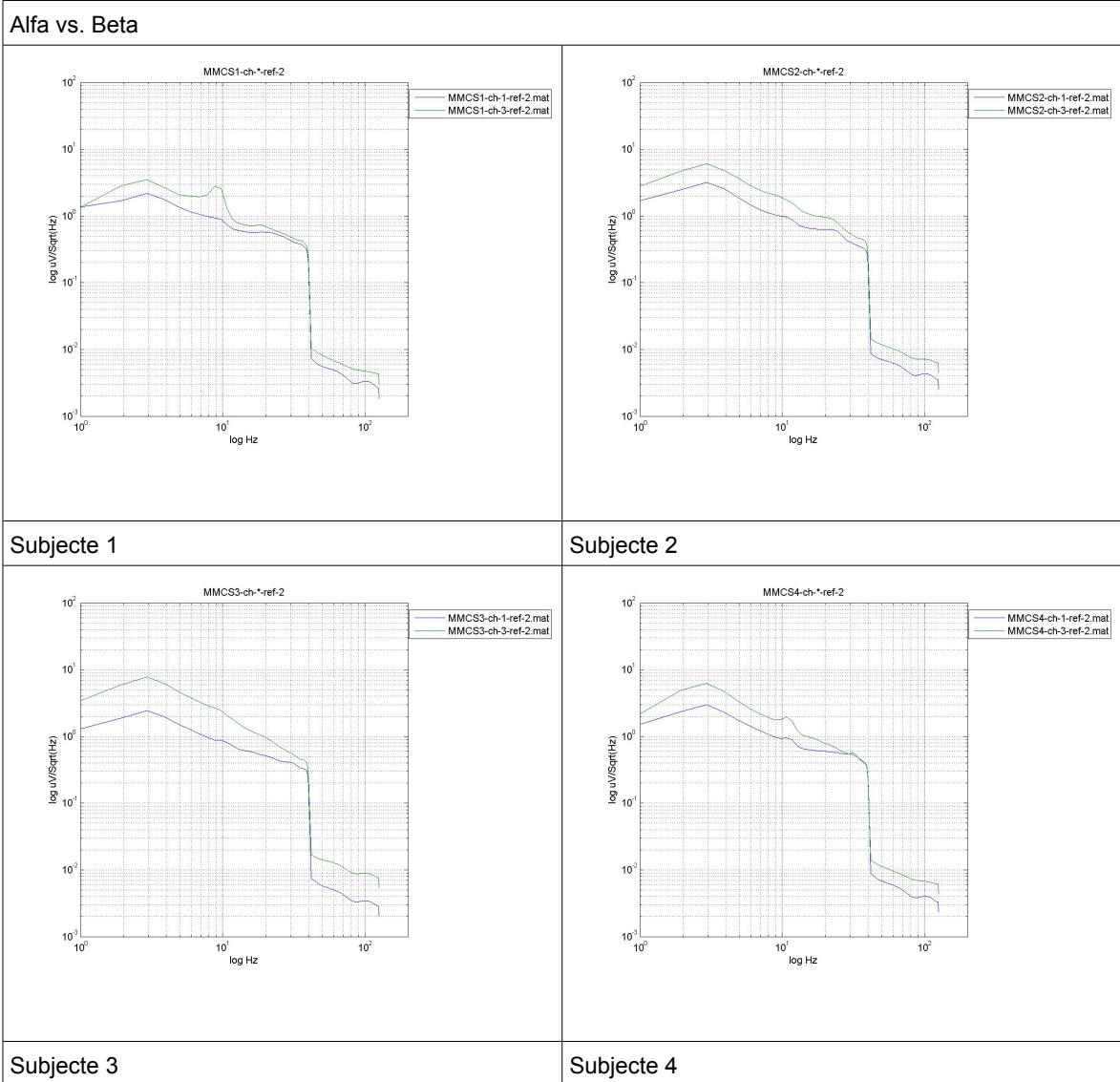
Si mirem les diferències entre l'elèctrode 3 (orella esquerra) i elèctrode 2 (frontal esquerra) permet mesurar amb més resolució el potencial de les ones Alfa que dominen la part posterior del cervell.



Si mirem les diferències entre l'elèctrode 1 (frontal dret) i elèctrode 2 (frontal esquerre) permet mesurar amb més resolució el potencial de les ones Beta que dominen la part frontal del cervell. En aquest cas, si els dos hemisferis funcionen simètricament aquesta diferència serà petita.

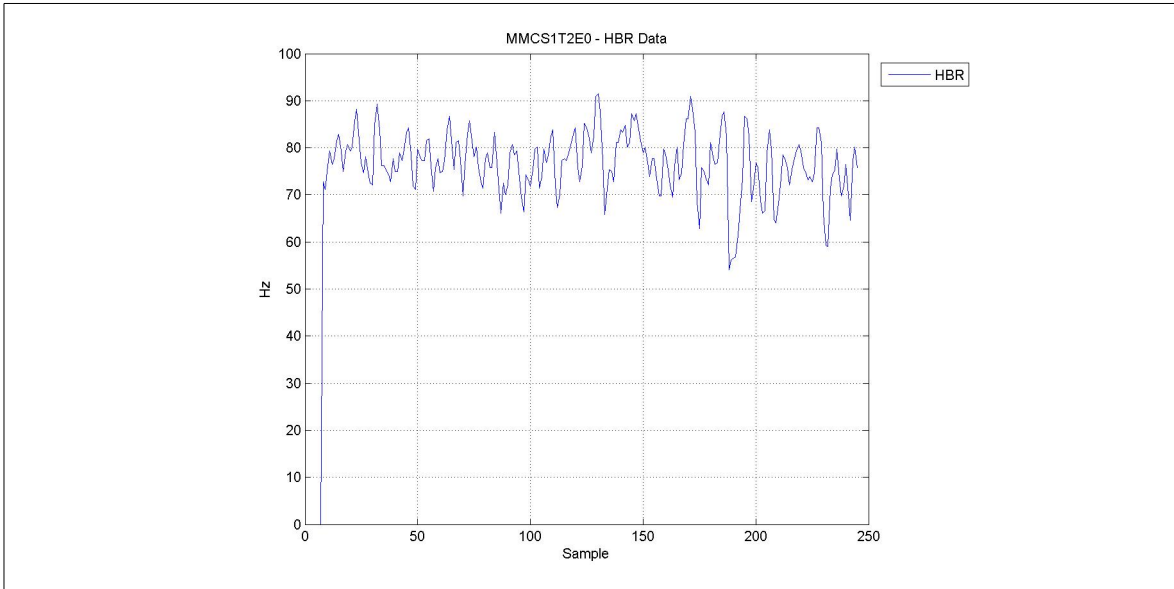


### Comparació de Alfa respecte a Beta



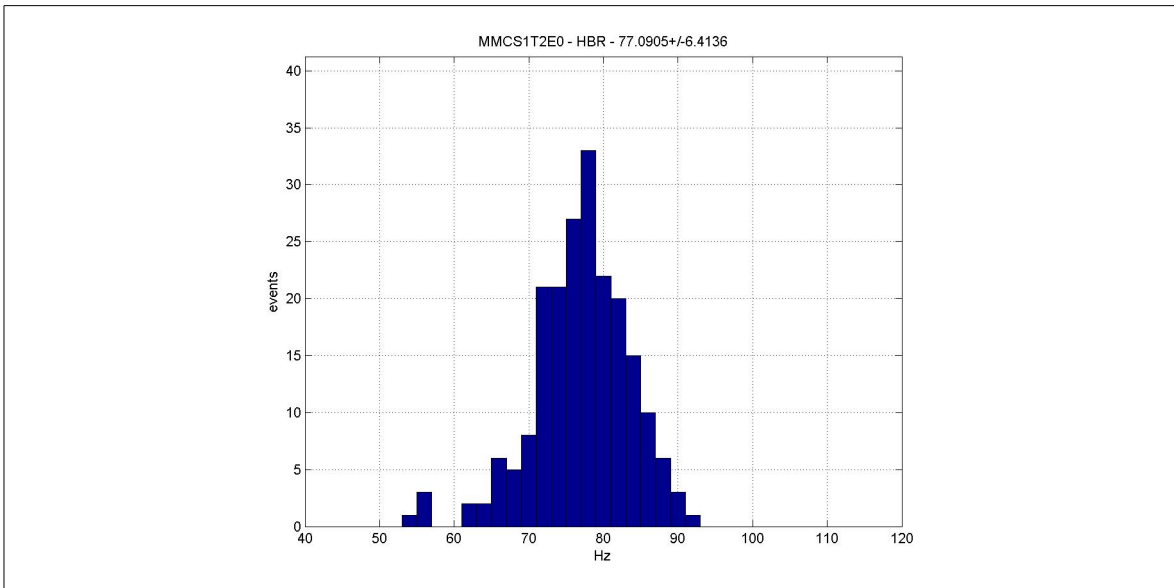
### 5.5.6 Anàlisi d'ECG

El programa d'anàlisi de dades permet extreure del canal 4 (canell esquerre) el valor del ritme cardíac en intervals d'un segon.



Oscil·lacions ritme cardíac

Les oscil·lacions que podem observar a la figura anterior corresponen a l'acoblament del batec del cor amb la respiració. Per calcular el ritme cardíac es fa servir la mitja i la desviació estàndard. Els histogrames presenten la distribució del ritme cardíac.



Histograma ritme cardíac

Aquestes dades s'analitzen en una taula; comprovant si els valor mitjos presenten un patró significatiu en funció dels estils.

Subjecte	Toma	Estil	mean HBR	std. HBR
1	1	1	83,4	4,6
1	1	1	82,1	5,6
1	1	2	80	7,3
1	1	3	86,1	6,7
1	1	4	81,9	5,9
1	2	0	77,1	6,4
1	2	1	71,6	6,7
1	2	2	76,7	6
1	2	3	70,2	6,8
1	2	4	69,3	6,1

La resta de valors calculats pels diferents subjectes i tomes es pot trobar a l'annex.

### 5.5.7 Buidatge de enquestes

Buidatge d'enquestes:

Pregunta 1. Gustos musicals (posa un número de l'1 al 5, 1=detestes 5=preferida, en els següents estils):

Subjecte	Ska	Pop	Blues	Metal
S1.	1	2	1	1
S2.	5	1	4	5
S3.	5	4	2	3
S4	4	4	5	5

Pregunta 2. Hores diàries que escoltes música:

Subjecte	Hores diàries de música
S1	Més de 2h
S2	Més de 2h
S3	Més de 2h
S4	Més de 2h

Pregunta 3. Consideres que la música pot fer variar el teu estat d'ànim?

Subjecte	Varia estat d'ànim?
S1	Sí
S2	Sí
S3	Sí
S4	Sí



Pregunta 4. Uses algun dels següents estils de música per modificar el teu estat d'ànim? Si la resposta és afirmativa marca quin és:

Subjecte	Ska		Pop		Blues		Metal	
S1.	No	-	No	-	No	-	No	-
S2.	Sí	M'alegra i em dóna energia	No	-	No	-	Sí	Per relaxar-me
S3.	Sí	M'alegra el dia	No	-	No	-	No	-
S4	No	-	No	-	No	-	Sí	M'anima

Pregunta 5. Identifiques un estil de música dels següents amb un estat d'ànim determinat? Si la resposta es afirmativa anota l'estat d'ànim amb que relaciones l'estil.

Subjecte	Ska		Pop		Blues		Metal	
S1.	Sí	Mig agressiu	Sí	Sentiments alegres	Sí	Tranquil·litat	Sí	Agressiu
S2.	Sí	Vitalitat	No	-	Sí	Sentiments profunds	Sí	Energia
S3.	Sí	Festa i diversió	No	-	Sí	Relaxació, ambient d'estudi	No	-
S4	Sí	Alegria	Sí	Tranquil·litat	Sí	Melancolia	Sí	Energia i força

Pregunta 6. Has cursat estudis musicals? Fins a quin curs?

Subjecte	Has cursat estudis musicals?	Últim curs cursat:
S1	Sí	5è de grau professional
S2	Sí	Estudis professionals (grau mitjà) a l'escola de música de Santa Coloma
S3	Sí	Estudis professionals (grau mitjà) a l'escola de música de Santa Coloma
S4	Sí	Quart de grau mitjà

Pregunta 7. En el cas que toquis un instrument, de quin es tracta?

Subjecte	Instrument
S1	Violí i piano
S2	Saxòfon Tenor i tenora
S3	Guitarra elèctrica i piano
S4	Piano i baix elèctric

## 6 Conclusions

---

### 6.1 Conclusions d'EGG

---

1. El senyal EEG presenta una gran complexitat en el domini temporal.
2. L'Enobio permet mesurar activitat Alfa i Beta.
3. Cada subjecte presenta una densitat espectral Alfa i Beta que l'identifica.
4. Hi ha una gran variació de la densitat espectral entre les diferents tomes.
5. Hi ha una gran simetria entre els dos lòbul frontals dels subjectes. Dada coincident amb els estudis previs.
6. No hem pogut detectar que la música produeixi canvis en l'EEG del lòbul frontal.

### 6.2 Conclusions d'ECG

---

1. Es pot apreciar clarament l'acoblament entre la respiració i el ritme cardíac, en tots els subjectes.
2. Hi ha una important fluctuació del ritme cardíac per cada individu en les diferents tomes.
3. La fluctuació dins de cada toma és molt estable.
4. Els subjectes 2 i 3 no presenten variacions del ritme en presència de música.
5. Els subjectes 1 i 4 presenten variacions del ritme en presència de musica (-3 i +5 pulsacions per minut).
6. La distribució és més ampla quan hi ha música (excepte subjecte 1).

### 6.3 Conclusions de les enquestes

---

1. Les enquestes són molt coincidents.
2. Els subjectes 2 i 3 presenten gustos musicals molt semblants.
3. El subjecte 1 i 4 tenen uns gustos musicals molt diferenciats.

### 6.4 Conclusions finals

---

Tot seguit exposem les conclusions d'acord amb els objectius inicialment proposats.

En referència als objectius primaris:

- Avaluar si la música pot produir canvis en l'electroencefalograma i en la freqüència cardíaca.

La música pot produir canvis en el ritme cardíac en alguns subjectes, mentre que no presenta variacions significatives en l'activitat del lòbul frontal.

- Avaluar si l'audició de música de diferents gèneres provoca canvis diferenciables en el cervell i en la freqüència cardíaca.

No s'han pogut apreciar diferències en el senyal EEG del lòbuls frontals entre els diferents estils.

S'han pogut apreciar lleugeres variacions en el ritme cardíac que semblen relacionades amb el gustos musicals.

- Determinar si és possible reconèixer per mitjà de l'electroencefalograma, l'electrocardiograma i altres els diferents gèneres musicals .

No és possible amb l'equip i les eines matemàtiques que dispo.

- Determinar si el gènere dels subjectes afecta la sensibilitat d'aquest respecte a la música.

S'ha pogut apreciar lleugeres variacions en el ritme cardíac en el cas del gènere femení.

## 6.5 Possibles línies de seguiment del treball:

Per obtenir millors resultats en l'experiment s'haurien de millorar els següents aspectes:

- Usar sols dos estils i que encara tinguessin més diferències entre ells.
- Canviar la posició dels elèctrodes i posar-los en el lòbul temporal, on hi ha més activitat cerebral relacionada amb la música.
- Fer més tomes de cada subjecte per tenir més dades amb què treballar.
- Realitzar les mesures amb un aparell de mesura més precís (en lloc de tenir sols 4 elèctrodes, tenir-ne mes de 32 o 64 elèctrodes, d'aquesta manera fins i tot es podria mesurar l'activitat per zones)
- Analitzar, a part de les ones Alfa i Beta, la resta d'ones que podem trobar en el cervell (teta, gamma,...).

## 7 Bibliografia

---

*The Berger rhythms: potential changes from the occipital lobes in man.*

Brain 57: 355–385.

*Scale-Free Music of the Brain*

Dan Wu, Chao-Yi Li, De-Zhong Yao

*Intercentral Relations of the Human EEG during Listening to Music*

Authors: Sakharov, D.; Davydov, V.; Pavlygina, R.

Source: Human Physiology, Volume 31, Number 4, July 2005 , pp. 392-397(6)

*Interhemispheric EEG Interrelations in Recognition of Masked Visual Images Accompanied by Music*

R. A. Pavlygina, D. S. Sakharov, and V. I. Davydov

Human Physiology, 2008, Vol. 34, No. 4, pp. 397–404.

*EEG Aspects of Musical Thinking: listening, imagining and composing*

Authors: Hellmuth Petsche; Susan C. Etlinger

High Ability Studies, Volume 9, Issue 1 June 1998 , pages 101 - 113

*Interdependencies in the spontaneous EEG while listening to music*

Joydeep Bhattacharyaa, Hellmuth Petscheb, Ernesto Peredac

International Journal of Psychophysiology 42 Ž2001. 287301

*EEG Correlates of Musicogenic States of Consciousness*

Lazar Skaric, Milorad Tomasevic, Dejan Rakovic, Emil Jovanov, Vlada Radivojevic,

Predrag Sukovic, Marko Car, Dejan Radenovic

*Perception of Music and Dimensional Complexity of Brain Activity*

N. Birbaumer, W. Lutzenberger, H. Rau, G. Mayer-Kress, C. Braun

*Music listening enhances cognitive recovery and mood after middle cerebral artery stroke*

Teppo Särkämö, Mari Tervaniemi, Sari Laitinen, Anita Forsblom, Seppo Soinila, Mikko Mikkonen, Taina Autti, Heli M. Silvennoinen, Jaakko Erkkilä, Matti Laine, Isabelle Peretz and Marja Hietanen

Brain 2008 131(3):866-876; doi:10.1093/brain/awn013

*Brain organization for music processing*

Peretz I, Zatorre RJ.

Annu Rev Psychol (2005) 56:89–114.[CrossRef][Web of Science][Medline]

*The Effects of Repeated Listening of Music on Musical Impressions and Emotional Responses.*

Maki Ikeda , Makoto Iwanaga and Tatsuya Iwaki

*Emotion Recognition Based on Physiological Changes in Music Listening*

KIM Jonghwa (1) ; ANDRE Elisabeth (1) IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence. 2008, vol. 30, no12, pp. 2067-2083 [17 page(s) (article)] (47 ref.)

*From Physiological Signals To Emotions: Implementing And Comparing Selected Methods For Feature Extraction And Classification*

Johannes Wagner, Jonghwa Kim, Elisabeth André

*Effects of Relaxing Music on Cardiac Autonomic Balance and Anxiety After Acute Myocardial Infarction*

Jill M. White, RN, PhD

American Journal of Critical Care, Vol 8, No. 4, pp.220-230.

*Effects of Music on Respiration- and Heart-Rate*

Douglas S. Ellis and Gilbert Brighthouse

The American Journal of Psychology, Vol. 65, No. 1 (Jan., 1952), pp. 39-47

*Effects of Music on Physiological Response*

Janet E. Landreth, and Hobart F. Landreth

Journal of Research in Music Education, Vol. 22, No. 1, 4-12 (1974)

Wikipedia en Anglès.

## 8 Annexos

---

### 8.1 Taula de validació de fitxers d'EEG

---

La Taula de validació es troba en el full EEG del fitxer “Taula de validació i HBR.ods”.

### 8.2 Taula d'anàlisi de ritme cardíac

---

La Taula de validació es troba en el full HBR del fitxer “Taula de validació i HBR.ods”.

### 8.3 Gràfics d'anàlisi

---

Totes les figures i gràfics es troben en la carpeta “output”.